

IT'15
ŽABLJAK

XX

međunarodni naučno - stručni skup

**INFORMACIONE
TEHNOLOGIJE**

SADAŠNJOST I BUDUĆNOST

Urednik
Božo Krstajić

IT'15

**INFORMACIONE
TEHNOLOGIJE**

- SADAŠNJOST I BUDUĆNOST -

Urednik
Božo Krstajić

*Zbornik radova sa XX međunarodnog naučno - stručnog skupa
INFORMACIONE TEHNOLOGIJE - sadašnjost i budućnost
održanog na Žabljaku od 23. do 28. februara 2015. godine*

Zbornik radova
INFORMACIONE TEHNOLOGIJE - sadašnjost i budućnost 2015

Glavni urednik
Prof.dr Božo Krstajić

Izdavač
Univerzitet Crne Gore
Elektrotehnički fakultet
Džordža Vašingtona bb., Podgorica
www.etf.ucg.ac.me

Tehnička obrada
Aleksandra Radulović
Centar Informacionog Sistema
Univerziteta Crne Gore

Tiraž
150

Podgorica 2015.

Sva prava zadržava izdavač i autori

Organizator

Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore

Suorganizatori:

Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu

Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Banja Luci

Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu

Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu

Skup su podržali:

Ministarstvo za informaciono društvo i telekomunikacije

Agencija za elektronske komunikacije i poštansku djelatnost

doMEn d.o.o.

Terna Crna Gora

Pošta Crne Gore

Programski odbor

Dr Novak Jauković, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Ljubiša Stanković, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Zdravko Uskoković, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Vujica Lazović, Ekonomski fakultet, Podgorica, MNE
Dr Branko Kovačević, Elektrotehnički fakultet, Beograd, SRB
Dr Milorad Božić, Elektrotehnički fakultet, Banja Luka, BIH
Dr Miroslav Bojović, Elektrotehnički fakultet, Beograd, SRB
Dr Zoran Jovanović, Elektrotehnički fakultet, Beograd, SRB
Dr Milica Pejanović-Đurišić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Despina Anastasiadou, Research & Development Innovation Academy, Solun, GRC
Dr Dejan Popović, Elektrotehnički fakultet, Beograd, SRB
Dr Gabriel Neagu, National Institute for Research & Development in Informatics, Bucharest, ROU
Dr Božo Krstajić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Tomo Popović, Texas A&M Univerzitet, College Station, TX, USA
Dr Milovan Radulović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Le Xie, Texas A&M University, College Station, TX, USA
Dr Sašo Gelev, Elektrotehnički fakultet, Radoviš, MKD
Dr Budimir Lutovac, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Igor Radusinović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Alex Sprintson, Texas A&M University, College Station, TX, USA
Dr Igor Đurović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Miloš Daković, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Milutin Radonjić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Ana Jovanović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Vesna Rubežić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Ramo Šendelj, Fakultet za Informacione Tehnologije, Podgorica, MNE
Dr Stevan Šćepanović, Prirodno-matematički fakultet, Podgorica, MNE

Organizacioni odbor

Dr Novak Jauković, Elektrotehnički fakultet, Podgorica
Dr Božo Krstajić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica / CIS UCG
Dr Milovan Radulović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica
Dr Zoran Veljović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica
Dr Ana Jovanović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica
Dr Saša Mujović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica
MSc Žarko Zečević, Elektrotehnički fakultet, Podgorica
Vladan Tabaš, dipl.ing., Čikom, Podgorica

Sekretarijat

Aleksandra Radulović, CIS Univerzitet Crne Gore

P R E D G O V O R

Poštovani učesnici i čitaoci,

Pred vama je jubilarni XX zbornik radova međunarodnog naučno-stručnog skupa “INFORMACIONE TEHNOLOGIJE – sadašnjost i budućnost” (IT’15) koji je uspješno održan od 23. do 28. februara 2015. godine na Žabljaku. Programski odbor je izvršio selekciju kvalitetnih radova koji su pred vama, a najbolji među njima će biti prošireni i objavljeni u časopisu Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta Crne Gore u Podgorici ("ETF Journal of Electrical Engineering").

Ovakav jubilej i jubilarni Zbornik je prilika da se osvrnemo i na misiju ove konferencije, na neke univerzalne vrijednosti koje smo zadržali, a i na inovacije koje smo uveli. U proteklih 20 godina IT je prepoznat kao relevantna, nekad nacionalni, sada međunarodni naučno stručni skup koji se trudio i trudi da omogući širokom spektru naučnika i stručnjaka prezentaciju, kako rezultate naučnih istraživanja i trendova, tako i uspješnih stručnih projekata i rješenja. Nijesmo se nikad ograničavali samo na ICT, već smo ostavljali prostor za sve oblasti nauke i djelatnosti u kojima se primjenjuje ICT, a teško je danas naći izuzetke. Trudili smo se da se na IT-u pojavljuju najeminentniji naučnici i stručnjaci, ali i mladi istraživači, inženjeri, a zadnje dvije godine i studenti. Uveli smo i neke nove prakse kao posledice primjene tehnologija koje promoviramo: elektronsku obradu korespondencije sa autorima, elektronski proces recenzije, objavljivanja radova na sajtu, katalogizaciju istih te online praćenje i prezentovanje radova. Proširili smo djelatnost konferencije sa učešćem kompanija i institucija sa uspješnim projektima, a posebno smo ponosni i na studentsko učešće. Ove godine smo posvetili čitav segment samo studentima i pripremili posebna predavanja i prezentacije za njih. Konačno i tradicionalno, vjerovatno jedan od značajnih argumenata za učešće na IT-u je neponovljiva priroda Durmitora, gostoprimstvo grada i poslovnično nezaboravna druženja učesnika.

Ovdje je svakako mjesto da se pomenu i rodonačelnici ovog skupa, koji su prije 20 godina započeli ovu konferenciju: prof. dr Novak Jauković, prof. dr Srbijanka Turajlić, prof. dr Dejan Popović i prof. dr Srđan Stanković, i čije je aktivno učešće u radu jubilarnog skupa potvrda da isti ima kontinuitet, kredibilitet i budućnost.

Sve detalje o ovom, prošlim i narednom skupu možete naći na web adresi konferencije www.it.ac.me.

Prof. dr Božo Krstajić

SADRŽAJ

Dejan Popović, Lana Popović Maneski (<i>Rad po pozivu</i>) ROBOTIKA U REHABILITACIJI: EGZOSKELETI I PROTEZE ZA GORNJE EKSTREMITETE ROBOTICS FOR REHABILITATION: EXOSKELETONS AND PROSTHESES FOR UPPER LIMBS... 1	
Tomo Popović NAPREDNE TEHNIKE U PYTHON-U: DEKORATORI ADVANCED PYTHON TECHNIQUES: DECORATORS	7
Žarko Zečević, Zdravko Uskoković, Božo Krstajić NOVI ALGORITAM ZA ESTIMACIJU FAZORA U ELEKTROENERGETSKIM SISTEMIMA A NEW ALGORITHM FOR PHASOR ESTIMATION OF POWER SYSTEMS.....	11
Vladana Mrdak, Božo Krstajić PRIMJER IMPLEMENTACIJE RJEŠENJA ZA BACKUP I RESTORE PODATAKA AN IMPLEMENTATION EXAMPLE OF BACKUP AND RESTORE SOLUTION	15
Marija Blagojević, Maja Božović, Zoran Jevremović, Miloš Papić ANALIZA OBRAZACA PONAŠANJA KORISNIKA RAZLIČITIH STILOVA UČENJA U OKVIRU KOLABORATIVNIH MODULA ANALYSIS OF USERS' BEHAVIOUR PATTERNS OF STUDENTS WITH DIFFERENT LEARNING STYLES WITHIN THE COLLABORATION MODULES	19
Bogdan Mirković PRIKAZIVANJE ONTOLOGIJA U MIKS-METODSKIM ISTRAŽIVANJIMA MEĐUORGANIZACIONIH INFORMACIONIH SISTEMA PRESENTING ONTOLOGY IN MIXED METHOD RESEARCH OF INTERORGANIZATIONAL INFORMATION SYSTEMS.....	23
Bogdan Mirković INTEGRACIJA METODOLOGIJA U RAZVOJU SOFTVERA ZA PODRŠKU INFORMACIONOM SISTEMU INTEGRATION OF METHODOLOGY IN SOFTWARE DEVELOPMENT FOR SUPPORTING INFORMATION SYSTEM.....	27
Jelena Šoškić, Budimir Lutovac IMPLEMENTACIJA PROGRAMSKOG PAKETA WIPL-D ZA PRORAČUN PRILAGOĐENJA SA JEDNIM REAKTIVNIM ELEMENTOM IMPLEMENTATION OF THE WIPL-D PROGRAM PACKAGE FOR SINGLE STUB MATCHING....	31
Luka Lazović, Ana Jovanović, Vesna Rubežić IMPLEMENTACIJA TEORIJE HAOSA U OPTIMIZACIJI LMS ALGORITMA PRIMJENJENOG NA LINEARNIM ANTENSKIM NIZOVIMA IMPLEMENTATION OF CHAOTIC BASED OPTIMIZATION OF LMS ALGORITHM APPLIED ON LINEAR ANTENNA ARRAYS.....	35
Sanja Bauk, Radoje Džankić O IZAZOVIMA PRIMJENE RFID TEHNOLOGIJE U LANCIMA SNABDIJEVANJA UPON CHALLENGES OF RFID TECHNOLOGY IMPLEMENTATION IN SUPPLY CHAINS	39

Novica Daković, Milovan Radulović FLATNESS I LQR UPRAVLJANJE FURUTA KLATNOM FLATNESS AND LQR CONTROL OF FURUTA PENDULUM	43
Tomislav B. Šekara, Milovan Radulović NOVA METODA ZA OPTIMIZACIJU PID REGULATORA ZASNOVANA NA PRINCIPU NESIMETRIČNOG OPTIMUMA A NOVEL METHOD FOR OPTIMIZATION OF PID REGULATORS BASED NON-SYMMETRICAL OPTIMUM METHOD	47
Vasilija Šarac PRIMENA SIMULINKA U SIMULACIJI ELEKTRIČNIH MAŠINA APPLICATION OF SIMULINK IN SIMULATION OF ELECTRICAL MACHINES	52
Vasilija Šarac IMPLEMENTACIJA SCADA SISTEMA U HIDORELEKTRANI “KOZJAK” IMPLEMENTATION OF SCADA SYSTEM IN HPP “KOZJAK”	56
Aleksandar Ristić, Dalibor Damjanović KRITIČKA ANALIZA UPOTREBE MEDIJA U OBRAZOVANJU NA UNIVERZITETU OREGON SA OSVRTOM NA MOGUĆU PRIMJENU PRIMJERA DOBRE PRAKSE NA UNIVERZITETIMA U REPUBLICI SRPSKOJ CRITICAL ANALYSIS OF THE USE OF MEDIA IN EDUCATION AT THE UNIVERSITY OF OREGON, WITH A REVIEW OF POSSIBLE IMPLEMENTATION OF GOOD PRACTICE AT UNIVERSITIES IN REPUBLIC OF SRPSKA	60
Edin Salković DIGITALIZACIJA PEDOLOŠKIH PODATAKA CRNE GORE DIGITAZING THE PEDOLOGIC DATA OF MONTENEGRO	64
Aleksandar Dedić JEDAN METOD MJERENJA NAPONA I STRUJE BAZIRAN NA MIKROKONTROLERU A MICROCONTROLLER BASED VOLTAGE AND CURRENT MEASUREMENT METHOD	68
Duško Parezanović, Dragan Vidaković KAKO SE POTPISUJE PORUKA HOW TO SIGN THE MESSAGE	72
Radiša Stefanović, Aleksa Srdanov NESPECIFICIRANI USLOVI U IMPLEMENTACIJI ALGORITAMA PRI REŠAVANJU LOGIČKIH ZADATAKA UNSPECIFIED CONDITIONS IN THE IMPLEMENTATION OF ALGORITHMS IN SOLVING LOGICAL PROBLEMS	76
Matija Ratković, Slavica Tomović, Nikola Žarić, Milutin Radonjić, Igor Radusinović EMULACIJA SDN MREŽA SOFTVERSKIM ALATOM MININET SDN NETWORK EMULATION WITH MININET SOFTWARE TOOL	80
Slavica Tomović, Milutin Radonjić, Milica Pejanović-Đurišić, Igor Radusinović SOFTVERSKI DEFINISANE BEŽIČNE SENZORSKE MREŽE SOFTWARE DEFINED WIRELESS SENSOR NETWORKS	84

Jelena Šuh, Branislav Sisojević INFORMACIONO-KOMUNIKACIONI ALATI ZA UPRAVLJANJE IP/MPLS MREŽOM INFORMATION-COMMUNICATION TOOLS FOR IP/MPLS NETWORK MANAGEMENT	88
Blažo Popović, Ranko Vojinović ANALIZA WIFI MREŽA U URBANOM DIJELU PRIJESTONICE ANALYSIS OF WIFI NETWORKS IN URBAN PART OF OLD ROYAL CAPITAL	92
Veselin N. Ivanović, Nevena Radović, Srdjan Jovanovski, Zdravko Uskoković UNAPRIJEDJENA PROCEDURA ZA ESTIMACIJU LOKALNE FREKVENCije VISOKO NESTACIONARNIH DVO-DIMENZIONALNIH FM SIGNALA AN IMPROVED PROCEDURE FOR THE LOCAL FREQUENCY ESTIMATION OF HIGHLY NONSTATIONARY TWO-DIMENSIONAL FM SIGNALS.....	96
Mirza Mulešković NIVO RAZVIJENOSTI IKT U CRNOJ GORI I E-SERVISA ZA PREDUZEĆA LEVEL OF DEVELOPMENT OF ICT IN MONTENEGRO AND E-SERVICES FOR COMPANIES ..	100
Milan Marić, Duško Pavićević, Maja Medenica ONLINE UPARIVANJE VISOKOG OBRAZOVANJA I TRŽIŠTA RADA U CRNOJ GORI ONLINE MATCHING HIGHER EDUCATION AND LABOUR MARKET IN MONTENEGRO.....	104
Aleksandar Milenković, Dragan Janković PRIMENA MEDICINSKIH INFORMACIONIH SISTEMA U REPUBLICI SRBIJI – TRENUTNO STANJE I MOGUĆA UNAPREĐENJA APPLICATION OF MEDICAL INFORMATION SYSTEMS IN THE REPUBLIC OF SERBIA – CURRENT STATUS AND POSSIBLE IMPROVEMENTS	108
Obradović Milovan PODRŠKA ICT PRAĆENJU I MERENJU ZADOVOLJSTVA KORISNIKA ZDRAVSTVENE ZAŠTITE ICT SUPPORT TO MONITORING AND HEALTHCARE USERS SATISFACTION MEASUREMENT	112
Jelena Končar, Sonja Leković PRIMENA B2C ELEKTRONSKOG PLAĆANJA U REPUBLICI SRBIJI IMPLEMENTATION OF B2C ELECTRONIC PAYMENT IN REPUBLIC OF SERBIA	116
Zoran Milivojević, Zoran Veličković, Bojan Prlinčević INHARMONIČNOST KONTRA OKTAVE STEINWAY B KLAVIRA INHARMONICITY OF CONTRA OCTAVE OF THE PIANO STEINWAY B.....	120
Milesa Srećković, Magdalena Dragović, Aleksandar Čučaković, Biljana Đokić Milošević, Nada Ratković Kovačević DIZAJN, SIMULACIJA I MODELOVANJE U INŽENJERSTVU U OKVIRU IZABRANIH PROBLEMATIKA DESIGN, SIMULATION AND MODELING IN ENGINEERING WITHIN SELECTED PROBLEMS.....	124
Mirko Kosanović, Miloš Kosanović ENERGETSKI PROFIL POTROŠNJE ENERGIJE U SENZORSKOM ČVORU ENERGY PROFILE OF ENERGY CONSUMPTION IN SENSOR NODE	128

Nataša Savić, Zoran Milivojević, Vidoje Moračanin ANALIZA EFIKASNOSTI POLYA RACIONALNOG PARAMETARSKOG INTERPOLACIONOG JEZGARA KOD PROCENE FUNDAMENTALNE FREKVENCije ANALYSIS OF EFFICIENCY OF POLYA RATIONAL PARAMETRIC INTERPOLATION KERNEL IN THE ESTIMATION OF FUNDAMENTAL FREQUENCY	132
Zoran Veličković, Zoran Milivojević, Miloško Jevtović PRIMENA ITERATIVNOG ALGORITMA ZA POPRAVKU KVALITETA EKSTRAHOVANOG VODENOG ŽIGA IZ VIDEA STRIMOVANOG U BEŽIČNOM OKRUŽENJU APPLICATION OF ITERATIVE ALGORITHM FOR ENHANCEMENT OF EXTRACTED WATERMARK FROM THE VIDEO STREAMED IN A WIRELESS ENVIRONMENT	136
Martin Čalasan, Vladan Vujičić, Gojko Joksimović, Nikola Šoć, Chen Hao PREGLED MATEMATIČKIH MODELA MORSKIH STRUJA REVIEW OF MARINE CURRENT MATHEMATICAL MODELS	140
Risto Bojović, Ivana Milošević, Hristina Bojović ULOGA MODELA SPIRALNE DINAMIKE U RAZVOJU IT SISTEMA THE ROLE OF SPIRAL DYNAMICS MODEL IN IT SYSTEMS DEVELOPMENT	144
Maja Kukuševa Paneva, Biljana Čitkuševa Dimitrovska, Goce Stefanov PREGLED INTEGRISANE ŠEME PO ELIPTIČKOJ KIRIVULJI OVERVIEW OF ELLIPTIC CURVE INTEGRATED SCHEME	148
Ana Grbović, Bojan Đordan PCS7 VREMENSKA SINHRONIZACIJA U HE PERUĆICA PCS7 TIME SYNHRONIZATION IN HPP PERUĆICA	152
Tomče Velkov, Ace Panev, Roman Golubovski, Sašo Gelev, Vlatko Čingoski, Goce Stefanov, Maja Kukuseva Paneva SISTEM ZA KONTROLU AMBIJENTA U STAKLENIKU AMBIENT CONTROL SYSTEM IN GREENHOUSE	156
Slavica Kostadinova, Vlatko Čingoski, Roman Golubovski, Sašo Gelev POVEĆANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI VODOVODNIH SISTEMA POBOLJŠANJEM FAKTORA SNAGE PUMPNIH POSTROJENJA INCREASING ENERGY EFFICIENCY OF WATER SUPPLY SYSTEMS WITH PUMP SYSTEMS POWER FACTOR IMPROVEMENT	160
Goran Klepov, Vlatko Čingoski, Roman Golubovski, Sašo Gelev, Goce Stefanov NOVI METOD UPRAVLJANJA ASINHRONIH MOTORA SA INTERMITIRANIM REŽIMOM RADA U NAPAJANJU ARTISTIČKIH (MUZIČKIH) FONTANA A NEW CONTROL METHOD FOR INDUCTION MOTORS IN INTERMITTED WORKING REGIME FOR ARTISTIC (MUSIC-DRIVEN) FOUNTAINS	164
Goce Stefanov, Sašo Gelev, Vlatko Čingoski, Vasilija Šarac, Roman Golubovski ODREĐIVANJE IZLAZNIH KARAKTERISTIKA KVAZI-REZONANTNOG KONVERTORA POMOĆU KOMPJUTERSKIH SIMULACIJA DETERMINATION OF OUTPUT CHARACTERISTICS OF QUASI-RESONANT POWER CONVERTER WITH COMPUTER SIMULATION	168

Temelkovski Ordan, Sašo Gelev, Roman Golubovski, Vlatko Čingoski, Goce Stefanov PRIMENA FAZI LOGIKE U SISTEMU UPRAVLJANJA TOPLOTNIM PODSTANICAMA APPLICATION OF FUZZY LOGIC IN CONTROL SYSTEMS ARE HEAT SUBSTATIONS	172
Blažo Popović, Srđan Jovanovski PREGLED 6LOWPAN STANDARDA ZA POVEZIVANJE IOT OVERVIEW OF 6LOWPAN STANDARD FOR CONNECTING IOT	176
Mirko Jovović, Budimir Bukilić MOBILNI OPERATIVNI SISTEMI I BEZBJEDNOST. KAKO SE ZAŠTITITI? MOBILE OPERATING SYSTEMS AND SECURITY. HOW TO PROTECT YOURSELF?	180
Bogdan Krivokapić, Uglješa Urošević, Zoran Veljović, Milica Pejanović-Đurišić OPORTUNISTIČKI PRISTUP SPEKTRU U KOGNITIVNIM RADIO MREŽAMA OPPORTUNISTIC SPECTRUM ACCESS IN COGNITIVE RADIO NETWORKS	184
Branko Džakula DINAMIČKO TESTIRANJE I ANALIZA KLIJET-SERVER KOMUNIKACIJE U ANDROID APLIKACIJAMA DYNAMIC SECURITY TESTING AND ANALYSIS OF CLIENT-SERVER COMMUNICATION IN ANDROID APPLICATIONS	188
Stefan Vujović, Miloš Brajović, Slobodan Đukanović UPOTREBA WEB I MOBILNIH APLIKACIJA U AGRİKULTURI WEB AND MOBILE APPLICATIONS IN AGRICULTURE	192
Branko Džakula, Slobodan Đukanović REVERZNI INŽENJERING I METODE ZAŠTITE ANDROID APLIKACIJA REVERSE ENGINEERING AND ANDROID APPLICATION SECURITY	196
Bojan Domazetović, Enis Kočan POBOLJŠANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI BEŽIČNIH SENZORSKIH MREŽA KROZ KOOPERATIVNO PROSLJEĐIVANJE ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENT OF WIRELESS SENSOR NETWORKS THROUGH COOPERATIVE RELAYING	200
Stevan Šandi, Tomo Popović, Božo Krstajić IMPLEMENTACIJA IEEE C37.118 KOMUNIKACIONOG PROTOKOLA U PYTHON-U PYTHON IMPLEMENTATION OF IEEE C37.118 COMMUNICATION PROTOCOL	204
Miloš Brajović, Ljubiša Stanković, Miloš Daković REKONSTRUKCIJA NESTACIONARNIH SIGNALA SA NEDOSTAJUĆIM ODBIRCIMA PRIMJENOM S-METODA I GRADIJENTNOG ALGORITMA ZA REKONSTRUKCIJU RECONSTRUCTION OF NON-STATIONARY SIGNALS WITH MISSING SAMPLES USING S-METHOD AND A GRADIENT BASED RECONSTRUCTION ALGORITHM	208
Igor Ognjanović, Ramo Šendelj, Ivana Ognjanović PISMENOST U OBLASTI SAJBER BEZBJEDNOSTI U CRNOJ GORI CYBER SECURITY AWARENESS IN MONTENEGRO	212

Jelena Ljucović, Ivana Ognjanović, Ramo Šendelj ANALIZA OBRAZOVNOG SISTEMA U OBLASTI SAJBER BEZBJEDNOSTI U CRNOJ GORI ANALYSES OF CYBER SECURITY EDUCATIONAL SYSTEM IN MONTENEGRO	216
Tripo Matijević, Snežana Šćepanović, Marija Radojičić, Ivan Obradović, Saša Tatar RAZVOJ OKRUŽENJA ZA SPAJANJE AKADEMSKOG I PREDUZETNIČKOG ZNANJA PRIMJENOM OTVORENIH OBRAZOVNIH RESURSA CREATING ENVIROMENT FOR BLENDING ACADEMIC AND ENTREPRENEURIAL KNOWLEDGE USING OPEN EDUCATIONAL RESOURCES.....	220
Dejan Tomović, Ramo Šendelj, Ivana Ognjanović DOS I DDOS NAPADI I NJIHOVE KONTRAMJERE DOS AND DDOS ATTACKS AND THEIR COUNTERMEASURES	224
Aleksandar Rašović KORPORATIVNO UPRAVLJANJE INFORMATIKOM ICT GOVERNANCE.....	228
Biljana Stamatović, Armin Alibašić IZBOR I PRIKAZIVANJE PODATAKA IZ XML BAZA PODATAKA SELECTING AND REPORTING DATA FROM XML DATABASE	232

ROBOTIKA U REHABILITACIJI: EGZOSKELETI I PROTEZE ZA GORNJE EKSTREMITETE

ROBOTICS FOR REHABILITATION: EXOSKELETONS AND PROSTHESES FOR UPPER LIMBS

Dejan Popović, *Faculty of Electrical Engineering, University of Belgrade*
Lana Popović Maneski, *Institute of Technical Sciences of Serbian Academy of Sciences and Arts, Serbia*

Sadržaj: *Ponovno uspostavljanje motorike ima poseban značaj u rehabilitaciji osoba posle gubitka ekstremiteta (amputacija) ili povrede/bolesti nervnog sistema (paraliza/pareza). Posle amputacije morfološka i funkcionalna zamena (proteza) mogu da u velikoj meri vrate motoriku. Posle povrede nervnog sistema moguće je upravljati spoljnim skeletom (ortoza) koji pokreće paralizovane delove tela. Ovde dajemo pregled stanja u oblasti robota koji se koriste kao ortoze i proteze gornjih ekstremiteta.*

Abstract: *Restoration of motor functions plays a major role in rehabilitation of persons after amputation or after an injury/disease of the nervous system leading to paralysis/paresis. In the case of amputation the restoration of motor function requires a prosthesis (morphological and functional replacement of an organ), while in the case of paralysis/paresis orthosis can provide the generation of the functional movement (functional replacement of sensory-motor system). We review here the state of the art of the robots used as orthoses and prostheses for the upper limbs.*

1. INTRODUCTION

Natural human movement is the result of a two-way interaction between the neural networks in the central nervous system and the biological periphery. Humans constantly (consciously or unconsciously) use the neuromusculoskeletal system to interact with the environment. Stable interaction, e.g. manipulation with grasp can be described as an interplay between the neural (cortical and subcortical) and the musculoskeletal system. If there is a loss of any part of this complex system (impairment) a disability will occur that will prevent a person to continue participating in activities of daily life, limit the social interactions and decrease the quality of life. Interfacing the human body with man-made systems for assisting or generating required function (e.g. replace a missing peripheral organ, enhance the performance, restore neurological function) would decrease the level of handicap.

Robotics is an engineering discipline which was initiated with the idea to assist or replace a human in performing jobs that are dangerous, power and energy demanding, boring or in some other way unpleasant. Humanoid robotics relates to the development of robots that are human like, including: bipedal walking, use of arms and hands, cognition, perception, etc.

In the context of assistive technology for movement we need to distinguish between wearable robots (WR) that are often called orthoses or exoskeletons and artificial limbs (AL) typically called prostheses. WRs are person-oriented robots that directly interact with the user to supplement the function of a limb. ALs are functional and morphological replacements of the missing organ (e.g., transfemoral prosthesis, artificial hand). Over the last two decades remarkable technical accomplishments in design methods have been achieved and have led to a few commercialized products. The developments are benefiting from the research in several disciplines: mechanical engineering, computer engineering and science, neurosciences, nanotechnology,

imaging, smart materials, etc. Despite these technological and mechanical advances and their use in the clinical environment there are still unresolved questions that limit the translation of science based systems into manufacturing and home use. One of the problems is that in many cases developers do not consider the benefit/cost ratio for providers of rehabilitation services and the users themselves. The *sine qua non* for the effective robot assistant is that it must be integrated into the biological system which is characterized with the following: hierarchical hybrid control of the system based on heuristics and self organization, large redundancy at all levels of control and execution, control system that uses a very large neural network that can change its structure based on new experience, large neural network providing huge amount of sensory information that is processed at different levels of the control system, etc.

This is the reason that WRs and ALs try to establish the symbiotic relation with the human body and mind. This leads to the coordination of the cooperation within and between the different functional levels of the motor system, including motor learning and man-made systems for assistance.

2. EXOSKELETONS FOR UPPER LIMBS

Although exoskeletons have been primarily considered as assistive devices in industrial and military applications, lately the focus shifted towards rehabilitation and power assistance for disabled [1]. The loss of function in the upper limbs (UL) is increasingly common due to injuries of the peripheral and central nervous system, which are followed by muscle weakness, spasticity, loss of individual joint control and abnormal synergies. Current research suggests that the best rehabilitation treatment for humans with these conditions relies in the intensive training of functions that are compromised. The intensive training comprises the training of the brain as the command source for the function and training of the peripheral sensory-motor systems involved in

the function. The training provided by physiotherapists is extremely labor intensive and expensive. The alternative is to apply a robot assistant that will be mechanically and cognitively matched to the needs of the user, allowing long, intensive, repetitive and task-oriented therapy, with or without the presence of the therapist.

Exoskeletons are designed as external mechanical structures whose links with the body segments allow smooth support and/or guidance of the limb segments in 3D space in the safe manner. Some of the challenges in designing an UL exoskeleton systems are the following: alignment of the rotation axes with the human joint axes, compliance, mechanical singularity problem, power to weight ratio, adaptability of size for different users, adaptive control and control on demand, human-robot interface, etc.

As shown in Fig. 1 human arm has two translational degrees of freedom - DoF (motion of the shoulder joint by the trunk), three rotational degrees of freedom at the shoulder joint (flexion/extension, adduction/abduction and humeral rotation), one degree of freedom at the elbow joint (flexion/extension), pronation/supination of the forearm and two degrees of freedom at the wrist. The hand composed of the palm, thumb and fingers has in total 19 degrees of freedom where many are strongly coupled by the actuation system (tendon pulled segments of the fingers and thumb). Considering these facts, substantial efforts were put into designing of an exoskeleton that actively or passively supports as many as possible joints while meeting demands for natural-like range of speed, power and motion.

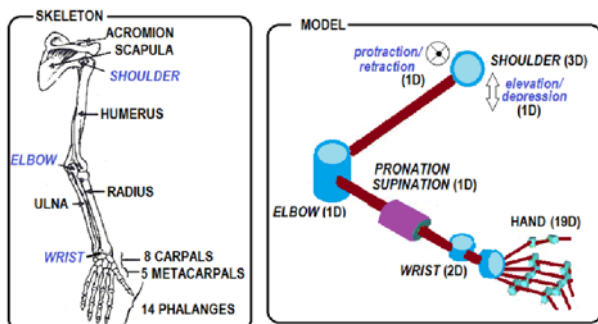


Fig. 1: Anatomy and degrees of freedom of the human arm.

The most recognizable line of robotic products for UL motion restoration is provided by Hocoma AG, Switzerland. ArmeoPower (Fig. 2) is a robotic assistive device based on the ARMin III (Sensory-Motor Systems-SMS Lab, ETH Zurich, Switzerland). Armeo Power is motorized exoskeleton which actively assists movement in six DoF: horizontal shoulder abduction, flexion/extension, internal/external rotation, elbow flexion/extension, forearm pro/supination and wrist flexion/extension with a hand grip.



Fig. 2: Active rehabilitation exoskeletons: ARMin IV [2] with 7 DoF (left) and ArmeoPower [3] with 6 DoF (right).

ArmeoSpring exoskeleton provides passive support to arm based on non-robotic technology developed in Biorobotics Laboratory, University of California, and named T-WREX (Fig. 3). T-WREX provides gradable assistance against gravity with elastic bands (number of bands can be changed by the therapist). The rationale for using this approach comes from evidence that some forms of active assistance have a negative effect because they cause slacking and reduce movement variability. Therefore, the use of a gravity balance approach to provide assistance seemed to be a good compromise of improving self-efficacy and sensory input by allowing greater active range of motion for weakened patients, while limiting slacking and still allowing trajectory variability.



Fig. 3: Passive rehabilitation exoskeletons that are used for the exercise. the actuation comes from the patient and the robot is used as haptic feedback. Modified from [4] and [5].

Researchers in Laboratory of Biomechanical Engineering, University of Twente, came up with a solution which combines anti-gravity approach with cable suspensions hanging from the console behind and over the patient and controlled braking on the three rotational axes of the shoulder and one of the elbow. Passive exoskeleton termed DAMPACE (Fig. 4, left) overcomes some of the difficulties traditionally associated with exoskeletons as it doesn't need to align the rotation axes to the human shoulder and elbow axes, and drastically reduces setup times. Controlled braking instead of actively assisting actuators has the advantage of inherent safety and always actively participating patients, at the cost of not being able to assist movements.

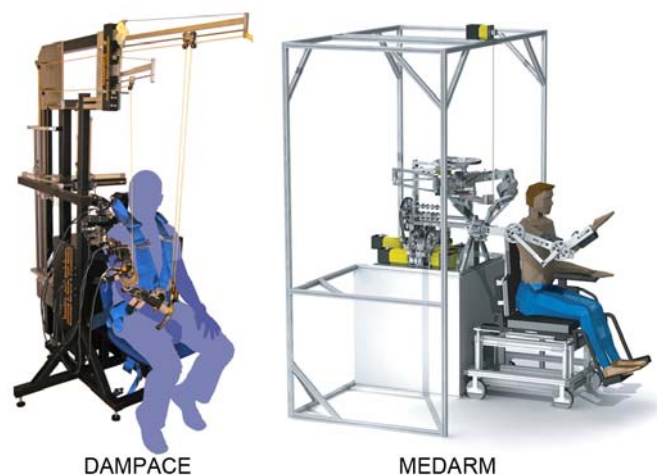


Fig. 4: Cable-driven rehabilitation exoskeletons. Modified from [6,7]

Another example of the exoskeleton system using a console to house the main mechanism is MEDARM (Fig. 4, right), developed in Department of Electrical and Computer

Engineering, Queen's University, Canada. MEDARM's specialty is ability to match the mobility of the shoulder complex with 5 DoF: two at the sternoclavicular joint and three at the glenohumeral joint. The device consists of two main subsystems: the shoulder/elbow mechanism (4DoF to move the upper arm and forearm), and the shoulder girdle mechanism (2DOF to move the glenohumeral joint relative to the torso - elevation/depression and protraction/retraction). Motors are cable-driven, which allows them to be placed on the fixed base behind the patient, therefore reducing power-to-weight ratio and the size of the exoskeleton on the user's arm.

Typical rehabilitation robotic systems tend to be expensive, bulky and heavy mechanisms which are often developed for research purposes only, therefore they are too complex for practical clinical use and impossible for home use. Moreover, the tasks of activities of daily life (ADL) are practiced in imposed, artificial environment. Therefore, one of the important streams in rehabilitation robotics development is towards wearable exoskeletons. One of the examples is a robot suit HAL-5 (CYBERDYNE Inc., Japan), a full body exoskeleton for the disabled (Fig. 5, left). The suit uses measured EMG signals from the user to generate assistive torques. However, HAL is currently equipped for lower extremity rehabilitation, with only limited applicability in UL movement support as it has only 2 DoF: one in shoulder and one in elbow. Fig. 5 (right), shows RUPERT IV, a wearable rehabilitation exoskeleton with active assistance in the following motions: hand/wrist extension, forearm supination, elbow extension, humeral external rotation and shoulder elevation. RUPERT (Harrington Department of Bioengineering, Arizona State University, USA) is driven by pneumatic muscle actuators and does not provide any gravity compensation. Middle panel in Fig. 5 shows WOTAS (IAI-CSIC, Madrid, Spain) exoskeleton designed to suppress tremor in elbow and wrist joints, being able to measure and apply forces on 3 DoF of the upper limb: elbow flexion/extension, forearm pro-/supination and wrist flexion/extension.

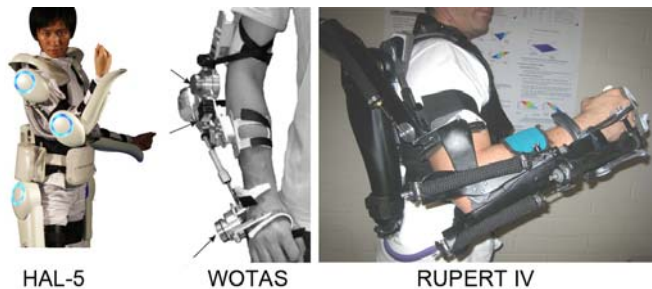


Fig. 5: Wearable exoskeletons for upper extremities. Modified from [8-10].

Most of the existing controllers for the exoskeletons provide assistive forces in a way that replicates movement imposed by the therapist to the patient in order to accomplish the specific task.

Some of them implement assistance-as-needed paradigm, meaning that the assistance is applied only when the subject fails to accomplish some phase of the task. More complex control approach assumes that exoskeletons should be able to adaptively respond to any residual movement, or motion

intention made by the patient detected through mechanical sensors, sEMG or EEG. One example of sEMG controlled exoskeleton is SUEFUL-7 (Fig. 6), which adapts to the changing EMG signal levels of the user based on fuzzy-neuro control method. The drawbacks of control based on electrophysiological signals are lack of accuracy and repeatability, cross-talk, etc.

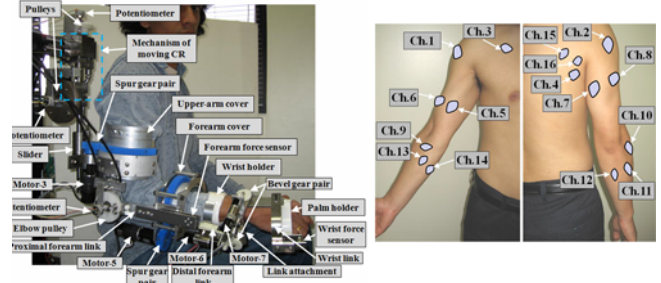


Fig. 6: SUEFUL-7, 7 DoF exoskeleton controlled by 16 sEMG signals from the sites shown on the right panel. Modified from [11].

Combining exoskeletons for control of the movement of the upper and lower arm with exoskeletons for the movement of the wrist and fingers is extremely complicated. Part of the solution if found in eventual modular design of exoskeleton components, e.g. in case of SUE wrist rehabilitation exoskeleton (Fig. 7A) with 2 DoF for wrist pro-/supination and flexion/extension which can be added to e.g. ArmeoSpring. Fig. 7B shows one commercial product for the assistance of fingers movement, Amadeo (Tyromotion GmbH, Austria), in Fig. 7C is shown a research prototype of exoskeleton glove called Rutgers Hand Master II, and Fig. 7D shows HWARD, a prototype for exercise of the grasping.

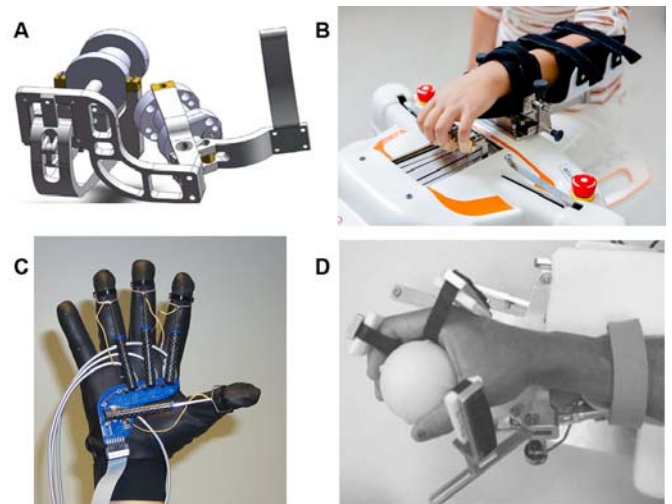


Fig. 7: Hand and finger rehabilitation exoskeletons: A) SUE, B) Amadeo, C) Rutgers Hand Master II and D) HWARD. Modified from [12-15].

It should be mentioned that there are many other systems that were/are developed to meet number of difficult demands that need to be addressed in order to have a rehabilitation device that gives functionality needed by a specific user in a safe, effective and comfortable manner. Up to present, very little consideration has been given to design of human-robot interface at contact area. Inadequate interfaces can lead to pressures that induce discomfort and safety issues.

Most of these existing systems are combined with virtual reality environment and games controlled by sensors distributed within the exoskeleton. The therapy is inherently boring, and games provide entertainment and additional motivation to exercise. The same sensors are used for the assessment of the arm motion and therapy progress.

3. PROSTHESES FOR UPPER LIMBS

Limb prostheses are among first "engineering" systems used in medicine. These early prostheses were individually tailored and should be considered more as artistic designs and not engineering solutions (Fig. 8).



Fig. 8: Two examples of the artificial hands: A Rare German Prosthetic Hand, circa 1580 (right panel) and an articulated wooden hand from the 19th century (left panel). Modified from [16,17].

Prostheses for upper extremities are not necessarily accepted by the patients. The problem is the low benefit/cost ratio and the fact that patients do not consider prosthetic devices as parts of their body. In order to change this, but also with the intention to show to war veterans who risked their lives that the community is taking good care, a "Revolutionizing Prosthetics" large program to improve prosthetics was initiated at the beginning of the XXI century. The Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) divided the research into two phases. The first phase was to produce a working, thought-controlled prosthetic arm and hand. The second phase was to improve the technology and prepare the new prostheses for clinical trials and market (Fig. 9). Several companies and universities led by Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory (APL) developed new artificial upper limb (arm and hand). The task was to implement an interface that can be called "thought-controlled" arm and hand prosthesis. The other central element in the design was that the prosthesis has to look, act and feel like a natural limb.

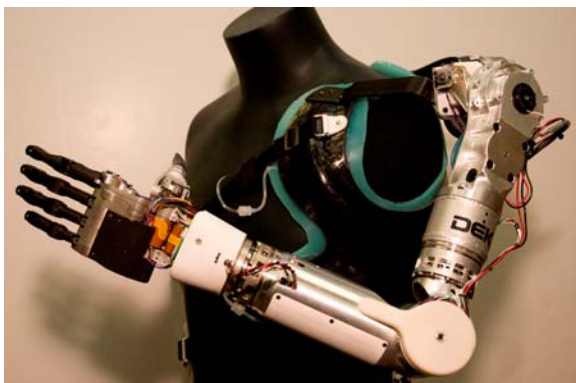


Fig. 9: The fully integrated prosthetic arm nicknamed "Luke Skywalker Arm" (after the high-tech prosthesis used by Luke Skywalker in the Star Wars films). Modified from [18].

The first model of the fully integrated prosthetic arm that is controlled naturally, provides sensory feedback and allows for 8 degrees of freedom has been tested in several amputees. This amount of flexibility is far beyond all other prostheses, but much below the human upper extremity. The new system provides the strength and range of motion that is required for daily life. An "extrinsic" forearm moves much like the human arm and an "intrinsic" hand with components inside to control hand and wrist movement are the main mechanical elements. A "cobot" principle was used to provide the grasping richness: one motor which controls 14 "tendons" (three for the control of the wrist and 11 control fingers and thumb motions). In all, there are about 25 microprocessors and 80 tactile sensors built into the fingers, fingertips, hand, wrist and elbow. The product of the second part of the program is an upper-extremity prosthesis with 25 joints. It has nearly the speed and range of motion of a human limb and provides near-natural control and sensory feedback.

One of the most important developments within this DARPA project is targeted reinnervation suggested by Kuiken et al. [19]. The technique allows redirection of the nerves coming from the spinal cord that normally innervate the arm and hand (musculoskeletal n, median n, ulnar n, radial n.) to the distal ends of the nerves (supraclavicular n, intecostobrachial n.) which innervate the pectoralis muscle as shown in Fig. 10, left panel.



Fig. 10: The sketch of the targeted reinnervation: ulnar, median, musculoskeletal and radial nerves transposed to the distal ends of supraclavicular and intecostobrachial nerves (left panel) and the fully integrated prosthetic arm that is controlled by EMG signals from pectoralis muscle, representing the decision of the user.

In this way the reinnervated muscle operates as the amplifier of neural signals (Fig. 10, right panel). The amputee, after short training, volitionally (at the subconscious level) controls movements of the arm and hand prosthesis (elbow flexion/extension, wrist rotation, prehension/hand closing) by thinking on moving the hand, yet contracting different regions of the pectoralis muscle. The contraction of a specific region of the pectoralis muscle is recorded (EMG) and the signal sent to the appropriate actuator of the prosthesis. It was also shown that when stimulating the skin in the region where the reinnervation took place the amputee could regain limited tactile feedback.

Researchers based at Chalmers University of Technology in Sweden have suggested and partly developed the world's first thought-controlled, "fully implantable" robotic arm, which uses an amputee's own nerves and remaining muscles to afford a much more intuitive level of control than previously possible [20]. Keen to maximize the comfort and intuitiveness of their design, the Chalmers researchers looked to a process known as osseointegration. Originally developed

in the 1960's, osseointegration involves joining living bone to the surface of an artificial system, and has been used successfully for ear, eye, and nose prosthetics, in addition to larger limb prosthetics. A titanium implant would be anchored directly to the patient's skeleton, and electrodes onto the remaining nerves and muscles of the amputee (Fig. 11, left panel). Employing the electrodes in this way affords a significantly increased signal stability when compared to the typical method of controlling prostheses (Fig. 11, right panel).

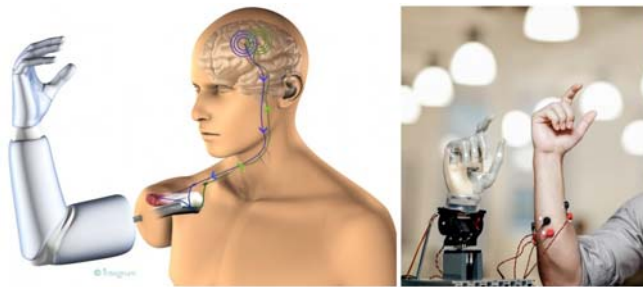


Fig. 11: The Chalmers osseointegration method for the interface with the human (modified from [20]). Right panel show the principle of EMG control that is implements in this prosthesis.

The artificial hand itself is very dexterous. Motors in each finger can be controlled both individually and simultaneously, allowing greater freedom of movement than was possible until now. The artificial hand also gives a level of feedback as the electrodes stimulate the neural pathways to the patient's brain. This contrasts with the more typical and inexact method of relying on auditory or visual feedback from an artificial hand's motors to estimate the grip force.

The problem in replacing the hand (transradial prosthesis) is less complicated compared to the whole arm or transhumeral (above the elbow) prosthesis since the amputee has the ability to control the position of the wrist; yet, not to control wrist rotations, prehension and grasp.



Fig. 12: Different types of artificial hand. See text for details.

Fig. 12 shows examples of artificial hands. The top left panel is the Belgrade hand designed by Miodrag Rakić and

Rajko Tomović and presented in 1963. The hand has four fingers and thumb that are alike biological phalanges. The smart mechanical solution allowed adaptation of the grasp for palmar, pinch and precision grip. In the second version the hand included sensors in fingers as part of the feedback for controlled grasping force. The middle top panel shows the conventional gripper (Otto Bock HealthCare GmbH, Germany) that is most often used covered with the cosmetic skin like silicone layer that gives the human like shape, color and texture. Four other panels show new prostheses that are now coming at the market and are becoming recognized by the health care providers.

A company Touch Bionics created the i-LIMB™ hand (Fig. 12, top right panel). Each finger has its own power. This allows a wide range of motion and can stop when sensors detect that a finger has enough grip on an object. The hand can adjust itself to grip objects of different sizes and shapes. The multi-position thumb allows a user to move the thumb as needed for many types of grips. For instance: 1) Moving the thumb toward the palm allows a “power grip,” which is needed to pick up items like cans and briefcases, 2) A “key grip” closes the thumb on the side of the index finger, which lets the user turn a key in a lock or hold a CD or business card, 3) A “precision grip” is used to pick up small objects, 4) other grips can be used to type on a keyboard, dial the telephone or use an ATM cash machine. There also is an option to “park” the thumb against the hand so as not to “catch” the thumb when putting on cloths. The hand is controlled by myoelectrical signals from existing muscles. Prostheses are specifically designed to fit each person. The prosthesis is made from strong, lightweight plastic. New materials are being made to look, feel and function like human skin. This may lead to prosthetic arms with which users can feel a light touch, shake hands, cook and type. This new skin would have lots of sensors and look more natural. It would be flexible, stretchable, lightweight, tough, resistant to high temperatures and respond to pressure and force.

The next step in the application of robotics considers the use of electrodes that will interface directly nerves (Fig 13).



Fig. 13: Artificial hands (Smarthand in the left panel and Lifehand in the right panel) that are interfacing the user with intraneural t-LIFE electrodes implanted into the forearm on the side of amputation. Courtesy of Dr F. Sebelius, Lund University, Sweden and Dr S. Raspopović, EPFL, Lausanne, Switzerland.

The developments in several research actions combine the intraneural electrodes with the artificial hand that has several motors to drive finger and thumb motion and provide desired function. At this point the electrodes are not perfected; hence,

only research studies demonstrated the benefits of these systems. In general, there is a tendency to connect to the biological system in order to provide communication with the central nervous system that would make the prosthesis a system that the user feels as part of the body.

The new interesting development that started at the University of Belgrade [21, 22] is to augment the operation of the artificial hand with the artificial visual perception. This work is now getting momentum at the University of Gottingen in collaboration with Otto Bock company. Sophisticated processing of EMG signals from the residual part of the arm is used for control of the prosthesis, and the artificial visual perception is combined with electrical stimulation at very low intensity of the sensory system in order to provide sensory perception directly to the brain. The development is done with the now commercially available Michelangelo hand [23].

4. MESSAGE TO TAKE HOME

Robotics in rehabilitation is opening a new page in the rehabilitation of humans with impaired motor and sensory functions. New materials, smart sensors, fast and miniature computers, small and powerful batteries, biocompatible materials that allow implantation, wireless communication and over all understanding that the exoskeleton or prosthesis need to be an integral part of the user contributed to the fact that there are now many sophisticated exoskeletons and prostheses, yet their role in the rehabilitation still needs the confirmation from large clinical studies and users feedback. The researchers and investors in the field of rehabilitation robotics also needs to consider that the economic situation around the world is not uniform and that the new development must include some simple systems to provide rehabilitation and improved quality of life to patients worldwide in addition to the sophisticated and rather expensive systems that are presented in this review. Special attention should be made when designing the robot for the following scenario of the application: therapeutic devices that are use in clinics for limited time can be very different compared with home (personal) devices that will be worn on a daily basis for the remaining of the life.

REFERENCES

- [1] N Jarrassé, T. Proietti, V. Crocher, J. Robertson, A. Sahbani, G. Morel and A. Roby-Brami. "Robotic exoskeletons: a perspective for the rehabilitation of arm coordination in stroke patients." *Frontiers in human neuroscience* 2014, 8:947.
- [2] http://www.sms.hest.ethz.ch/research/arm_rehab/setup
- [3] <http://www.hocoma.com/products/armeo/armeopower/>
- [4] <http://biorobotics.eng.uci.edu/armrehab>
- [5] <http://www.hocoma.com/products/armeo/armeospring/>
- [6] A. Stienen, E. Hekman, F. Van der Helm, G. Prange, M. Jannink, A. Aalsma and H. Van der Kooij. "Dampace: dynamic force-coordination trainer for the upper extremities." In *Rehabilitation Robotics ICORR 2007*, pp. 820-826.
- [7] S. Ball, I. Brown and S. Scott. "MEDARM: a rehabilitation robot with 5DOF at the shoulder complex." In *Advanced intelligent mechatronics 2007 IEEE/ASME International conference on*, pp. 1-6.
- [8] <http://www.cyberdyne.jp/english/>
- [9] M. Manto, E. Rocon, J. Pons, J. Manuel Belda and S. Camut. "Evaluation of a wearable orthosis and an associated algorithm for tremor suppression." *Physiological measurement* 2007, 28(4):415.
- [10] S. Balasubramanian, R. Wei, M. Perez, B. Shepard, E. Koeneman, J. Koeneman and J. He. "RUPERT: An exoskeleton robot for assisting rehabilitation of arm functions." In *Virtual Rehabil IEEE, 2008*, pp. 163-167.
- [11] R. Gopura, K. Kiguchi and L. Yang, "SUEFUL-7: A 7DOF upper-limb exoskeleton robot with muscle-model-oriented EMG-based control." In *Proc IROS 2009*, pp. 1126-1131.
- [12] J. Allington, S. Spencer, J. Klein, M. Buell, D. Reinkensmeyer and J. Bobrow. "Supinator extender (SUE): a pneumatically actuated robot for forearm/wrist rehabilitation after stroke." In *Proc EMBC IEEE 2011*, pp. 1579-1582.
- [13] <http://tyromotion.com/en/products/amadeo/overview>
- [14] M. Bouzit, G. Burdea, G. Popescu, and R. Boian. "The Rutgers Master II-new design force-feedback glove." *IEEE/ASME Trans Mechatronics* 2002, 7(2): 256-263.
- [15] C. Takahashi, L. Der-Yeghian, V. Le, and S. Cramer. "A robotic device for hand motor therapy after stroke." In *Proc. 9th ICORR 2005*, pp. 17-20.
- [16] <http://www.myarmoury.com/talk/viewtopic.php?t=7161>
- [17] <http://www.lightscameranews.com/news/231037>
- [18] <http://www.popsci.com/scitech/article/2009-06/luke-arm-begins-widespread-testing-among-veterans>
- [19] T. A. Kuiken, L. A. Miller, R. D. Lipschutz, B. A. Lock, K. Stubblefield, P. D. Marasco, P. Zhou and G. A. Dumanian, GA. " Targeted reinnervation for enhanced prosthetic arm function in a woman with a proximal amputation: a case study." *Lancet* 2007, 3; 369(9559):371-80.
- [20] M. Ortiz-Catalan, B. Håkansson and R. Brånemark, "An osseointegrated human-machine gateway for long-term sensory feedback and motor control of artificial limbs." *Sci Transl Med* 2014, 6(257): 257.
- [21] M. Markovic, S. Došen, C. Cipriani, D. B. Popović and D. Farina, "Stereovision and augmented reality for closed-loop control of grasping in hand prostheses." *Journal of Neural Engineering* 2014, 11(4): 046001.
- [22] S. Došen, C. Cipriani, M. Kostić, M. C. Carrozza and D. B. Popović, "Cognitive vision system for the control of a dexterous prosthetic hand: An evaluation study." *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2010, 7:42
- [23] <http://www.living-with-michelangelo.com/gb/home/>

Acknowledgment: This work was partly supported by the project III 44008 funded by the Ministry of Education, Science and Technological development of Republic of Serbia.

NAPREDNE TEHNIKE U PYTHON-U: DEKORATORI ADVANCED PYTHON TECHNIQUES: DECORATORS

Tomo Popović, *Electrical and Computer Engineering, Texas A&M University*

Sadržaj: Programski jezik Python je postao veoma popularan zadnjih godina. Python je sve više prisutan i u edukaciji zbog veoma čitljive sintakse koja omogućava brzo učenje programiranja i principa računarskih nauka. Ovaj rad istražuje dekoratore u Python-u, koji se smatraju naprednom tehnikom čak i od strane iskusnih Python programera. U radu je dat opis mehanizma dekoratora kao i njihova implementacija korišćenjem klasa i funkcija. Opcije za implementaciju su objašnjene korišćenjem ilustrativnih primera i njihove vizualizacije.

Abstract: In recent years, Python had become an extremely popular programming language. Python is becoming more and more present in education as its syntax gets out of the way and makes it easy to learn and use to introduce computer science concepts. This paper explores the inner workings of Python decorators, which is considered an advanced topic even for experienced programmers. The paper provides an insight into decorators mechanism, as well as their implementation using classes and functions. Implementation options are discussed using examples and visualization.

1. INTRODUCTION

In recent years, the Python programming language has become extremely popular. Python is very flexible, versatile, fun, easy to learn, and it enables programmers to be more productive. In Python, one can write scripts that run in OS command line, cross-platform GUI applications, web applications, financial applications, as well as scientific code similar to Matlab [1,2]. Getting started with Python and its ecosystem is easy. The syntax gets out of the way and the code almost resembles a pseudo-code. In addition, Python is open source and it is supported by great and extremely active community.

Advanced Python techniques may require more exploration to be understood and used properly. Even competent and experienced programmers often do not utilize all of the idioms and advanced concepts available in the language. Python decorators would fit into that category. While decorators are fairly straightforward to use, their implementation may not be as easy to grasp. Even some definitions of Python decorators seem ambiguous since they mix the description of how to use them vs. how to implement them [3,4].

This paper is an attempt to introduce and explore internals of Python decorators, their implementation, and use in our own code or libraries. Section 2 provides background on Python objects, functions, introduction to Python decorators, as well as a visualization tool called Lumpy. Section 3 illustrates implementation of decorators using classes and functions, while Section 4 provides discussions and conclusions. References are given at the end.

2. BACKGROUND

2.1. Decorators in Python

Decorators in Python are applied to functions and have a purpose to augment their behavior. A decorated function is typically wrapped by another function, which is called instead the original one. The idea is that a decorator adds some new attributes to the original function, adds new functionality to it, and even replaces it with a completely different behavior. The use of decorators assumes a line of code placed above a function or method starting with character @, followed by the decorator's name and arguments.

Decorators are used in various frameworks, such as popular Nose testing framework [5], and they provide an easy syntax to use. For example, the Nose testing tools module provides the function `timed`, which passes if the decorated function, a function being tested, finishes within a specified time limit (Fig. 1).

```
@timed(.1)
def test_that_fails():
    time.sleep(.2)
```

Fig. 1. Using the `timed` test function from Nose

A decorator is typically a function that takes another function as an argument, and then returns a new function [6]. The returned function is used to replace the functionality of the original, also called decorated, function. The use of decorators syntactically looks similar to annotations in Java and C#. However, a better comparison would be to compare the decorators with macros in C/C++, as explained in [4]. Sometimes, decorators in Python get mixed with decorator design pattern [4,7]. Although the decorator pattern can be implemented using decorators, they can also be used to implement other design patterns [7].

Decorators can be used to implement loggers, timers, format conversions, frameworks, etc. They offer a powerful mechanism and easy decoration syntax to provide for modified functionality of decorated functions.

2.2. Everything is an Object

Everything is an object in Python [8]. All the values, classes, functions, object instances, and other language constructs are objects, which means they can have attributes, member functions, they can be passed as arguments, etc. This concept is particularly obvious when considering how Python handles assignments. Even integers can be seen as objects in Python (please refer to example in Fig. 2).

```
a = 2
b = [1,2,3]
c = b
print a.__add__(2)
print (2).__add__(3)
```

Fig. 2. Everything in object in Python

2.3. Functions in Python

Functions are code constructs that are supposed to do something, typically generate an output, based on their arguments. In Python, functions can have a “procedural role” without returning a value (they return a `None`). There are also functions without arguments. In general, functions in Python are fairly straightforward and have a very clear syntax [1,8].

What may not be so obvious is that functions in Python are objects like everything else that is user-defined (Fig. 3). Functions have attributes, such as `__name__`, and they can be assigned to a variable. In this case the `func1` function object is assigned to variable `y` and then called using that new name. Instead of variables that contain values, Python language deals with names and bindings, which in this case means that the variable `y` is bound to the same object as name `func1`.

Functions are first class objects, which means that they can be assigned to variables, placed in lists, stored in dictionaries, passed as arguments, and returned from other functions as a result [6,8]. Another very important concept to introduce here are *closures*. A closure is a first-class function, a function that can be stored as a variable, and also has an ability to access other variables local to the scope in which it was created. The implementation of decorators rely on this very concept, which will be explained later.

```
def func1():
    print "Inside func1"

func1()
y = func1
y()
print y.__name__
```

Fig. 3. Functions are objects as well

2.4. Visualization Using Lumpy

Lumpy is a Python module that generates UML object and class diagrams [8]. Lumpy is used from a running Python program and it can be a very useful debugging and educational tool since it generates a high-level visualization that are somewhat in line with UML standard. In this paper, Lumpy will be used to illustrate what happens when Python decorators are used. An example object diagram for previously shown code (Fig. 2 and 3) is created using Lumpy and depicted in Fig. 4. The object state consists of a module that contains main references, where variable `a` is bound to an integer value 2, `b` and `c` are bound to a list object, and `func1` and `y` are bound to the same function object named `func1`.

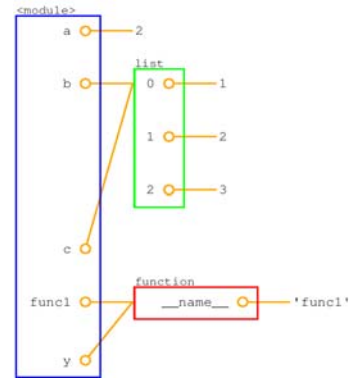


Fig. 4. Visualization of Python objects using Lumpy

We will here start with a decorator implementation example using classes, which makes it easier to relate decorators to object instances of that class. In Fig. 5, a class called `MyDecorator` is implemented. The constructor method `__init__()` defines an attribute and binds it to the object representing the decorated function `f`. The class also needs to be callable so the method `__call__()` is defined in which the decorated function is called and executed. The purpose of decorators in Python is to wrap the original function they decorate and to provide for some modified or additional behavior. In this simple example, we added printing before and after the call of the original function object that is being decorated.

```
class MyDecorator():
    def __init__(self, f):
        self.f = f
    def __call__(self, *args, **kwargs):
        print("Entering", self.f.__name__)
        self.f(*args, **kwargs)
        print("Exited", self.f.__name__)

# @MyDecorator
def func1():
    print("inside func1()")

@MyDecorator
def func2():
    print("inside func2()")
...
```

Fig. 5. Class implementation of a decorator

3. IMPLEMENTING DECORATORS

3.1. Implementation Using Classes

Decorators in Python are often introduced through functions. That can be confusing, especially if the audience is not used to the concept of functions being objects.

As shown in is shown in Fig. 6, the module object contains attribute `MyDecorator` referencing a class object with name `MyDecorator`. Since the decorator is commented for the first function, its name `func1` is bound directly to a function object named `func1`. Finally, the decorated function is bound to a `MyDecorator` that contains an attribute `f` bound to the original function `func2`. By calling `func2`, we actually call an instance of `MyDecorator` that exhibits modified behavior in its `__call__()` method.

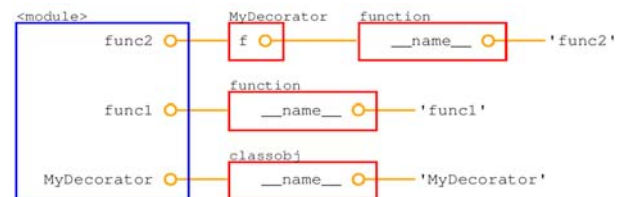


Fig. 6. Decorated function references a callable object

3.2. Implementation Using Functions

As mentioned before, decorators need to be implemented as callable objects so that they can be used to replace the decorated functions. In the previous example, the decorated function was replaced by an instance of a class that has a `__call__()`. More commonly, decorators in Python are introduced by implementing functions as decorators. Since functions in Python are callable objects, they can be used to implement decorators as illustrated in Fig. 7.

```
def my_decorator(f):
    def wrapped_f(*args, **kwargs):
        print("Entering", f.__name__)
        f(*args, **kwargs)
        print("Exited", f.__name__)
    return wrapped_f

@my_decorator
def func1():
    print("inside func1()")

@my_decorator
def func2(x):
    print("inside func2() %d" % x)
...
print(func1.__name__)
print(func2.__name__)
```

Fig. 7. Function implementation of a decorator

The LymPy object diagram for this implementation is shown in Fig. 8. It can be observed that both functions `func1` and `func2` are now replaced with instances of new function `wrapped_f`. However, it is very important to note that, although they have the same name, these two instances are two different objects in memory and they internally reference instances of the original functions `func1` and `func2`. Another important thing to note here is that `wrapped_f()` is a *closure*, because it captures, closes over, the actual value of `f`.



Fig. 8. Decorated functions are replaced with their closures

Printing names at the end of the program in Fig. 7 reveals that both names are the same even though internally the two reference two different function objects. If this behavior is not desirable, the names of decorated functions can be changed dynamically before it is being returned (Fig. 9 and 10). Python is very powerful when it comes to types of information that can dynamically be obtained and modified about functions. Fig. 10 shows that decorated functions `func1` and `func2` now reference wrapper functions with different names.

```
def my_decorator(f):
    def wrapped_f(*args, **kwargs):
        print("Entering", f.__name__)
        f(*args, **kwargs)
        print("Exited", f.__name__)
        wrapped_f.__name__ = "wrapped_" + f.__name__
    return wrapped_f
```

Fig. 9. Function as a decorator with the name reference

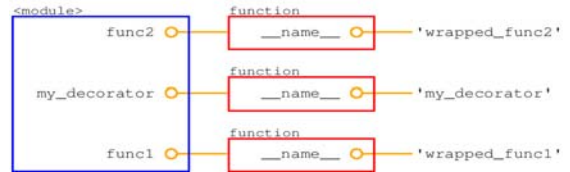


Fig. 10. Adjusting the names of decorated functions

3.3. Decorators with Arguments

When implementing decorators with arguments, there is different behavior that needs to be noted. If the decorator has arguments, the decorated function is not passed to the `__init__()` constructor, but to the `__call__()` method. The `__call__()` method is only invoked once, during the decoration process. It has one argument, which is the decorated function. In this situation, an internal wrapper function is needed (`wrapped_f` in Fig. 11). The arguments of the decorated function are to be passed to the wrapper, which can internally access both the arguments of the decorator and decorated function.

```
class MyDecorator():
    def __init__(self, arg1, arg2):
        print("Inside __init__()")
        self.arg1 = arg1
        self.arg2 = arg2
    def __call__(self, f):
        print("Inside __call__()")
        def wrapped_f(*args, **kwargs):
            print("Inside wrapped_f()")
            print("arg1", self.arg1)
            f(*args, **kwargs)
            print("After decorated f()")
        return wrapped_f

@MyDecorator("test", 1, 2)
def func1(a,b):
    print("inside func1()")
    return a+b
...
```

Fig. 11. Class implementation of a decorator with arguments

A template for the decorator function implementation with arguments is provided in Fig. 12. Although this implementation is more concise it needs some exploring to understand. At the time of decoration the decorator arguments are passed to `my_decorator` and the inside wrapper function is only called once. A reference to the decorated function is passed as a parameter to the wrapper, which defines an inner function `wrapped_f` that will replace the decorated function. Later in the code, whenever the decorated function is called, the corresponding instance of `wrapped_f` gets called instead. Please note that each instance of `wrapped_f` internally has access to the arguments originally passed to the decorator, as well as to an instance of the original decorated function. This inner function creates a closure for the decorated function `f`, but also for the arguments passed to the decorator function at the time of decoration. On the “outside” the object diagram looks exactly the same as in the previous example shown in Fig. 8. Each decorated function will be given a new instance of a `wrapped_f` that will close over the decorators arguments and the decorated function. If printed, the values of `func1` and `func2` reveal that they in fact reference two different instances of `wrapped_f`:

```
<function wrapped_f at 0x7f8d1f407230>
<function wrapped_f at 0x7f8d1f407320>
```

```
def my_decorator(arg1, arg2, arg3):
    def wrapper(f):
        print("Inside wrapper")
        def wrapped_f(*args, **kwargs):
            print("Inside wrapped_f()")
            print("arg1", arg1)
            f(*args, **kwargs)
            print("After decorated f()")
        return wrapped_f
    return wrapper

@my_decorator("test", 1, 2)
def func1(a,b):
    print("inside func1()")
    return a+b

@my_decorator("test", 1, 2)
def func2(x):
    print("inside func2() %d" % x)
...
```

Fig. 12. Decorator with arguments using functions

There are three levels of functions in the implementation and the most inner one is the actual replacement function. Even though the functional implementation appears more concise and clear, it may not be as easy to understand as the implementation version using classes (Fig. 11).

3.4. An Example: Execution Timer

An example of the use of decorators is given in Fig. 13. The decorator function is designed to measure function execution time. The assumption is that the decorated functions (`pi_func1`, `pi_func2`, `pi_func3`) calculate number Pi. Adding the decorator to each of these functions means that an instance of the `ExecTimer` will be called and the original functions will be wrapped with code to measure execution time. The example output is given in Fig. 14.

```
from math import pi, fabs, sqrt
from datetime import datetime

class ExecTimer():
    def __init__(self, f):
        self.f = f
    def __call__(self, *args, **kwargs):
        print("Entering", self.f.__name__)
        t1 = datetime.now()
        result = self.f(*args, **kwargs)
        t2 = datetime.now()
        print("Exited", self.f.__name__)
        print("Execution time: %s" % (t2-t1))
        return result

@ExecTimer
def pi_func1(eps):
    """Gregory-Leibniz series"""
    ...

@ExecTimer
def pi_func2(eps):
    """ Gauss-Legendre formula"""
    ...

@ExecTimer
def pi_func3():
    return pi

eps = 0.00000001
print pi_func1(eps)
```

```
print pi_func2(eps)
print pi_func3()
```

Fig. 13. Checking execution time using decorators

```
('Entering', 'pi_func1')
Exited pi_func1, execution time: 0:00:29.527301
3.14159266359
('Entering', 'pi_func2')
Exited pi_func2, execution time: 0:00:00.000012
3.14159264621
('Entering', 'pi_func3')
Exited pi_func3, execution time: 0:00:00.000003
3.14159265359
```

Fig. 14. The output of the execution timer example

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

A decorator is a callable object (typically a function) that accepts one argument, which is a reference bound to the function being decorated. This object is often called a wrapper object. A decorator can be implemented as a function or class and it has to be called with a single argument. For the class implementation, the `__call__()` method needs to be defined to implement the new behavior. During the decoration process, a callable object instance of that class is created. When calling the decorated function, the wrapper object is called, a function or a callable object depending on the implementation.

Due to the mechanism of binding names to functions as first-class objects that can be stored as variables, decorators can also be nested. This means that multiple decorators can be applied to a single function. Nesting will be resolved from the decorated function up. Nesting of decorators can be very powerful allowing the simultaneous use of decorators from different libraries. More good examples of decorators are given in [6], [9], and [10].

This paper provides a systematic and illustrative introduction to Python decorators. The implementation of decorators in Python is given using conceptual examples that are related to Python decorator mechanism. The examples are accompanied with object diagrams using Lumpy, which can be a useful learning tool. The paper covers templates for decorator implementation using both classes and functions. The paper addresses the peculiarities of the implementation of decorators with arguments. Hopefully, the text will motivate readers to use Python for learning computer science concepts, as well as to explore decorators and other advanced Python techniques.

REFERENCES

- [1] Python Programming Language, <http://www.python.org>
- [2] IPython Interactive Computing, <http://ipython.org>
- [3] P. Eby, "Python 2.4 Decorators," *Dr. Dobb's*, No. 372, pp. 54-57, May 2005.
- [4] B. Eckel, *Python 3 Patterns, Recipes and Idioms*, <http://www.mindviewinc.com/Books/Python3Patterns>
- [5] *Nose* documentation, <http://nose.readthedocs.org>
- [6] D. Beazley, B. K. Jones, *Python Cookbook*, 3rd ed, O'Reilly Media, May 2013.
- [7] E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, J. Vlissides, *Design Patterns*, Addison-Wesley, Nov 1994.
- [8] A. B. Downey, *Think Python*, O'Reilly Media, Aug 2012.
- [9] M. Harrison, *Guide To: Learning Python Decorators*, CreateSpace, Sep 2013.
- [10] *The ASPN online Python Cookbook*, <http://aspn.activestate.com/ASPN/Cokbook/Python>

NOVI ALGORITAM ZA ESTIMACIJU FAZORA U ELEKTROENERGETSKIM SISTEMIMA A NEW ALGORITHM FOR PHASOR ESTIMATION OF POWER SYSTEMS

Žarko Zečević, Zdravko Uskoković, Božo Krstajić, *Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore*

Sadržaj: U radu je opisana nova iterativna metoda za estimaciju fazora trofaznog napona. Predloženo rješenje se sastoji iz tri adaptivna algoritma. Prva dva algoritma se koriste za estimaciju frekvencije trofaznog napona. Treći adaptivni filter vrši procjenu amplituda fazora i faznih pomjeraja između njih. Rezultati simulacija potvrđuju da predloženo rješenje daje bolje rezultate od razmatranih algoritama.

Abstract: A new iterative method for phasor estimation of power system is proposed. Proposed technique uses three adaptive algorithms. First two algorithms are used for frequency estimation. Third adaptive algorithm estimates amplitudes and phase angles between phasors. Simulation results confirm that the proposed algorithm exhibits better performances than considered ones.

1. UVOD

Konvencionalne tehnike za modelovanje fazora u elektroenergetskim sistemima se zasnivaju na pretpostavci konstantne frekvencije. S obzirom da je frekvencija fazora dinamična, pomenute tehnike mogu dovesti do pogrešne estimacije parametara fazora, [1]. Takođe, devijacija frekvencije od njene nominalne vrijednosti rezultira promjenom reaktanse komponenti, što utiče na različite funkcionalnosti releja. Stoga je frekvencija bitan parametar u monitoringu kvaliteta elektroenergetske mreže, [1-3].

Tehnike sa estimaciju frekvencije se najčešće zasnivaju na korišćenju digitalnih odbiraka naponskog signala. Podrazumjevajući da je sistemski napon idealna sinusoida, vrijeme između dva presjeka sa nulom daje informaciju o frekvenciji sistema, [1]. Međutim, u praksi mjereni podaci su zašumljeni i stoga je predložen veliki broj adaptivnih metoda za procjenu frekvencije. Diskretna Furijeova transformacija (DFT), metod najmanjih kvadrata (LS), Kalmanovi filteri, ortogonalno FIR filtriranje i razne iterativne metode su neki od predloženih pristupa, [2-7]. Soft computing tehnike, kao što se genetički algoritmi i neuralne mreže, takođe nalaze primjenu u estimaciji frekvencije, [8, 9].

LMS je adaptivni algoritam koji zbog svoje jednostavnosti i robustnosti nalazi široku primjenu, [1,7]. U [1] je opisana metoda za estimaciju frekvencije pomoću kompleksnog LMS algoritma (CLMS) gdje se kao ulazni i željeni signal koriste odbirci trofaznog napona. U slučaju kada je trofazni napon nebalansiran, CLMS algoritam ne daje dobre rezultate, zbog čega je predložen široko linearni CLMS algoritam (WCLMS) koji dobro vrši procjenu frekvencije i u pomenutom slučaju, [7].

U radu je dat predložen novi pristup za estimaciju fazora nebalansiranog elektroenergetskog sistema. Predloženo rješenje se sastoji iz tri adaptivna algoritma. Prvi adaptivni algoritam (Newton LMS) traži optimalne koeficijente za

transformaciju trofaznog naponskog signala u kompleksni oblik. Na osnovu dobijenog kompleksnog signala vrši se procjena frekvencije pomoću CLMS algoritma. Predložen je i treći adaptivni algoritam (LMS) koji vrši procjenu amplituda i faznog pomjeraja trofaznog napona koristeći koeficijente prvog adaptivnog algoritma.

Rad je organizovan na sljedeći način. Nakon uvoda dat je opis CLMS i WCLMS algoritma. U trećoj sekciji je opisan predloženi algoritam za estimaciju fazora, nakon koje slijede rezultati simulacija i zaključak.

2. ESTIMACIJA FREKVENCIJE POMOĆU LMS-A

Trofazni napon elektroenergetskog sistema može biti zapisan u diskretnom obliku:

$$\begin{aligned} v_a(n) &= V_m \cos(\omega nT + \phi) + \eta_a(n) \\ v_b(n) &= V_m \cos(\omega nT + \phi - 2\pi/3) + \eta_b(n) \\ v_c(n) &= V_m \cos(\omega nT + \phi + 2\pi/3) + \eta_c(n), \end{aligned} \quad (1.1)$$

gdje je V_m vrijednost amplitude fundamentalne komponente, T perioda odabiranja, ω kružna frekvencija naponskog signala, dok je sa $\eta_a(n)$, $\eta_b(n)$ i $\eta_c(n)$ označen bijeli Gausov šum. Nakon primjene $\alpha\beta$ transformacije dobijaju se α i β komponente trofaznog napona, [1]:

$$\begin{bmatrix} v_\alpha(n) \\ v_\beta(n) \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{3}{2}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & -\frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_a(n) \\ v_b(n) \\ v_c(n) \end{bmatrix}. \quad (1.2)$$

čijom se kombinacijom dobija kompleksni oblik signala:

$$v(n) = v_\alpha(n) + jv_\beta(n), \quad (1.3)$$

odnosno:

$$v(n) = Ae^{j(\omega n T + \phi)} + \eta(n) = \hat{v}(n) + \eta(n). \quad (1.4)$$

Napon $\hat{v}(n)$ se može zapisati u sljedećem obliku:

$$\hat{v}(n) = V_m e^{j(\omega n T + \phi)} = \hat{v}(n-1)e^{j\omega T}. \quad (1.5)$$

Model zadat sa (1.5) se koristi za estimaciju nepoznate frekvencije. Signal greške se definiše kao:

$$e(n) = v(n) - \hat{v}(n), \quad (1.6)$$

gdje je $\hat{v}(n)$ estimirani naponski signal u trenutku n :

$$\hat{v}(n) = W(n-1)\hat{v}(n-1), \quad (1.7)$$

pri čemu je:

$$W(n-1) = e^{j\hat{\omega}(n-1)T}. \quad (1.8)$$

Za estimaciju frekvencije se koristi kompleksni LMS algoritam (CLMS), [1]:

$$W(n) = W(n-1) + \mu(n)e(n)v^*(n), \quad (1.9)$$

gdje * označava operaciju kompleksne konjugacije, a $\mu(n)$ je korak kojim se kontrolira brzina konvergencije i stabilnost algoritma, i on može biti fiksna ili promjenljiva.

U svakom trenutku odabiranja, na osnovu (1.8), estimira se frekvencija:

$$\hat{f}(n) = \frac{1}{2\pi T} \sin^{-1}[\text{Im}(W(n))], \quad (1.10)$$

gdje Im označava imaginarni dio kompleksnog broja.

CLMS algoritam daje dobru procjenu frekvencije u slučaju kada je sistem balansirani, odnosno kada su naponski signali zadati u obliku (1.1). U [7] je pokazano da se za nebalansirane sisteme, nakon primjene $\alpha\beta$ transformacije, kompleksni naponski signal može zapisati u sljedećem obliku:

$$v(n) = Ae^{j(\omega n T + \phi)} + Be^{-j(\omega n T + \phi)} + \eta(n), \quad (1.11)$$

gdje su A i B :

$$A = \frac{\sqrt{6}(V_a + V_b + V_c)}{6}, \quad (1.12)$$

$$B = \frac{\sqrt{6}(2V_a - V_b + V_c)}{12} + j \frac{\sqrt{2}(V_b - V_c)}{4}.$$

Kod nebalansiranih napona, nakon direktne primjene CLMS algoritma, u stacionarnom stanju važi sljedeće:

$$W(n) = W(n-1) + \frac{1}{2f\Delta T}, \quad (1.13)$$

što pokazuje da adaptivni koeficijent $W(n)$ osciluje sa frekvencijom duplo većom od systemske frekvencije.

S ciljem da se poveća tačnost u estimaciji frekvencije predložen je široko linearni CLMS algoritam (WCLMS) kod kojeg se kompleksni naponski signal modeluje na sljedeći način, [7]:

$$\hat{v}(n) = v(n)h(n) + v(n)^*g(n), \quad (1.14)$$

gdje je $v(n)$ kompleksni signal zadat sa (1.11), a $h(n)$ i $g(n)$ kompleksni adaptivni koeficijenti koji se iterativno ažuriraju:

$$h(n+1) = h(n) + \mu e(n)v^*(n), \quad (1.15)$$

$$g(n+1) = g(n) + \mu e(n)v(n),$$

pri čemu je $e(n)$ definisano na isti način kao i kod CLMS algoritma.

U svakoj iteraciji frekvencija se ažurira na sljedeći način:

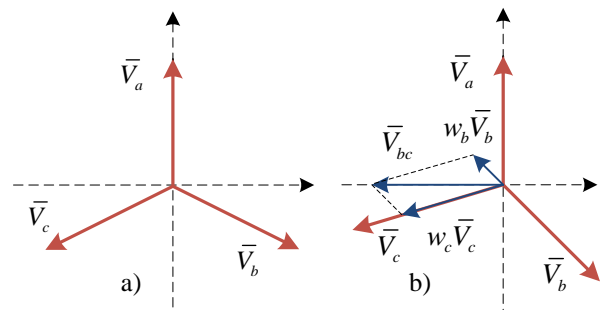
$$f(n) = \frac{1}{2\pi T} \arctan \frac{\text{Im}\{h(n)\} + a_1(n)g(n)}{R\{h(n) + a_1(n)g(n)\}}, \quad (1.16)$$

gdje je:

$$a_1(n) = \frac{-j \text{Im}\{h(n) + j\sqrt{\text{Im}^2\{g(n)\} - |g(n)|^2}\}}{g(n)}. \quad (1.17)$$

3. PREDLOG NOVOG ALGORITMA

Koeficijenti $\alpha\beta$ transformacije za transformaciju trofaznog balansiranih napona u kompleksni oblik dobijaju se na osnovu fazorskog dijagrama prikazanog na slici 1.a. U opštem slučaju fazori \bar{V}_a, \bar{V}_b i \bar{V}_c mogu imati proizvoljnu amplitudu i fazu (slika 1.b).



Slika 1. Fazorski dijagram a) balansiranih, b) nebalansiranih trofaznih sistema

Sa slike 1.b se može uočiti da uvijek postoje koeficijenti w_b i w_c takvi da vektor $\bar{V}_{bc} = w_b \bar{V}_a + w_c \bar{V}_c$ ima istu amplitudu

kao vektor \bar{V}_a , i da je vektor \bar{V}_{bc} normalan na vektor \bar{V}_a . Za poznate vrijednosti koeficijenta w_b i w_c , kompleksni oblik trofaznog napona se može dobiti na sljedeći način:

$$\begin{aligned} V(n) &= V_a(n) + jV_{bc}(n) \\ &= V_a(n) + j(w_b V_b(n) + w_c V_c(n)), \end{aligned} \quad (1.18)$$

Ukoliko je amplituda signala $v_a(n)$ poznata, koeficijenti w_b i w_c se mogu naći minimizacijom funkcije:

$$J = \varepsilon(n)^2 = \left(V_a^2 - v_a(n)^2 - \left(\begin{bmatrix} w_a & w_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_b(n) \\ y_c(n) \end{bmatrix} \right)^2 \right)^2. \quad (1.19)$$

Optimalni koeficijenti se mogu naći iterativnim putem pomoću Newton LMS (NLMS) algoritma:

$$\begin{bmatrix} w_b(n+1) \\ w_c(n+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_b(n) \\ w_c(n) \end{bmatrix} + \mu_1 \varepsilon(n) R^{-1} \begin{bmatrix} y_b(n) \\ y_c(n) \end{bmatrix}, \quad (1.20)$$

gdje je μ_1 korak algoritma, a \mathbf{R} autokorelaciona matrica koja se iterativno procjenjuje:

$$R(n) = \lambda R(n) + (1 - \lambda) \begin{bmatrix} y_a(n) \\ y_b(n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_a(n) & y_b(n) \end{bmatrix}. \quad (1.21)$$

Sa λ je označen faktor zaboravljanja koji treba odabrati u opsegu od 0 do 1.

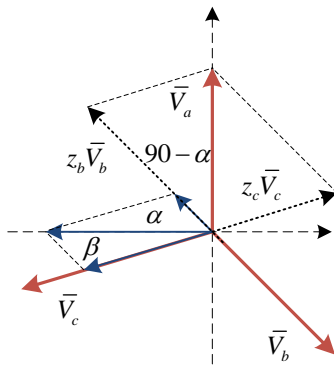
Paralelno sa NLMS-om izvršava se CLMS algoritam za estimaciju frekvencije definisan sa (1.6), (1.9) i (1.10).

U slučaju kada amplituda V_a nije poznata, ona se takođe može odrediti iterativnim putem:

$$w_a(n+1) = w_a(n) + \mu_2 \varepsilon(n), \quad (1.22)$$

pri čemu se u (1.19) V_a zamjenjuje sa $w_a(n)$.

Pored frekvencije potrebno je estimirati amplitude napona, kao i fazne pomjeraje između njih. Amplituda V_a se estimira pomoću (1.22), dok su V_b , V_c , φ_b i φ_c nepoznati.



Slika 2. Fazorski dijagram nebalansiranog sistema

Sa slike 2 se može uočiti da uvijek postoje koeficijenti z_a i z_b takvi da je:

$$\zeta(n) = v_a(n) + z_b v_b(n) + z_c v_c(n). \quad (1.23)$$

Koeficijenti z_a i z_b se nalaze iterativnim putem, minimizacijom kvadrata greške $\zeta(n)$:

$$\begin{aligned} z_b(n+1) &= z_b(n) + \mu_3 \zeta(n) y_b(n) \\ z_c(n+1) &= z_c(n) + \mu_3 \zeta(n) y_c(n) \end{aligned} \quad (1.24)$$

Ostali nepoznati parametri se estimiraju na sljedeći način:

$$\begin{aligned} \varphi_b(n) &= 90^\circ + \alpha(n), \quad \varphi_c(n) = 90^\circ + \beta(n), \\ V_b(n) &= \frac{w_a}{z_b} \sin \frac{\alpha(n)}{\alpha(n) + \beta(n)}, \\ V_c(n) &= \frac{w_a(n)}{z_c(n)} \sin \frac{\beta(n)}{\alpha(n) + \beta(n)}, \end{aligned} \quad (1.25)$$

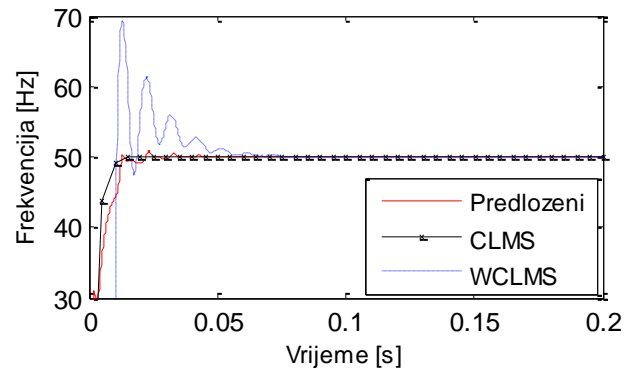
dok se uglovi α i β određuju na osnovu sinusne teoreme (slika 2):

$$\alpha(n) = \arctan \frac{z_a(n)}{w_a(n)}, \quad \beta(n) = \arctan \frac{z_b(n)}{w_b(n)}. \quad (1.26)$$

Prednost predloženog algoritma je u tome što za estimaciju fazora nije potrebna informacija o frekvenciji.

4. REZULTATI SIMULACIJA

Simulacijama je izvršeno poređenje CLMS, WCLMS i predloženog algoritma za estimaciju frekvencije trofaznog sistema. Razmotreni su balansirani i nebalansirani uslovi, kao i slučajevi u kojima je frekvencija konstantna i promjenljiva. Naponski signali su zašumljeni bijelim Gausovim šumom, pri čemu odnos signal šum (SNR) iznosi 40dB. Frekvencija odabiranja naponskih signala je 5KHz.

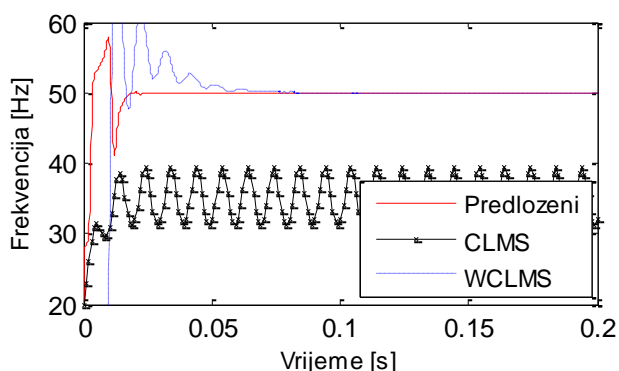


Slika 3. Poređenje algoritama u balansiranim uslovima

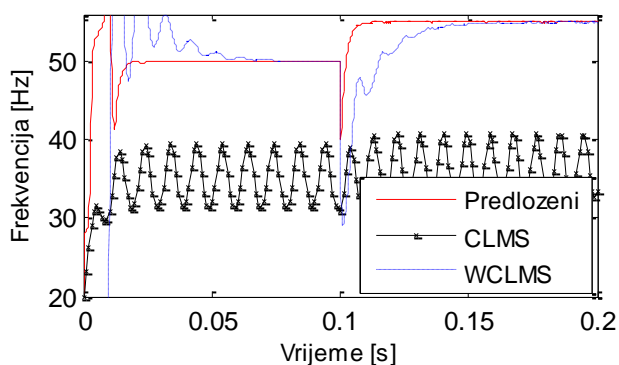
U prvom primjeru, čiji su rezultati simulacija prikazani na slici 3, trofazni napon je balansiran ($V_a=V_b=V_c=220V$, $\varphi_b=\varphi_c=120^\circ$). Može se uočiti da CLMS i predloženi

algoritam imaju približno istu brzinu konvergencije, dok WCLMS najsprije konvergira.

U drugom primjeru trofazni napon je nebalansiran ($V_a=220\text{V}$, $V_b=170\text{V}$, $V_c=180\text{V}$, $\varphi_b=130^\circ$, $\varphi_c=160^\circ$). Sa slike 4 se može uočiti da najbrže konvergira predloženi algoritam. WCLMS ima sporiju konvergenciju, dok se kod CLMS algoritma javljaju oscilacije adaptivnog koeficijenta, što je u skladu sa teorijskim rezultatima.



Slika 4. Poređenje algoritama u nebalansiranim uslovima



Slika 5. Poređenje algoritama u nebalansiranim uslovima

U trećem primjeru su korišćeni isti parametri kao u drugom primjeru. U 0.1-oj sekundi dolazi do naglog skoka frekvencije sa 50Hz na 55Hz. Sa slike 5 se uočava da se predloženi algoritam brže adaptira na novonastale uslove od WCLMS algoritma.

U Tabeli 1. su prikazani estimirani parametri fazora pomoću predloženog algoritma. Može se uočiti da je greška u procjeni amplitude i faznog pomjeraja reda 10^{-2} . Veća tačnost u estimaciji se može postići smanjenjem koraka algoritma.

Tabela 1. Estimirani parametri fazora

Primjer	V_a	V_b	V_c	φ_b	φ_c
1	220.00	220.01	219.99	120.00	119.99
2	220.01	169.91	180.02	129.92	160.05

5. ZAKLJUČAK

U radu je predložena nova tehnika za estimaciju frekvencije, amplitude i faznog pomjeraja trofaznog napona. Predloženo rješenje se sastoji iz tri adaptivna algoritma. Prvi

adaptivni algoritam traži optimalne koeficijente za transformaciju trofaznog napona u kompleksni oblik. Na osnovu estimiranih koeficijenata pomoću CLMS algoritma se vrši procjena frekvencije. Treći adaptivni algoritam u kombinaciji sa parametrima prvog adaptivnog algoritma služi za estimaciju amplitude fazora i faznog pomjeraja između njih.

Rezultati simulacija pokazuju da predloženi algoritam u nebalansiranim uslovima pokazuje bolje rezultate od razmatranih algoritama. Za balansirane trofazne napone predloženi algoritam ima slične performanse kao CLMS algoritam i brže konvergira od WCLMS-a.

LITERATURA

- [1] A. K. Pradhan, A. Routray, A. Basak, "Power system frequency estimation using least mean square technique," *IEEE Trans. Power Del.*, pp.761–766, 2005.
- [2] A. G. Phadke, J. Thorp, and M. Adamiak, "A new measurement technique for tracking voltage phasors, local system frequency and rate of change of frequency," *IEEE Trans. Power App. Syst.*, vol. PAS-102, no. 5, pp. 1025–1038, 1983.
- [3] M. S. Sachdev and M. M. Giray, "A least square technique for determining power system frequency," *IEEE Trans. Power App. Syst.*, vol. PAS-104, no. 2, pp. 437–443, 1985.
- [4] A. A. Girgis and T. L. D. Hwang, "Optimal estimation of voltage phasors and frequency deviation using linear and nonlinear Kalman filtering," *IEEE Trans. Power App. Syst.*, vol. PAS-103, no. 10, pp. 2943–2949, 1984.
- [5] P. K. Dash, A. K. Pradhan, and G. Panda, "Frequency estimation of distorted power system signals using extended complex Kalman filter," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 14, no. 3, pp. 761–766, Jul. 1999.
- [6] M. Akke, "Frequency estimation by demodulation of two complex signals," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 12, no. 1, pp. 157–163, Jan. 1997.
- [7] Y. Xiaa, D. P. Mandic "A widely linear least mean phase algorithm for adaptive frequency estimation of unbalanced power systems," *Electrical Power and Energy Systems*, pp. 367-375, 2014.
- [8] L. L. Lai, W. L. Tse, C. T. Chan, and A. T. P. So, "Real-time frequency and harmonic evaluation using artificial neural networks," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 14, no. 1, pp. 52–59, Jan. 1999.
- [9] K. M. El-Naggar and H. K. M. Youssed, "A genetic based algorithm for frequency-relaying applications," *Elect. Power Syst. Res.*, vol. 55, pp.173–178, 2000.

PRIMJER IMPLEMENTACIJE RJEŠENJA ZA BACKUP I RESTORE PODATAKA AN IMPLEMENTATION EXAMPLE OF BACKUP AND RESTORE SOLUTION

Vladana Mrdak, Božo Krstajić, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj - U radu su predstavljeni backup i restore koncepti koji se mogu ostvariti na Linux operativnom sistemu. Uzimajući u obzir da je backup i restore strategija određena dostupnom infrastrukturom, kao i da su frekvencija backupa i period zaštite podataka definisani u skladu sa politikom i potrebama kompanije, izabrana je Open Source komanda `rsync` kao osnovni backup alat. Dat je primjer realizacije backup rješenja za sistem od 6 servera pod Linux operativnim sistemom kroz dvije skripte pisane u `bash shellu`. Opisan je proces oporavka podataka koji je komplementaran sa izloženom strategijom i realizacijom backup rješenja.

Abstract – This paper presents concepts of data backup and recovery solution on Linux systems. Considering that backup and recovery strategy has been defined by existing infrastructure and backup frequency and protection period have been defined by IT organization's policy and needs, Open Source command `rsync` has been chosen as basic backup tool. Backup solution for a system of 6 Linux servers has been described through two scripts written in `bash shell`. Complement restore solution has been presented.

1. UVOD

Backup je engleska riječ koja u bukvalnom prevodu znači podrška, rezerva, kopija. U IT terminologiji se odnosi na proces kopiranja i smiještanja podataka na odvojeni sigurni medijum koji se može upotrijebiti za povraćaj originalnih podataka u slučaju njihovog gubitka ili oštećenja. Osnovna svrha backupa je oporaviti podatke nakon gubitka koji je uzrokovan slučajnim brisanjem ili korupcijom. Druga svrha je povraćaj podataka iz tačno određenog vremena, definisanog politikom čuvanja podataka koja je u nekim sferama poslovanja dio zakonske regulative.

Backup politika definiše zahtjeve organizacije prema kojima se vrši backup podataka, softvera i sistema u zavisnosti od definisanog perioda čuvanja (*retention*) i zaštite (*protection*) podataka neophodnih za nesmetano funkcionisanje određenog poslovanja. Kako bi se važne informacije sačuvale i oporavile nakon gubitka, treba obezbijediti adekvatne kapacitete u smislu infrastrukture. Backup kopije podataka, softvera i slika sistema treba obezbijediti i testirati u skladu sa dogovorenim backup politikom.

Prema ISO/IEC 27002:2013 standardu [1], prilikom pravljenja backup plana treba uzeti u obzir da: treba da postoje tačni i potpuni zapisi backup kopija i odgovarajuće dokumentovane procedure za restore; tip i frekvencija backupa treba da odgovaraju poslovnim zahtjevima organizacije, sigurnosnim zahtjevima informacija koje se čuvaju, kao i važnosti informacija kako bi organizacija obezbijedila kontinuiran servis; kopije treba čuvati na dovoljno udaljenoj lokaciji kako bi se izbjegao gubitak podataka u slučaju nesreće na glavnoj lokaciji; backup podacima treba obezbijediti odgovarajući nivo fizičke i ekološke zaštite koji odgovaraju standardima primijenjenim na glavnoj lokaciji; mediji za backup se moraju redovno testirati kako bi se osigurala njihova ispravnost ukoliko bude potrebe, kombinovano sa procedurama i vremenom neophodnim za oporavak podataka; backup podatke bi trebalo enkriptovati u slučajevima kad je povjerljivost podataka značajna.

Operacione procedure treba da prate izvršavanje backupa i dokumentuju greške zakazanih akcija kako bi se osigurao kompletan proces prema odgovarajućoj backup politici.

Kako bi spriječila gubitak podataka, IT organizacija mora izabrati odgovarajuću backup strategiju među brojnim tehnologijama koje su danas dostupne; od tradicionalnih metodologija do vodećih aktuelnih rješenja. Rad je koncipiran tako da razmatra nekoliko značajnih koraka u izradi backup/restore strategije. Odabran je model za backup podataka na disk. Backup rješenje za sistem od 6 servera pod Linux operativnim sistemom je realizovano pomoću dvije skripte pisane u `bash shellu` koristeći Open Source alat `rsync`. Podaci su organizovani u tri dnevne kopije uzimajući u obzir definisanu frekvenciju backupa i period zaštite podataka. Svi obrađeni koraci imaju veliki uticaj na uspješan oporavak podataka koji je u ovom slučaju predstavljen reverzibilnom backup komandom.

2. OSNOVNI KONCEPT BACKUPA

Prilikom implementacije rješenja za backup i oporavak podataka, IT organizacije treba pažljivo da definišu svoje ciljeve i da usklade tehnološku strategiju sa poslovnim zahtjevima. Današnji poslovni svijet prepoznaje podatke u svojoj nadležnosti kao važan strateški resurs koji se mora zaštititi od velikog broja rizika i prijetnji. Pravilno planiranje i kreiranje odgovarajuće backup strategije može biti vrlo zahtjevno jer u zavisnosti od tipa podataka, treba osigurati njihove kopije i zaštititi ih, treba obezbijediti njihovu dostupnost u što kraćem vremenskom roku a po što manjoj cijeni. Uložena sredstva treba opravdati, budući da zaštita podataka ne generiše profit već stvara troškove [2].

Različitim IT organizacijama su potrebna različita rješenja u zavisnosti od njihovih potreba, složenosti sistema čiji se podaci moraju očuvati, frekvencije backupa i perioda čuvanja podataka. Rješenja mogu počivati na besplatnim rješenjima za oporavak podataka, ali se većina odlučuje na kombinovana komercijalna rješenja u zavisnosti od stvarnih potreba i raspoloživog budžeta [3]. U velikim organizacijama infrastruktura nije homogena, već predstavlja kombinaciju

raznih tehnika i tehnologija razvijajući se godinama i dopunjavajući novijim segmentima koji se uklapaju u starije. Zbog toga firme ulažu u komercijalne softvere koji su u stanju da vrše backup kompleksnih sistema i infrastrukturu koju čine različiti uređaji specijalno predviđeni za backup.

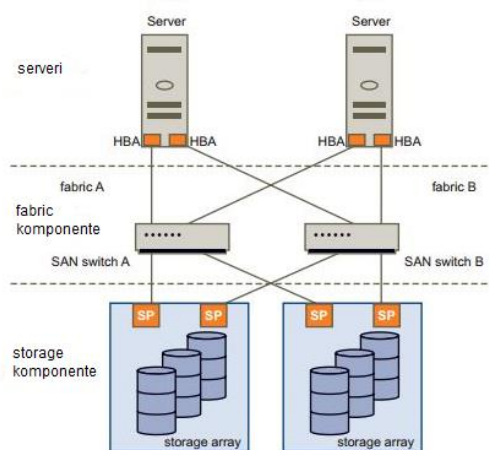
Na Linuxu postoje razni alati koji su već integrirani i budući da su *Open Source*, besplatni su. U datom primjeru tipovi podataka za koje je važno organizovati backup su standardni fajlovi i baze podataka (*Oracle*).

3. REALIZACIJA BACKUP RJEŠENJA

3.1 Backup strategija i dostupna infrastruktura

Potrebno je izvršiti kompletan backup 6 Linux servera distribucije operativnog sistema RHEL 6.4. U ovoj fazi projekta softver i instalirana aplikacija se mijenjaju na dnevnom nivou. Vrlo je važno da se backup svakodnevno radi jer su izmjene intenzivne i svaki gubitak podataka može dovesti do odlaganja rokova i kašnjenja projekta. Frekvencija backupa je svaki dan, a period zaštite podataka je 3 dana. To znači da je potrebno čuvati 3 zadnja backupa kompletnog sistema koji se rade jednom dnevno.

Svi serveri su opremljeni HBA (*Host Bus Adapter*) karticama koje su povezane na SAN (*Storage Area Network*) optičku infrastrukturu. HBA je interfejs koji povezuje server sa ostalim mrežnim i storage uređajima u optičkoj infrastrukturi. Topologija SAN-a je prikazana na Slici 1 [4]. Kostur SAN topologije čine FC (*Fibre Channel* - optički) svičevi. Svi svičevi su u paru zbog redundanse, tako da formiraju dva *fabric*-a. Svi uređaji su preko HBA kartica povezani i na jedan i na drugi *fabric* kako bi se ostvario koncept „bez tačke prekida“ (*no single point of failure*). Na FC sviču se moraju kreirati zone tako da se omogući vidljivost servera i prostora prezentovanog sa storage uređaja. *Fibre Channel* (FC) infrastruktura je već implementirana, budući da je storage uređaj morao biti dostupan svim serverima.



Slika 1: Topologije FC SAN infrastrukture

Za bilo koji tip backupa potreban je prostor i alat za backup. U zavisnosti od dostupne infrastrukture, prostor se može obezbijediti na posebnom uređaju za backup ili na diskovima prezentovanim sa storage uređaja na kojima je kreiran ext4 fajlsistem. Alat može biti komercijalni softver ili određena komanda na Linuxu. U ovom specifičnom

primjeru, pošto uređaj predviđen isključivo za backup nije bio dostupan kako je to obično praksa za sve važne sisteme, iskorišćen je prostor na storage uređaju. Backup svih servera se vrši preko LAN mreže na jedan od 6 servera (uzet je serv01db) koji ima obezbijedenu jednu particiju na storage uređaju za potrebe backupa. Imena svih servera i njihove IP adrese su definisane na korporativnom DNS uređaju. Pored standardnih mrežnih interfejsa povezanih na korporativnu mrežu, svi serveri su opremljeni dodatnim gigabitnim mrežnim adapterima koji su namijenjeni za backup. Testirana je brzina prenosa podataka preko mreže i rezultati su približno 100MB/s što je blizu 1Gb/s kompletnog kapaciteta mrežnog adaptera. Svi serveri se nalaze u istoj mreži.

Na raspolaganju je storage uređaj visoke klase (high-end) VMAX 10k Symmetrix proizvođača EMC posebno obezbijeden za ovaj projekat, koji sadrži 3 tipa diska, SSD, FC i SATA. Pošto performanse u ovom slučaju nisu važne već pouzdanost podataka, odvojen je prostor na SATA diskovima tipa 2000GB 7,2K koje karakterišu loše performanse ali i najbolja cijena. Budući da nije potrebno trošiti resurse na brzinu upisa podataka, poslužio bi bilo koji iSCSI ili storage niže klase dovoljnog kapaciteta. Jedna particija od 5,5TB zadovoljava potrebe trodnevnog backupa.

Na storage uređaju je konfigurisan skup od 24 diska veličine 240GB koji su prezentovani serveru. Zbog postojanja dvije HBA kartice na svakom serveru koje su povezane na dva različita FC sviča, a storage uređaj ima dva kontrolera koja su povezana na oba FC sviča (Slika 1), svaki server vidi svaki od 24 pojedinačna diska preko 4 različite fizičke putanje. Razlog je redundancija; ukoliko otkaze bilo koji segment iz navedene topologije, server ne gubi vezu sa storage uređajem preko ostalih putanja. Kako bi server umjesto 4 diska vidio jedan, na svakom serveru mora postojati *multipath* softver koji služi da objedini 4 putanje u jednu. Parametar za prepoznavanje diska je jedinstveni broj diska WWN (*world wide name*) koji je isti za svaku putanju i na serveru i na storage uređaju. Iako postoje razni softveri za *multipath* od kojih su neki komercijalni, korišćen je originalni Linux softver za *multipath* koji je uključen u standardnu distribuciju RHEL 6 u obliku rpm paketa *device-mapper-multipath-0.4.9-72.el6.x86_64*. Nakon toga su svi diskovi pomoću LVM (logical volume manager) softvera objedinjeni kako bi se dobila jedna particija – logički *volume* /dev/vgbackup/backup veličine 5,6TB (240GB x 24 = 5760GB, 5760GB / 1024 = 5,625TB).

Nakon kreiranja logičkog *volume*-a, odnosno particije, treba formatirati disk u ext4 formatu pomoću *mkfs.ext4* komande i tek onda ga montirati na sistem na odgovarajuću mount tačku, kako bi se dobio upotrebljivi prostor, odnosno fajlsistem. Naravno, prilikom računanja potrebnog prostora, uvijek treba uzeti u obzir podrazumijevani *overhead* od 5% koji otpada na fajlsistem [5], tako da kad se sabere iskorišćeni (*Used*) i dostupni (*Avail*) prostor, dobije se manje iskoristivog prostora nego što je očekivano (5,625TB x 0,95 ~ 5,3TB).

3.2 Linux komande za backup

Na Linux operativnom sistemu postoji nekoliko raspoloživih komandi koje mogu kopirati podatke u zavisnosti od potreba i zahtjeva. U procesu razmatranja alata koji bi bili podesni za backup velikog broja podataka, uzete

su u obzir tri komande: *dd*, *tar* i *rsync*. Sve tri komande su potpuno različitog koncepta, iako se sve tri mogu koristiti za backup podataka.

Došlo se do zaključka da *dd* nije odgovarajuće rješenje zbog prirode ove komande; na ovaj način se pravi slika svih particija na sistemu kojih ima 78. Većina particija nije skroz popunjena i nema 100% zauzeće prostora, međutim *dd* komanda pravi sliku blokova i ona ne razlikuje upotrebljeni prostor od praznog. Tri dana backup-a bi upotrijebilo preko 15TB prostora. Iz ovakvog backupa ne bi se mogli izvući pojedinačni podaci na određenim fajlsistemima, već bi morao da se radi oporavak kompletnog fajlsistema. Na ovaj način bilo bi korisno odraditi sliku lokalnog diska koji je na svim serverima veličine 300GB.

Osnovna funkcija *tar* komande je arhiviranje, a zaključak je da se pomoću nje ne štedi prostor jer je kompresija vrlo mala. Backup čitavog sistema je zakazan svake noći u 2 sata, sa izuzetkom nedjelje; to znači da bi se svake noći iznova prebacivali svi podaci preko mreže, što bi značajno povećalo vrijeme izvršavanja skripte i opterećenje na mreži. *Rsync* se pokazao kao najbolji izbor, jer iako pojedinačno kopira svaki fajl, može da odradi izvjesnu kompresiju. Ova komanda ima mogućnost upoređivanja fajlova na izvoru i fajlova na destinaciji, tako da po potrebi može kopirati samo razlike.

Rsync je backup alat na komandnoj liniji, koji može da izvršava disk-na-disk backup lokalno i na udaljenoj mašini i pri tom čuva sistemski specifične atribute kao što su prava, datumi, ACL, strukture direktorijuma, itd. Poznat je po svom *delta-transfer* algoritmu koji smanjuje količinu podataka predviđenu za prenos preko mreže i tako šalje samo razlike između izvornih fajlova i već postojećih fajlova na destinaciji. Za razliku od Windows operativnog sistema koji koristi archive bit kako bi utvrdio da li je fajl već prošao kroz proces backupa, *rsync* na Linuxu pronalazi fajlove koji su promijenili veličinu ili zadnje modifikovano vrijeme i njih prenosi, dok ostale atribute mijenja direktno na destinacionim fajlovima ukoliko algoritam pokaže da fajlove ne treba update-ovati. Da bi funkcionisao, *rsync* mora biti instaliran i na serverskoj i na klijentskoj strani komunikacije.

Moderni *rsync*, koristeći *ssh* protokol kao podrazumijevani protokol za transfer podataka sa udaljene mašine, ostvaruje enkripciju podataka preko mreže, tako da su i sigurnosni zahtjevi zadovoljeni [6]. *Secure Shell* (SSH) je komandni interfejs baziran na Unixu i mrežni protokol koji korisnicima omogućava uspostavljanje sigurnog komunikacionog kanala između dva računara koristeći nesigurnu računarsku mrežu. Pristup serveru/računaru preko SSH protokola omogućava korisnicima izvršavanje operacija na Linux komandnoj liniji. Osnovni port koji se koristi je 22. Za pristup sa Unix računara na Unix, mehanizmi su već ugrađeni u postojeće shellove.

Rsync nudi brojne opcije koje kontrolišu svaki aspekt njegovog ponašanja i dozvoljavaju veoma fleksibilne specifikacije fajlova predodređenih za kopiranje (Detaljnije na *rsync man* stranicama [6]).

Na tržištu postoji značajan broj komercijalnih i besplatnih softvera koji koriste *rsync* alat i zasnovani su na njemu. Iako je ova komanda inicijalno razvijena na Linuxu, neki od ovih softvera su prilagođeni i za ostale operativne sisteme kao što su Windows i MacOS.

3.3 Skripte za backup

Backup rješenje za 6 Linux servera u opisanom sistemu je realizovano kroz automatsko izvršavanje dvije skripte pisane u *bash shellu*:

- */root/Scripts/backup_all.sh*
- */root/Scripts/backup_fs.sh*

Prva skripta je postavljena u *crontab* fajlu, dok se druga poziva iz nje. *Bash shell* je osnovni i podrazumijevani komandni interpreter u svim Linux distribucijama, razvijen u okviru GNU projekta kao zamjena za standardni Unix shell. Skripte su predviđene da se mogu upotrijebiti na bilo kojem Linux sistemu i nisu određene hardverom koji je predstavljen u radu. Testirane su na Red Hat i Centos distribucijama operativnog sistema, kao i na fizičkim i virtuelnim mašinama.

3.4 Pristup udaljenom računaru

Da bi *rsync* komanda mogla automatski da se izvršava na udaljenom računaru bez interakcije administratora, potrebno je omogućiti autentikaciju bez šifri (*password*) koji je osnovni metod autentikacije preko *ssh* protokola. To se postiže upotrebom *ssh* ključeva. Na izvornom serveru, pod odgovarajućim userom se kreira par privatni/javni *ssh* ključ bez šifre (*passphrase*) pomoću komande *ssh-keygen*. Ukoliko se posebni argumenti ne specificiraju, ova komanda kreira set *RSA* enkriptovanih ključeva u *~HOME/.ssh/* direktorijumu određenog korisnika. Fajl *id_rsa* je privatni dio ključa i on ostaje u *.ssh/* direktorijumu, dok je *id_rsa.pub* javni dio ključa čiji se sadržaj smiješta u fajl *~HOME/.ssh/authorized_keys* na udaljenom serveru. Za potrebe funkcionisanja backup skripte, iskopiran je javni ključ sa *root@serv01db* na administratorske naloge ostalih servera.

3.5 Prostorna i vremenska organizacija backupa

Nakon što je fajlsistem kreiran na particiji veličine 5,6TB prezentovanoj sa storage uređaja i montiran na novokreiranu tačku */backup*, kreirani su direktorijumi sa imenima svakog servera pojedinačno. U svakom pojedinačnom direktorijumu kreiran je novi direktorijum *FS/*, dok je na DB serveru *serv01db* kreiran i direktorijum *oracle* za backup Oracle baze podataka. Nakon toga su u *FS/* direktorijumu kreirani direktorijumi čija imena označavaju datum kada je izvršen backup podataka. Ove direktorijume kreira skripta *backup_fs.sh* pomoću komande ``date +%Y%m%d`` tako da se njegovo ime sastoji od trenutne godine (2014), mjeseca (09) i dana (15). Izabran je takav redosljed kako bi se direktorijumi uvijek sortirali po starosti bez obzira na prelazak u novi mjesec ili novu godinu.

Efekat inkrementalnog backup-a u smislu vremena potrebnog za izvršavanje skripte se postiže pomoću određene sekvence u skripti, iako se zauzima prostor kompletnog backupa. Rotaciona šema funkcionise tako što se nakon tri dana folder sa zadnjim backupom preimenuje u današnji i u njemu se odradi inkrementalni backup (Slika 2). Kako nijedna komanda nema mogućnost čuvanja isključivo promjena i samo jednog kompletnog backupa, došlo se do prelaznog rješenja; čuvaju se 3 zadnja kompletna backup-a, što jeste 3 puta više prostora, ali je vrijeme kopiranja

skraćeno samo na razlike. Na taj način se dnevni backup od 2TB preko mreže završi za 2 sata u prosjeku, a pri tom nema potrebe definisati dodatne procedure koje brišu stare podatke (*cleanup procedure*).



Slika 2: Logički prikaz rotacione šeme u skripti

Skripta za backup kompletnog sistema je postavljena u *crontab* fajlu root usera na serveru serv01db. Automatski se izvršava svakog jutra u 02 sata sa izuzetkom nedjelje. Budući da je jedino subota neradni dan i tada nema promjena na sistemu od strane korisnika, jutro poslije se preskače u rasporedu kako bi se izbjegla dva ista uzastopna backupa. Noćni termin je izabran zato što u tom periodu sistem nije opterećen korisničkim akcijama i najmanje promjena se dešava na sistemu. Uobičajena je praksa da se backup podataka zakazuje u noćnom periodu iz više razloga: sistem je tada najmanje opterećen, dodatna aktivnost prouzrokovana backupom nije smetnja korisnicima koji tada ne koriste sistem, sistem prolazi kroz minimum promjena tako da je mala vjerovatnoća da dodje do korupcije podataka ukoliko više procesa istovremeno pristupa istim podacima.

4. RESTORE FUNKCIONALNOST

Termini *restore* i *recovery* su engleske riječi koje u IT terminologiji označavaju povraćaj fajlova sa backup medijuma na originalnu lokaciju. Razlika je u tome što se *recovery* obično odnosi na oporavak jednog ili više fajlova, dok *restore* označava oporavak kompletnog sistema ili hard diska iz kompletnog sistemskog backupa. Sistemski *restore* je proces oporavka podataka koji su se oštetili bilo u procesu njihovog korišćenja, bilo otkazom uređaja na sistemu.

Jedna od najvažnijih tema za planiranje oporavka podataka je pravilno planiranje metode za backup. Uzroci za gubitak podataka mogu biti razni, a najčešće su prouzrokovani ljudskim faktorom, kao što je brisanje programa ili fajlova greškom, greške u administriranju bazom itd. [3].

U razmatranom primjeru, infrastruktura je uglavnom zaštićena. Storage kao uređaj ima određene vidove zaštite svih podataka od otkaza jednog ili više diskova. FC infrastruktura je u potpunosti redundantna, a budući da je sva oprema smještena u Data Centru koji je klimatizovan i sa redundantnim napajanjem, mala je vjerovatnoća da će doći do gubitka ili korupcije podataka zbog hardverskog otkaza. Budući da je u ovom slučaju najveći uzročnik gubitka podataka ljudski faktor ili korupcija softvera ili baze, a pošto je u pitanju sistem u testnoj fazi, politika kompanije je da se backup podataka ovog tipa vrši jednom dnevno i da se podaci čuvaju zadnja 3 dana.

Zbog dobro planirane backup strategije, restore je vrlo jednostavna operacija. Vršiti se reverzibilnom *rsync* komandom koja je inicijalno poslužila za backup podataka. Primjer oporavka jednog direktorijuma na serv01app serveru od 14. septembra 2014. godine bi izgledao ovako:

```
# /usr/bin/rsync -avzx --progress --delete --
exclude={/lost+found} --inplace --ignore-
errors --blocking-io --numeric-ids --
timeout=1500
/backup/serv01app/FS/20140914/ctmxpinas/
root@serv01app:/ctmxpinas/
```

Budući da se podaci vraćaju na originalnu lokaciju, vrijeme oporavka zavisi od količine podataka koju treba povratiti. Pošto je brzina upisa na disk na storage uređaju veća od brzine mreže, brzina restore-a odgovara brzini mreže, što je približno 100MB/s.

5. ZAKLJUČAK

Ovaj rad se bavi tehnikama koje treba razmotriti prilikom implementacije odgovarajućeg rješenja za backup i oporavak podataka. Na praktičnom primjeru, korišćenjem postojeće infrastrukture prikazana je metodologija razvoja strategije za backup i njene realizacije. Budući da postoje 3 dnevne kopije, izgubljeni podaci će se nalaziti na nekoj od tih kopija. Postojanje backupa nije opravdano ukoliko oporavak nije uspješan ili ne uspije da zadovolji zahtjeve i ciljeve poslovanja.

Opisano backup rješenje je skalabilno, a može se proširiti jednostavnim dodavanjem diskova sa storage uređaja ukoliko za to postoje kapaciteti. Fleksibilnost se ogleda u tome da prilikom dodavanja novih fajlsistema na bilo koji server, skripta ih automatski prepoznaje i vrši njihov backup na standardnoj lokaciji. Dodavanje novih servera je takođe jednostavno, dodavanjem nove linije u skripti koja se automatski pokreće iz *crontab* fajla. Iskorišćena je postojeća infrastruktura, mada je prostor na storage uređaju vrijedniji od prostora na uređajima za backup. Iskorišćene su sposobnosti *rsync Open Source* programa da vrši inkrementalni backup kako bi se skratilo njegovo vrijeme i rasteretila *Ethernet* mreža preko koje se vrši prenos fajlova.

Rješenje bi se moglo poboljšati dodavanjem *logging* komponente i automatskog obavještanja na e-mail i/ili SMS o uspješnosti izvršenog backupa.

LITERATURA

- [1] ISO/IEC 27002:2013, Information technology - Security techniques - Code of practice for information security controls
- [2] Brocade Communications Systems, Inc. (2007) Data Protection: Understanding the Benefits of Various Data Backup and Recovery Techniques, http://www.brocade.com/downloads/documents/white_papers/DataProtection_WP_00.pdf
- [3] Guidance Consulting Inc. (2012) Data Recovery - Finding a right data backup method, <http://www.guidance-consulting.com/articles/67-finding-a-right-data-backup-method.html>
- [4] VmWare (2006), SAN Conceptual and Design Basics, http://www.vmware.com/pdf/esx_san_cfg_technote.pdf
- [5] Christian Kutzt (1999) tune2fs(8) - Linux man page, <http://linux.die.net/man/8/tune2fs>
- [6] Wayne Davison (2014) rsync(1) - Linux man page, <http://linux.die.net/man/1/rsync>

ANALIZA OBRAZACA PONAŠANJA KORISNIKA RAZLIČITIH STILOVA UČENJA U OKVIRU KOLABORATIVNIH MODULA

ANALYSIS OF USERS' BEHAVIOUR PATTERNS OF STUDENTS WITH DIFFERENT LEARNING STYLES WITHIN THE COLLABORATION MODULES

Marija Blagojević, Maja Božović, Zoran Jevremović, Miloš Papić, *Fakultet tehničkih nauka Čačak, Univerzitet u Kragujevcu, Srbija*

Sadržaj: *Rad predstavlja analizu obrazaca ponašanja studenata različitih stilova učenja u onlajn okruženjima. Analizirani su kolaborativni moduli, a učesnici su studenti Fakulteta tehničkih nauka u Čačku. Rezultati ukazuju na karakteristike potencijalnih pristupa u učenju. Budući rad odnosi se na kreiranje Web aplikacije koja bi integrirala dobijene rezultate.*

Abstract: *This paper presents an analysis of the behavior patterns of students of different learning styles in the online environment. We analyzed the collaborative modules, and participants in the study were students of the Faculty of Technical Sciences in Cacak. The results indicate the characteristics of the approach and possible differences in learning. Future work relates to the creation of Web applications that integrate these results.*

1. INTRODUCTION

Learning management systems are becoming increasingly prevalent at universities to support traditional learning or to support distance learning. Among the free LMS (Learning Management Systems) in [1] is highlighted the Moodle, which was used in this research. Moodle LMS provides many opportunities for active learning (setting material, creating lessons, create tests, etc.). In addition to these activities, Moodle gives the possibility of organizing collaborative activities and the introduction of various modules (forum, wiki, chat).

Bearing in mind the different learning styles, the paper presents a study concerning the learning characteristics of students belonging to different styles in terms of the time when they are most active.

There are a large number of studies dealing with the characteristics of learning styles in an online environment.

In [2] it was found that learning styles should be taken into account in the process of instructional design. In [2] is identified a set of principles stemming from multiple learning theories relating to learning styles. The paper highlighted the achievements of students online courses can be improved if the activities of the course is organized according to learning styles.

Compared with [2] in this study we identified particular characteristics relating to the participants at the time of study, in which preferably, and according to the learning styles. We used a different questionnaire survey.

Styles, as in [3], classified according to Kolb. Similarly as in [3], the authors find connection between learning styles and patterns of user behavior in online environment.

2. GOALS AND TASKS OF RESEARCH

In this research was carried out action research which in a particular case involves adapting the use of collaborative coursework modules (forum, wiki, chat) characteristics of different learning styles. The purpose was to improve the implementation of collaborative modules within Moodle electronic courses. Results and conclusions will be applied in the future work to take the same courses, with the re-collection of data and feedback information to students.

- Determine the difference between students of different styles by Kolb in the use of collaborative electronic module in Moodle courses.
 - Identify opportunities to obtain predictions of the behavior of students of different styles by Kolb.
- The objectives of the research:
- The use of survey research in order to classify students according to Kolb style.
 - Data collection
 - Data pre-processing: clean and prepare the Web server log file.
 - Analysis of data and create charts.
 - Creating guidelines for the use of collaborative activities depending on the style of learning by Kolb.

3. METHODOLOGY

The research was conducted at the Faculty of Technical Sciences in Cacak, within the Moodle [4] Learning Management Systems. To study selected students who do test assessment learning styles. Of the 22 participants was 7 female and 15 male. Statistical data of the participants are given in Table 1 Table 1 shows the descriptive statistics for the Kolb learning styles.

Table 1. Participants' information [5]

Gender	Frequency	Percent	Valid percent	Cumulative percent
Male	15	68.2	68.2	68.2
Female	7	31.8	31.8	100.0
Total	22	100.0	100.0	

Table 2 summarizes the information for the style as a variable. There is information on the style of the 22 subjects, the range of the number of respondents by type of style by Kolb from 4 to 10, the mean is 5.5 and the standard deviation of the mean value is 1.134.

Table 2. The descriptive statistics for the Kolb learning styles [5]

	No.	Min.	Max.	Mean	Std.	Skewness		Kurtosis	
	Statis tic	Statis tic	Statis tic	Statis tic	Statis tic	Statis tic	Std.e rr.	Statis tic	Std.er r.
Learn ing style	22	4	10	5.5	1.134	.000	1.014	1.200	2.619

Log files are downloaded from the Moodle electronic courses. In addition to teaching materials, which are offered in various forms and under various modules of the course, is presented and modules that provide opportunities for collaborative learning (hereinafter referred to as collaborative modules). Under the collaborative modules include the forums, wiki and chat rooms. Of these forums, and over log files from these forums, research was carried out.

For the determination of the specific learning styles by Kolb used a questionnaire that was used in the electronic form. The list of the four Kolb learning styles are:

Diverging (feeling and watching – CE/RO)

Assimilating (watching and thinking - AC/RO)

Converging (doing and thinking - AC/AE) Accommodating (doing and feeling - CE/AE)

In this research is used software SPSS [6].

3.1 DATA COLLECTION

The study used surveys to determine the origin of learning styles by Kolb, and then applied statistical methods of log files, which are divided into 4 groups according to student groups and affiliations of styles of learning. The survey instrument was delivered using the Web to ease participation and data acquisition. Log files that were analyzed were taken from the Moodle server.

3.2 DATA PREPROCESSING

This phase involves cleaning and preparing the Web server log file, so that he can be used in the following steps of the process.

Out of all gained log files selection was done, because this research didn't include log file analysis that points towards errors in the access. Figure 1 presents the log after the process of preprocessing.

	A	B	C	D	E
1	id	time	userid	ip	course
2	703004	1290418610	6	212.200.65.73	59
3	703689	1290425917	6	212.200.65.73	59
4	754361	1291578896	6	212.200.65.74	59
5	785567	1292273390	6	212.200.65.73	59
6	808147	1292843833	6	147.91.1.45	59
7	825022	1293297059	6	10.1.1.75	59

Figure 1. CaptionThe overview of one part of log file after the procedure named data pre-processing [7]

3.3 DATA ANALYSIS

After analyzing the survey, the students according to their responses, were classified into four groups. These four groups correspond to the Kolb learning styles, including: assimilates, akomodatores, divergers and convergers.

The collected log files after preprocessing, is also divided into 4 groups of records, according to ID students belonging to a particular style of learning by Kolb. The methods of data analysis are applied to all the four groups of records in the same manner. The following is a description of the data analysis.

4. RESULTS AND DISCUSSION

Within this section are the results of the research. All subjects who participated in the survey answered all the questions in the questionnaire. In this way, they are classified into four categories of learning styles by Kolb as follows: assimilates, acomodators, divergers and convergers. In that order shows all the results in this section

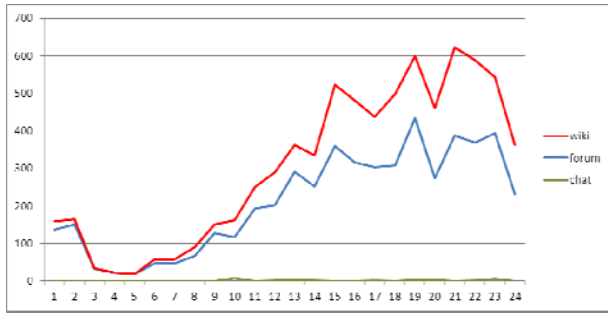


Figure 2. Assimilates / activity by hour

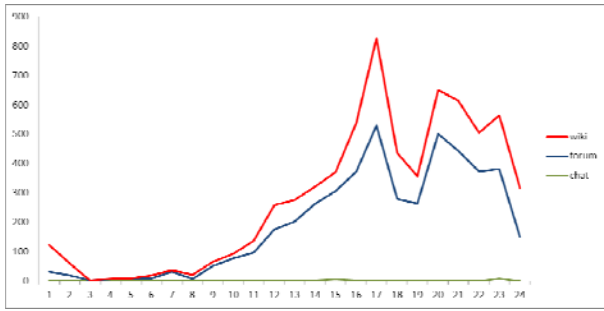


Figure 3. Accommodators / activity by hour

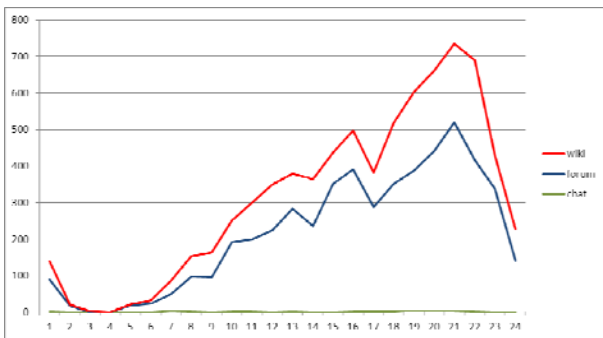


Figure 4. Diverges / activity by hour

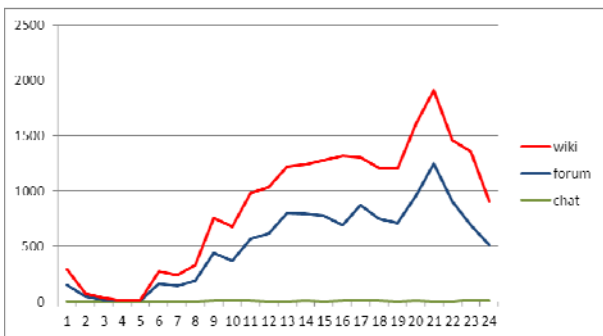


Figure 5. Converges/ activity by hour

Figures 2, 3, 4, and 5 graphically show the characteristics of assimilates, acomodators, convergers and divergers and the activity in terms of hours within the collaboration module. The greatest difference is seen in the period from 16 to 17 hours at all of the modules. It is observed that in this time interval acomodators are much more active than all other learning styles. Other styles of learning the most active in the range of 20 to 21 h. This result can be incorporated into recommendations on the organization of classes if the teacher knows the learning styles of their students.

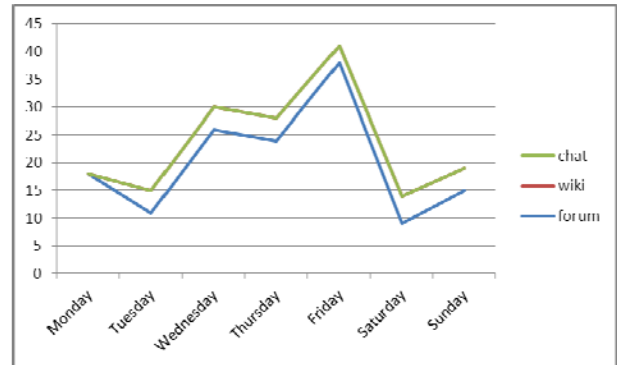


Figure 6. Assimilates / activity by days

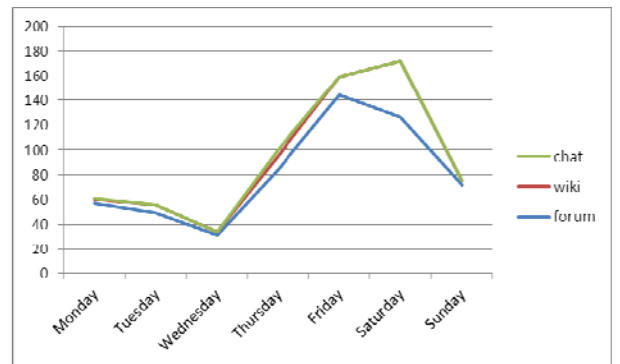


Figure 7. Accommodators / activity by days

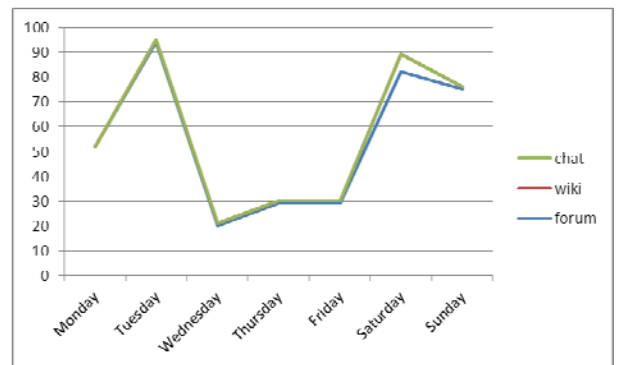


Figure 8. Diverges / activity by days

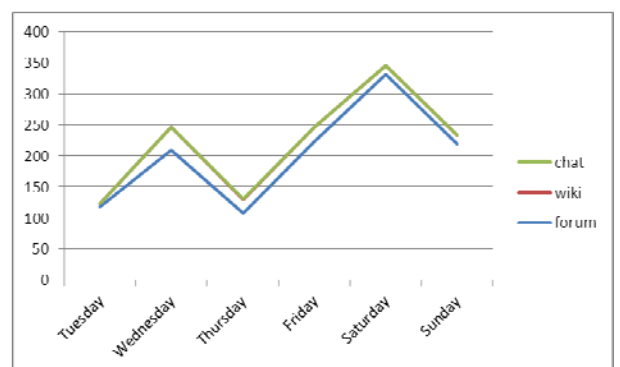


Figure 9. Converges/ activity by days

Figures 6, 7, 8 and 9 graphically show the characteristics of assimilates, akomodators, convergers and divergers and the activity in terms of the match within the collaboration module. Students who have learning styles akomodators and konverges are the most active in Saturdays, assimilates and divergers are most active in Fridays and Tuesdays. The least

active day is Wednesday for diverger and akomodators, while assimilates are least active in Tuesday and konvergers in Thursday. This result can be incorporated into recommendations on the organization of classes if the teacher knows the learning styles of their students.

Table 3 provides a summary of the day and the hour in which the different learning styles of at least the most active.

Table 3. Overview of hours and days with the most / least activity

Time	Hours		Days	
Style	The most active	The least active	The most active	The least active
Asimilates	21-22h	4-5h	Friday	Tuesday
Acomodators	16-17h	4-5h	Saturday	Wednesday
Divergers	21-22h	4-5h	Tuesday	Wednesday
Convergers	21-22h	4-5h	Saturday	Thursday

5. CONCLUSION

Taking into account the presented research results can be concluded in a direction determined by the difference between the students of different learning styles and to define recommendations for the planning of teaching if the teacher has pre-established affiliation learning styles of their students. Concise recommendations with regard to hours and days in which the maximum and minimum activity arising from Table 3 Future work is related to the characteristics of the remaining students of different learning styles in an online environment.

Acknowledgment

The work presented here was supported by the Serbian Ministry of Education and Science (project III 41007 and III 44006)

REFERENCE

[1] <http://moodle.org>, last access July 7, 2014.

[2] A., Zapalska and D. Brozik, "Learning styles and online education", retrieved from: <http://www.qou.edu/arabic/researchProgram/distanceLearning/learningStyles.pdf>, last access July 7, 2014.

[3] H. Lu, L. Jia, S.H. Gong, B.Clark, "The Relationship of Kolb Learning Styles", On-line Learning Behaviors and Learning Outcomes. Educational Technology & Society, 10 (4), pp. 187-196. 2007.

[4] Moodle on FTN, <http://itlab.ftn.kg.ac.rs>

[5] M. Blagojević and M. Milošević, "Collaboration and learning styles in pure online courses: an action research", Journal of Universal Computer Science, Volume 19, Number 7, pp. 984-1002. ISSN 0948-695x, 2013.

[6] SPSS software, <http://www.spss.co.in/>

[7] M. Blagojević and S. Barić, "Appliance of OLAP and web mining techniques in analysis of behavior patterns", Technics Technologies Education Management, Volume 6, Number 2, pp. 382-391. ISSN 1840-1503, 2011.

PRIKAZIVANJE ONTOLOGIJA U MIKS-METODSKIM ISTRAŽIVANJIMA MEĐUORGANIZACIONIH INFORMACIONIH SISTEMA PRESENTING ONTOLOGY IN MIXED METHOD RESEARCH OF INTERORGANIZATIONAL INFORMATION SYSTEMS

Bogdan Mirković, *Fakultet za informacione tehnologije, Slobomir P Univerzitet*

Sadržaj: *Ontologije oblasti informacionih sistema karakteriše njihova dualnost koja se manifestuje u načinu njihovog kreiranja i korištenja. S druge strane, da bi se dobila potpuniya spoznaja o realnosti, potrebno je koristiti više različitih pogleda na tu realnost. Tu se ističu miks-metodska istraživanja koja koriste i kvalitativne i kvantitativne metode u jednom istraživačkom nacrtu. Rad je nastao kao sublimacija pregleda relevantne literature iz oblasti ontologija informacionih sistema i u njemu je dat kratki prikaz osnovnih terminoloških postavki iz ove oblasti. U radu je prikazan okvir za kreiranje i prikazivanje ontologija u miks-metodskim istraživanjima u oblasti međuorganizacionih informacionih sistema za jednu vrstu miks-metodskih istraživanja.*

Abstract: *Ontologies in the field of information system are characterized by their duality in the way of their creation and usage. On the other hand, in order to obtain the complete picture of the reality, it is necessary to use a number of different views on the reality. Researchers use mixed methods research to get better understanding of reality. Mixed method research use both qualitative and quantitative research methods in a single research design. This paper is the sublimation of relevant literature in the fields of information system ontologies. The paper gives a brief overview of the terminology in this field. Also, in this paper is presented a framework for creating and presenting ontologies for mixed method research in the fields of interorganizational information systems.*

1. UVOD

Termin 'ontologija' se u filozofiji i oblasti informacionih sistema koristi i definiše na veliki broj načina. Mogu se razgraničiti tri glavna značenja ovog termina kao odgovor na tri osnovne vrste ontoloških istraživanja:

1. Ontologija je grana filozofije koja se bavi "prirodom i organizacijom stvarnosti" [1]. Kao dio filozofije, ontologija se bavi opštim svojstvima bića i stvari, suštinom i bivstvujućim uopšte [2]. U smislu ove definicije, primarni zadatak ontologije je da utvrdi vrste entiteta koje stvarni svijet ima kao i odnose između tih entiteta. Filozofska osnova ontologije u oblasti informacionih sistema (IS), po ovoj definiciji, bavi se cjelovitošću objekata u IS, kategorijama, relacijama i procesima u IS kao i njihovim međusobnim odnosima na različitim nivoima.
2. Ontologija u oblasti IS je definisana kao "logička teorija koja daje eksplicitni, djelimični prikaz konceptualizacije" [3]. U ovoj definiciji, za razliku od prethodne definicije u kojoj je termin ontologija imenica koja se ne može predstaviti množinom, daje se definicija ontologije kao terminu o kome se može govoriti u množini.
3. Ontologija, zamišljena kao proces istraživanja stvarnosti u kojoj čovjek ima uticaja a što se odnosi na oblast IS, bolje se razumije kao grana filozofije. Ona uključuje korištenje filozofskih metoda u cilju stvaranja konceptualnih sistema koje čovjek koristi u

određenom segmentu života. Ovakvi aspekti domena ontoloških istraživanja imaju implikacije u oblasti IS, posebno sa stanovišta njihove upotrebljivosti.

U ovom radu, različitost definicija i okvira korištenja navedenih pod 1. i 2. je veoma važna. Nabrojano pod 1. može biti okarakterisano kao koncept ontologije u smislu teorije o stvarnosti, po analogiji sa drugim naučnim teorijama, preko specijalizacije u svrhu pripreme za taksonomiju tipova entiteta koji postoje u ispitivanom segmentu uključujući i relacije između tih entiteta koje ih objedinjuju u kompleksnu cjelinu. Definicija data pod 2. može biti okarakterisana kao koncepcija ontologija koja se nalaze na drugom nivou (nivou ispod ontologije kao grane filozofije) shvatanja stvarnosti ili, uopštenije, da postoje različite konceptualizacije stvarnosti što zavisi od svrhe (naučne ili ne-naučne) i dijela stvarnosti koji se proučava. Osim toga, ontološka istraživanja u smislu definicije pod 1. podrazumijevaju osnovna istraživanja koja imaju za cilj povećanje ljudskog znanja o opštim stvarima (uključujući pod tim i znanja iz oblasti IS) dok istraživanja u smislu definicije pod 2. su umjerena isključivo prema primjeni u projektovanju i razvoju IS, kao i ostalih artifakta koji se tiču oblasti IS (modela, aplikacija, baza podataka).

Rad je nastao kao sublimacija relevantne literature iz ove oblasti koja je malo poznata široj informatičkoj zajednici. Prikazana su osnovna načela dualnosti ontologija u oblasti

IS, osnovne karakteristike ontologije kao i okvir za kreiranje i prikazivanje ontologija IS u miks-metodskim istraživanjima.

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE I ELEMENTI ONTOLOGIJE

Pozitivne karakteristike ontologije mogu se najlakše prepoznati u njenim definicijama. Po jednoj od osnovnih definicija [4] ontologija je formalna specifikacija zajedničke konceptualizacije. Sva četiri pojma ove definicije kriju svojstva i karakteristike ontologije. Konceptualizacija predstavlja apstraktni model svijeta prikazan pomoću koncepata i njihovih veza. Pomoću konceptualnog modela nastoje se strukturisati opštost pojmova uz njihovu definiciju, povezanost, te pravila i ograničenja ponašanja zbog čega bi konceptualni model trebao biti meta-struktura instanci različitih modela poslovanja u pojedinim poslovnim subjektima koja se bave istom djelatnošću. Specifikacija ontologije povezuje elemente kao što su (1) komponente ontologije koje se koriste za modelovanje znanja, (2) obrasci (eng. paradigms) prikaza znanja koji se koriste u prikazu komponenti, te (3) jezika koji se koristi u implementaciji ontologije unutar zadanih obrazaca prikaza znanja [5]. Komponente ontologije koje se koriste u modeliranju znanja su: koncepti (nazivaju se i klase ili stvari), instance (nazivaju se i individue), relacije, funkcije i aksiomi [1]. U opisu ontologije treba prepoznati povezanost i značaj ovih komponenti kao i jezika koji se koristi u implementaciji ontologije unutar zadanih obrazaca prikaza znanja.

Formalno zapisana ontologija u nekom ontološkom jeziku je preduslov da se može koristiti (da bude mašinski čitljiva, eng. machinereadable) od strane sistema programske podrške i ljudi, zajednički naziv je agenti (eng. agents). Treba naglasiti da ontologija nije 'aktivna' u smislu da se može pokrenuti poput programa, već ona deklarativno prikazuje određeno znanje koje se koristi od strane nekog programa [6]. Zajednički dogovor unutar neke grupe o strukturi i namjeni ontologije ugrađuje se kao dijeljeno, zajedničko znanje te grupe. Tako se ontologija razvija dinamikom kojom napreduje razmjena i usvajanje znanja o području među članovima projektnog tima. Time se otvaraju mogućnosti za dijeljenje znanja i njegovo ponovno korištenje (eng. reuse), te semantičku interoperabilnost među agentima i programima. Obrasci odnosno predlošci za prikaz znanja o komponentama ontologije najčešće su zadani logičkim skupom pravila. Logika prvog reda (eng. first-order logic) i opisna logika (eng. description logic) su neki od načina kako zadati pravila koja vrijede u pojedinoj ontologiji. Jezici koji se koriste u implementaciji ontologije (eng. ontology language) su formalni jezici pomoću kojih se konstruiše ontologija i zapisuje znanje o specifičnosti nekog područja, te pravila ponašanja pomoću kojih se donose odluke vezane za podršku i obradu tog znanja. Spomenuti elementi su potrebni da bi se opisala ontologija kroz strukturu i pravila, te da bi bila formalizirana u nekom mašinski čitljivom jeziku.

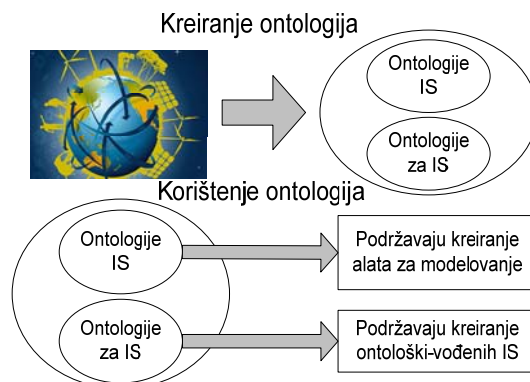
3. DUALIZAM ONTOLOGIJA U OBLASTI IS

Ontologija je osnovni opis stvari u svijetu. Sa stanovišta filozofije, ontologija je grana metafizike koja se bavi onim

što već postoji [7]. U oblasti računarstva i informacionih nauka, često se citira definicija ontologije da se ona "odnosi na inženjerski artefakt, konstruisan u specifičnom rječniku za opisivanje određene stvarnosti, plus niz eksplicitnih pretpostavki u vezi sa namjerom značenja pojedinih riječi iz rječnika" [8].

Stručna i naučna literatura iz oblasti informatičkih nauka daje dualistički pogled na ontologije u vezi sa oblasti informacionih sistema. Na jednoj strani, u određenom broju časopisa mogu se naći studije koje se tiču ontologija za IS [9]-[11] a na drugoj strani se nalaze studije u vezi sa ontologijama IS [12].

Definisanje dobre naučno utemeljene osnove za proučavanje ontologija u oblasti IS podrazumijeva razdvajanje upotrebe termina ontologije u ovoj oblasti. Prva različitost upotrebe ovog termina proističe iz samog kreiranja ontologije kao odgovore na pitanja: koje su najbolje metode za reprezentaciju realnosti i kako možemo biti sigurni da je naša ontologija dobra? Među svim ontologijama koje mogu nastati opisivanjem različitih aspekata stvarnosti, informatičari su posebno zainteresovani za ontologije koje opisuju IS. Takve ontologije nazivamo ontologijama IS. To su one ontologije koje podržavaju vrednovanja alata koji se koriste za izradu konceptualnih modela. Druga razlike se odnosi na upotrebu ontologija. Iz skupa svih ontologija, možemo odabrati one koje su u računarskom obliku i koje se mogu koristiti za razvoj i evaluaciju komponente ili cijelog IS. Ovakve ontologije nazivamo ontologije za IS (slika 1).



Slika 1. Dualizam - kreiranje i korištenje ontologija [13]

4. ONTOLOGIJE U MIKS-METODSKIM ISTRAŽIVANJIMA U OBLASTI MEĐUORGANIZACIONIH IS

Osnovno pitanje na koje treba odgovoriti u oblasti IS u svim fazama životnog ciklusa IS jeste da li je predstava o sistemu u koji treba uvesti novi ili izvršiti nadogradnju postojećeg IS, kao i predstava o razvijenom i implementiranom IS zavisna o ljudskim uvjerenjima i tumačenjima posebno onih koji čine razvojni ili istraživački tim. Posebno se to odnosi na međuorganizacione IS (engl. interorganizational IS - IOIS) gdje se istraživači sreću ne samo sa višestrukom stvarnošću (kvantitativna, kvalitativna) nego i višestranim shvatanjima pojedinih zainteresovanih strana o načinu funkcionisanja sistema u kome se

organizacije nalaze kao i potreba za funkcionisanjem IOIS među organizacijama.

Od svih disciplina orijentisanih prema informacionim tehnologijama, informacioni sistemi kao disciplina jedna su od najviše povezanih sa društvenim naukama. Da bi se razvio i pravilno upotrebio informacioni sistem, potrebna su znanja iz raznih oblasti, posebno iz računarskih nauka, menadžmenta, računovodstva, ekonomije pa čak i filozofije. Shvatanje stvarnosti u kome IS treba razviti ili implementirati zahtijeva i poseban istraživački pristup.

U poslednjih nekoliko decenija, u literaturi u društvenim naukama i njima bliskim oblastima, evidentan je porast istraživačkih studija u kojima se kombinuju kvalitativne i kvantitativne metode. Ovaj tip istraživanja sve više se primjenjuje za proučavanje fenomena u oblastima kao što su obrazovanje, socijalni rad, zdravstvena zaštita i drugim oblastima. U brojnim publikacijama razmatraju se filozofske pozicije, istraživački dizajni, postupci analize podataka dobijenih kombinacijom metoda, odnosno njihova integracija, strategije validacije, kao i obrazloženja za takve postupke. Istraživačke metode prihvaćene uopšte u društvenim naukama, pa i u oblasti informacionih sistema, mogu se klasifikovati u zavisnosti od istraživačkog pristupa u dvije grupe: kvantitativne i kvalitativne. Svaki od istraživačkih pristupa, zajedno sa svojim metodama, imaju svoje prednosti i nedostatke. Na primjer, upitnici (ankete), kao karakteristična kvantitativna metoda, su vrlo efektivan i ekonomičan način prikupljanja podataka na širokom geografskom području istovremeno. Međutim, u istraživačkim studijama gdje je cilj studije istraživanje i objašnjenje društvenih i poslovnih sadržaja i odnosa, upitnici su manje efektivni nego neke druge metode. S druge strane, intervju kao kvalitativna metoda ima velike prednosti u istraživanju mišljenja pojedinaca i njihove percepcije pojava ali kako mogu trajati i više sati za ispitivanje jednog ispitanika, vrlo je teško ovom metodom ispitati velike grupe učesnika. Miks-metodsko (engl. mixed methods research) istraživanje formalno se definiše kao vrsta istraživanja u kome istraživač kombinuje kvalitativne i kvantitativne istraživačke tehnike, metode, pristupe, pojmove ili jezik u jednoj istraživačkoj studiji [12]. Miks-metodsko istraživanje se razlikuje od višemetodskog istraživanja (engl. multi-method) jer se u višemetodskom istraživanju koristi više metoda istog metodološkog pristupa (ili kvantitativne ili kvalitativne metode).

Različita su mišljenja o mogućnostima kombinovanja metoda i tehnika iz dvije osnovne istraživačke orijentacije. Neki autori ovaj tip istraživanja smatraju najavom treće paradigme u istraživanju društvenih fenomena i pristupom koji pomjera rat između dvije paradigme u prošlost [12]. Drugi, da su paradigme na kojima su zasnovane dvije osnovne istraživačke orijentacije nekompatibilne jer suštinski istražuju različite fenomene, te se metode iz dvije istraživačke tradicije nikako ne mogu kombinovati [13]. Treći, da se kvalitativne i kvantitativne metode ne mogu zajedno primjenjivati u jednoj studiji za svrhe triangulacije ili unakrsne validacije, ali da mogu biti kombinovane za komplementarne svrhe [15], [16].

U ovom radu biće predstavljen ontološki okvir za jednu vrstu miks-metodskih istraživanja: sekvencijalni istraživački nacrt koga karakteriše inicijalna faza prikupljanja kvalitativnih podataka i njihova analiza. Kvalitativni dio istraživanje slijedi prikupljanje i analiza kvantitativnih podataka sa ciljem generalizacije dobijenih rezultata u prvom dijelu istraživanja. Prioritet u ovom nacrtu se daje kvalitativnom dijelu istraživanja. Kako bi predstavljena bila zajednička konceptualizacija i kvalitativnog i kvantitativnog dijela istraživanja u ovom istraživačkom nacrtu, predloženi okvir se zasniva na kreiranju ontologija koje su eksplicitne specifikacije konceptualizacija na semantičkom nivou. Predloženo rješenje zasniva se na identifikovanju zajedničkog skupa istraživanih kategorija uz korištenje i kvalitativnih i kvantitativnih metoda koje se mogu na odgovarajući način prezentovati.

Osnovna svrha ovog okvira je da predloži metod kombinovanja podataka koji dolaze iz tipično kvalitativnog dijela istraživanja (fokus grupa, intervju) sa podacima istraživanja dobijenim primjenom kvantitativnih metoda (upitnik, anketa, statistički modeli) kroz zajedničko kreiranje ontologije u ovom vidu miks-metodskih istraživanja. Ovakav metod se razlikuje od uobičajenih metoda kako u fazi pripreme istraživanja tako i u fazi prikupljanja podataka. Kada se jednom identifikuje cilj kompletnog istraživanja (ili definisanje krucijalnog istraživačkog pitanja), prvi korak je definisanje dijelova istraživanja (ili parcijalnih tema koje vode odgovoru na krucijalno pitanje). Ovi dijelovi istraživanja (istraživačka "podpitanja") se koriste kao osnova za definisanje toka istraživanja kvalitativnim metodama kao i za konstruisanje kvantitativnih upitnika (anketa). Ovakva konstrukcija omogućava kasnije uspješno povezivanje u miks-metodskom dijelu analize. To znači da možemo u jednom istraživačkom projektu koristiti i kvalitativne i kvantitativne metode jer su postavljene osnove za mogućnost njihovog zajedničkog korištenja. Kombinacijom vrlo specifičnih pitanja u jednom istraživačkom projektu može istraživače jasnije voditi načinu zajedničke analize prikupljenih podataka.

U procesu kreiranja ontologije, neka su A i B dva skupa podataka koji nisu kompatibilni za korištenje uzajamnim metodama. Neka je skup podataka $A(m,r)$ dobijen kvalitativnom metodom, a skup podataka $B(n,p)$ nekom kvantitativnom metodom. Kako bi stvorili logičku povezanost podataka različitih paradigmi, potrebno ih je spojiti u zajednički skup ontoloških kategorija. Ove kategorije treba definisati tako da je moguće ih indeksirati na jednoznačan način u dva početna skupa podataka. Zbog toga treba definisati dva nova skupa podataka, matrice indikatora, $C(r,o)$ i $D(p,o)$ koji povezuju svaku varijablu, i kvalitativnu i kvantitativnu, kao osnovu za predložke ontoloških kategorija. Preko matrica indikatora, koje sadrže elemente pojedinih analiza u mogućnosti smo predstaviti dva skupa podataka dobijenih različitim metodama iz različitih paradigmi u zajedničkom prostoru. U ovu svrhu, kreiraćemo dva nova skupa podataka: Ciljnog i Ilustrativnog: $T(m,o)$ i $Q(n,o)$. Korištenjem koncepata koji pripadaju objema paradigrama, možemo kreirati ontologiju u smislu konceptualne i logičke

strukture. Predloženi pristup može se sintetizirati sljedećim fazama:

- Istraživanje dva skupa podataka A i B u skladu sa prirodom i ulogom dvaju različitih skupova podataka
- Definisanje Ciljnog skupa podataka kao i Ilustrativnog skupa podataka. U većini slučajeva, podaci koje dobijemo kvantitativnom analizom daju Ciljni skup podataka dok podaci dobijeni kvalitativnom analizom daju Ilustrativni skup podataka. Međutim, postoje i strategije miks-metodskih istraživanja i drugačiji koncepti koje ne moraju da daju ovakve skupove podataka što zavisi od same koncepcije istraživanja
- Definisanje i Reprezentacija dobijenih podprostora u ontološkim skupovima indikatora C i D
- Zajednička (zbirna) reprezentacija korištenjem određenih nivoa konceptualizacije izbjegavajući "Prokrustove postelje" – predstavljanje onih varijabli kojima je omogućena zajednička ontološka predstava.

5. ZAKLJUČAK

Ontologije imaju sve veći značaj u traganju za načinom strukturiranja, zapisivanja i korištenja znanja nekog područja. Koliko god se godinama već priča o njima i mnogi informatičari analiziraju mogućnosti uklapanja ontološkog pristupa u razvoj i korištenje IS-a [8], [17], [18], još uvijek je to relativno nepoznato područje za širu informatičku zajednicu. Sigurno da je jedan od razloga i relativno mala stvarna primjena koja bi egzaktno približila ljudima značenje ontologije, njena svojstva i mogućnosti. Naime, ontološki pristup može imati i cijeli niz problema i nedostataka, prvenstveno u resursima: informatičari koji moraju poznavati razvoj ontologija, vrijeme i novac koji zahtijeva ontološki pristup, te odgovarajuća realizaciona infrastruktura kao dodatni napor u rješavanju nekog problema. S druge strane, predstavljanje znanja neke oblasti ili o nekoj oblasti može imati veliku primjenu u projektima razvoja, implementacije i evaluacije IS. Primjena miks-metodskog pristupa gdje se istraživači bave shvatanjem sistema uopšte, njegovih entiteta, relacija i funkcija pojedinih dijelova sistema i to kako s kvantitativne strane tako i sa kvalitativne strane dodatno je opterećen načinom predstavljanja usvojenih znanja o sistemu kao i predstavljanje rezultata dobijenih miks-metodskim istraživanjima. Predloženi okvir za predstavljanje sveobuhvatnog znanja dobijenog i kvantitativnim i kvalitativnim istraživačkim metodama u jednoj istraživačkoj studiji omogućava zainteresovanim stranama jednostavniji pogled na usvojena znanja u oblasti primjene određenog IS. Predloženi okvir je potrebno u daljem radu empirijski provjeriti i dati moguće smjernice za njegovo poboljšanje s obzirom na primjenjene kvalitativne i kvantitativne metode.

LITERATURA

- [1] N. Guarino, P. Giarretta, "Ontologies and Knowledge Bases: Towards a Term-Terminological Clarification", in *Towards Very Large Knowledge Bases*, IOS Press, 1995.
- [2] I. Klajn, M. Šipka, "Veliki rečnik stranih reči i izraza", Prometej, Novi Sad, 2006.
- [3] B. Smith, C. Welty, "Ontology: Towards a New Synthesis, editors' introduction", *Formal Ontology and Information Systems*, ACM Press, New York, 2001.
- [4] W. N. Borst, "Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse", Centre for Telematica and Information Technology, University of Twente, Enschede, The Netherlands, 1997.
- [5] R. Mizoguchi, „Tutorial on Ontological Engineering“, *New Generation Computing*, 21(2003), Ohmsha Ltd. and Springer-Verlag, 2003.
- [6] D. Gasevic, D. Djuric, V. Devedzic, "Model Driven Architecture and Ontology Development," Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2006.
- [7] S. Blackburn, "The Oxford dictionary of philosophy", Oxford University Press, Oxford, New York, 1996.
- [8] N. Guarino, "Formal Ontology and Information System", In N. Guarino (ed.) *Formal Ontology in Information System*, Amsterdam, Netherlan, IOS Press., 1998.
- [9] K. Hyun Hee, "ONTOWEB: Implementing an ontology-based Web retrieval system", *Journal of American Society for Information Science and Technology* 56 (11), pp. 1167-1176, 2005.
- [10] S. Kabel, R. de Hoog, B.J. Wielinga, A. Anjewierden, "The added value of task and ontology-based markup for information retrieval", *Journal of American Society for Information Science and Technology* 55 (4), pp. 348-362, 2004.
- [11] G. Leroy, H. Chen, "Genescene: An ontology-enhanced integration of linguistic and co-occurrence based relations in biomedical texts", *Journal of American Society for Information Science and Technology* 56 (5), pp. 457-468, 2005.
- [12] R.B. Johnson, A. J. Onwegbuzie, "Mixed methods research: A research paradigm whose time has come", *Educational Reseracher*, Vol. 33, No. 7, pp. 14-26, 2004.
- [13] J. Fonseca, "The Double Role of Ontologies i Information System Research", *Journal of American Society for Information Science and Technology* 58(6), pp. 786-793, 2007.
- [14] E. Guba, "The alternative paradigm dialog", in E. Guba (ed.): *The paradigm dialog (17-27)*. Newbury Park, CA: Sage, 1990.
- [15] J. Sale, L. Lohfeld, K. Brazil, "Revisiting the quantitative-qualitative debate: implications for mixed-methods research", *Quality & Quantity*, 36, pp. 43-53, 2002.
- [16] K. Borland, "Qualitative and quantitative research: A complementary balance", *New Directions for Institutional Research*, 112, pp. 5-13, 2001.
- [17] C.W. Holsapple, K.D. Joshi, "A formal knowledge management ontology: Conduct, activities, resource and influence", *Journal of American Society for Information Science and Technology* 55 (7), pp. 593-612, 2004.
- [18] V. Devedžić, "Understanding ontological engineering", *Communications of the ACM*, 2002.

INTEGRACIJA METODOLOGIJA U RAZVOJU SOFTVERA ZA PODRŠKU INFORMACIONOM SISTEMU

INTEGRATION OF METHODOLOGY IN SOFTWARE DEVELOPMENT FOR SUPPORTING INFORMATION SYSTEM

Bogdan Mirković, *Fakultet za informacione tehnologije, Slobomir P Univerzitet*

Sadržaj: *Različite metodologije se koriste za izgradnju softverskih aplikacija za podršku informacionim sistemima. Iako neke od metodologija i njihove metode su fokusirane prema potrebama korisnika, krajnji sistemi često su se pokazali neuspješnim zbog neefikasnih mogućnosti korištenja. Integracijom različitih metoda prevazilaze se nedostaci pojedinačnih korištenja metoda. U ovom radu je predložen način integracije razvojnih metoda. Metodologija je razvijena za situacije u kojima je potreban brzi razvoj novih softverskih proizvoda. Preporučena metodologija je korištena za kreiranje sistema aplikacija za podršku zatvorskom informacionom sistemu.*

Abstract: *Different methodology have been used to build software applications for supporting information systems. Although some of methodology and their methods are focused on users perspective, the end systems sometimes fail to achieve satisfactory usability. The integration of different methods would overcome the drawbacks of using development methods in isolation. This paper proposes a design for integration of development methodology. The methodology was developed for a situation where a rapid development is required due to the urgent need for new solutions. The proposed methodolodgy is used to build a system of applications for supporting prison information system .*

1. UVOD

Fleksibilnost informaciono-komunikacione tehnologije (IKT) podržava pružanje širokog spektra rješenja različitih po vrstama, veličinama, upotrebljivosti i složenosti. Iako IKT podržavaju različite sisteme, razvojni timovi i programeri koji rade na razvoju aplikativnih rješenja moraju uzeti u obzir da svaki od sistema podržava određene, najčešće ključne poslovne procese koji su kritični za djelovanje organizacije u kojoj se primjenjuju a ujedno moraju voditi računa da i zahtjevi za mogućnošću efektivnog korištenja sistema moraju biti zadovoljeni. Korisnici takvih sistema mogu biti raznih profila (u zdravstvu to mogu biti bolesnici, liječnici, medicinske sestre ili administratori; u policijskim organima policajci, operateri, inspektori, građani i drugi) te ovakva raznolikost podrazumijeva potrebe različitih korisnika. Bilo koji od aplikativnih rješenja koje se koriste u informacionim sistemima trebaju zadovoljiti potrebe različitih korisnika kako bi se postigla bolja upotrebljivost sistema. Sam pojam upotrebljivosti sistema (korisnosti, engl usability) odnosi se na sposobnost sistema za isporuku efektivne i djelotvorne usluge, te da omogućiti krajnjim korisnicima da obavljaju svoje zadatke u okviru informacionog sistema sigurno kao i da dobijaju zadovoljavajuće rezultate.

Metodologija prikazana u radu se temelji na User Centred Design (UCD) (Korisnički orjentisan dizajn) da bi se razvio upotrebljiv interfejs a obezbijedeno je i učešće korisnika u definisanju dizajna (Participatory Design - PD) za razvoj pouzdanog i prihvatljivog sistema za koji je potrebno učestovanje korisnika u fazi projektovanja sistema, a sve to

je integrisano s Rapid Application Development (RAD) za ubrzani razvoj. Metodologija takođe omogućava inženjerski pristup evaluacije novog sistema validacijom svake od faza razvoja na osnovu ranije poznatih kao i novih zahtjeva za funkcionalnostima sistema.

2. UKLJUČIVANJE KORISNIKA U PROCES RAZVOJA

U oblasti projektovanja informacionih sistema a posebno u oblasti izrade aplikativnih rješenja za podršku informacionim sistemima, mnoge metode se koriste za usmjeravanje razvoja na siguran, pouzdan, prihvatljiv, bezbjedan i koristan sistem [1]. Neke od tih metoda uključuju klasični životni ciklus razvoja aplikativnog softvera a njihova osnovna karakteristika se ogleda u dugom trajanju isporuke novog softverskog proizvoda, dok ostale metode nude brzu isporuku, ali oni nisu orjentisane ka krajnjem korisniku niti u mnogome ispunjavaju njihove potrebe. Softverski proizvodi razvijeni sa nezadovoljavajućim interfejsom sa stanovišta krajnjeg korisnika veoma teško se koriste te ih krajnji korisnici teže prihvataju. Drugim riječima, ovim metodama se na neefektivan način izlazi u susret potrebama krajnjih korisnika a sve to dovodi do manje korisnosti i efektivnosti cijelog sistema. Na primjer, korisnici informacionog sistema zatvorskih ustanova su računovođe, upravni organi, psiholozi, vaspitači, pravnici, pripadnici službe obezbjeđenja, referenti za izvršenje krivičnih sankcija, zaposleni u zdravstvenom sistemu ustanova. Svi ovi korisnici imaju različite vještine u vezi sa korištenjem programskih aplikacija i uopšte sa korištenjem računara. Njihovi poslovi zahtijevaju

različite funkcionalnosti i drugačiji tok rada [2] sa posebnim osvrtom na pregled određenog dijela podataka. Osim toga, oni su različiti u načinu razmišljanja i njihovim preferencijama. Na primjer, vaspitači vole drugačiji stil interfejsa ili boju koja nije prikladna za ostale korisnike. Jezik je još jedan važan problem i potrebno je savladati standarde komunikacije u određenom segmentu rada korisnika. Sistem ima veću vjerovatnoću prihvatanja od strane korisnika ako je jezik koji je korišten na interfejsu sličan onome koga korisnici koriste u svakodnevnoj komunikaciji između sebe. Naravno, ovdje treba voditi računa o poslovnoj i organizacionoj etici kao i o kulturnim i organizacionim vrijednostima koje utiču na usvajanje novih sistema [3], [4]. Ignorisanje ovakvih specifičnih potreba korisnika može izazvati tragične rezultate. Ako pripadnik službe obezbjeđenja ili vaspitač koristi sistem pogrešno, takav korisnik može izazvati ozbiljne rizike za bezbjednosnu situaciju u samoj zatvorskoj ustanovi. Neki korisnici mogu odustati od korištenja novog sistema i vratiti se starom načinu rada, jer smatraju da novi troši njihovo vrijeme bespotrebno, a ne uklapa se dobro sa njihovim radnim zadacima i neusklađen je sa njihovim budućim potrebama. S druge strane, sporo razvijanje sistema koje traje dugo vremena je dosadno a korisnici gube interes sudjelovanja u takvom razvoju. Neprihvatanjem sistema od strane velikog broja korisnika ukupni rezultati sistema će biti negativni, jer se dosta vremena mora potrošiti i napora uložiti u sami proces razvoja kao i procesu obuke korisnika. Postoji dodatna opasnost koja se tiče gubljenja ulaganja u razvoj sistema zbog njegove neefikasnosti. Dakle, kako bi se postigao efikasniji razvoj podršci informacionom sistemu u zatvorskim ustanovama, usvojena su sljedeća ključna načela:

- Učešće korisnika u procesima upoznavanja radnog okruženja, zadataka, pravila i toka obavljanja poslova
- Korisnički usmjeren razvoj – razvoj treba biti usredotočen na potrebe korisnika
- Koristiti iterativni razvoj radi razmatranja zahtjeva koji nastaju u toku razvoja sistema.
- Empirijskim mjerenjima i evaluacijom obezbijediti poštovanje standarda prilikom razvoja
- Ranijim (bržim) razvojem sistema uštedjeti vrijeme, trud i ulaganja.

Nadalje će biti opisan dizajn i razvoj metodologije za podršku poštovanju navedenih načela.

3. KOMPONENTE METODOLOGIJE

Metodologija je razvijena za situaciju u kojoj se tražio brzi razvoj novog softvera kao dijela informacionog sistema u zatvorskim ustanovama. Smatra se da informacioni sistem može poboljšati kvalitet obavljanja poslova iz nadležnosti ustanova te stoga je potrebno brzo razvijanje sistema kako bi se postigle određene beneficije za cjelokupni sistem. S druge strane, spor razvoj koštao bi sistem za izvršenje krivičnih sankcija novca i truda. Karakteristike zatvorskog sistema zahtijevaju koristan, efektivan, pouzdan i sistem sa dobrim odnosom cijena-učinak sa interfejsom koji odgovara sposobnostima korisnika. Usvojena metodologija razmatra i

različitosti korisnika dajući krajnjim korisnicima mogućnost sudjelovanja u dizajnu, tako da krajnji proizvod zadovoljava njihove potrebe. Usvajanjem UCD i PD dobijaju se aplikativna rješenja kao osnova za rad sa informacionim sistemom sa upotrebljivim korisničkim interfejsom, koja cijeli sistem čine efektivnim, pouzdanim i efikasnim. Glavne komponente metodologije su: RAD, UCD i PD.

RAD (Rapid Application Development) je okvir za razvoj softvera koji ima za cilj omogućiti programerima da izgrade kvalitetne aplikacije brzo kako bi se ispunili zahtjevi organizacija u kojima se aplikacije koriste. "RAD se odnosi na razvojni životnog ciklusa softvera koji je osmišljen kako bi dao puno brži razvoj i veći kvalitet od tradicionalnog životnog ciklusa. Osmišljen je kako bi se maksimalno iskoristile prednosti brzog razvoja softvera" [5]. Razvoj softvera u RAD može se sastojati od tri ili četiri faze. Razvoj u četiri stepena uključuje faze i to prikupljanje zahtjeva, brzu analizu i dizajn, razvoj/implementacija, testiranje, dok je odlika tri faze da se procesi prikupljanja zahtjeva, analize i dizajna konsolidiraju u jednu iterativni aktivnosti [5]. Sistemi razvijeni primjenom RAD se brzo razvijaju u nizu koraka (iteracija). RAD podstiče stvaranje brze prototip verzije softvera koja ispunjava većinu korisnikovih zahtjeva, ali ne nužno sve. Međutim, iako RAD omogućuje korisniku sudjelovanje u dizajnu koji daje veću mogućnost da zadovolji potrebe korisnika, to ne daje korisniku priliku sudjelovati i biti u potpunosti uključeni u dizajn nego se naglasak stavlja na zadovoljenje funkcionalnosti samog softverskog rješenja. Funkcionalnosti koje treba uvoditi u svakom vremenskom okviru su unaprijed dogovorene i plan se mora strogo poštovati. Zagovornici korištenja RAD vjeruju da je razvoj brzih prototipa dobar način da se ostvare zahtjevi korisnika dobijanjem neposredne povratne informacije od korisnika. Jedan od problema koji je identifikovan kao i kod drugih metoda razvoja softvera je da korisnici često ne znaju šta stvarno traže, dok ne vide praktičnu implementaciju prototipa. Kao nepoželjan razvoj obično se identifikuje onaj kod koga bi moglo doći do poigravanja sa dogovorenim planovima. Ostali nedostaci su sažeti u nemogućnosti RAD za obezbjeđenje funkcionalnog timskog rada i upravljanje odnosima korisnik-programer u odgovarajućem radnom okruženju, jer se proces dizajna u RAD obično odvija u radnom prostoru programera umjesto u stvarnom radnom prostoru korisnika, a RAD je osmišljen da koristi tehniku prezentovanja prototipova više nego kooperativni prototajping [6]. Takođe, RAD ne daje specifikacije dokumentacije koja čini naknadnu evaluaciju otežanom [7].

UCD je važno komponenta u projektivanju interaktivnih sistema. UCD je "filozofija i proces. To je filozofija koja stavlja osobu/korisnika (za razliku od "stvari") u središte; to je proces koji se usredotočuje na kognitivne faktore (kao što su percepcija, pamćenje, učenje, rješavanje problema, itd)" [8]. U [9] naglašava se da je UCD filozofija koja se bavi zahtjevima korisnika kroz proces razvoja i pomaže u razvoju interaktivnih programskih sistema. UCD je izvedena iz teorije interakcije čovjek-računar i fokusira na potrebe korisnika i pruža fleksibilnost pri prikupljanju zahtjeva korisnika a kao rezultat se dobija zadovoljavajući interfejs za korisnika. Glavna prednost UCD je da se fokusira na srž

sistema i smanjuje nepotrebne funkcionalnosti. Takođe, iterativna priroda UCD omogućuje revidiranje svih faza razvoja [10], povećanje zadovoljstva korisnika i produktivnosti, kao i razvijanje upotrebljivosti i korisnost [11]. Ranije upotrebe su pokazale da je korištenje UCD dalo dobre rezultate u razvoju kritičnih sistema, kao što su zdravstveni sistemi [12]. Ona omogućuje programerima da se identifikuju zahtjevi korisnika kao i određivanje prioriteta tih zahtjeva. Konačni sistem treba da ima interfejs koji postiže bolju interakciju sa sistemom, a omogućava smanjenje mogućnosti korisničke greške. Zadovoljenjem ovih karakteristika, organizacije i pojedinci koji rade u zatvorskom sistemu će biti manje skloni odbijanju ili ignorisanju korištenja kompletnog informacionog sistema baziranom na primjeni računara.

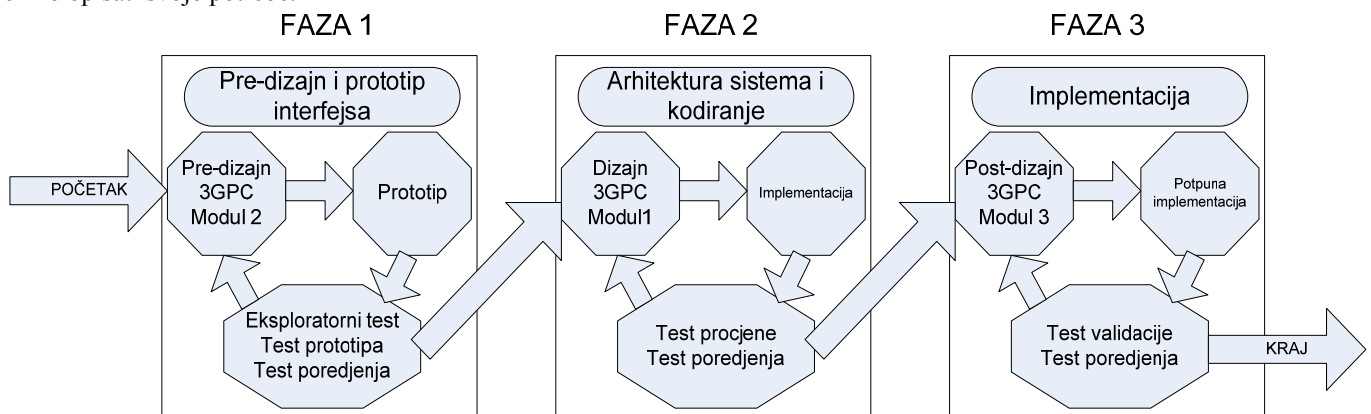
PD je pristup koji se usredsređuje na potrebe korisnika i omogućava korisnicima da učestvuju u dizajnu, tako da bi bili zadovoljni novim sistemom. U [13] PD se definiše kao "bogata raznolikost teorija, prakse, analiza i akcija, u cilju rada direktno sa korisnicima (i drugim zainteresovanim stranama) u dizajnu društveno-orjenisanih sistema uključujući tu i računarske sisteme koji su dio ljudskog rada". PD prihvata UCD načela. Iako su rezultati razvijenih sistema pomoću PD zadovoljavajući, jer su sistemi se pokazali kao pouzdani, prihvatljivi, funkcionalni i korisni [10], za razvoj tih sistema treba mnogo vremena. Potrošnja vremena je osnovni nedostatak razvoja primjenom PD. Drugi nedostatak je samo korištenje tehnologije u radu sa korisnicima. U [1] se predlaže nova generacija PD za prevladavanje ovih nedostataka. Nova generacija je treća generacija (3G), a sastoji se od tri modula. Prvi modul pokriva pre-dizajn kada se uspostavlja projektni plan, raspored, te se uspostavljaju kontakti sa zainteresovanim stranama. Drugi modul predstavlja analizu zahtjeva, dizajn i izradu prototipova. Treći modul je nakon dizajna (post-design), koji uključuje puno sprovođenje i završetak specifikacije zahtjeva. Nova generacija PD (3GPD) je resursno efektivna, ima sposobnost da se integriše sa drugim metodama kao što su klasa rapid metoda, a uz to pruža mogućnost dokumentovanja urađenog [1]. Osim prednosti koje PD ima, 3GPD omogućava nove prednosti i otklanja nedostatke PD. Ona se više fokusira na karakteristike korisnika i njihovu radnu okolinu. To je čini pogodnom za razvoj kritičnih sistema, jer korisnici mogu saradivati sa razvojnim timom i precizno opisati svoje potrebe.

4. INTEGRACIJA KOMPONENTI

Prethodno navedene komponente imaju sposobnost integracije. U ranijim studijama, najmanje dvije od njih su integrisane i korištene u razvoju softvera s ciljem prevladavanja nedostataka svake od komponenti pojedinačno radi postizanja boljih rezultata. Na primjer, u [6] predložen je pristup integracije RAD sa PD. Ovaj pristup je korišten za brzi razvoj novih sistema kao i za identifikovanje glavnih zahtjeva omogućujući krajnjim korisnicima da učestvuju u procesu projektovanja. Drugi primjer je korisnički orjentisan RAD (UCRAD) koji je integracija RAD s korisnički usmjerenim tehnikama. Koristio se za razvoj uspješnih aplikacija koje imaju dobru funkcionalnost, jednostavne komponente i koristan interfejs [14]. UCRAD model se sastojao od tri iterativne faze. Prva faza sadržavala je proces dizajniranja korisničkog interfejsa u kombinaciji sa istraživanjem zahtjeva korisnika. Nakon izrade prototipa izvršena je evaluacija korisničkog interfejsa kao i upravljanje rizicima. Druga faza je bila definisanje arhitekture sistema u kojem je prototip evoluirao u funkcionalan sistem. Treća faza je bila podešavanje sistema gdje je urađena kontinuirana evaluacija svake faze i praćenje nastajanja novih zahtjeva [15].

Novi model je izveden iz UCRAD pristupa. Razlog za integraciju tih metoda je u tome da i UCRAD i 3GPD se sastoje od tri faze [1], [14]. Obje metode se mogu preklapati kako bi se postiglo učestvovanje korisnika jer je njihovo učestvovanje važno u razvoju kompletnog sistema. U samom UCRAD krajnji korisnici se uključuju u projekat samo u procesima definisanja zahtjeva kao i procesu testiranja. Formativna evaluacija je vršena u svakoj fazi da bi se provjerili rezultati rada razvojnog tima kompletnog sistema. Rad je organizovan u fokus grupama. Formiranje fokus grupa je vršeno s obzirom na implementirani dio sistema tj. uključivani su korisnici čiji je opseg rada obuhvatao rad sa informacijama čiji je aplikativni dio bio razvijen.

Metodologija se sastoji od tri faze. Svaki faza je izvedena iterativno. Slika 1 prikazuje komponente i faze metodologije. Predložena metodologija je korištena za razvoj sistema za u okviru sistema za izvršenje krivičnih sankcija.



Slika 1. Komponente i faze metodologije

Metodologija je primjenjena na sljedeći način:

Faza 1 (Pre-dizajn i prototip interfejsa): razvojni tim (zainteresovane strane, projektanti sistema i programeri) postavljaju plan i raspored toka kompletnog projekta. Nakon toga se razmatraju osnovni postulati o interfejsu koga programeri trebaju izraditi prije završetka ove faze. Ovo ne znači da je prototip završen u ovoj fazi nego će on biti završen u drugoj fazi. Razvojni tim se koncentriše na procjenu potreba korisnika i upoznavanje sa mogućim rješenjima. Rezultat ove faze je korisnički interfejs i definisani početni zahtjevi.

Faza 2 (arhitektura sistema i kodiranje-programiranje u užem smislu): Razvojni tim ažurira dokumentaciju novim zahtjevima. Razvojni tim zajedno sa programerima ažurira prototip prema novim zahtjevima, a onda počinju kodiranje sistema s obzirom na definisanu arhitekturu sistema. Nakon toga, vrši se evaluacija implementirane verzije i dobijaju povratne informacije od strane korisnika. Razvojni tim istražuje alternativna rješenja na osnovu rezultata evaluacije. Rezultat ove faze je nepotpun softverski proizvod baziran na osnovama arhitekture sistema i systemske specifikacije.

Faza 3 (implementacija): Tim ponovno ažurira dokumentaciju zahtjevima i počinje punu implementaciju sistema na bazi osnovne arhitekture. Utvrđuje se validnost sistema na osnovu specifikacija. Ako sistem zadovoljava sve uslove projekat se završava, u suprotnom razvojni tim će nastaviti mijenjanje sistema koristeći alternative.

Razvojni tim uspostavlja interakciju sa korisnicima na različite načine. Oni mogu vršiti intervjue ili raditi u saradnji s krajnjim korisnicima. Mogu se razgovori u fokus grupama ili intervjuima snimati i koristiti kasnije u postupku evaluacije. Nakon implementacije metodologije u realnom radnom okruženju i njenog korištenja u razvoju novog sistema, ograničenja sistema se specificiraju u svakoj fazi i predlažu se rješenja za njihovo prevazilaženje. Konačna evaluacija sistema treba da koristi sumativne metode evaluacije kao što su upitnici, ankete i/ili intervjui.

5. ZAKLJUČAK

Različite metode softverskog inženjerstva mogu se koristiti za razvoj kritičnih sistema. Kombinacija različitih metoda je predložena iz razloga prevazilaženja nedostataka svake metode pojedinačno u cilju postizanja boljih rezultata. Metodologija prikazana u ovom radu, mješovita metodologija RAD, PD i UCD se koristila za brzi razvoj novih aplikativnih rješenja usredsređujući se na potrebe korisnika. Formativna evaluacija korištena je u svakoj fazi procesa razvoja kako bi se osiguralo ispunjenje zahtjeva.

LITERATURA

[1] S. Pilemalm, T. Timpka, "Third Generation Participatory Design in Health Informatics—Making User Participation Applicable to Large-Scale Information System Projects". *Journal of Biomedical Informatics*, 41(2), pp. 327-39, 2008.

[2] C. Cheng, M. Goldstein, E. Geller, R. Levitt, The Effects of CPOE on ICU Workflow: an Observational Study, *AMIA Annu Symp Proc 2003*; pp. 150–154, 2003.

[3] B. Kaplan, "Evaluating informatics applications—Some Alternative Approaches: Theory, Social Interactionism, and Call for Methodological Pluralism", *International Journal of Medical Informatics 64(1)*, pp. 39 – 56, 2001.

[4] G.M. Olson, J.S. Olson, "Human-Computer Interaction: Psychological Aspects of the Human Use of Computing", *Annual Review of Psychology 54*, pp.491-516, 2003.

[5] J. Martin, *Rapid Application Development*, Macmillan, New York. 1991.

[6] P. Beynon-Davies, S. Holmes "Integrating Rapid Application Development and Participatory Design", *IEEE Proc-Softw.* 145(4):105-12, 1998.

[7] I. Sommerville, *Software Engineering*, (7th ed), Addison Wesley. 2004.

[8] R. Katz-Haas, "User-Centred Design and Web Development", *Usability Interface.* 5(1), 1998.

[9] D. Norman, *User Centred System Design: New Perspectives on Human Computer Interaction*, Hillsdale, NJ:Lawrance Erlbaum Associates, 1986.

[10] A. Waller, V. Franklin, C. Pagliari, S. Greene, "Participatory Design of a Text Message Scheduling System to Support Young People with Diabetes", *Health Informatics Journal* 12(4), 2006.

[11] D. Norman, *User Centred System Design: New Perspectives on Human Computer Interaction*, Hillsdale, NJ: Lawrance Erlbaum Associates, 1986.

[12] R. Katz-Haas, "User-Centred Design and Web Development", *Usability Interface* 5(1), 1998.

[13] S. Kuhn, M.J. Muller, "Participatory Design", *CACM* 36(41), pp.26-8, 1993.

[14] E. Lank, K. Withee, L. Schile, T. Parker, "User Centred Rapid Application Development", In: Guelfi N and Savidis A, eds. Rise. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 34-49, 2006.

[15] A.W. Kushniruk, V.L. Patel, "Cognitive and Usability Engineering Methods for the Evaluation of Clinical Information Systems", *Journal of Biomedical Informatics* 37(1):56-76, 2004.

IMPLEMENTACIJA PROGRAMSKOG PAKETA WIPL-D ZA PRORAČUN PRILAGOĐENJA SA JEDNIM REAKTIVNIM ELEMENTOM

IMPLEMENTATION OF THE WIPL-D PROGRAM PACKAGE FOR SINGLE STUB MATCHING

Jelena Šoškić, Budimir Lutovac, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: U radu je opisano prilagođenje na vodovima sa jednim reaktivnim elementom. Dat je primjer proračuna dužine otvorenog voda i njegove susceptanse primjenom analitičkog metoda. Verifikacija dobijenih rezultata je izvršena u programskom paketu WIPL-D.

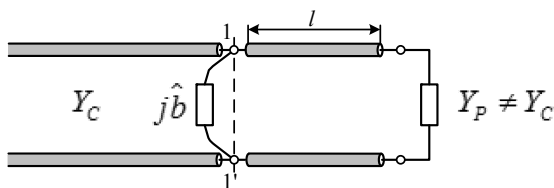
Abstract: This paper discusses single stub matching. There is considered a matching technique that calculates length of an open-circuited section and its susceptance. The verification of these parameters is done by using the WIPL-D programme package.

1. UVOD

Projektovanje u mikrotalasnoj tehnici pomoću računara je nekada prihvatano sa velikim skepticizmom. Danas, to isto projektovanje, koje uključuje hardver, softver i obradu informacija, prihvata i koristi gotovo svaki inženjer, a računari u mikrotalasnom inženjerstvu predstavljaju jednu od osnovnih komponenti [1].

Režim rada u kome na vodu ne postoji reflektovani talas naziva se prilagođenje. U praksi je bitno da vod radi u ovom režimu, jer u suprotnom, smanjuje se snaga koja se prenosi vodom, na vodu se formira stojeći talas i povećavaju se gubici, reflektovani talas može da naruši pravilan rad generatora a za prilagođenje se koristi jedan ili više reaktivnih elemenata. Odabiranjem reaktivnih elemenata može se postići eliminacija refleksije lijevo od elementa za prilagođenje

Šema prilagođenja sa jednim reaktivnim elementom je prikazana na slici 1.



Slika 1. Vod sa jednim reaktivnim elementom

Pomjeramo se od prijemnika do prvog presjeka 1-1' u kojem je realni dio admittanse \hat{Y} jednak jedinici, odnosno u ovom presjeku biće $\hat{Y}_{11'} = 1 + j\hat{b}_{11'}$. Da bi se izvršilo prilagođenje, dovoljno je u ovaj presjek postaviti reaktivni element čija je vrijednost $\hat{b} = -\hat{b}_{11'}$, jer će onda neposredno lijevo od presjeka 1-1' normalizovana admittansa biti:

$$\hat{Y}_{ul} = Y_{11'} + j\hat{b} = 1 + j\hat{b}_{11'} + j(-\hat{b}_{11'}) = 1 \quad (1)$$

tj. postignuto je prilagođenje – lijevo od presjeka 1-1' neće biti refleksije. Vrijednosti za l i \hat{b} možemo odrediti pomoću Smitovog dijagrama ili analitički.

2. TEORIJSKE OSNOVE

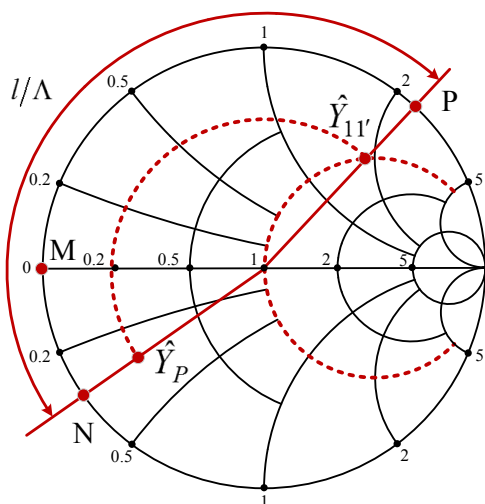
Posmatrajući sliku 1, zaključujemo da se radi o paralelnoj vezi pa ćemo u daljoj analizi koristiti admittanse, a Smitov dijagram koristimo kao dijagram normalizovanih admittansi [2]. Polazimo od tačke (zadane) \hat{Y}_P ($\hat{Y}_P = Y_P/Y_C = Y_P \cdot Z_C$) i krećemo se po centralnom krugu koji prolazi kroz \hat{Y}_P do presjeka sa krugom $\hat{g} = 1$. Postoje dva osnovna rješenja a mi biramo ono u tački $\hat{Y}_{11'}$. Pročitamo njenu vrijednost: $\hat{Y}_{11'} = 1 + j\hat{b}_{11'}$. Znajući $\hat{b}_{11'}$, nalazimo $\hat{b} = -\hat{b}_{11'}$. Potrebnu vrijednost normalizovane dužine l (l/Λ) nalazimo pomoću skale za dužinu kao što prikazano na slici 2:

$$\frac{l}{\Lambda} = \overline{MN} + \overline{MP}$$

gdje \overline{MN} uzimamo na skali koja ide u smjeru ka prijemniku, a \overline{MP} na skali koja ide prema generatoru.

Ovakvo izvedeno prilagođenje sa jednim reaktivnim elementom važi samo za jednu fiksiranu učestanost i približno u uskom opsegu oko te učestanosti. Zbog toga se ovakav tip prilagođenja naziva uskopojasno prilagođenje.

Ako je u pitanju vod sa TEM talasom, potrebna vrijednost za \hat{b} se najčešće realizuje preko paralelno vezanog kratkospojenog voda kao što je prikazano na slici 3a ili otvorenog voda (slika 3b), dok je na slici 4 prikazan mikrotraksti vod.


 Slika 2. Normalizovana dužina l

Za kratkospojeni vod, normalizovana ulazna susceptansa (koja igra ulogu \hat{b} sa prve slike) je:

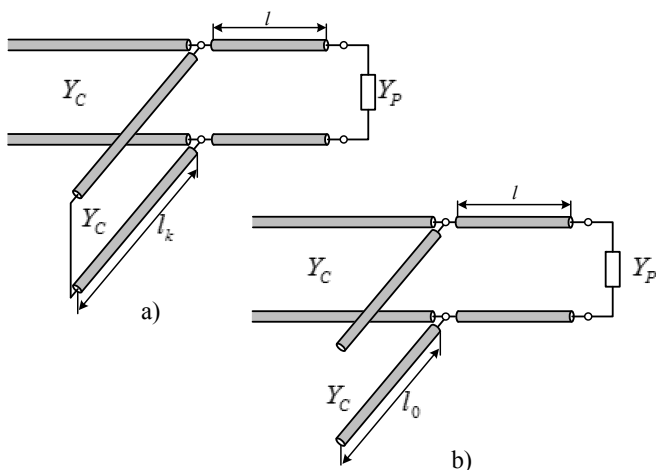
$$\hat{b}_K = -ctg\beta l_K \quad (2)$$

a za otvoren vod:

$$\hat{b}_0 = -tg\beta l_0 \quad (3)$$

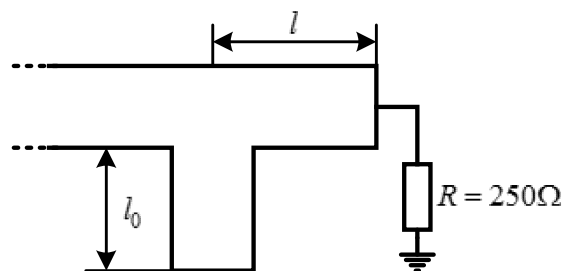
Kako tg i ctg uzimaju sve vrijednosti od $-\infty$ do $+\infty$, pomoću kratkospojenog (ili otvorenog) voda možemo realizovati bilo koju zahtijevanu vrijednost za \hat{b} birajući njegovu dužinu (l_K odnosno l_0).

U slučaju metalnih talasovoda, prelaskom na ekvivalentni vod problem se svodi na prethodno razmatrani slučaj, ali se potrebna vrijednost za \hat{b} realizuje pomoću specijalnih elemenata.



Slika 3: Reaktivni element za prilagođenje u vidu: a) kratkospojenog voda, b) otvorenog voda

Prilagođenje se može vršiti i pomoću redno vezanog reaktivnog elementa X , koji se obično realizuje u vidu pomoćnog kratkospojenog ili otvorenog voda. Postupak je analogan kao za paralelno vezani reaktivni element, s tim što se radi sa impedansama i Smitov dijagram koristimo kao dijagram normalizovanih impedansi.



Slika 4. Mikrotrakasti vod

3. PRIMJER PRORAČUNA PRILAGOĐENJA

Posmatrajmo mikrotrakasti vod bez gubitaka koji se završava prijemnikom impedanse $Z_P = 250\Omega$. Karakteristična impedansa voda je $Z_C = 50\Omega$, $\epsilon_r = 3.38$, dok je $h = 0.508$ mm. Potrebno je izvršiti prilagođenje preko paralelno vezanog, otvorenog voda (istih karakteristika kao i vod na kojem se vrši prilagođavanje).

Za karakterističnu impedansu $Z_C = 50\Omega$, potrebnu širinu trake nalazimo iz jedne od formula [3]:

$$\frac{W}{h} = \frac{(8e^A)}{(e^{2A} - 2)} \quad (4)$$

ako je $A > 1.52$, ili:

$$\frac{W}{h} = \frac{2}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (5)$$

ukoliko je $A < 1.52$, gdje je:

$$A = \frac{Z_C}{60} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{\frac{1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right) \quad (6)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_C \sqrt{\epsilon_r}} \quad (7)$$

Talasnu dužinu računamo prema:

$$\Lambda = \lambda = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_{ref}} f} \quad (8)$$

gdje je efektivna dielektrična konstanta ϵ_{ref} data sa:

$$\epsilon_{ref} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{10h}{W} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Za posmatrani vod bez gubitaka dobijamo sledeće brojne vrijednosti: $A = 1.372$, $B = 6.44$, $W = 1.16$ mm, $l = 5.58$ mm, $l_0 = 3.2$ mm, $\epsilon_{ref} = 2.7$ i $\Lambda = 18.1$ mm.

3.1. Rješenje pomoću Smitovog dijagrama

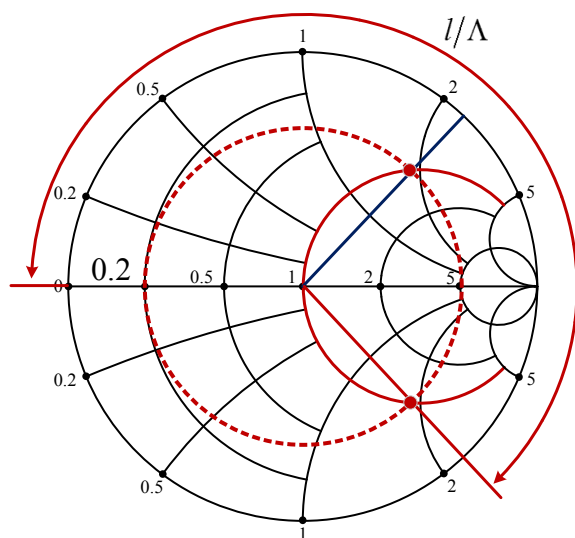
Polazeći iz tačke $\hat{Y}_P = 0.2$ koja je izračunata prema

sledećoj relaciji:

$$\hat{Y}_P = \frac{1}{\hat{Z}_P} = \frac{1}{\frac{Z_C}{Z_P}} = \frac{Z_C}{Z_P} = 0.2 \quad (10)$$

krećemo se po centralnom krugu do jednog od presjeka sa krugom $\hat{g} = 1$. Uzećemo lijevu tačku u kojoj je $\hat{Y}_{11'} = 1 - j1.8$. Na skali za dužine (slika 5) očitamo $l/\Lambda = \overline{MN} + \overline{MP} = 0.31$, odnosno $l = 5.58$ mm.

Otvoreni vod treba da ima ulaznu susceptansu koja je jednaka: $\hat{b}_0 = \hat{b} = 1.8$ a odavde nalazimo njegovu dužinu l_0 koristeći (3) koja je jednaka $l_0 = 3.2$ mm.



Slika 5: Smitov dijagram

3.2. Analitičko rješenje

Analitičko rješenje dobijamo prema [3] koristeći relacije:

$$\hat{Z}_{11'} = \frac{\hat{Z}_P + jtg\beta l}{1 + j\hat{Z}_P tg\beta l} \quad (11)$$

i

$$\hat{Y}_{11'} = \frac{1 + j\hat{Z}_P tg\beta l}{\hat{Z}_P + jtg\beta l} \quad (12)$$

U opštem slučaju važi da je: $\text{Re}|\hat{Y}_{11'}| = 1$ što daje isti rezultat za dužinu voda od $l = 5.6$ mm.

4. KORIŠĆENJE PROGRAMSKOG PAKETA WIPL-D

Dimenzije koje su dobijene primjenom prethodna dva postupka, analizirane su pomoću programskog paketa WIPL-D [4]. *WIPL-D Microwave* je softverski paket koji služi za brze i precizne simulacije i projektovanje mikrotalasnih kola,

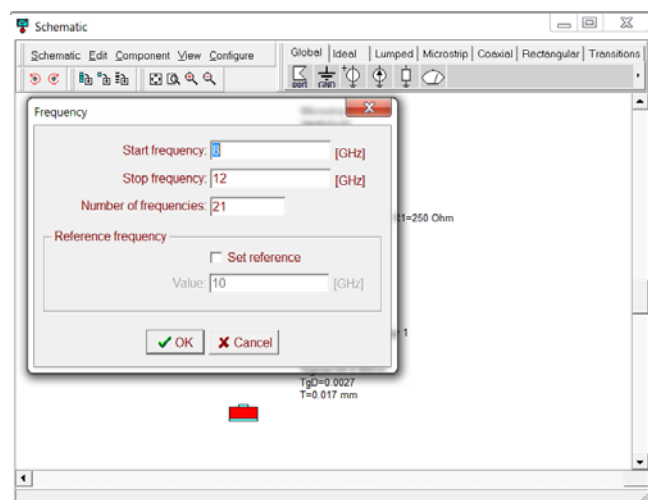
elemenata i antena. Osim toga, može se vršiti prilagođenje impedanse, projektovanje djelitelja snage, mješača, spreznjaka mikrotalasnih filtera, feritnih komponenti i kola, tranzistorskih pojačavača, mikrotalasnih rezonatora, antena i antenskih nizova. Biblioteka sa komponentama i alatke za optimizaciju projektovanja znatno olakšavaju rješavanje kola, njihovo šematsko prikazivanje kao i elektromagnetno modelovanje u 3D prostoru.

U programskom paketu WIPL-D se mogu vršiti simulacije kola koja se sastoje od ugrađenih komponenti ili od komponenti koje je definisao korisnik. Simulacija kola je zasnovana na predstavljanju komponenti pomoću S-parametara. U ovom programskom paketu se mogu crtati frekvencijski odzivi kola: s-parametri, parametri impedanse i admitanse, naponi, struje i snaga. Dijagram zračenja, blisko polje i raspored površinskih struja jedne proizvoljne 3D elektromagnetne strukture se mogu predstaviti pomoću 2D ili 3D grafika. Pored toga, na istom dijagramu se može prikazati više krivih iz različitih projekata.

Elektromagnetna komponenta se može predstaviti na više načina. Naime, može se predstaviti kao idealna, analitička, 3D elektromagnetna komponenta ili kao komponenta podataka (kada se podaci o uređaju sa više ulaza predstavi tabelarno). Samim tim, program je pogodan kako za akademsku, tako i za industrijsku primjenu.

Elektromagnetno modelovanje kompozitnih metalnih i dielektričnih struktura obuhvata geometrijsko modelovanje stvarne strukture, određivanje struja koje se nalaze na geometrijskom modelu kao i proračune nakon obrade i izračunavanja struja.

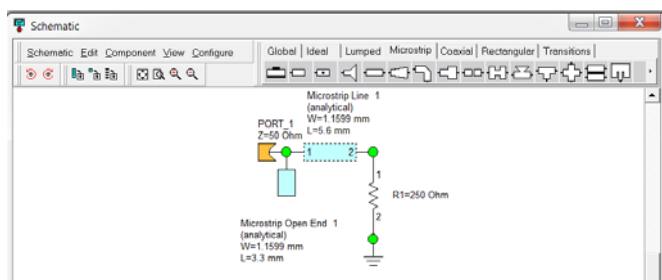
Da bi se nacrtalo mikrotalasno kolo potrebno je kliknuti na ikonu *New MW Circuit* iz menija *File*. Opseg u kojem se radi se bira iz menija *Edit* pomoću *Frequency* dialog box-a kao što prikazuje slika 6. Referentna učestanost se uvijek računa kao srednja vrijednost početne i krajnje učestanosti.



Slika 6: Dijalog box za unos učestanosti

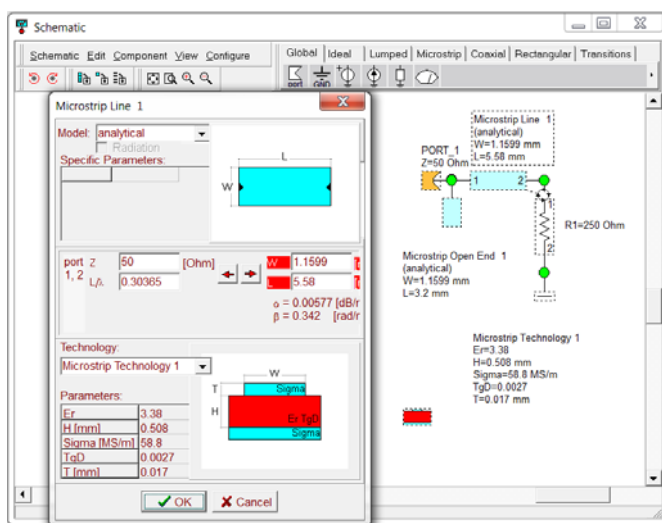
Iz palete *Lumped* se može odabrati otpornik klikom na opciju *Resistor* i koristiti nakon prevlačenja na radnu površinu. Vrijednost otpornosti, oznaka i pozicija otpornika

se mogu jednostavno mijenjati i podešavati. Mikrotrakasti vod se bira iz palete *Microstrip* pomoću opcije *Microstrip line* i prevlači na šematski ekran da bi se mogao koristiti prilikom projektovanja kao što prikazuje slika 7.



Slika 7: Microstrip paleta

Na ekranu će se tada automatski prikazati izabrani mikrotrakasti vod sa unaprijed definisanim parametrima predviđenim za njega (slika 7). Da bi se, kao u našem primjeru, koristio vod sa otvorenim krajem potrebno je izabrati opciju *Microstrip Open End* iz palete *Microstrip*. Pomoću opcije *Model* mogu se definisati i mijenjati karakteristike vodova. Kolo je zatim potrebno sačuvati i pokrenuti klikom na *Run*. Korišćenjem paleta *Microstrip* i *Global*, realizovan je željeni mikrotrakasti vod koji je prikazan na slici 8. Dvostrukim klikom na pojedine komponente unosimo njihove dimenzije.

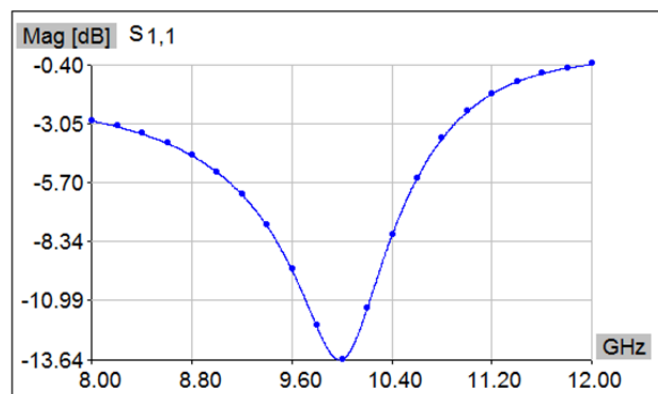


Slika 8: Radno okruženje WIPL-D

Postoji beskonačno mnogo rješenja za l i l_k (l_0). Naime, dva osnovna rješenja za l (prikazana na slici 2.) na koji možemo dodavati cio broj polovina talasnih dužina i jedno osnovno rješenje za l_k (l_0) na koje možemo dodavati

cio broj polovina talasnih dužina (pola talasne dužine = obrt na Smitovom dijagramu = ista admitansa).

U praksi, često biramo najmanja, jer su ona najmanje osjetljiva na promjenu učestanosti. Na slici 9 prikazan je parameter S_{11} matrice rasijanja odnosno, koeficijent refleksije sa koje zaključujemo da je na frekvenciji $f = 10\text{GHz}$ postignuto prilagođenje.



Slika 9: Parametar S_{11}

5. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan princip korišćenja programskog paketa WIPL-D prilikom projektovanja vodova u mikrotalasnoj tehnici. Proračuni dobijeni korišćenjem Smitovog dijagrama i analitičkim putem se poklapaju sa rezultatima dobijenim simulacijom, što znatno olakšava sami postupak rješavanja problema.

LITERATURA

- [1] M.B. Steer, J.W. Bandler, C.M. Snowden: "Computer aided design of RF and Microwave Circuits and systems", *IEE Transactions on Microwave theory and techniques*, VOL. 50, NO. 3, pp:996-1005, March 2002.
- [2] D. M. Pozar, *Microwave engineering*, New York: Wiley, 2012.
- [3] K. C. Gupta, R. Garg, R. Chadha, *Computer Aided Design of Microwave Circuits*, Artech House, 1981.
- [4] *WIPL-D Microwave, Lite V 1.0*, Distributed by: Artech House, 2005.

IMPLEMENTACIJA TEORIJE HAOSA U OPTIMIZACIJI LMS ALGORITMA PRIMJENJENOG NA LINEARNIM ANTENSKIM NIZOVIMA IMPLEMENTATION OF CHAOTIC BASED OPTIMIZATION OF LMS ALGORITHM APPLIED ON LINEAR ANTENNA ARRAYS

Luka Lazović, Ana Jovanović, Vesna Rubežić, *Elektrotehnički fakultet, Podgorica*

Sadržaj: U ovom radu je predložena optimizacija LMS algoritma upotrebom teorije haosa. Cilj optimizacije ovog beamforming algoritma pomoću teorije haosa je prilagođavanje dijagrama zračenja linearnog antenskog niza na konkretnu kombinaciju upadnih uglova prijernih signala, njihovu što precizniju procjenu i postavljanje dubokih nula na dijagramu zračenja u pravcima interferirajućih signala. Za razliku od klasičnih adaptivnih algoritama, predloženi haotični LMS algoritam omogućava sintezu dijagrama zračenja i u slučaju većeg broja upadnih željenih i interferirajućih signala, kao i smanjenje širine i broja mrtvih zona.

Abstract: Chaos based optimization of LMS algorithm is proposed in this paper. The goal of this optimization of beamforming algorithm using the theory of chaos is the adaptation of radiation diagram of a linear antenna array to a specific combination of incident angles of received signals, their most precise estimation and setting as much as possible depth zero in the radiation diagram in the directions of the interfering signals. Unlike conventional adaptive algorithms, the proposed chaotic LMS algorithm allows the synthesis of radiation diagrams in the case of a large number of incident desired and interfering signals, and reducing the width and the number of dead zones.

1. UVOD

Antenski nizovi, kao sastavni dijelovi modernih komunikacionih sistema, i njihove performanse imaju veliki uticaj na efikasan rad cjelokupnog komunikacionog sistema. Rezultati procjene pravca dolaska signala koji vrši sistem pametnih antena koriste se za podešavanje težinskih koeficijenata adaptivnog beamformer-a sa ciljem prilagođenja predajnog i/ili prijernog dijagrama zračenja antenskog niza na konkretni scenario signala. Naime, uspješan dizajn adaptivnog antenskog sistema zavisi od izbora i performansi beamforming algoritma korišćenog za adaptaciju. Do danas je razvijen veliki broj adaptivnih algoritama, koji se koriste za analizu i sintezu dijagrama zračenja antenskih nizova. U referencama [1] i [2] algoritam za adaptaciju i sintezu dijagrama zračenja se bazira na kvadratnoj optimizaciji Lagrangian funkcije, koje se vrši podešavanjem faze pomoću SPQ-a (Sequential Quadratic Programming) algoritma. U [3] se za optimizaciju pozicije elemenata niza i određivanje amplitude i faze elemenata niza koristio PSO (Particle Swarm Optimization) algoritam. Chaos based optimization of Mind Evolutionary Algorithm predstavljen u [4] za podešavanje amplitude i faze antenskog elementa definiše fitness funkciju, čija analiza omogućava optimizaciju ovog algoritma. Upotreba GA (Genetic algorithm) i Levenberg-Marquardt algoritma je predstavljena u [5], [6] i [7].

U ovom radu je za sintezu dijagrama zračenja linearnog antenskog niza korišćen haotični LMS algoritam zasnovan na optimizaciji LMS algoritma upotrebom teorije haosa. Optimizacija LMS algoritma je izvršena tako što je ovom algoritmu dodat blok za haotičnu optimizaciju koraka μ zasnovan na jednačinama koje opisuju Chua-in oscilator [8]. Precizna procjena uglova dolaska signala, postavljanje dubokih nula na dijagramu zračenja u pravcima interferirajućih signala, smanjenje širine glavne laticice dijagrama zračenja i smanjenje bočnih laticice je definisano

fitness funkcijom. Kriterijum za izbor optimalnih parametara haotičnog LMS algoritma je minimalna vrijednost zadate fitness funkcije.

2. TEORIJA

Neka je linearni uniformni antenski niz formiran od N antenskih elemenata, jednako orjentisanih i raspoređenih duž prave, na jednakom međusobnom rastojanju d i neka prima M signala od željenog izvora $x_m(t)$ koji stižu pod uglovima $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_M$. Antenski niz takođe prima i I signala od interferirajućeg izvora $x_i(t)$ koji stižu pod uglovima $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_I$. Matematički model željenog signala $y_M(t)$ na izlazu antenskog niza se može definisati kao:

$$y_M(t) = \sum_{n=1}^M x_M(t) e^{j(n-1)\psi} \quad (1)$$

tj. zapisano u diskretnom obliku:

$$y_M(t) = \sum_{n=1}^M x_M(t) a(\theta) \quad (2)$$

gdje je $a(\theta)$ matrica „array steering“ koeficijenata dimenzija $N \times 1$ koja za upadni ugao θ ima oblik:

$$a(\theta) = [1 \quad e^{j\psi} \quad e^{j2\psi} \quad \dots \quad e^{j(n-1)\psi}]^T \quad (3)$$

Fazni pomak polja između dva susjedna elementa niza definiše se kao:

$$\psi = \frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta \quad (4)$$

Jednačina (2) zapisana u matričnom obliku data je sledećim izrazom:

$$y_m(t) = A_M x_m(t) \quad (5)$$

gdje A_M predstavlja maticu „array steering“ vektora željenog signala dimenzija $N \times M$ koja se može zapisati u sledećem obliku:

$$A_M = \sum_{n=1}^M a(\theta) = [a(\theta_1), a(\theta_2), \dots, a(\theta_M)] \quad (6)$$

Analogno željenom signalu, na isti način se definiše vektor neželjenog signala:

$$y_i(t) = A_i x_i(t) \quad (7)$$

gdje matica A_i predstavlja maticu „array steering“ vektora neželjenog signala dimenzija $N \times I$.

Konačno, ukupan signal $y(t)$ na izlazu antenskog niza je suma željenih signala, neželjenih signala i bijelog Gausovog šuma $n(t)$. Signal $y(t)$ se definiše kao:

$$y(t) = y_m(t) + y_i(t) + n(t) \quad (8)$$

A. LMS algoritam

Metod najmanjih kvadrata (LMS- Least Mean Square) je adaptivni algoritam baziran na iterativnoj proceduri koja pravi sukcesivne korekcije težinskih koeficijenata sa ciljem minimizacije MSE (Mean Square Error). LMS pripada tipu algoritama sa kontinualnom adaptacijom, gdje algoritmi podešavaju težinske koeficijente dok se signal odabira, tj. za svaki odbirak se određuju koeficijenti za najoptimalniji izlaz.

U toku svake iteracije LMS algoritma, podešavaju se težinski koeficijenti po formuli:

$$w(n+1) = w(n) + 2\mu e(n)x(n). \quad (9)$$

Ovdje je $x(n)$ ulazni vektor za vrijednosti signala iz prethodnog odbirka, dok $w(n)$ predstavljaju težinske koeficijente adaptivnog algoritma. Brzina konvergencije LMS-a je proporcionalna koraku μ . Ako je μ previše malo, konvergencija je spora, a u slučaju kada je μ veliko algoritam može prekoračiti optimalne težinske koeficijente i postati nestabilan. Za LMS algoritam korišćen u simulacijama pokazalo se da je najoptimalnije $\mu=0.0208$.

Izlaz LMS adaptivnog sistema se računa po relaciji:

$$y(n) = w^T(n)x(n) \quad (10)$$

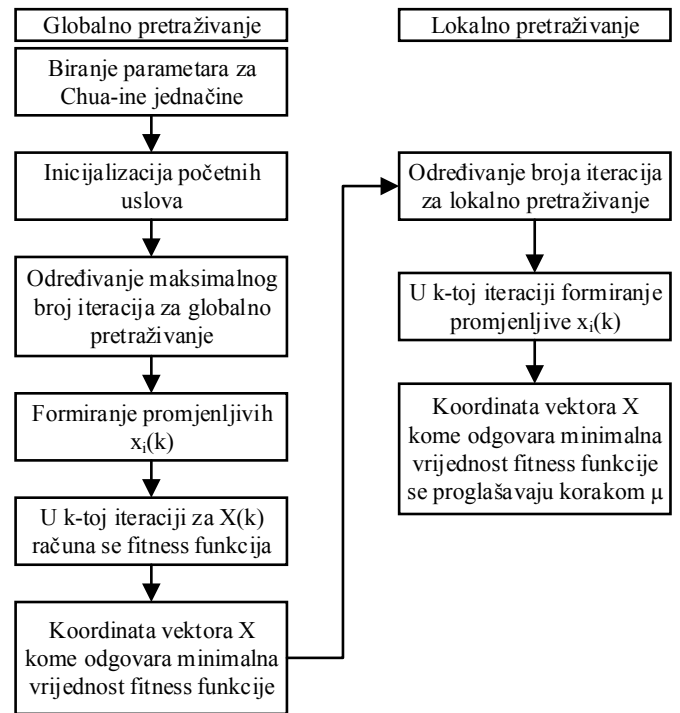
Dok se procijenjena greška se računa po jednačini:

$$e(n) = d(n) - y(n) \quad (11)$$

B. Teorija haosa

Haos je oblik ustaljenog stanja koje, pod određenim uslovima, ispoljavaju mnogi prirodni i od čovjeka stvoreni sistemi. Haotično ponašanje je opisano u [8], [9] i [10]. Pretraživanje pomoću haosa predstavlja alternativu statističkom pretraživanju. Haotično pretraživanje je brže, povećana je brzina konvergencije i preciznost rezultata, što je opisano u [11].

U ovom radu za haotično pretraživanje korišćene su jednačine koje opisuju Chua-in oscilator, sa parametrima koji odgovaraju duplo-spiralnom haotičnom atraktoru [8]. Haotični optimizacioni metod je prikazan na slici 1.



Slika 1. Haotični optimizacioni metod

C. Fitness funkcija

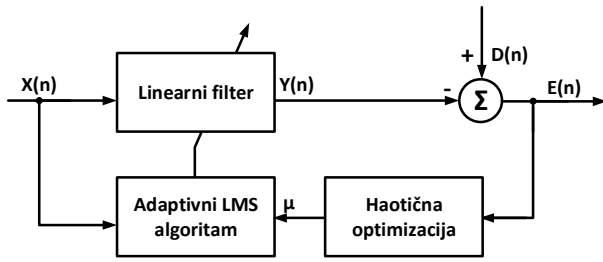
Precizna procjena uglova dolaska signala, postavljanje dubokih nula na dijagramu zračenja u pravcima interferirajućih signala, smanjenje širine glavne laticе dijagrama zračenja i smanjenje bočnih laticа definisano je fitness funkcijom [4]:

$$Fitness = k_1 \frac{|\theta_0 - \theta_{des}|}{180^\circ} + k_2 \sum_{i=1}^N |SLL_{max} - SLL_{des}| + k_3 \frac{\theta_{BWFN} - \theta_{BWFN-des}}{180^\circ} + k_4 \sum_{i=1}^N |NULL_{\theta_i} - NULL_{\theta_{i-des}}| \quad (12)$$

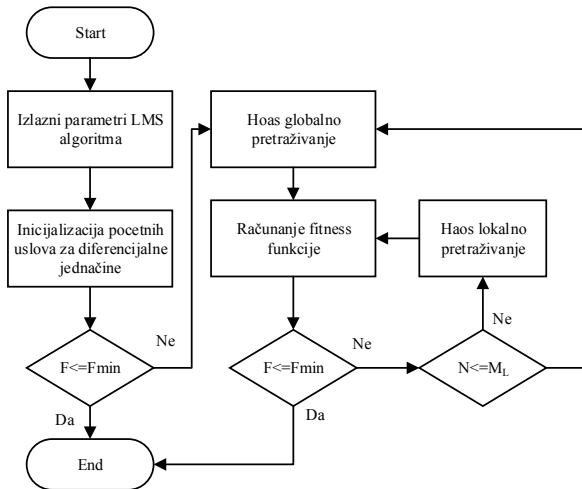
gdje θ_0 ugao usmjeravanja glavne laticе, θ_{des} ugao pod kojim dolazi željeni signal, SLL_{max} je maksimalna amplituda bočnih laticа, SLL_{des} je željeni nivo bočnih laticа, θ_{BWFN} je širina glavne laticе dijagrama zračenja, $\theta_{BWFN-des}$ je željena širina glavne laticе, $NULL_{\theta_i}$ je dubina nule u pravcu θ_i , dok je $NULL_{\theta_{i-des}}$ željena dubina nule u pravcu θ_i . U numeričkim analizama korišćeni su sledeći težinski koeficijenti: $k_1 = 0.3$, $k_2 = 0.9$, $k_3 = 0.5$ i $k_4 = 1.9$. Kriterijum za izbor optimalnih parametara haotičnog LMS algoritma je minimalna vrijednost zadate fitness funkcije.

D. Haotični LMS algoritam

Predloženi optimizacioni metod dodaje LMS adaptivnom algoritmu blok za optimizaciju koraka μ koji se bazira na haotičnom pretraživanju. Blok dijagram haotičnog LMS algoritma je dat na slici 2.



Slika 2. Blok dijagram haotičnog LMS algoritma



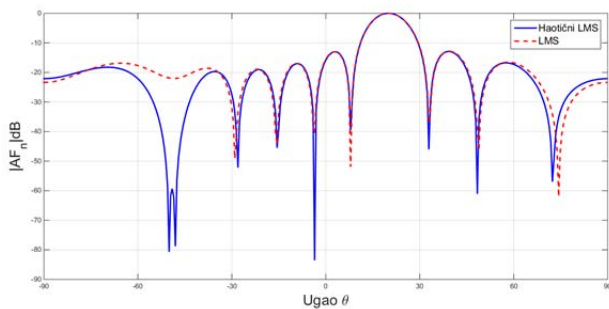
Slika 3. Algoritam haotične optimizacije koraka μ

Nakon izbora koraka μ pomoću LMS algoritma, vrši se provjeravanje vrijednosti Fitness funkcije, tj vrši se provjera uspješnosti adaptacije za datu kombinaciju upadnih uglova. U slučaju uspješnog zadovoljavanja vrijednosti Fitness funkcije haotična optimizacija se ne pokreće. Ako vrijednost fitness funkcije nije zadovoljavajuća, haotična optimizacija se pokreće i vrši se globalno, u slučaju potrebe i lokalno, pretraživanje i izbor koraka μ .

3. NUMERIČKI REZULTATI

U svim simulacijama kao ulazni signal je korišćen signal opisan jednačinom (8). Analiziran je uniformni linearni antenski niz sa $N=10$ i $N=8$ antenskih elemenata, koji se nalaze na međusobnom rastojanju $d=\lambda/2$. Uporedni dijagrami zračenja dobijeni pomoću LMS i haotičnog LMS algoritma su dati u normalizovanim vrijednostima.

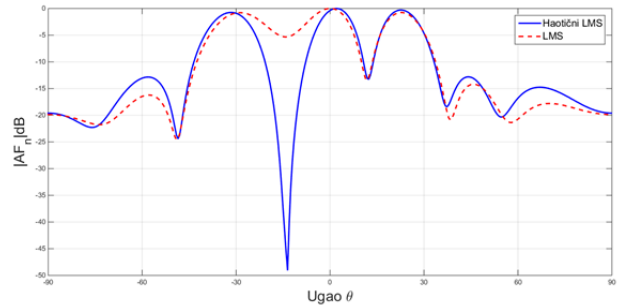
Na slici 4 je prikazan dijagram zračenja kada željeni signal dolazi pod uglom 20° , a interferirajući pod uglom -50° .



Slika 4 Dijagram zračenja kada željeni signal dolazi pod uglom 20° , a interferirajući pod uglom -50°

Sa slike 4 se uočava da haotični LMS algoritam ima veliku preciznost i dubinu nule (-80dB), što se ne može reći za dijagram zračenja dobijen upotrebom LMS algoritma.

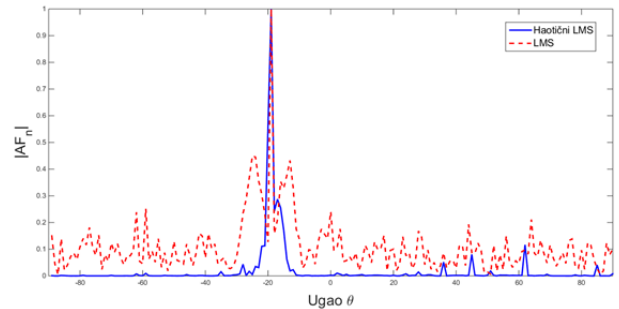
Na slici 5 prikazan je dijagram zračenja dobijen upotrebom haotičnog LMS i LMS algoritma u slučaju kada na antenski sistem dolazi više željenih signala.



Slika 5. Dijagram zračenja kada željeni signali dolaze pod uglovima -32° , 2° i 23° , a interferirajući pod uglom -14°

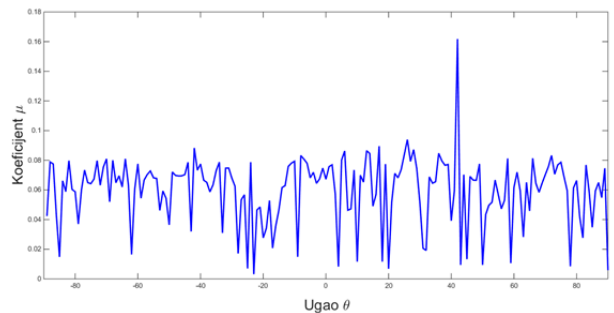
Na osnovu rezultata prikazanih na slici 5 može se zaključiti da haotični LMS algoritam precizno usmjerava glavne laticе dijagrama zračenja u pravcu željenih signala i postavlja duboku nulu (-50dB) u pravcu interferirajućeg signala. LMS algoritam ne uspijeva da izvrši adaptaciju dijagrama zračenja.

Na slici 6 su prikazane vrijednosti nula na dijagramu zračenja kada željeni signal dolazi pod uglom 20° dok interferirajući signali dolaze pod uglovima od -90° do $+90^\circ$. Broj elemenata niza korišćenog u simulacijama je 10.



Slika 6. Vrijednosti nula na dijagramu zračenja kada željeni signal dolazi pod uglom 20° , a interferirajući signali dolaze pod uglovima od -90° do $+90^\circ$

Na slici 7 su predstavljeni koeficijenti μ za različite upadne uglove interferirajućeg signala dobijeni primjenom haotičnog LMS algoritma.

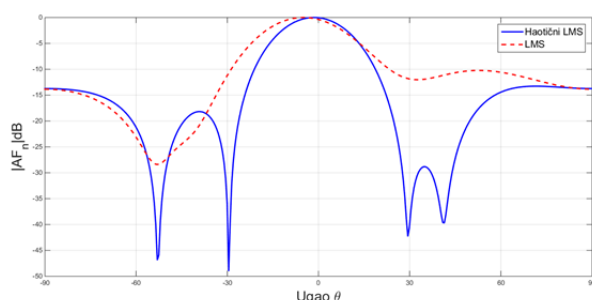


Slika 7 Vrijednosti koeficijenta μ kada interferirajući signali dolaze pod uglovima od -90° do $+90^\circ$

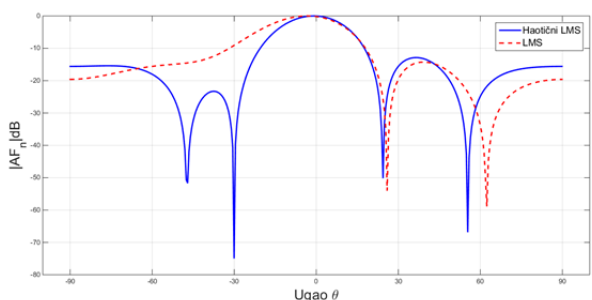
Na osnovu rezultata prikazanih na slikama 6 i 7 može se vidjeti da haotični LMS algoritam za svaku kombinaciju upadnih uglova postiže veće vrijednosti dubine nula u pravcima interferirajućih signala. Cilj analize performansi

praćenja upadnih uglova interferirajućih signala jeste utvrđivanje postojanja mrtvih zona i njihovog smanjenja korišćenjem predloženog metoda. Na slici 6 može se vidjeti postojanje mrtvih zona u okolini upadnog ugla željenog signala. ($\pm 10^\circ$ od željenog signala i -60°). Za razliku od LMS algoritma koji ima široku mrtvu zonu u okolini upadnog ugla željenog signala haotični LMS algoritam ove mrtve zone značajno smanjuje, a u okolinu ugla -60° nema mrtvu zonu.

Savremeni trend u dizajniranju antenskih nizova je smanjenje broja antena i smanjenje zračenja u neželjenim pravcima. Da bi izvršili analizu performansi haotičnog LMS algoritma vršene su simulacije na antenskim nizovima sa malim brojem antena. Na slikama 8 i 9 su prikazani rezultati dobijeni upotrebom haotičnog LMS algoritma primijenjenog na antenskim nizovima sa $N=5$ elemenata.



Slika 8 Dijagrami zračenja kada željeni signal dolazi pod uglom 0° , a interferirajući pod uglovima -30° i 40°



Slika 9 Dijagrami zračenja kada željeni signal dolazi pod uglom 0° , a interferirajući pod uglom -30°

Na osnovu rezultata prikazanih na slikama 8 i 9 vidi se da LMS algoritam u slučaju niza sa malim brojem antena ne može izvršiti adaptaciju i postavljanje nula na dijagramu zračenja. Haotični LMS algoritam, iako primijenjen na niz sa malim brojem antena uspješno optimizuje dijagram zračenja i daje duboke nule u pravcima interferirajućih signala.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je za sintezu dijagrama zračenja linearnog antenskog niza korišćen haotični LMS algoritam zasnovan na optimizaciji LMS algoritma upotrebom teorije haosa. Optimizacija LMS algoritma je izvršena tako što je ovom algoritmu dodat blok za haotičnu optimizaciju koraka μ . Kriterijum za izbor optimalnog koraka μ haotičnog LMS algoritma je minimalna vrijednost fitness funkcije, kojom su definisani sledeći zahtjevi: postavljanje dubokih nula na dijagramu zračenja u pravcu interferirajućih signala, precizno usmjeravanje glavne laticе dijagrama zračenja u pravcima željenih signala, smanjenje širine glavne laticе dijagrama zračenja i smanjenje bočnih laticа.

Analiziran je uniformni linearni antenski niz i dobijeni dijagrami zračenja su dati u normalizovanim vrijednostima.

U svim analiziranim slučajevima haotični LMS algoritam je uspješno prilagodio dijagram zračenja konkretnom scenariju dolaznih željenih i interferirajućih signala.

Simulirana je upotreba haotičnog LMS algoritma u slučaju nizova sa malim brojem antena, gdje klasični LMS algoritam ne daje zadovoljavajuće rezultate. Pokazuje se da haotični LMS algoritam uspješno optimizuje dijagram zračenja i daje duboke nule u pravcima interferirajućih signala.

Takođe, za razliku od klasičnih adaptivnih algoritama haotični LMS algoritam omogućava sintezu dijagrama zračenja i u slučaju većeg broja upadnih željenih i interferirajućih signala, kao i smanjenje širine i broja mrtvih zona.

LITERATURA

- [1] M. Mouhamadou and P. Vaudon, "Smart antenna array patterns synthesis: Null steering and multi-user beamforming by phase control," *Progress In Electromagnetic Research, PIER 60*, pp. 95-106, 2006.
- [2] M. Mouhamadou, P. Armand, P. Vaudon, and M. Rammal, "Interference Suppression of the Linear Antenna Arrays Controlled by Phase With use of SQP Algorithm," *Progres In Electromagnetics Research , PIER 59*, pp. 251-265, 2006.
- [3] Majid M. Khodier and Christos G. Christodoulou, "Linear Array Geometry Synthesis With Minimum Sidelobe Level and Null Control Using Particle Swarm Optimization," *IEEE Transactions on antenna and propagation*, pp. 2674-2679, 2005.
- [4] Jianxia Liu, Nan Li, and Keming Xie, "Application of Chaos Mind Evolutionary Algorithm in Antenna Arrays Synthesis," *Journal of Computers, Vol 50*, pp. 717-724, 2010.
- [5] Jamal S. Rahhal and Dia I. Abu-Al-Nadi, "A General Configuration Antenna Array for Multi-User Systems with Genetic and Ant Colony Optimization," *Electromagnetics*, pp. 413-426, 2007.
- [6] Randy L. Haupt, "Phase-only adaptive nulling with a genetic algorithm," *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on (Volume:45 , Issue: 6)*, pp. 1009 - 1015, 1997.
- [7] Ismail T. H., Abu-Al-Nadi D. I., and Mismar M. J., "Phase-Only Control for Antenna Pattern Synthesis of Linear Arrays Using the Levenberg-Marquardt Algorithm," *Electromagnetics*, pp. 555-564, 2004.
- [8] M. P. Kennedy, "Three Steps to Chaos-Part II: A Chua's Circuit Primer," *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, pp. 657-674, 1993.
- [9] J. C. Sprott, *Chaos and Time-Series Analysis.*: Oxford University Press, 2003.
- [10] T. T. Ivančević V. G. Ivančević, *Complex Nonlinearity: Chaos, Phase Transitions, Topology Change and Path.*: Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
- [11] Vesna Rubežić, Martin Čalasan Milovan Radulović, "Haotični optimizacioni metod sinteze PID regulatora u AVR sistemu," in *Informacione tehnologije IT'14*, Žabljak, 2014.

O IZAZOVIMA PRIMJENE RFID TEHNOLOGIJE U LANCIMA SNABDIJEVANJA UPON CHALLENGES OF RFID TECHNOLOGY IMPLEMENTATION IN SUPPLY CHAINS

Sanja Bauk, Radoje Džankić, *Fakultet za pomorstvo Univerziteta Crne Gore*

Sadržaj: *U radu su razmotreni neki od ključnih tehničkih i ekonomskih izazova pri implementaciji RFID tehnologije u savremenim multidimenzionalnim lancima snabdijevanja. Takođe je ukazano na neke od potencijalnih pravaca u daljem razvoju ove tehnologije.*

Ključne riječi: *RFID, upravljanje lancima snabdijevanja, izazovi*

Abstract: *The paper discusses some of the key technical and economic challenges in the implementation of RFID technology in modern multidimensional supply chains. Some of the potential directions for the further development of this technology are pointed out, as well.*

Key words: *RFID, supply chain management, challenges*

1. UVOD

RFID (Radio Frequency Identification, eng.) je tehnologija koja koristi radio talase u cilju identifikacije objekata. RFID sistem se sastoji od: RFID čipa sa antenom (tag, eng.) ili transpondera, RFID čitača (reader, eng.) koji sadrži radio predajnik i prijemnik, kao i od sistema IT/IS podrške (backend system, eng). Ukoliko je po svojoj konstrukciji pasivan, RFID tag ostaje neaktivan, dok mu antena ne postane izložena energiji radio talasa čitača, kada počinje da emituje niz podataka koje čitač potom snima (slika 1). Ukoliko je tag aktivan može samoinicijativno, na periodičnoj bazi, jednosmjerno da emituje podatke.

Glavna svojstva RFID-a su sljedeća: praćenje objekata, tj. robe, ljudi i životinja u realnom vremenu; dobijanje relevantnih i detaljnih informacija o objektu; omogućavanje brzog indeksiranja (inventarisanja) objekata koji su predmet praćenja; RFID čitač automatski prosljeđuje primljene informacije računaru, kroz etar ili putem kablovske veze.

RFID tagovi su obično reda veličine glave čiode, ili zrna pijeska. Tag najčešće ima antenu i visoko integrisano elektronsko kolo (čip), koje sadrži elektronski kod proizvoda (EPC – Electronic Product Code, eng). EPC obuhvata daleko više informacija nego regularni barkod (10-100 puta više), tj. sadrži informacije tipa porijekla proizvoda, do kada je proizvod upotrebljiv ukoliko je lako kvarljiv i sl. Za razliku od barkodova koji zahtijevu direktan kontakt sa čitačem, RFID tagovi rade kao pasivni, semi-pasivni ili aktivni uređaji za praćenje objekata, signališući svoje prisustvo na određenoj radio frekvenciji prilikom prolaska pored odgovarajućih čitača – skenera, na znatno većoj udaljenosti nego što je to slučaj kod barkod tehnologije (10-15 m ili više) i uz znatno manju osjetljivost na uslove u okruženju (npr. jaku sunčevu svjetlost, vlažnost i dr) [1,2,3].

2. PRIMJENE RFID TEHNOLOGIJE

RFID tehnologija je prije 20-tak godina implementirana u lukama SAD, na zapadnoj obali (Long Beach, LA). Prve aplikacije su bile namijenjene identifikaciji zaposlenih, zatim praćenju objekata na terminalu u realnom vremenu (RTLS-Real Time Location System, eng.), potom su razvijane aplikacije za povezivanje RFID-a sa drugim lučkim

poslovnim aplikacijama (npr. PierPass sistem i dr). Ova tehnologije sredinom 90-tih počinje da se implementira ne samo u lukama SAD, već i u Sjevernoj Evropi (npr. Finska), Južnoj Africi, u UAE (Dubai), itd. Naredna u nizu primjena RFID-a u lučkom i pomorskom (prekookeanskom) transportu, odnosi se na e-zaključavanje kontejnera ili e-pečate ili “pametne pečate” (“smart-seals”, eng). Danas ovu tehnologiju pečačenja i praćenja kontejnera u transportnom lancu praktikuju vodeće kompanije (APL, Matson, Horizon Lines, mornarica SAD na svojim linijama i dr).

Početak 2000-tih godina RFID tehnologiju uvode neke od vodećih trgovačkih kuća (Wal-Mart, Target, Metro Group, Marks&Spencer i dr.), prvenstveno na nivou praćenja paleta. Ove kompanije su tako postigle milionske uštede po osnovu sprječavanja trajnog gubljenja (krađa) robe, kao i njenog zagublivanja na zalihama.

Philips je na Svjetskom kupu u Njemačkoj, 2006. godine, obezbijedio oko 3 miliona ulaznica čipovanih RFID tagovima, u cilju lakše i bezbjednije kontrole ulaza. Na Olimpijskim igrama u Pekingu 2008. godine, u preko 12 miliona ulaznica su bili ugrađeni RFID čipovi. Preko 1000 ulaza, za razna dešavanja, bilo je pokriveno RFID čitačima. Pošto se ova tehnologija pokazala efikasnom i pouzdanom, primijenjena je i 2010. godine na World Expo-u u Šangaju, gdje je čak 70 miliona ulaznica imalo RFID čipove. RFID ulaznice su uključivale i funkcije plaćanja parkinga, korišćenja usluga nekih štandova i sl. RFID tagovi su tada, takođe, bili prikačeni i za obuću maratonaca, u cilju obezbjeđivanja njihovog automatskog praćenja, snimanjem pojedinačnih prolaznih vremena.

Danas je evidentno da nekoliko najvećih trgovačkih firmi koristi ovu tehnologiju za praćenje kamiona i kontejnera (Sears, Target i dr). Tehnologija se takođe koristi na aerodromima pri manipulisanju bagažom i u svrhe povećanja bezbjednosti (aerodrom u Hong Kongu, npr).

Nokia koristi RFID tagove ugrađene u mobilne telefone zaposlenih za automatsko praćenje radnih smjena, kao i povećanje bezbjednosti.

Policija koristi ovu tehnologiju u nadgledanju nekih globalnih transportnih lanaca, npr. u svrhe praćenja ilegalnih tokova roba.

Jedana od savremenijih primjena RFID tehnologije su i e-novčanici, ugrađeni u mobilne telefone. Tako na primjer,

putnici u Japanu plaćaju vozne karte pomoću svojih mobilnih telefona.

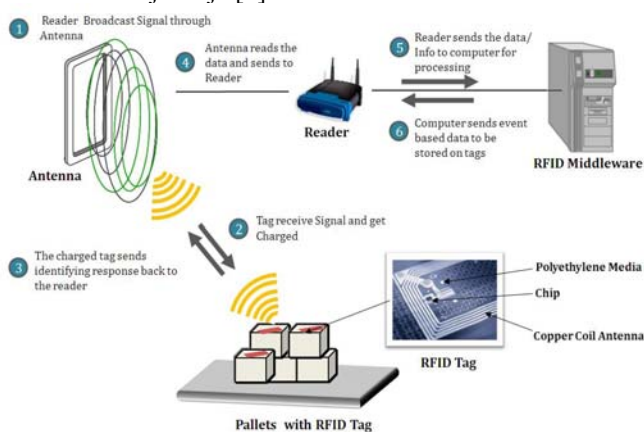
3. PRIMJENE U LANACIMA SNABDIJEVANJA

RFID tehnologija je postala veoma značajna u globalnom transportu, pa posljedično i neizostavna komponenta lanaca snabdijevanja, koji uključuju sve transfere fizičkih dobara i usluga potrebnih za proizvodnju robe i njenu valorizaciju na tržištu. Brojne kompanije danas postavljaju tagove na palete, kutije i kontejnere kako bi poboljšale lanac snabdijevanja, ali i bezbjednost i spriječile eventualne terorističke napade.

Dosta je izvora literature u ovoj oblasti koji su posvećeni prednostima RFID tehnologije, međutim, treba ukazati i na određene nedostatke, posebno kada su u pitanju lanci snabdijevanja:

- Transfer, tj. prenošenje vlasništva sa prodavca na kupca;
- Bezbjednost podataka;
- Uska grla u procesuiranju prikupljenih podataka;
- Greške u očitavanju podataka;
- Troškovi implementacije ili *cost-benefit* pitanja kapitalnih ulaganja: oportunitetni troškovi, vrijeme povraćaja investicija i sl.;
- Rizik od brzog zastarijevanja ove tehnologije;
- Problemi *šerovanja* (dijeljenja) informacija na različitim nivoima u lancu snabdijevanja;
- Usaglašenost standarda i zakonske regulative i dr.

U nastavku će nešto detaljnije biti razmotreni prethodno navedeni izazovi u široj zastupljenosti ove tehnologije u lancima snabdijevanja [4].



Slika 1. Konceptualna šema arhitekture RFID sistema (web izvor)

Legenda uz Sl. 1:

- 1- Čitač emituje RF energiju putem antene;
- 2- Tag prima signal i puni se;
- 3- Tag šalje podatke čitaču;
- 4- Antena prima podatke i šalje ih čitaču;
- 5- Čitač šalje podatke računaru;
- 6- Računar šalje podatke tagu posredstvom čitača.

4. IZAZOVI IMPLEMENTACIJE

Dakle, bez obzira na brojne prednosti RFID sistema, postoje i brojni nedostaci, ili bolje reći objektivne prepreke za širu implementaciju. Ovdje će biti generalno razmotreni

neki problemi koji se mogu javiti kao posljedica adaptacije ove relativno nove tehnologije.

4.1. PRELAZAK VLASNIŠTVA

Kod tradicionalnog lanca snabdijevanja, prelasak vlasništva se dešava fizički, u momentu kada prodavac više nema (fizički) pristup proizvodu koji je prodao, bez znanja kupca. Međutim, kada je RFID tag prikačen za predmet kupoprodaje, situacija se znatno mijenja, jer prodavac može i dalje da ima uvid u informacije vezane za proizvod. Ovo stvara probleme kada je u pitanju zdrava konkurencija i privatnost-bezbjednost podataka sa aspekta kupca. Kako bi se spriječio tajni, neovlašćeni pristup prodavca (prethodnog vlasnika) robi, razvijeni su brojni kriptografski mehanizmi. Međutim, pokazalo se da je većina njih nedovoljno pouzdana. Stoga je postalo neophodno uvođenje *treće povjereničke strane* (TTP – Trusted Third Party, eng). Kao TTP se može koristiti banka, ali se pri svakoj kupoprodaji mora izvršiti dosta složena i povjerljiva razmjena kriptografskih ključeva u lancu snabdijevanja. Bez korišćenja TTP, ostaje jedino mogućnost *dijeljenja* informacija između kupca i prodavca, što može dovesti do narušavanja bezbjednosti podataka o proizvodu i negativno uticati na konkurentske prednosti novog vlasnika.

4.2. BEZBJEDNOST PODATAKA

Bez odgovarajuće zaštite, RFID tehnologija ima potencijal za narušavanje privatnosti i bezbjednosti potrošača. Jedinstvenost elektronskog koda proizvoda onemogućuje korisniku da ostane anonimam. Informacije koje sadrži tag, lako se mogu povezati sa ličnim identitetom. Najveći problem predstavljaju mogućnosti zloupotrebe prikupljenih podataka putem RFID-a i strah od nadgledanja nakon kupovine, pošto tag može da nastavi da emituje informacije, ukoliko se one zatraže. Kompanije mogu da dobiju uvid u kupovne navike potrošača kroz analize podataka prikupljenih u određenom vremenskom periodu. Ove informacije mogu poslužiti kao osnov za nadziranje, ili se njima može trgovati, tj. mogu se prodati trećoj strani. Povezivanjem ovih informacija sa drugim bazama podataka [1,2,3], moguće je konstruisati sveobuhvatni profil potrošača.

Proizvode sa tagovima mogu koristiti kriminalci za identifikaciju potencijalnih meta, ili ih mogu koristiti agencije za identifikovanje i praćenje određenih osoba.

Neki strahovi korisnika su opravdani, dok su drugi rezultat korisničke percepcije RFID tehnologije, loše komunikacije ili nedostatka povjerenja. Tagovi koje se obično koriste u lancima snabdijevanja, ne sadrže puno informacija. Niska cijena EPC tagova ograničava računarske moći i ne pogoduje sofisticiranoj enkripciji ili drugim mjerama koje bi mogle narušiti bezbjednost. Tagovi se mogu očitavati sa udaljenosti od svega nekoliko metara, tako da praćenje potrošača na većim udaljenostima, barem za sada, nije moguće putem ove tehnologije.

4.3. USKA GRLA U OBRADI PODATAKA

Postojeći sistemi koji se koriste za prikupljanje, održavanje i obradu barkod informacija mogli bi se u principu koristiti u iste svrhe kod RFID tagova. Problem je u tome što većina postojećih IT/IS radi vršnim kapacitetom i svako povećanje količine informacija koje treba procesuirati

bilo bi problematično. RFID tagovi su poznati po generisanju znatno više podataka u poređenju sa barkod tehnologijom. Dok barkod u principu sadrži informacije na nivou klase, RFID tag sadrži informacije na nivou uređaja, sa daleko više detalja. Takođe, frekvencija očitavanja sa RFID tagova je daleko veća. Ovo uslovljava eksponencijalni rast količine generisanih podataka. Sadašnjim računarskim sistemima se kapacitet može povećavati samo linearno sa brojem računara, tako da će za obezbjeđivanje eksponencijalnog rasta kapaciteta obrade podataka biti potrebno kvantno računarstvo.

Velike firme, tipa Wal-Mart-a, generišu na desetine TB informacija dnevno. Sakupljene informacije, same po sebi, ne znače ništa, ukoliko se smisleno ne koriste, a većina mehanizama koji služe za otkrivanje značenja u velikim količinama informacija kod barkod sistema, ne mogu se primijeniti kod RFID sistema.

Do potpune implementacije RFID tehnologije u lancima snabdijevanja od industrijskog nivoa (proizvodnje) pa naviše, teško da će doći u toku nekoliko narednih godina, tako da je za očekivati da će RFID i barkod tehnologije koegzistirati još neko vrijeme, bez obzira što to može izazvati određenu dozu konfuzije [2].

4.4. GREŠKE U OČITAVANJU PODATAKA

Većina istraživača smatra da kada se tag jednom zakači za objekat, nema problema u očitavanju podataka. Iako se u principu polazi od toga da su očitani podaci tačni, može doći do određenih odstupanja. U literaturi još uvijek nema konzistentnih podataka o procentu grešaka u očitavanju. Uzroci grešaka ovog tipa mogu biti sljedeći: RF-nepropusnost u slučajevima kada se neki metalni objekat ili tečnost određenog viskoziteta, nađu između taga i čitača; nekonzistentnost u radu čitača; oštećenja čipa i/ili antene; prisustvo šuma; sudar čitača i taga i dr. Iako se ove potencijalne smetnje mogu ublažiti, ne mogu se 100% eliminisati zbog dinamične prirode rada RFID tehnologije i ambijentalnih uslova.

4.5. TROŠKOVI IMPLEMENTACIJE

Cijena taga je značajna komponenta u ukupnim troškovima implementacije RFID tehnologije. Iako su cijene tagova pale tokom proteklih nekoliko godina, još uvijek su 10-40 centi po tagu, tako da su mnoge kompanije, pod velikim pritiskom kada treba da opravdaju ovakve investicije. Cijena od 5 centi se ističe kao prihvatljiva za povećanje potražnje i širu primjenu RFID-a [2]. Na cijenu taga najviše utiču cijene izrade čipa i antene. Čipovi su obično izrađeni na silikonskoj podlozi dok je antena izrađena na laminiranoj bakarnoj podlozi. Smanjenje dimenzija čipova, odnosno, izrada ultra-malih čipova, snizila bi im cijenu, ali bi povećala cijenu integracije-povezivanja komponenti. Stoga se radi na razvijanju novih tehnologija za povezivanje komponenti kao što je npr. FSA (Fluidic Self Assembly, eng). Alternativno rješenje su RFID tagovi bez čipova. Tagovi bez čipova se izrađuju od posebnih materijala koji reflektuju dio RF energije kada se ona usmjeri ka njima (provodni polimeri, reflektujuća vlakna, specijalna mastila – koja se koriste npr. za tetovažu životinja u transportnom lancu i dr). Ovakvi tagovi bez čipova bi se mogli štampati direktno na proizvod ili pakovanje. Međutim, još uvijek postoje određeni

tehnološki problemi kada su u pitanju kapacitet skladištenja podataka, udaljenost sa koje se mogu očitavati podaci i pouzdanost neophodni za efikasno praćenje lanaca snabdijevanja. Dakle, tehnološke inovacije na nivou izrade tagova su ključne u obezbjeđivanju efektivne šire primjene RFID sistema.

Praćenje svakog (pojedinačnog) proizvoda u lancu snabdijevanja, zahtijeva veliki broj RFID čitača. Oni bi trebalo da budu postavljeni na ključnim mjestima u proizvodnji, kod ukrcaja/iskrcaja, skladištenja i u prodaji, kako bi se obezbijedila odgovarajuća transparentnost. Obično je na jednom ključnom punktu potrebno imati više čitača, u cilju obezbjeđivanja 100% pokrivenosti. Jedan čitač obično košta 800-2000 \$. Očekuje se da će ove cijene pasti za 100-200 \$ po čitaču, sa širom primjenom RFID sistema. Postoji više vrsta ovih čitača: mobilni, fiksni, više-protokolni, više-frekventni. Oni mogu biti postavljeni na ulazno/izlaznim kapijama, viljuškarima, dizalicama, prekrcajnim mostovima i sl. Čitači koji su usklađeni sa novom generacijom elektronskog koda proizvoda (EPC) nazivaju se „agilnim čitačima“ i imaju određene radio, računarske i mrežne komponente. Imaju modularnu strukturu i tako obezbjeđuju fleksibilnost (rad sa različitim protokolima i na različitim frekvencijama) i svojstvena im je skalabilnost, što predstavlja određenu zaštitu od zastarijevanja.

Pored tagova i čitača, kod RFID sistema, prisutni su i troškovi odgovarajućih softverskih rješenja i sistema za upravljanje podacima. RFID midlver¹ (middleware, eng.) je ključan za obezbjeđivanje nesmetanog toka podataka od čitača ka softverima za konsolidovanje, filtriranje i formatiranje podataka preuzetih od tagova, a u cilju njihovog daljeg procesuiranja putem korporativnih aplikativnih softvera za: upravljanje resursima kompanije (ERP – Enterprise Resource Planning, eng.), napredno planiranje i raspoređivanje (APS – Advanced Planning and Scheduling, eng.), upravljanje skladištem (WMS – Warehouse management System, eng.), upravljanje transportom (TMS – Transport Management System, eng.) i dr. Najveći broj RFID midlver aplikacija uključuje *server za upravljanje čitačima i interfejs za integraciju* sa prethodno pomenutim aplikacijama (API – Application Programming Interface, eng). RFID midlver troškovi su visoki i kreću se u prosjeku od 25000 \$, do nekoliko stotina hiljada \$, zavisno od broja čitača i servera [1,2].

Integracija baza podataka sa različitim softverskim aplikacijama na nivou kompanije ili korporacije, kao i re-inženjering ili redizajniranje poslovnih procesa, često zahtijevaju dodatne konsultantske usluge, što predstavlja stavku više u troškovima implementacije ove tehnologije.

4.6. RIZIK OD ZASTARIJEVANJA

Potencijalni novi korisnici RFID sistema s razlogom strahuju od mogućnosti njegovog zastarijevanja, pa posljedično i po pitanju povraćaja uloženi sredstava u implementaciju ove tehnologije. Ipak, zabilježeni su slučajevi gdje je uvođenje RFID tehnologije donijelo neočekivanu

¹ Middleware, eng. – tzv. „softversko ljepilo“ ili softver koji povezuje softverske komponente ili aplikacije na nivou kompanije. U računarskoj arhitekturi se nalazi između korisničke aplikacije i kernel-a.

dobit firmama kao što su Hendricks (1992), Tellis&Golder (1996) i dr [2]. Olakšavajuća okolnost u ovom rizičnom kontekstu je postepenost u implementaciji RFID-a, tako da firme, ako procijene da je za njih tako isplativije, mogu u određenom momentu odustati od dalje implementacije. Danas se sve više firmi opredjeljuje za tzv. "čekaj i vidi" princip.

4.7. NEŽELJENO DIJELJENJE INFORMACIJA

U kontekstu destimulacije uvođenja RFID tehnologije, prije svega u ekonomskom smislu, treba reći da dominantni učesnici u lancima snabdijevanja često vrše pritisak na ostale učesnike da uvedu ovu tehnologiju. Takva, iznuđena rješenja, tj. prelasci na novu tehnologiju pod izvjesnom pritiskom, obično se ne realizuju do kraja na najbolji način [2,5].

Na primjer, Wal-Mart zahtijeva od svojih dobavljača da budu opremljeni savremenom RFID infrastrukturom, kako bi bili kompatibilni sa Wal-Mart-ovim standardima. Wal-Mart nesumnjivo ima koristi od ovoga, međutim, to nije slučaj i sa dobavljačima, jer oni obično protivno svojoj volji moraju da dijele informacije sa kupcima.

Konflikt interesa između prodavca i kupca po pitanju dijeljenja informacija vezanih za robu je ozbiljna smetnja pri prelasku na RFID tehnologiju.

4.8. STANDARDIZACIJA

Kao što je to slučaj i sa drugim široko prihvaćenim tehnologijama, neophodno je usvajanje standarda vezanih za razne aspekte RFID sistema: kvalitet, interoperabilnost, pouzdanost i bezbjednost. Postoje razni standardi na različitim nivoima: međunarodnom (npr. ISO), nacionalnom (npr. ANSI, BSI), pan-industrijskom (npr. EPCglobal, AIM Global), industrijskom (npr. AIAG, Air Transport Association) i dr. Svakako, potrebno je njihovo usaglašavanje na globalnom nivou. Pošto različite vrste tagova i čitača komuniciraju izvan nacionalnih granica, potrebni su univerzalni standardi kojima bi se pokrio čitav spektar aplikacija i poboljšala interoperabilnost. RFID standardi se, generalno govoreći, odnose na frekvencije tagova i čitača, interfejs protokole, strukturu podataka, sadržaj i format podataka, vrste tagova i čitača, usklađenost istih, dodjelu kodova, kao i razmjenu podataka.

Postoji nekoliko ISO/IEC standarda za RFID aplikacije: ISO/IEC 18000, ISO/IEC 15961-3, ISO/IEC 17363-7, i ISO/IEC 18185. ISO/IEC 18000 standard je razvijen za RFID vazdušni interfejs. Standard, ISO/IEC 18000-3 je namjenski razvijen standard za vazdušni interfejs, za jedno čitanje na 13,56 MHz sa malih udaljenosti i koristi se obično za personalnu identifikaciju. ISO/IEC 18000-6 standard za vazdušni interfejs, razvijen za paralelno čitanje sa srednjih udaljenosti i idealan je za identifikaciju objekata koji se kreću velikom brzinom u lancu snabdijevanja. DASH-7 Alliance podržava upotrebu ISO 18000-7 standarda za praćenje širokog spektra objekata uključujući vozila, kontejnere, farmaceutske proizvode, opasne materijale, kvarljivu robu, tako da se objekti mogu nesmetano kretati u lancu snabdijevanja bez prekida i poremećaja. Savjet za poslovne komunikacije u zdravstvenoj industriji (Health Industry Business Communication Council, eng.) usvojio je skup standarda za RFID tagove za markiranje i praćenje medicinskih proizvoda (ANSI/HIBC 4.0) koji uključuju

upustva (npr. za korišćenje 13,56 MHz visokofrekventnog kodovanja) za zdravstvene proizvode sa tagovima, u cilju sprečavanja RF interferencije ovih proizvoda sa medicinskom opremom/uređajima [1,2].

Pored razlika u tehničkim standardima, postoje razlike i u nacionalnim pravnim regulativama. Ove razlike bi trebalo ublažiti, što bi smanjilo barijere u trgovini na globalnom nivou. Nadalje, iz perspektive lanaca snabdijevanja, većina RFID aplikacija je realizovana na nivou kontejnera i paleta, a trebalo bi raditi na razvoju standarda za aplikacije na nivou svakog (pojedinačnog) proizvoda. Radi se dakle o procesu u razvoju, u kome se novi standardi predlažu, razvijaju i usvajaju.

5. ZAKLJUČAK

Bez obzira što RFID tehnologija nalazi sve veću primjenu u globalnim lancima snabdijevanja, postoje još uvijek brojne ekonomske i tehničke barijere u njenoj široj implementaciji. Za očekivati je da će u radu razmotreni nedostaci RFID tehnologije sa aspekta njene primjene u multidimenzionalnim, globalnim lancima snabdijevanja biti u skorijoj budućnosti uspješno prevaziđeni. Ono što je realno očekivati, jeste to da će RFID tagovi u sve većem broju biti višefunkcionalni (sa ugrađenim senzorima za pozicioniranje, temperature, brzinu, vibracije, osvjetljenje i dr.) i da će sve češće biti izrađivani uz pomoć novih hibridnih tehnologija. Takođe, za očekivati je da će IT/IS infrastruktura na koju se oslanja ova tehnologija, na odgovarajući način u perspektivi odgovoriti eksponencijalno rastućim zahtjevima u pogledu količine podataka koje treba procesuirati u realnom vremenu.

LITERATURA

- [1] G. Kapoor, W. Zhou, S. Piramithu, "Challenges associated with RFID tag implementations in supply chains", *European Journal of Information Systems* 18, pp 526-533, 2009.
- [2] B. Srivastava, "Critical management issues for implementing RFID in supply chain management", *International Journal of Manufacturing Technology* 21 (3/4), pp. 289-307, 2010.
- [3] J-L Chen, et al., "Architecture design and performance evaluation of RFID object tracking system", *Computer Communications* 30, pp. 2070-2086, 2007.
- [4] E. Vatorec-Krmac, "RFID application in supply chain", *Promet-Traffic&Transportation* 18(6), pp. 437-442, 2006.
- [5] V. Todorovic, M. Neag, M. Lazarevic, "On the usage of RFID tags for tracking and monitoring shipping of perishable goods", *Procedia Engineering* 69, pp. 1345-1349, 2014.

FLATNESS I LQR UPRAVLJANJE FURUTA KLATNOM FLATNESS AND LQR CONTROL OF FURUTA PENDULUM

Novica Daković, Milovan Radulović, *Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore*

Sadržaj: U radu su upoređena dva upravljačka algoritma, Flatness i LQR, na primjeru rotacionog inverznog klatna, veoma nelinearnog i nestabilnog dinamičkog sistema. Flatness algoritam je vrlo efektivan za upravljanje nelinearnim sistemima koji imaju za cilj da prate zadatu trajektoriju. LQR predstavlja jednu od optimalnih metoda upravljanja, koja uključujući stanja dinamičkog sistema i upravljačke ulaze, a u skladu sa izabranim kriterijumom, generiše optimalno upravljanje. Oba algoritma su implementirana na realnom sistemu u laboratorijskim uslovima i dobijeni rezultati pokazuju komparativnu prednost Flatness algoritma pri praćenju zadate putanje.

Abstract: This paper presents comparison of two control algorithms, Flatness and LQR, which are used to control rotary inverted pendulum, a highly nonlinear and unstable system. Flatness is very effective for nonlinear systems in trajectory tracking tasks. LQR is one of the optimal control techniques, which takes into account the states of the dynamical system and control input to make optimal control decisions. Both algorithms are implemented on the real system under laboratory conditions and obtained results show a comparative advantage of Flatness algorithm in tracking the reference trajectory.

1. UVOD

Rotaciono inverzno klatno, ili Furuta klatno [1], sastoji se iz pokretnog diska koji rotira u horizontalnoj ravni i klatna koje je pričvršćeno za obod diska i slobodno rotira u vertikalnoj ravni. Furuta klatno je u suštini nestabilan sistem sa veoma izraženom nelinearnom dinamikom. Pripada klasi potpogonjenih („under-actuated“) mehaničkih sistema koje karakteriše manji broj upravljačkih ulaza u odnosu na broj stepeni slobode. Navedeni razlozi čine upravljačke zadatke veoma izazovnim, a sistem inverznog klatna klasičnim reperom za projektovanje, testiranje i upoređivanje različitih klasičnih i savremenih tehnika upravljanja.

U ovom radu prikazan je uporedna analiza dva algoritma za upravljanje klatnom: LQR i Flatness. LQR metoda (linearni kvadratni regulator) je klasična metoda za optimalno upravljanje linearnim sistemima. Zasniva se na minimizaciji odgovarajućeg kriterijuma (minimalne greške, energije itd.).

S druge strane, diferencijalno Flatness upravljanje je vrlo efektivno za nelinearne sisteme [2]. Flatness upravljanje sistemima je razvijano i primjenjeno u mnogim industrijskim procesima sa velikim uspjehom u planiranju i praćenju zadate trajektorije, npr. u termalnim i hemijskim procesima [3][4], električnim pogonima [5], itd. „Flat“ sistem je sistem upravljanja koji je moguće parametrizovati preko flat izlaza i konačnog broja njegovih izvoda. Mogućnost izbora varijable, tj. „flat izlaza“, za posmatrani sistem, omogućava definisanje svih ostalih sistemskih varijabli. Prema tome, moguće je izraziti stanja, ulaze i izlaze sistema u obliku diferencijalnih funkcija „flat izlaza“.

Ekperimentalni rezultati su prikazani za slučaj praćenja referentne trajektorije diska, pri uslovu održavanja klatna u uspravnom (inverznom) položaju.

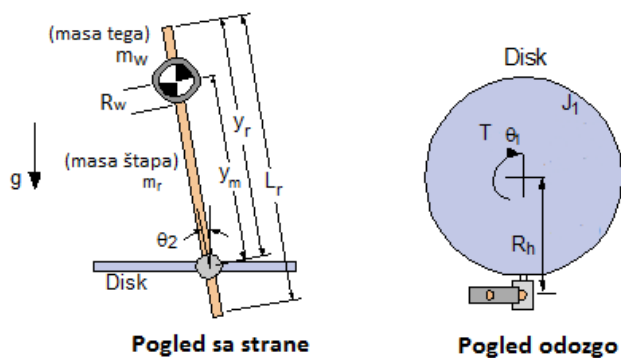
2. MATEMATIČKI MODEL FURUTA KLATNA

Na slici 1. je prikazana skica Furuta klatna, na kojoj su označeni parametri neophodni za opisivanje dinamike sistema diferencijalnim jednačinama. Ugaone pozicije diska i klatna su θ_1 i θ_2 , respektivno. Klatno se sastoji od štapa mase m_r i tega mase m_w . Pomjeranjem tega dužinom štapa mijenja se težište klatna. Ukupna dužina štapa je L_r , dok su odgovarajuće dužine y_m i y_r , rastojanje od spoja na disku do tega i kraja štapa, respektivno. Rastojanje od centra diska do klatna je R_h , dok je J_1 moment inercije diska zajedno sa svim elementima koji se uniformno kreću sa diskom. Koeficijent viskoznog trenja je izražen konstantom c_1 .

Matematički model, relacije (1) i (2), izvodi se primjenom Euler-Lagrange-ovih jednačina kretanja za mehaničke sisteme [6]. Pod pretpostavkom da će se upravljanje vršiti za male pomjeraje diska i klatna, sistem se linearizuje oko radne tačke $\theta_1 = 0$ i $\theta_2 = 0$ i glasi:

$$\ddot{\theta}_1 [\bar{J}_1 + J_y] + \ddot{\theta}_2 m R_h l_{cg} + c_1 \dot{\theta}_1 = T \quad (1)$$

$$\ddot{\theta}_1 m R_h l_{cg} + \ddot{\theta}_2 \bar{J}_z - m g l_{cg} \theta_2 = 0 \quad (2)$$



Slika 1. Šema Furuta klatna

Pri tome je $m = m_r + m_w$, $l_r = y_r - L_r / 2$, $l_w = y_m$, $l_{cg} = (m_r l_r + m_w l_w) / m$, a odgovarajući momenti inercije su:

$$\bar{J}_1 = J_1 + mR_h^2, \quad J_y = \frac{1}{4} m_w R_w^2 \quad \text{i} \quad \bar{J}_z = \frac{1}{12} m_r L_r^2 + \frac{1}{2} m_w R_w^2 + m l_{cg}^2.$$

Takođe, u matematičkom modelu treba uključiti i DC motor, kaišni prenosnik između diska i motora, digitalno-analogni konverter, servo pojačavač i enkodere. Međutim, dinamika ovih komponenti je mnogo brža od mehaničkog sistema klatna, tako da će biti opisana samo sa određenim sistemskim pojačanjem k_s .

Relacije (1) i (2) mogu se prevesti u model u prostoru stanja, potreban za projektovanje LQR-a, koji se može zapisati na sljedeći način:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{Ax} + \mathbf{bT} \quad (3)$$

gdje su:

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \dot{\theta}_1 \\ \theta_2 \\ \dot{\theta}_2 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{A} = \frac{1}{p} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -m^2 l_{cg}^2 R_h g & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & c_1 m R_h l_{cg} & m l_{cg} (\bar{J}_1 + J_y) & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\mathbf{b} = \frac{1}{p} \begin{bmatrix} 0 \\ \bar{J}_z \\ 0 \\ -m R_h l_{cg} \end{bmatrix}, \quad p = \bar{J}_z (\bar{J}_1 + J_y) - (m R_h l_{cg})^2$$

3. FLATNESS UPRAVLJANJE

Matematički model Furuta klatna se sastoji od dvije nezavisne relacije (1) i (2). Pri tome, sistem opisuju tri varijable (θ_1, θ_2, T) . Broj flat izlaza je, po definiciji, određen razlikom varijabli i nezavisnih jednačina, što znači da postoji jedan flat izlaz. Za dati sistem flat izlaz je u obliku linearne kombinacije pozicija θ_1 i θ_2 :

$$y = k_1 \theta_1 + k_2 \theta_2 \quad (5)$$

Ako se usvoji da je $k_1 = R_h l_{cg} / g$ i $k_2 = \bar{J}_z / m g l_{cg}$, tada je iz (2) moguće izraziti θ_2 u obliku:

$$\theta_2 = \ddot{y} \quad (6)$$

a iz (5), relacija za θ_1 je:

$$\theta_1 = -\frac{1}{k_1} (k_2 \theta_2 + y) = -\frac{1}{k_1} (k_2 \ddot{y} + y) \quad (7)$$

dok se moment motora dobija zamjenom (6) i (7) u (1):

$$T = -\frac{\bar{J}_z}{m R_h l_{cg}^2} (\bar{J}_1 + J_y + m R_h l_{cg}) \ddot{y} - \frac{c_1 \bar{J}_z}{m R_h l_{cg}^2} \ddot{y} - \frac{(\bar{J}_1 + J_y) g}{R_h l_{cg}} \ddot{y} - \frac{c_1 g}{R_h l_{cg}} \dot{y} = f(\ddot{y}, \ddot{y}, \dot{y}, \dot{y}) \quad (8)$$

Dakle, sve varijable sistema su izražene preko flat izlaza i konačnog broja njegovih izvoda, što potvrđuju relacije (6), (7) i (8). Sada je moguće projektovati feed-forward upravljanje, tj. potrebno je izabrati referentnu trajektoriju za flat izlaz $y(t) = y_r(t)$, pa će i referentne trajektorije ostalih varijabli θ_1, θ_2, T biti definisane prethodno navedenim relacijama.

Izbor referentne trajektorije za flat izlaz je problem koji se često naziva „planiranje kretanja“. Potrebno je da trajektorija ispunjava početne i krajnje uslove za disk i klatno, tj. neophodno je definisati njihov položaj u početnom ($t=0$) i krajnjem ($t=t_f$) trenutku. Naravno, u tim trenucima se zahtjeva da su ugaone brzine i ubrzanja diska, kao i klatna, jednaki nuli. Ovi uslovi se mogu izraziti kao:

$$\begin{aligned} \theta_1(0) = 0, \quad \theta_1(t_f) = \theta_{1f}, \quad \theta_2(0) = 0, \quad \theta_2(t_f) = 0, \\ \dot{\theta}_1(0) = \dot{\theta}_1(t_f) = 0, \quad \dot{\theta}_2(0) = \dot{\theta}_2(t_f) = 0, \\ \ddot{\theta}_1(0) = \ddot{\theta}_1(t_f) = 0, \quad \ddot{\theta}_2(0) = \ddot{\theta}_2(t_f) = 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Iz (8) se vidi da moment motora sadrži izvod flat izlaza četvrtog reda, pa trajektorija flat izlaza mora biti najmanje četiri puta diferencijabilna. Dodatno, planirana trajektorija mora da zadovoljava uslove (9). Trajektoriju za flat izlaz je najjednostavnije opisati polinomom, a da bi ispunili navedene zahtjeve polinom mora najmanje biti devetog stepena:

$$y_r(t) = \sum_{k=0}^9 c_k t^k \quad (10)$$

odakle se nepoznati koeficijenti (c_0, \dots, c_9) proračunavaju kombinovanjem relacija (5) i (6) sa uslovima (9).

Feed-forward upravljanje je moguće projektovati ako se smatra da se matematički model Furuta klatna podudara sa realnim sistemom, da na sistem ne djeluju smetnje i da se početni uslovi potrebni za proračun upravljanja poklapaju sa stvarnim. To u praksi nikad nije slučaj, a i ovakav sistem je

nestabilan, tako da je za stabilizaciju klatna potrebno projektovati povratnu spregu (feedback).

U ovom radu sistem sa povratnom spregom se projektuje tako što se prvo definiše tzv. greška praćenja referentne trajektorije:

$$e(t) = y(t) - y_r(t) \quad (11)$$

Dinamika ove greške je linearna i za dati sistem se opisuje diferencijalnom jednačinom četvrtog reda:

$$\ddot{e} + k_3\ddot{e} + k_2\dot{e} + k_1e + k_0e = 0 \quad (12)$$

i može se preformulisati na sledeći način:

$$\ddot{y} = \ddot{y}_r - k_3(\ddot{y} - \ddot{y}_r) - k_2(\dot{y} - \dot{y}_r) - k_1(y - y_r) - k_0(y - y_r) \quad (13)$$

Koeficijenti k_0, k_1, k_2, k_3 se biraju tako da ispunjavaju zahtjeve zadovoljavajuće konvergencije prema referentnim trajektorijama. Biraju se tako da polovi greške (12) budu stabilni. Referentne vrijednosti flat izlaza ($\ddot{y}_r, \dot{y}_r, y_r$) na desnoj strani relacije (13) se dobijaju diferenciranjem (10), dok se stvarne vrijednosti flat izlaza (\ddot{y}, \dot{y}, y) dobijaju na osnovu (5) i (6):

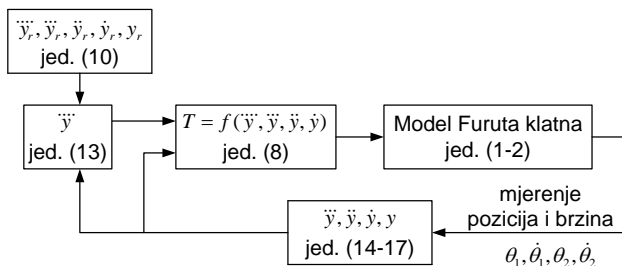
$$y = k_1\theta_1 + k_2\theta_2 \quad (14)$$

$$\dot{y} = k_1\dot{\theta}_1 + k_2\dot{\theta}_2 \quad (15)$$

$$\ddot{y} = \ddot{\theta}_2 \quad (16)$$

$$\ddot{y} = \ddot{\theta}_2 \quad (17)$$

što podrazumijeva mjerenje pozicija i brzina ($\theta_1, \theta_2, \dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2$). Zatim se relacije (14), (15), (16), (17) kao i (13) koriste za proračun pogonskog momenta motora prema relaciji (8). Feedback upravljanje prikazano je na slici 3.



Slika 3. Upravljačka struktura sa povratnom spregom

4. LQR UPRAVLJANJE

Teorija optimalnog upravljanja teži da dinamiku sistema minimizuje prema odabranom kriterijumu. Linearni sistem Furuta klatna se opisuje modelom u prostoru stanja (4). Kriterijumska funkcija (indeks performanse) koju je potrebno minimizovati je:

$$J = \int_0^{\infty} (\mathbf{x}^T \mathbf{Q} \mathbf{x} + \mathbf{u}^T \mathbf{R} \mathbf{u}) dt \quad (18)$$

Na ovaj način se minimizuje greška pozicije diska oko referentnog ulaza zajedno sa upravljačkom varijablom \mathbf{u} (tj. momentom T). Podešavanjem težinskih matrica \mathbf{Q} i \mathbf{R} vršimo kompromis između brzine odziva sistema i uložene energije.

Optimizacijom zadatog kriterijuma postiže se upravljanje sa povratnom spregom po stanjima:

$$\mathbf{u} = -\mathbf{K}\mathbf{x} \quad (19)$$

pri čemu je matrica \mathbf{K} data izrazom:

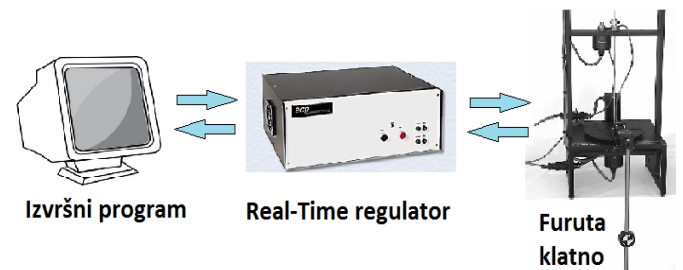
$$\mathbf{K} = \mathbf{R}^{-1} \mathbf{B}^T \mathbf{P} \quad (20)$$

gdje je matrica \mathbf{P} rješenje Rikatijske jednačine:

$$\mathbf{A}^T \mathbf{P} + \mathbf{P} \mathbf{A} - \mathbf{P} \mathbf{B} \mathbf{R}^{-1} \mathbf{B}^T \mathbf{P} + \mathbf{Q} = 0 \quad (21)$$

5. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Laboratorijski model Furuta klatna - ECP A51 [7], sastoji se od tri podsistema (slika 2.): elektromehaničkog (Furuta klatno, DC motor koji pogoni disk i enkoderi koji mjere ugaone pozicije diska i klatna), elektronskog (Real-Time kontrolera) i softverskog (izvršni program). Zadatak upravljanja je formiranje odgovarajućeg zakona upravljanja koji obezbjeđuje stabilizaciju klatna u inverznom položaju.

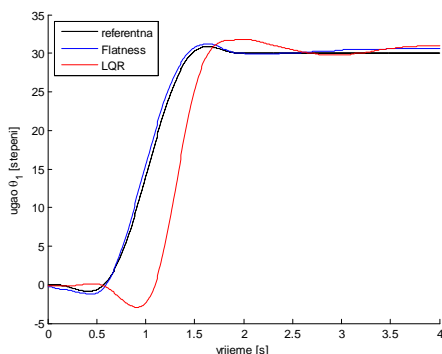


Slika 2. Upravljačka struktura sistema

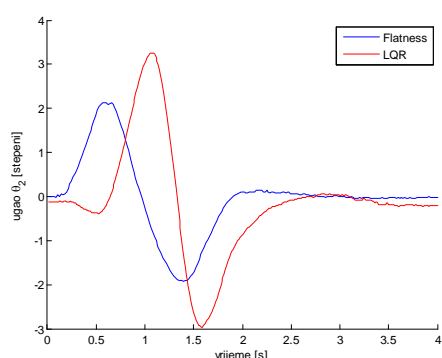
Vrijednosti parametara za laboratorijski model Furuta klatna su dati u tabeli 1.

Tabela 1. Parametri eksperimentalnog modela

Simbol	Vrijednost	Jedinica
m_r	0.069	kg
m_w	0.089	kg
L_r	0.43	m
y_m	0.32	m
y_r	0.42	m
R_h	0.25	m
J_1	0.0166	kgm ²
c_1	0.02	kgm ² /s
k_s	0.53	Nm/rad



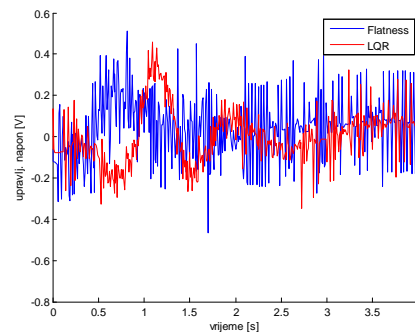
Slika 3. Praćenje zadate trajektorije (isprekidana linija), ugla θ_1 diska, primjenom LQR algoritma (crvena linija) i primjenom Flatness algoritma (plava linija)



Slika 4. Promjena ugla θ_2 klatna pri realizaciji zadatog kretanja primjenom LQR i Flatness upravljačkog algoritma

U oba slučaja, eksperiment je urađen za pomjeraj diska od 30° za 2 sekunde, tako što prati referentnu trajektoriju θ_{ir} . Nakon toga disk treba da stabilizuje klatno dodatne 2 sekunde. Za Flatness upravljane izbor koeficijenata iz (12), odnosno (13), izvršen je tako da se obezbijedi što brža konvergencija greške. U konkretnom primjeru izabrana karakteristika dinamike greške sadrži 4 pola u -12 , pri čemu se dobija $(k_0, k_1, k_2, k_3) = (20736, 6912, 864, 48)$. Za LQR upravljanje izabrane su vrijednosti: $Q=C^T C$, $C=[1 \ 0 \ 0 \ 0]$, tako da je $x^T Q x = \theta_1$, čime se želi postići minimizacija greške pozicije diska oko referentnog položaja. Vrijednost težinskog faktora $R=r$ se bira tako da propusni opseg sistema u zatvorenoj petlji bude što veći, a da frekvencija polova bude manja od ograničenja za ovaj sistem, tj. 3 Hz [7]. Ovo je zadovoljeno za $r=10$. Na osnovu relacija (20) i (21), za izabrano C i R dolazi se do rješenja za $K=[-0.316 \ -0.139 \ -1.211 \ -0.211]$.

Na slikama 3,4 i 5 su prikazani eksperimentalni rezultati za zadati pomjeraj diska. Kod Flatness upravljanja disk skoro idealno prati zadatu trajektoriju, dok LQR značajno odstupa. Takođe, u slučaju LQR, veće su i oscilacije klatna. U slučaju primjene Flatness algoritma varijacije upravljačkog napona izraženije su u odnosu na LQR. Kod LQR algoritma se vrši optimizacija utroška energije, dok je kod Flatness algoritma dominantan zahtjev tačno praćenje trajektorije.



Slika 5. Varijacija upravljačkog napona u na priključcima motora tokom realizacije zadate putanje

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu izvršena je uporedna analiza dva algoritma za upravljanje Furuta klatnom. LQR je klasična metoda za upravljanjem linearnim sistemima i može se primjeniti kod ovakvog tipa „potpogonjenog“ sistema, tj. sistema koji ima veći broj stepeni slobode od broja aktuatora. Međutim, LQR algoritam pokazuje značajne nedostatke prilikom praćenja zadate trajektorije. Flatness upravljanje, kao tehnika za upravljanje nelinearnim sistemima, prevazilazi ove nedostatke kako za nelinearne, tako i za linearne kontrolabilne sisteme. Rezultati eksperimenta potvrđuju karakteristike oba algoritma.

Dalji pravac istraživanja odnosiće se na poređenje Flatness metode sa drugim metodama za nelinearne sisteme, kao i ispitivanja osobina robusnosti, osjetljivosti na promjene parametara i konvergencije greške praćenja.

LITERATURA

- [1] Furuta, K., Yamakita, M. and Kobayashi, S., „Swing-up control of inverted pendulum using pseudo-state feedback“, Journal of Systems and Control Engineering, 206(6), pp. 263-269. 1992
- [2] M. Fliess, J. Lévine, Ph. Martin and P. Rouchon, „On differentially flat nonlinear systems“, IFAC-Synposium, NOLCOS'92 pp. 408-412, Bordeaux, 1992.
- [3] F. Rotella, F. Carrillo and M. Ayadi, „Digital flatness-based robust controller applied to a thermal process“, IEEE international Conference on Control application, pp. 936- 941, Mexico 2001.
- [4] R. Rothfuss, J. Rudolph and M. Zeitz, „Flatness based control of chemical reactor model“, European Control Conference, pp. 637-642, Rome, September 1995.
- [5] A. Chelouah, E. Delaleau, P. Martin and P. Rouchon, „Differential flatness and control of induction motors, symposium on Control, Optimization and Supervision“, Computational engineering in system applications, IMACS Multiconference, pp. 80-85, Lille, 1996.
- [6] B. S. Cazzolato and Z. Prime, „On the Dynamics of the Furuta Pendulum“, Hindawi Publishing Corporation, Journal of Control Science and Engineering Volume 2011, Article ID 528341, 8 pages
- [7] Educational Control Products, „Manual for A-51 Inverted Pendulum Accessory“, 2002

NOVA METODA ZA OPTIMIZACIJU PID REGULATORA ZASNOVANA NA PRINCIPU NESIMETRIČNOG OPTIMUMA

A NOVEL METHOD FOR OPTIMIZATION OF PID REGULATORS BASED NON-SYMMETRICAL OPTIMUM METHOD

Tomislav B. Šekara, *Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu*
 Milovan Radulović, *Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore*

Sadržaj: U ovom radu je data nova metoda za optimizaciju PI/PID regulatora zasnovana na principu nesimetričnog optimuma (NSO). Data metoda omogućava da se ostvari što veći nesimetrični optimum za zadati pretek faze na osnovu koje se dobijaju parametri PI/PID regulatora pod ograničenjima na osjetljivost mjernog šuma. Efikasnost predložene metode je analizirana sa simulacijama na širokoj klasi industrijskih procesa.

Abstract: This paper presents a novel method for optimization of PID regulators based on non-symmetrical optimum method (NSO). The proposed method provides larger non-symmetrical optimum for given phase margin based on which parameters of PID regulator are obtained under constraints on sensitivity on measurement noise. Efficiency of proposed method is analyzed on large class of industrial processes.

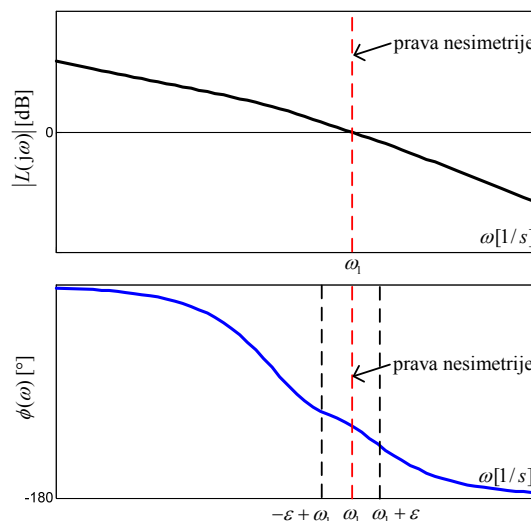
1. UVOD

U ovom radu je data nova metoda za optimizaciju PID regulatora za određene industrijske procese sa i bez transportnog kašnjenja. Predložena metoda projektovanja PID regulatora je zasnovana na principu nesimetričnog optimuma (NSO) [1] za zadate performanse/robusnost sistema u zatvorenoj povratnoj sprezi.

Poznato je da oko 94% povratnih sprega u industriji realizovano preko PI/PID regulatora [2], dok taj procenat u petrohemijskoj industriji iznosi preko 97% [3,4]. Zbog velikog značaja razvijene su efikasne i jednostavne procedure za podešavanje parametara industrijskih regulatora, kao i optimizacione procedure [5-22] projektovanja PI/PID regulatora tako da se minimizira IAE (*Integrated Absolute Error*) pri ograničenjima na robusnost, što zadovoljava kriterijum dat u [23].

Osim navedenih metoda za projektovanje PI/PID regulatora u industriji se često koristi princip simetričnog optimuma SO na određenoj klasi procesa [24-29]. Suprotno ovom principu je princip NSO za projektovanje PI/PID regulatora [1], kod koga je fazna Bodeova karakteristika $\phi(\omega)$ odnosno karakteristika $\phi_{pr}(\omega)=180^\circ+\phi(\omega)$ funkcije povratnog prenosa nesimetrična u odnosu na pravu povučenu u tački presječne učestanosti pojačanja ($\omega_1, 0\text{dB}$) a koja je normalna na frekvencijsku osu Sl.1. Na osnovu ove činjenice može se jednostavno formirati kriterijum nesimetričnosti, tj. da određen broj prvih parnih izvoda fazne karakteristike teže nuli u presječnoj učestanosti pojačanja. Ovo znači da fazna karakteristika funkcije povratnog prenosa u ε okolini presječne učestanosti pojačanja je nesimetrična funkcija. Na osnovu zadatog preteka faze i kriterijuma nesimetričnosti dobijaju se parametri PID regulatora.

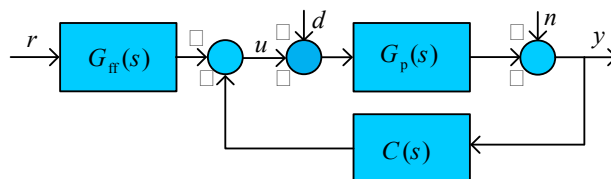
Predložena metoda projektovanja PID regulatora je analizirana sa simulacijama na određenoj klasi industrijskih procesa.



Slika 1. Bodeove karakteristike $L(j\omega)$ za objašnjenje principa NSO

2. NOVA METODA ZA OPTIMIZACIJU PID REGULATORA ZASNOVANA NA PRINCIPU NESIMETRIČNOG OPTIMUMA

Upravljačka struktura sa regulatorom $C(s)$ je prikazana na Sl.1. Za određenu klasu funkcija prenosa industrijskih procesa.



Slika 2. Upravljačka struktura

Funkcija povratnog prenosa $L(s)$ ovakve upravljačke strukture je

$$L(s) = \gamma \frac{k_d s^2 + ks + k_i}{s(T_f s + 1)} G_p(s) = C(s)G_p(s) \quad (1)$$

Ako je statičko pojačanje procesa $G_p(s)$ pozitivno tada je parametar $\gamma=1$, dok je za negativno statičko pojačanje procesa $\gamma=-1$, dok su ostali parametri k , k_i , k_d i T_f proporcionalno pojačanje, integralno pojačanje, diferencijalno pojačanje i vremenska konstanta filtracije PID regulatora dati respektivno. Bez umanjjenja opštosti za izvođenje predložene metode za optimizaciju PID regulatora neka je parametar $\gamma=1$.

Zahtjevi da se obezbijedi željena performansa/robusnost sistema u zatvorenoj sprezi su: pretek faze

$$\phi_{pf}(\omega) = 180^\circ + \arg L(j\omega), \quad |L(j\omega)| = 1, \quad (2)$$

vremenska konstanta filtracije

$$T_f = \frac{|k_d|}{M_n}, \quad (3)$$

gdje je M_n osjetljivost na mjerni šum na visokim frekvencijama definisan

$$M_n = \lim_{\omega \rightarrow \infty} \left| \frac{C(j\omega)}{1 + C(j\omega)G_p(j\omega)} \right| = \frac{|k_d|}{T_f}, \quad (4)$$

i kriterijum nesimetričnosti u idealnom slučaju za funkciju $\phi_{pf}(\omega)$ se može dati u opštem slučaju

$$\mu_n = \left. \frac{\partial^n \phi_{pf}(\omega)}{\partial \omega^n} \right|_{\omega=\omega_1} = 0, \quad n = 2, 4, 6, \dots \quad (5)$$

Pošto funkcija $\phi_{pf}(\omega)$ treba da bude što više nesimetrična (princip NSO) u okolini presječne učestanosti ω_1 u odnosu na pravu povučenu u tački $(\omega_1, 0\text{dB})$ a koja je normalna na frekvencijsku osu Sl.1., prethodni kriterijum (5) se može ublažiti tako da za projektovanje PID regulatora konačno dobijamo optimizacionu proceduru pod ograničenjima

$$\begin{aligned} & \min_{\omega, k, k_i, k_d} \mu_4^2(\omega, k, k_i, k_d), \\ & |L(j\omega)| = 1, \\ & 180^\circ + \arg L(j\omega) = \phi_{pfz}, \\ & \mu_2(\omega, k, k_i, k_d) = 0. \end{aligned} \quad (6)$$

za zadati pretek faze ϕ_{pfz} i osjetljivost na mjerni šum M_n . Uzimajući iskustveno početne vrijednosti $\omega^*, k^*, k_i^*, k_d^*$ u optimizacionu proceduru (6) uz (3) dobijaju se parametri PID regulatora k , k_i , k_d i T_f kao i presječna učestanost pojačanja ω_1 . Na sličan način se može projektovati PI regulator koristeći sledeću optimizacionu proceduru ili PID regulator za određenu klasu procesa sa dominantnim transportnim kašnjenjem

$$\begin{aligned} & \min_{\omega, k, k_i, k_d} \mu_2^2(\omega, k, k_i), \\ & |L(j\omega)| = 1, \\ & 180^\circ + \arg L(j\omega) = \phi_{pfz}. \end{aligned} \quad (7)$$

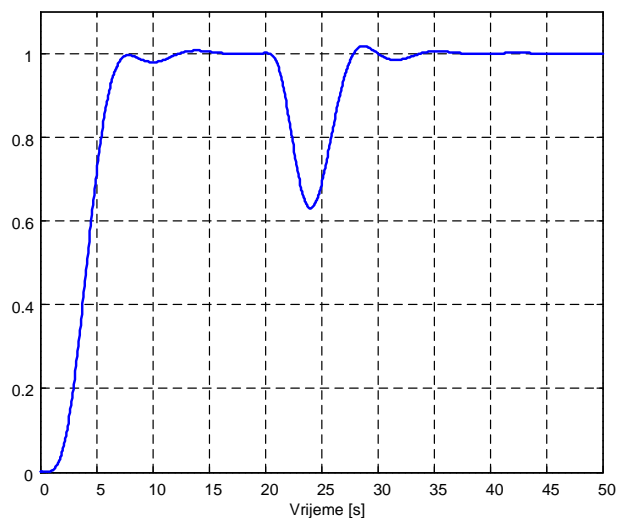
3. SIMULACIONA ANALIZA

Predložena metoda je analizirana na devet procesa koji obuhvataju statičke i astatičke procese sa i bez transportnog kašnjenja. U Tabeli 1 su date vrijednosti izračunatih parametara PID regulatora za svaki proces pod unaprijed specificiranim ograničenjima na performansu/robusnost kao i vrednosti $M_s = \max_{\omega} |1/(1+L(j\omega))|$ i $M_p = \max_{\omega} |L(j\omega)/(1+L(j\omega))|$. Na Sl. 3-11 prikazani su odzivi sistema na odskočnu referencu i poremećaj $d(t)$. Upravljanje je dato u obliku $U(s) = k(bR(s) - Y_f(s)) + k_i(R(s) - Y_f(s))/s - k_d s Y_f(s)$, $Y_f(s) = 1/(T_f s + 1)$, $0 \leq b \leq 1$, da bi se dobili prihvatljivi odzivi sistema i na referentni signal.

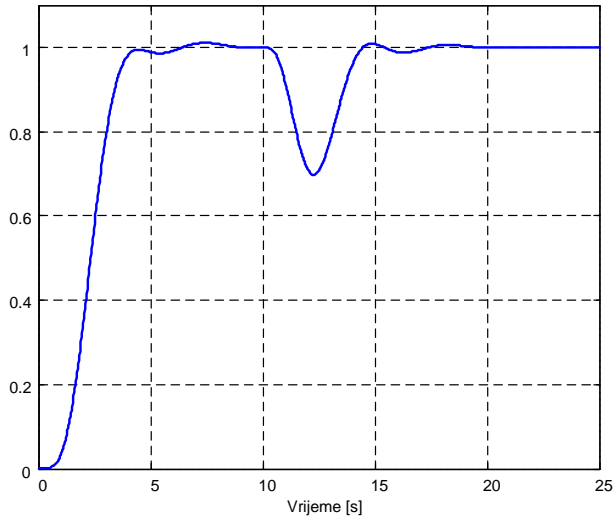
$$\begin{aligned} G_{p1}(s) &= \frac{1}{(s+1)^4}, \quad G_{p2}(s) = \frac{1}{\prod_{k=0}^3 (0.7^k s + 1)}, \quad G_{p3}(s) = \frac{e^{-5s}}{(s+1)^3} \\ G_{p4}(s) &= \frac{1-s}{(s+1)^3}, \quad G_{p5}(s) = \frac{9}{(s+1)(s^2+2s+9)}, \quad G_{p6}(s) = \frac{1}{\cosh \sqrt{2}s}, \\ G_{p7}(s) &= \frac{1}{s(s+1)^3}, \quad G_{p8}(s) = e^{-\sqrt{s}}, \quad G_{p9}(s) = \frac{2e^{-s}}{(10s+1)(5s+1)}. \end{aligned}$$

Tabela 1. Parametri PID regulatora dobijeni predloženom metodom (6) za $G_{pj}(s)$, $j=1,2,\dots,9$, gdje je $T_f = k_d/M_n$.

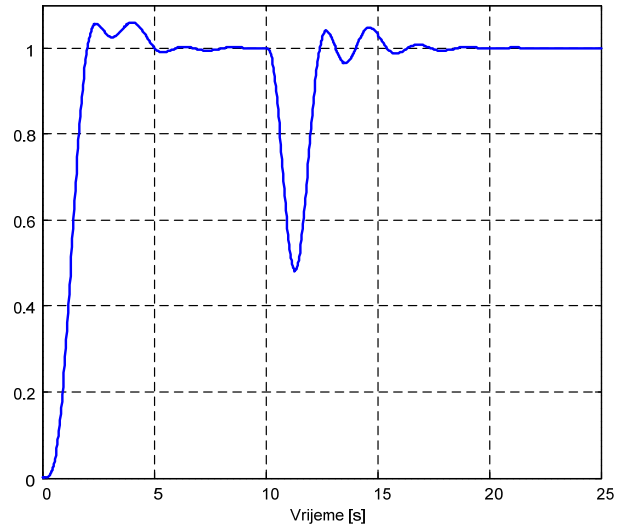
Proces	k	k_i	k_d	ω_1	ϕ_{pfz}	M_n	M_s	M_p
$G_{p1}(s)$	2.1092	0.7194	1.7870	0.6730	45	24	1.97	1.37
$G_{p2}(s)$	2.8007	1.5737	1.5509	1.3097	40	26	2.12	1.54
$G_{p3}(s)$	0.2229	0.0932	0.1386	0.0931	60	11	1.63	1.00
$G_{p4}(s)$	0.8597	0.3545	0.3433	0.3917	50	3	2.14	1.36
$G_{p5}(s)$	1.0800	1.7079	0.2317	1.3536	60	4	1.91	1.07
$G_{p6}(s)$	5.6962	11.100	0.2061	5.9353	30	20	2.56	2.02
$G_{p7}(s)$	0.8296	0.0615	1.2812	0.6529	30	20	2.56	2.04
$G_{p8}(s)$	9.9211	26.376	0.3424	10.438	45	20	1.97	1.35
$G_{p9}(s)$	3.8667	0.2772	12.051	0.4701	45	20	2.00	1.36



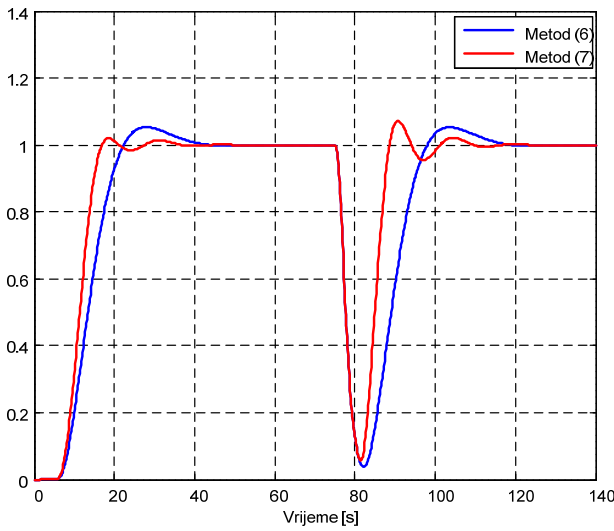
Slika 3. Odskočni odzivi sistema na referencu $r(t)$ i poremećaj $d(t)=1$ (za $t>20s$) za proces $G_{p1}(s)$ i $b=0$.



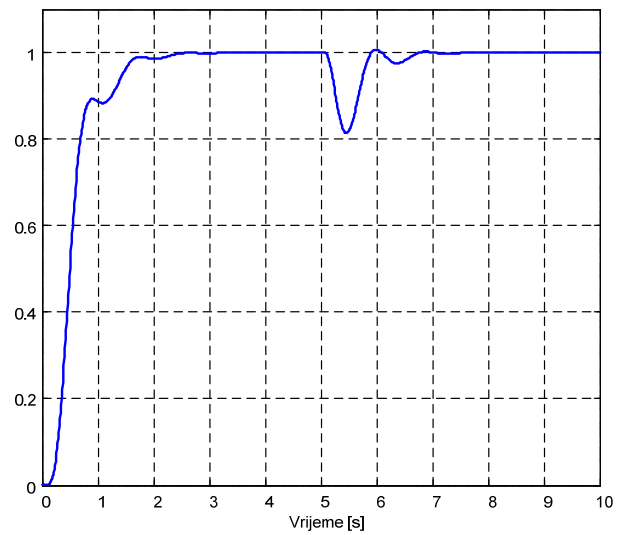
Slika 4. Odskočni odzivi sistema na referencu $r(t)$ i poremećaj $d(t)=1$ (za $t>10s$) za proces $G_{p2}(s)$ i $b=0$.



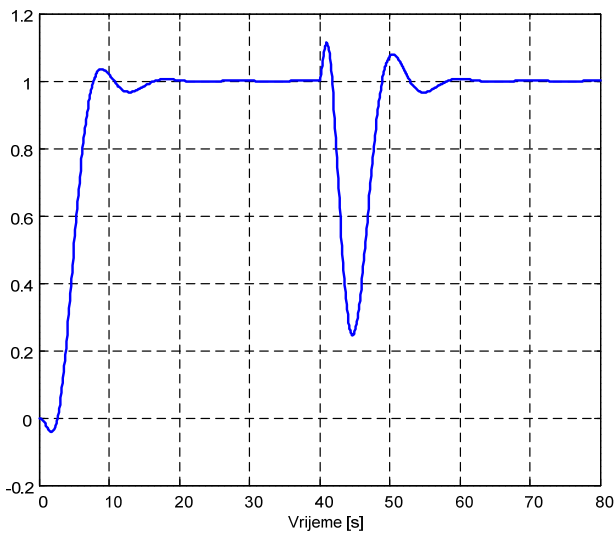
Slika 7. Odskočni odzivi sistema na referencu $r(t)$ i poremećaj $d(t)=1$ (za $t>10s$) za proces $G_{p5}(s)$ i $b=0$.



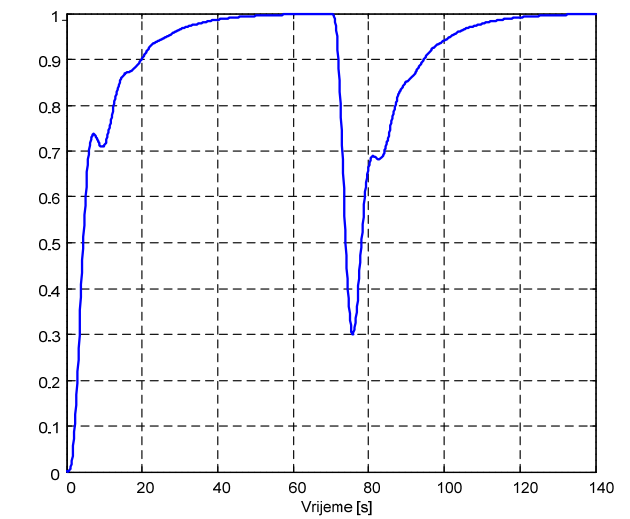
Slika 5. Odskočni odzivi sistema na referencu $r(t)$ i poremećaj $d(t)=1$ (za $t>50s$) za proces $G_{p3}(s)$ i $b=0$.



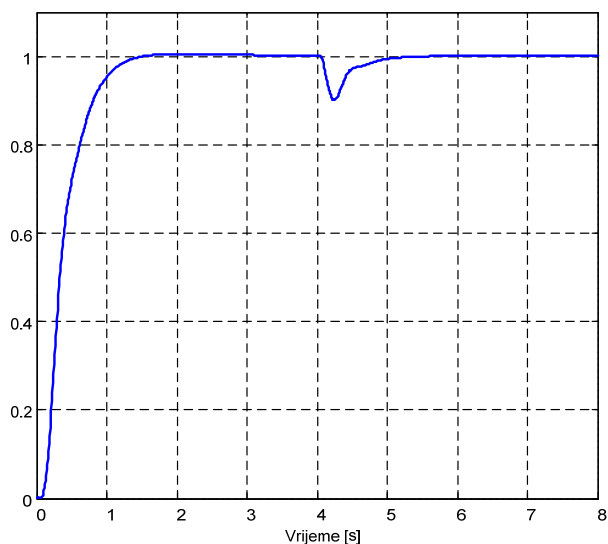
Slika 8. Odskočni odzivi sistema na referencu $r(t)$ i poremećaj $d(t)=1$ (za $t>5s$) za proces $G_{p6}(s)$ i $b=0$.



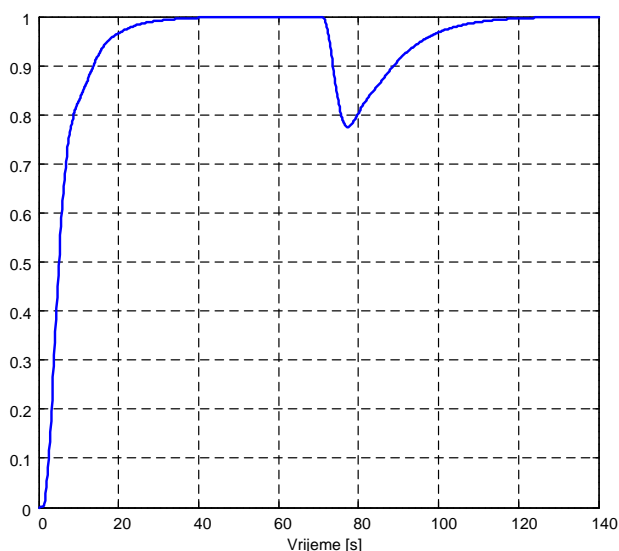
Slika 6. Odskočni odzivi sistema na referencu $r(t)$ i poremećaj $d(t)=1$ (za $t>40s$) za proces $G_{p4}(s)$ i $b=0$.



Slika 9. Odskočni odzivi sistema na referencu $r(t)$ i poremećaj $d(t)=0.5$ (za $t>50s$) za proces $G_{p7}(s)$ i $b=0.4$.



Slika 10. Odskočni odzivi sistema na referencu $r(t)$ i poremećaj $d(t)=1$ (za $t>4s$) za proces $G_{ps}(s)$ i $b=0$.



Slika 11. Odskočni odzivi sistema na referencu $r(t)$ i poremećaj $d(t)=1$ (za $t>70s$) za proces $G_{p9}(s)$ i $b=0.6$

4. ZAKLJUČAK

Predložena metoda optimizacije PID regulatora zasnovana na principu nesimetričnog optimuma (NSO) za široku klasu stabilnih industrijskih procesa sa i bez transportnog kašnjenja se pokazala efikasnom za sve procese osim integralnih i njima bliskih procesa. Predložena metoda projektovanja PID regulatora daje adekvatne performanse i robusnost sistema upravljanja. Zbog toga projektovanje PID regulatora na ovom principu je uporedivo sa ostalim optimizacionim metodama [5-22] na određenoj klasi stabilnih industrijskih procesa.

ZAHVALNICA

Autor Tomislav Šekara zahvaljuje se za podršku Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, projekat TR33020.

LITERATURA

- [1] L. Loron, "Tuning of PID Controllers by the Non-symmetrical Optimum Method", *Aummorica*, Vol. 33, No. 1, pp. 103-107, 1997.
- [2] S. Yamamoto and I. Hashimoto, "Present status and future needs: the view from Japanese industry", In Arkun and Ray, Eds., *Chemical Process Control-CPCIV. Proc. 4th Inter. Conf. on Chemical Process Control*, TX, 1991.
- [3] L. Desborough, R. Miller, "Increasing customer value of industrial control performance monitoring—Honeywell's experience", in: *Sixth International Conference on Chemical Process Control, AIChE Symposium Series Number 326*, Vol. 98, 2002.
- [4] K.J. Åström, T. Hagglund, "Revisiting the Ziegler-Nichols step response method for PID control", *Journal of Process Control*, vol. 14, pp. 635-650, September 2004.
- [5] S. Skogestad, "Simple analytic rules for model reduction and PID controller tuning", *Journal of Process Control*, Vol. 13, pp. 291-309, 2003.
- [6] M. Shamsuzzoha, M. Lee, "IMC-PID controller design for improved disturbance rejection of time-delayed processes", *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 46, no.7, pp. 2077-2091, 2007.
- [7] M.R. Mataušek, T.B. Šekara, "PID controller frequency-domain tuning for stable, integrating and unstable processes, including deadtime", *J. Process Control* vol. 21, pp. 17-27, 2011.
- [8] T.B. Šekara, M.R. Mataušek, "Classification of dynamic processes and PID controller tuning in a parameter plane", *J. Process Control* vol. 21, Issue 4, pp. 620-626, 2011.
- [9] H. Panagopoulos, K.J. Åström and T. Hagglund, "Design of PID controllers based on constrained optimization", *IEE Proceedings-Control Theory and Applications*, vol. 149, pp. 32-40 January 2002.
- [10] A. Wallen, K.J. Åström, and T. Hagglund, "Loop-shaping design of PID controllers with constant T_i/T_d ratio", *Asian Journal of Control*, vol. 4, pp. 403-409, December 2002.
- [11] C. Hwang and C-Y. Hsiao, "Solution of non-convex optimization arising in PI/PID control design", *Automatica* vol. 38, pp. 1895-1904, November 2002.
- [12] B. Kristiansson and B. Lennartson, "Evaluation and simple tuning of PID controllers with high-frequency robustness", *Journal of Process Control*, vol. 16, pp. 91-102, February 2006.
- [13] B. Kristiansson and B. Lennartson, "Robust tuning of PI and PID controllers: using derivative action despite sensor noise" *IEEE Control Systems Magazine*, pp. 55-69, February 2006.
- [14] A.J. Isaksson and S.F. Graebe, "Derivative filter is an integral part of PID design", *IEE Proceedings-Control Theory and Applications*, vol.149 pp. 41-45, January 2002.
- [15] A. Karimi, M. Kunze and R. Longchamp, "Robust controller design by linear programming with application to a double-axis positioning system", *Control*

- Engineering Practice*, vol. 15, pp. 197-208, February 2007.
- [16] T. B. Šekara, M. R. Mataušek, "A simple effective method to obtain a well-tuned PID controller", Proceedings of the 51st, Conference on. ETRAN, AU3.1, 2007 (in Serbian).
- [17] T.B. Šekara, M.R. Mataušek, "Optimal tuning of a PI/PID controller for processes defined by a rational transfer function", INFOTEH Vol. 6, Paper A-2, p. 6-9, Jahorina, March 2007 (in Serbian).
- [18] T.B. Šekara and M.R. Mataušek, "Optimization of PID controller based on maximization of the proportional gain under constraints on robustness and sensitivity to measurement noise", *IEEE Trans. Automatic Control*, vol. 54, no.1, pp.184-189, Jan. 2009.
- [19] T.B. Šekara and M.R. Mataušek, "Revisiting the Ziegler-Nichols process dynamics characterization", *J. Process Control* vol. 20, pp. 360-363, 2010.
- [20] T. B. Šekara, M. R. Mataušek, "A four-parameter optimization of aPID controller", Proceedings of 52. Conf. ETRAN, Vol. 1, Palic, Junne 2008 (in Serbian).
- [21] T.B. Šekara, M.R. Mataušek, "Optimal tuning of a PID controller in frequency domain", INFOTEH, Paper A-6, p. 24-27, Bosnia and Herzegovina, Jahorina, March 2009 (in Serbian).
- [22] T.B. Šekara, M.B. Trifunovic, Optimal tuning of a PID controller having a differential compensator connected in series in frequency domain, Proceedings of INDEL, pp. 258-261, Banja Luka, 4-6 November 2010 (in Serbian).
- [23] F.G. Shinskey, "How good are our controllers in absolute performance and robustness?", *Measurement and Control*, vol. 23, pp. 114-121, May 1990.
- [24] K.J. Åstrom, T. Hagglund, "PID Controllers Theory Design and Tuning, 2nd edition", Instrument Society of America, Research Triangle Park, North Carolina, 1995.
- [25] K.J. Åstrom, T. Hagglund, Advanced PID control, ISA-The instrumentation, Systems, and Automation Society, 2006.
- [26] S. Preitl, Radu-Emil Precup, "An extension of tuning relations after symmetrical optimum method for PI and PID controllers", *Automatica*, vol. 35, pp. 1731-1736, 1999.
- [27] J. W. Umland, M. Safiuddin, "Magnitude and Symmetric Optimum Criterion for the Design of Linear Control Systems: What Is It and How Does It Compare with the Others?", *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 26, No. 3, pp. 489-497, 1990.
- [28] K. G. Papadopoulosa, N. I. Margaritis, "Extending the Symmetrical Optimum criterion to the design of PID type-p control loops", *Journal of Process Control*, vol. 22, pp. 11– 25, 2012.
- [29] V. Nicolau, "On PID Controller Design by Combining Pole Placement Technique with Symmetrical Optimum Criterion", *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2013, pp. 1-8, 2013.

PRIMENA SIMULINKA U SIMULACIJI ELEKTRIČNIH MAŠINA APPLICATION OF SIMULINK IN SIMULATION OF ELECTRICAL MACHINES

Vasilija Šarac, *Elektrotehnički fakultet, Univerzitet "Goce Delčev", Štip, Makedonija*

Sadržaj: *Simulacija je opšto prihvaćeni metod u analizi dinamičkih procesa kod električnih mašina. Tokom godina pokazala se kao svojevrsna zamena za laboratorijska ispitivanja, osobeno ako je u pitanju skupa oprema koja nije uvek dostupna. Rad prikazuje primenu Simulinka u simulaciji rada asinhronog kaveznog motora sa invertorom i puštanje u rad jednosmernog motora pomoću stepenastih otpornika. Dobiveni rezultati pružaju korisne informacije o svim relevantnim parametrima motora kao: struje u namotima, brzina i moment motora koji se prikazuju kao dinamičke krive. Rad daje analizu uticaja invertora na radne karakteristike asinhronog kaveznog motora kao i uticaj otporničkog upuštaca na kretanje u rad jednosmernog motora.*

Abstract: *Simulation is well-known method for analyzing dynamic processes at electrical machines. During recent years it has proven itself as good enough replacement for laboratory tests, especially when expensive equipment is required, which is not always available. Paper describes application of Simulink for demonstrating operation of three phase squirrel cage motor with voltage inverter as well as for putting into operation of DC motor with multi-stage resistance starter. Obtained results give useful information about all relevant motor parameters such as: winding current, speed and electromagnetic torque plotted as dynamic characteristics. Paper gives analysis of influence of the inverter on operational characteristic of asynchronous squirrel cage motor as well as influence of multi-stage resistance starter on operation of DC motor.*

1. INTRODUCTION

Simulation methods have proven themselves as valuable tools for analysis of electrical machines especially when test equipment is expensive or unavailable. Paper describes simulation models in Simulink of squirrel cage motor fed by inverter and DC motor when start-up is performed by multistage resistor starter. Both simulation models give a useful insight in transient dynamic processes during both motors start-up: induction squirrel cage motor and DC motor. In first example squirrel cage motor is fed by variable frequency variable voltage inverter which utilizes pulse width modulation method (PWM inverter) for generating the output frequency and voltage. The electrical scheme of the inverter is presented in Fig.1.

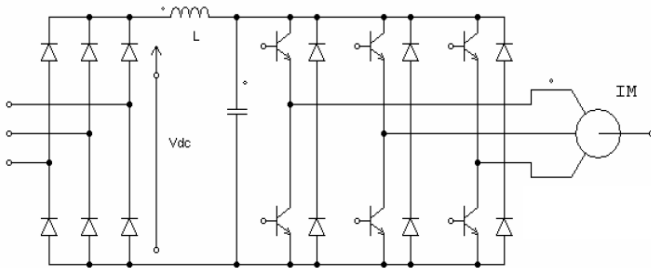


Fig.1 Electrical circuit of PWM inverter

An output line voltage from PWM inverter (U_{AB}) is presented in Fig.2 and it is consisted of series of rectangle impulses with different duration.

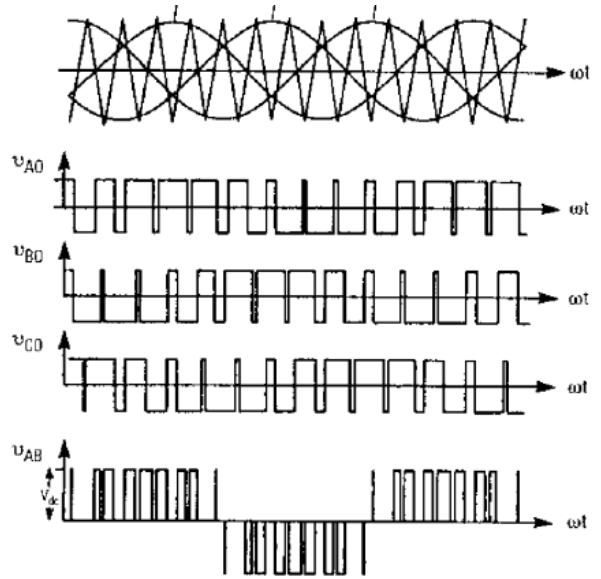


Fig.2 Output phase and line voltages from PWM inverter

Using harmonic analysis line voltage waveform (U_{AB}) in Fig 2 can be written as:

$$u_{AB}(t) = M \frac{U_{dc}}{2} \sin(2\pi f_m t) \quad (1)$$

f_m is the frequency of modulating signal, M is the index of modulation $M = U_m / U_c$.

U_m is the amplitude of modulating signal (sinusoidal) and U_c is the amplitude of carrier signal. By changing the

frequency and amplitude of modulating signal the amplitude of the output voltage from the inverter is changed as well as the frequency. Change of the output frequency from the inverter consequently changes the motor speed. In evaluated example in Simulink induction squirrel cage motor is fed by voltage inverter instead from power network. Transient performance characteristics of stator and rotor currents, electromagnetic torque and speed are obtained and analyzed.

Starting of DC motor is different from all other types of electrical motors. The difference is credited to the fact that a DC motor unlike other types of motors has a very high starting current that has the potential of damaging the internal circuit of the rotor winding (armature) if not restricted to some limited value. This limitation to the starting current of the DC motor is brought by means of the starter, or rather a device containing a variable resistance connected in series to the rotor winding so as to limit the starting current of DC motor to a desired optimum value taking into consideration the safety aspects of the motor.

The basic operational equation of a DC motor is [1]:

$$U_s = E + I_a R_a \quad (2)$$

Where E is the back electromagnetic force (emf), U_s is the supply voltage and I_a and R_a are current and resistance of the armature winding. Following equation is valid for emf:

$$E = k_e \cdot \Phi \cdot n \quad (3)$$

Where k_e is the constant based on motor constructive parameters, Φ is the magnetic flux and n is the rotor speed. From (3) it is evident that when motor speed is low or zero, also emf is very low or zero which makes the motor starting current to be:

$$I_{astart} = \frac{U_s}{R_a} \quad (4)$$

Having in mind that armature resistance usually has very low values, order of 0,5 Ω and the bare minimum of supply voltage is 220 V, the starting current is reaching high values of 440 A. This high starting current has the potential of damaging the rotor circuit and it produces high starting torque which has the potential of producing huge centrifugal force capable of flying off the rotor winding from the slots. To prevent such incidence from occurring several starting methods of DC motor has been adopted. The main principal of this, being the addition of external electrical resistance R_{ext} to the armature winding, so as to increase the effective resistance $R_a + R_{ext}$, thus limiting the armature current to the rated value. The new value of starting armature current is desirably low and it is given by:

$$I_{astart1} = \frac{U_s}{R_a + R_{ext}} \quad (5)$$

Now as the motors continues to run and gather speed, the back emf successfully develops and increases, countering the supply voltage and resulting in the decrease of the net working voltage. This now,

$$I_{astart2} = \frac{U_s - E}{R_a + R_{ext}} \quad (6)$$

At this moment to maintain the armature current to its rated value, R_{ext} is progressively decreased until it reaches the value zero, when the back emf has the maximal value. In described example in Simulink it is used three step starter to accelerate the DC motor.

2. MODEL OF AC MOTOR IN SIMULINK

The simulation model of AC squirrel cage motor with rated power $P_n=2.2$ kW, rated speed $n_n=1500$ rpm is supplied by PWM inverter with voltage of 220 V and 50 Hz is developed in Simulink. The simulation circuit is presented in Fig. 3.

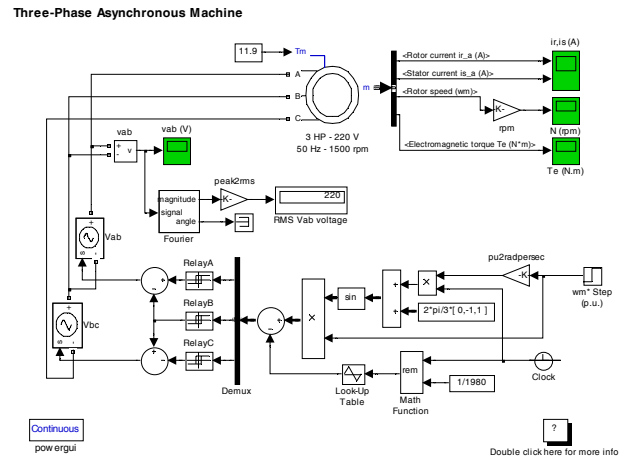


Fig. 3 Simulation model of AC motor fed by inverter

Motor block simulation is based on machine d-q reference theory [2-3]. Motor block has four input connection. Three of them are designated as A,B and C and they are aimed for connection of external line voltages from the inverter to the motor (380 V), while the fourth one is aimed for connection of external load which in this case has a value of 11.9 Nm (Fig.4). This value of external load torque indicates that one of the outputs of the motor which is the electromagnetic torque must be higher than connected load in order motor to be able to accelerate the load and operates under steady-state operating conditions.

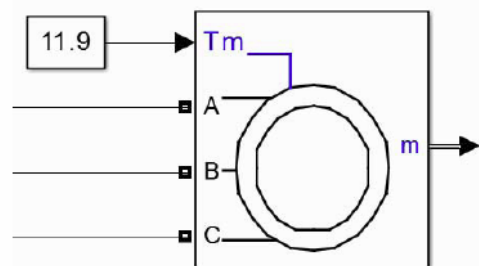


Fig. 4 AC induction motor simulation block.

By double-clicking on motor block a dialog window opens and all important parameters for motor model can be input such us: type of the motor, mechanical load, type of the rotor, reference frame in which the motor d-q transformation is performed and all input parameters such as stator and rotor resistance and reactances, number of pair of poles, inertia, friction factor etc. After the simulation is run and successfully finished by double-clicking on the Scope block

(marked in green in Fig.3) output simulation results are obtained and in this case they are: line voltage supply of the motor-U, stator and rotor current- I_s and I_r respectively, motor speed and electromagnetic torque. Obtained results are presented in Figs. 5÷8 respectively.

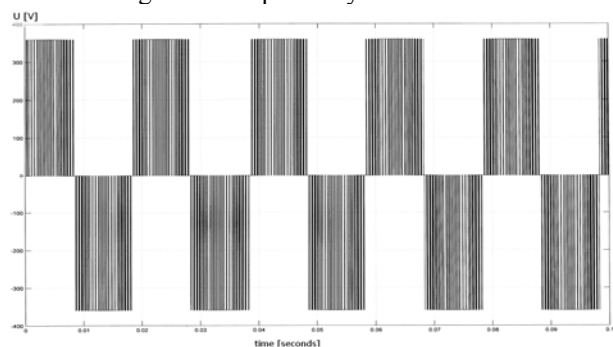


Fig. 5. Output voltage from PWM inverter

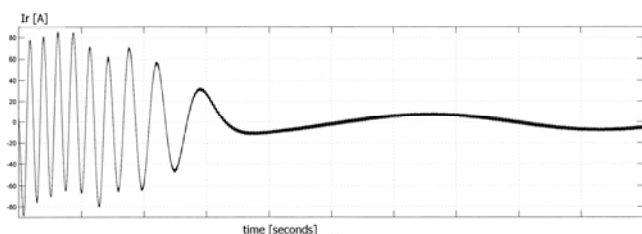


Fig. 6. Rotor current

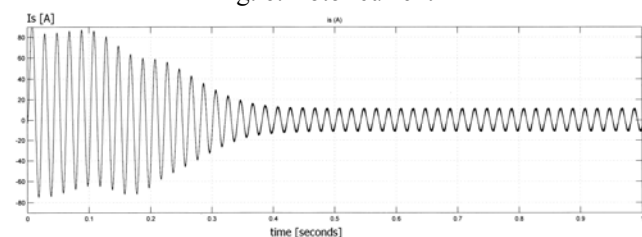


Fig. 7 Stator current

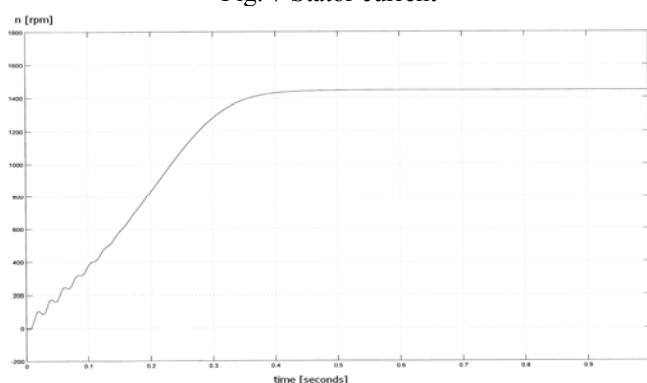


Fig. 8 Motor speed

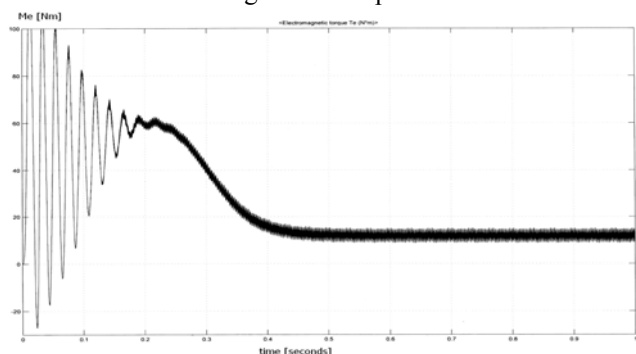


Fig. 9 Motor torque

Output voltage from PWM inverter is obtained by the aid of sinusoidal reference wave with frequency 50 Hz and the triangle carrier wave with frequency of 1980 Hz. As a result of these two waves which generate the mode of operation of power switches in the inverter the series of rectangle impulses on the output of the inverter are generated.

Rotor and stator currents are reaching steady-state values after the motor acceleration is finished. As expected, during motor start-up they are values are higher since AC induction motor usually have five to seven times bigger starting currents than the rated ones. Motor accelerates for 0.4 seconds approximately when it reaches the steady-state value of the speed of 1420 rpm. After the acceleration of the motor has finished the electromagnetic torque reaches the steady-state value of acc. 17Nm, still larger than the external shaft torque in order motor to be able to accelerate.

3. MODEL OF DC MOTOR IN SIMULINK

Complete model of DC motor start-up with the aid of three-step starter is presented in Fig. 10. Dc motor has the following rated data: rated power $P_n=3.7$ kW, supplied by DC voltage source of 240 V and rated speed of 1220 rpm.

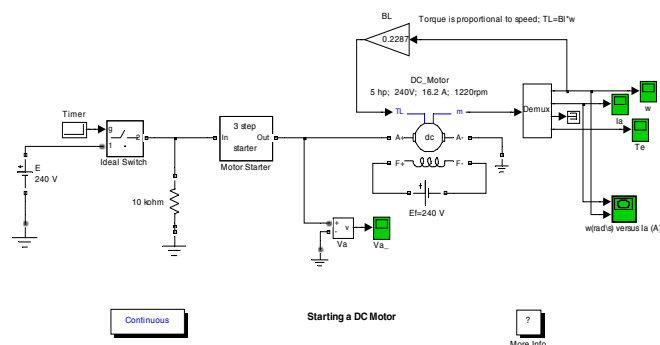


Fig. 10 Simulink model of DC motor start-up

Block of DC motor has six external connections (Fig. 11). Terminations of armature winding are designated as A+ and A-, while of the excitation winding as F+ and F-. Terminations of the excitation winding are connected to constant voltage of 240 V. On the terminations of the armature winding is connected controlled DC voltage V_a , with which the motor is started. On the TL connection is connected external torque. On m connection are connected output signals from the motor through demultiplexer and they are further connected on oscilloscopes in order to be displayed.

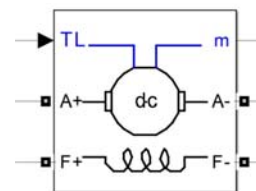


Fig. 11 Simulink model of DC motor

As a first step in motor starting the voltage is generated for armature winding by switching on the ideal switch by generating the signal with value 1, by the aid of the timer

which is triggering in 0.5 s (Fig.12). So after 0.5 s , DC voltage of 240 V is connected via Ideal Switch and 10 kΩ resistance to the armature winding.

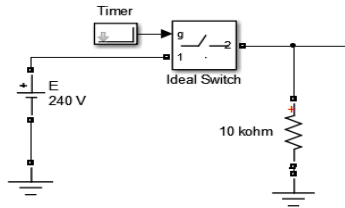


Fig. 12. Generation of input voltage to armature winding

After 2.8 seconds the first resistor in three-step starter is shortcircuited so the voltage of the armature winding rises and as well the armature current from 17 A to 35 A . In the next two seconds armature current drops off from 35 A to 16 A until the second resistor of the starter is short circuited. The short circuiting of the second resistor at 4.8 seconds rises the armature current from 16 A to 32 A. In the same time motor speed rises up to 75 rpm when first resistor is short circuited and to 110 rpm when second resistor is short circuited. This procedure is repeated until the armature current reaches the final value of 16 A, motor speed of 125 rpm and torque, which follows the shape of the armature current, reaches the final value of 30 Nm.

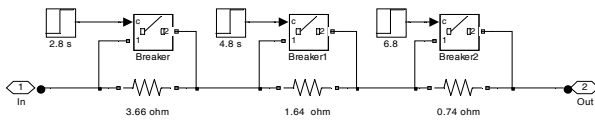


Fig. 13. Three-step starter of the motor

The output results from simulation of armature current- I_a , speed- n , torque- T_e and armature voltage- V_a , are presented in Figs. 14,15,16 and 17.

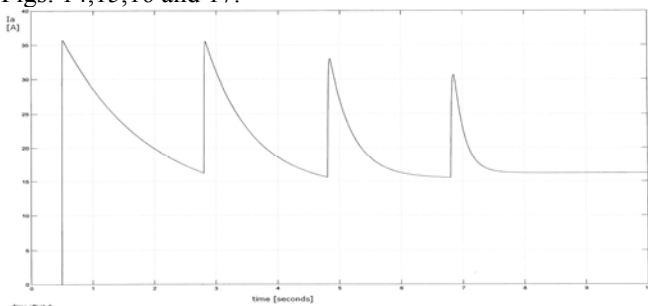


Fig. 14 Armature current during start-up

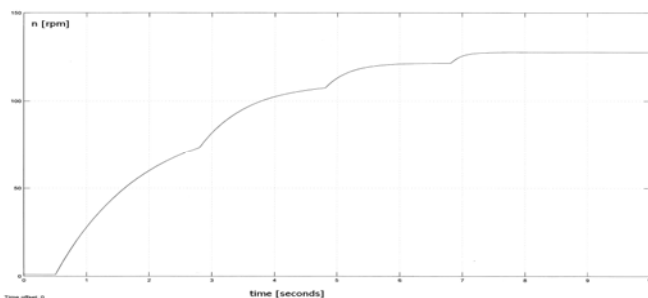


Fig. 15 Motor speed during start-up

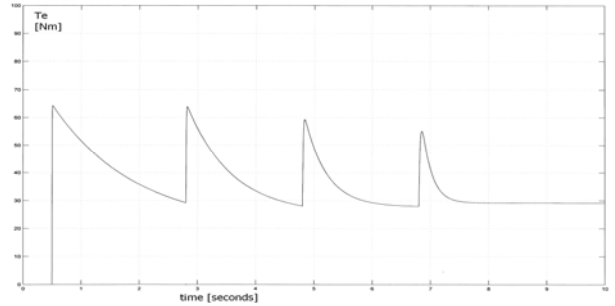


Fig. 16. Electromagnetic torque during start-up

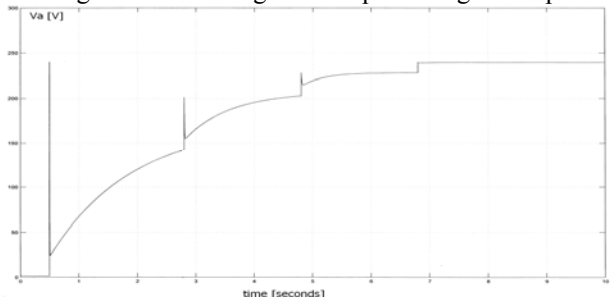


Fig. 17. Armature voltage during start-up

4. CONCLUSION

Simulation models are often used for electrical machinery analysis in order transient performance characteristics of different types of motors to be analyzed. Paper illustrates two examples of usage of Matlab/Simulink: induction squirrel cage motor fed by voltage inverter and DC motor which is started by the aid of three-step starter. In induction motor model as output results are obtained motor speed current, and torque during motor acceleration and start-up. Presence of the inverter introduces noise in motor transient characteristics. After motor acceleration is finished, values of the starting current and torque are reaching steady-state values. Simulation model of the DC motor has proved that three-step starter simulated as three resistors connected in series which are consequently short-circuited contributes towards decreasing of armature current during motor start-up and consequently the electromagnetic torque is gradually increased which is important from operational point of view. High starting armature current and torque which are always present at low speed at DC motor start-up are always potential danger for motor operation safety and they must be decreased by the means of starters. Simulations techniques are valuable replacement of experiments in machine analysis and they are often used as a tool for analyzing and observing different machine operational regimes.

REFERENCES

[1] L.M.Piotrovskij, Električki strojevi, Tehnička knjiga, Zagreb, 1974
 [2] Chee-Mung Ong, “Dynamic Simulation of Electric Machinery using Matlab/Simulink”, Prentice Hall PTR, 1998
 [3] “The MATLAB compiler users’s guide” Mathworks Handbook, Mathworks, 2005.

IMPLEMENTACIJA SCADA SISTEMA U HIDROELEKTRANI “KOZJAK” IMPLEMENTATION OF SCADA SYSTEM IN HPP “KOZJAK”

Vasilija Šarac, *Elektrotehnički fakultet, Univerzitet “Goce Delčev”, Štip, Makedonija*

Sadržaj: Hidroelektrana Kozjak je akumulaciona hidroelektrana sa ukupnim instaliranim kapacitetom od 80 MW puštena u rad 2004 godine. Suvremeni SCADA system je implementiran za sakupljanje i superviziju podatka iz agregata, brane i 110 kV rasklopnog polja. Redundantna opticka mreza je instalirana za prenos podataka prema operatorskoj konzoli kao i prema komunikaciskim kompjuterom koj je povezan sa IEC870-5- 101 protokolom sa nadrđenim dispečerskim centrom u Skopju. Rad prikazuje hardversko i softversko rešenje SCADA sistema zajedno sa mogucnostima korisničkog interfejsa.

Abstract: Hydropower plant Kozjak is accumulation type of hydro plant with total installed capacity of 80 MW , put into operation in 2004. Conterporary SCADA system is implemented for data acqzition and supervision from generator excitation system , dam inlet , 110 kW switchgear. Redundant optical network is installed for data transmission to operator console as well as to communication computer which is connected to supervising dispatching center in Skopje via IEC870-5-101 protocol. Paper describes hardware and software solution of SCADA system as well as features of human-machine interface.

1. INTRODUCTION

Hydropower plant (HPP) Kozjak in the vicinity of city Skopje is put into operation in 2004. Power pant has two aggregates each with installed capacity of 40 MW. Output from generators is step up to 110 kV and connected through 110 kV busbar in transmission system of R. Macedonia (Fig.1).

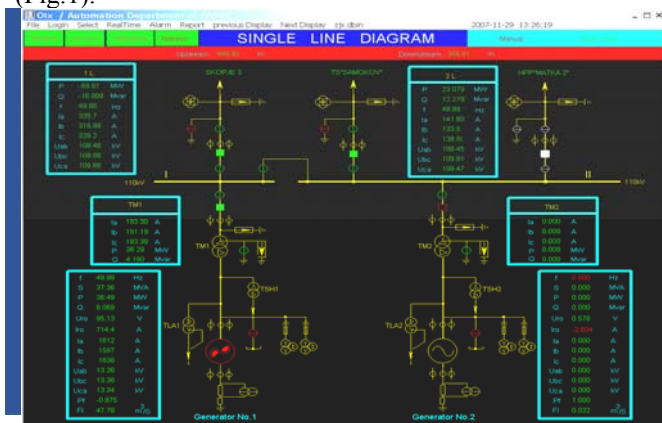


Fig.1 Single line diagram of hydro power plant

Complete SCADA system is product of company China Water Resources & Hydropower Research Institute. Main functions of the installed SCADA are:

- acquisition and data evaluation,
- data recording and analyses ,
- operation supervision and alarm evaluation,
- sequence control of aggregate (automatic start, stop parallel synchronization, change of operating regime)
- supervision and control of auxiliary equipment of power plant,
- automatic control of generation of active power

- automatic control of voltage
- human-machine interface (HMI)
- communication to National Dispatching Center (NDC)
- self-diagnostic

SCADA system H9000 implemented in HPP Kozjak is divided into two levels: plant control level (PCL) and local control level (LCL). LCL is consisted of distributed local control units (LCU) which satisfy required control requirements. Installed SCADA also enables display of mechanical and hydraulic system (Fig.2).

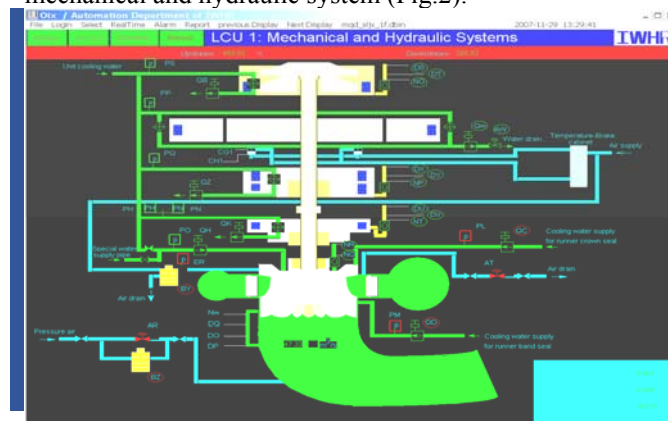


Fig.2 Display of mechanical and hydraulic system

2. HARDWARE CONFIGURATION

LCUs is consisted of industrial personal computer (IPC), industrial programmable logic controller with high performance (PLC), control panel, device for automatic synchronization, display of generator speed and communication port. Each aggregate has its own LCU-LCU1 and LCU2. Besides these two LCUs there is a common LCU-LCU3, LCU for 110 kV switchgear-LCU 3A, dam gate

LCU-LCU3B. They are connected via redundant optical network through CISCO Ethernet Switch to operators computers-Main computer A and Main computer B. speed of data transmission is 100 Mbps. Communication computer serves as gateway for communication with supervising dispatching center-NDC. Computers are equipped with UPS and GPS synchronization system. Configuration of SCADA system in HPP Kozjak is presented in Fig. 3 [1].

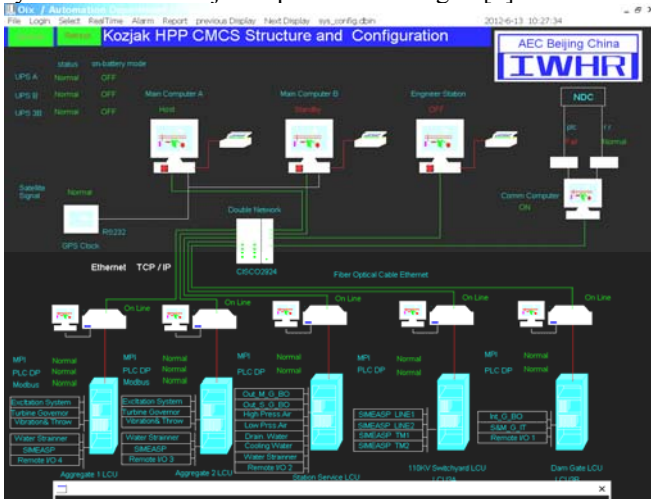


Fig. 3 SCADA configuration in HPP Kozjak

Main functions of LCU are: acquisition of electrical and non-electrical analog data from generator, turbine, block-transformer, overhead lines and other auxiliary equipment. Collected data are compared with limit values and afterwards they are displayed on IPC and are sent to upper control level or plant control level. All signals and alarms are monitored in real time as well as violations of set limits. LCU receives commands from central command room of plant control level and performs control of device for automatic synchronization of aggregate, control of circuit breaker, control of busbar disconnector and control of all auxiliary equipment. Cubicle of LCU has command button for local control of all process devices as well as command buttons for emergency stop and reset of errors. All LCUs are transmitting process data from aggregates, high voltage switchgear, auxiliary systems of power plant to the operator console. In opposite direction LCUs are receiving commands from plant control level and they are transmitting them to the process. Important function of LCUs is self-diagnostic of their hardware in real time: 24 V DC power supply, operational state of PLC, state of central processor unit –CPU, input/output modules –I/O, status of batteries of CPU. Continuous monitoring of functionality of serial communication interfaces PROFIBUS and MODBUS to and from process equipment as well as analog measurements from process is part of LCU’s self diagnostic. Monitoring of analog measurements comprises detection of faults like analog input short circuited, internal error of analog measuring channel, error in connection and open circuit. After detection of error adequate alarm is issued. Communication between HPP Kozjak and NDC is via IEC870-5-101 protocol. NDC is continuously monitoring the operational state of HPP Kozjak and it can control the operational regime by sending the remote commands to HPP Kozjak. HPP Kozjak sends to NDC all signals (alarms, status and analog measurements) which are sent in monitoring

direction to NDC and NDC in opposite command direction sends list of commands and analog set points. All these data determines the control mode of HPP Kozjak. One device in HPP can be controlled only from one place: from NDC or from local operator. The choice of place of controlling is made via software solution.

HPP Kozjak has two operating stations: main computer A and main computer B. In certain moment of time only one station is main station and it is designated as “host” while other is “stand by”. When operator station is in status “host” this means that this station is responsible for supervision and control of complete SCADA system. In status “stand by” operation station is performing only supervision without any possibility for control. Change of status host/stand by is done with operator command (Fig. 4).

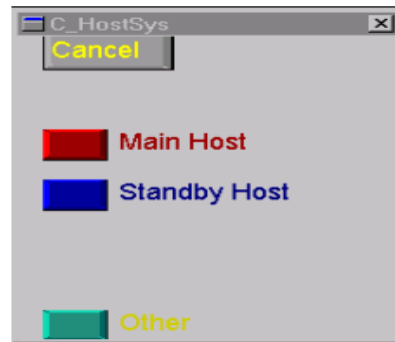


Fig.4 Menu for operation station status

3. SOFTWARE FOR HMI

Software OIX is human-machine interface (HMI) used for supervision and control of operation process. OIX software enables process supervision at HPP in real time, setting the parameters of operation and setting the control commands. Objects and elements from plant operational process are displayed as dynamic objects with parameters and status in real time. Static displays are grouped with dynamic alterations in different colors, constant or blinking, enabling statute of real process device to be displayed. Choice and creation of display objects and their connection with dynamic data links is done with software tool Interactive Picture Editor –IPM [2]. OIX recognizes this type of displays, reads out the data from process and devices in real time and afterwards dynamic data links are displayed with adequate dynamic display objects. In order certain operation to be conducted on the device presented with display object, first it is necessary to have a mouse click on the object. Consequently control menu appears and desired operation can be chosen. Each process device can be supervised and controlled from several displays objects distributed in different displays. OIX program refreshes the dynamic content of different displays at every 1 to 2 seconds for main supervision and control displays. After display refresh, it displays the dynamic state of devices captured in the moment of display refresh and based on real-time information from data base. Multi windows principle enables each level of operation process to be reflected and provides complete information for operators. OIX starts and controls following displays:

- Display for supervision and control (all processes of hydro plant are displayed and here operator performs all commands and process operations).
 - Display of ten most recent alarms and commands
 - Display of data base (displays of records in database , their parameters and state in real time).
 - Display of list of alarms and events (all alarms and events preset and archived can be listed or filtered).
 - Fail Event Recall Setup subwindow (it is used for definition, setting and display of file for data recall regarding certain event of process error, in real time).
 - Fail Event Recall History File (display of archived event of process error).
 - Trend Analysis Setup (it is used for defining, setting, display and recording of analog information points as curves).
 - Trend Analyses History File (it displays the archived data as curves, saved in trend file).
- OIX display is presented in Fig. 5 while contain of each pop-up menu is presented in Fig. 6.

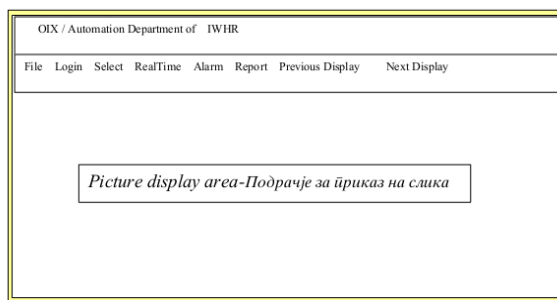


Fig.5. OIX display for control and supervision

Login	File	Report
Login Logout Change Password Display Login Info	Open File General Index Single Line Diagram Display Index Report Index Print Print setup Clear Print Document Delete Exit	Current Day Current Month History Report
Alarm	Select	Previous Display
Alarm & Event List Ack Most Recent 10 Alarms Tag Manager Page Alarm Acknowledge	Reset Zoom Soft Copy Background Color Redisplay	Next Display

Fig.6. Pop-up windows from OIX display

All displays can be divided into two groups: system displays and operating displays. System displays are started from their links in General System Index. Operative displays are started from their links in Operating system Index. OIX program has adopted object oriented control mode coordinated with appropriate menus and mouse actions. Objects in display interface are divided in two groups: controlled and uncontrolled objects. There are three types of control actions in OIX:

- Call of displays
- Pop up control menus
- Start up of the program

Different functions are performed via control menus. All dynamic objects in displays are associated with control menu,

which has buttons with messages as well as control buttons. Control menus are created in Interactive Picture Editor –IPM. In general before each step in control action before command execution there is a Cancel button enabling exit from command procedure in order mistake to be prevented. Typical control menus are: Breaker Control Menu, Switch Control Menu, Unit Control Menu, Active Power Adjust Control Menu, Reactive Power Adjust Control Menu, Digital Data Control Menu, Analog Control Menu, LCU Control Menu, Data Input Menu, Operation Modes Switch Menu, Redundant Station Switch-Over Menu. In Fig. 7 and 8 are presented typical control menus.

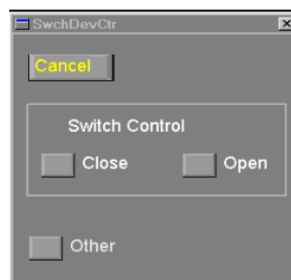


Fig. 7. Control menu of disconnector



Fig.8 Control menu for digital data







Operative display index comprises displays with electrical diagrams , display of aggregates (start/stop sequence and operational status of aggregate), mechanical and hydraulic systems and other important operational values. In OIX displays all devices and parameters are presented through dynamical points . Each group of dynamical points has characteristic colors and blinking which presents different statuses of devices and process analog parameters. In Table 1 is presented generator and its status. Status of 110 kV switching devices in SCADA systems is presented as digital inputs. Status of digital input can be controlled manually and in that case functions “scan” and “alarm” and not enabled. If dynamic point of digital input should be connected with real-time process function “scan” and “alarm” should be enabled. When dynamic point is refreshed with value from real-time process , status is changed from “manual” into “normal”. In Table 2 is presented SCADA representation of circuit breaker and disconnector.

Table 1. Colors of symbol for status of generator

Status of generator	Color
---------------------	-------

Stand still	Yellow
Stand by	Green
No-load	Purple
Generating	Red
Maintenance	White
Compensation	Blue

Table 2 Display of digital input data

Digital data	Symbol	Status	Color of symbol
Circuit breaker		Closed	Green
		Opened	Red
		Transit	Yellow
Disconnecto r		Closed	Green
		Opened	Red
		Transit	Yellow

Status of LCU and its connection with station control level is monitored via OIX software (Fig.8). When LCU is connected to SCADA its status is “online” and it receives messages from “host” operating station for synchronizing its local time. Each signal from process has time tag and it is sent in real time to data base which is refreshed with real-time data. Operator via software can completely supervise and control the processes associated with certain LCU. When LCU is not connected with OIX i.e. it is “offline” communication between LCU and database is interrupted , LCU does not receive any information and it sends no information to data base. Operation process is still controlled by PLC of LCU but operator and database has no insight in it. This situation is retained until command “online” is issued.

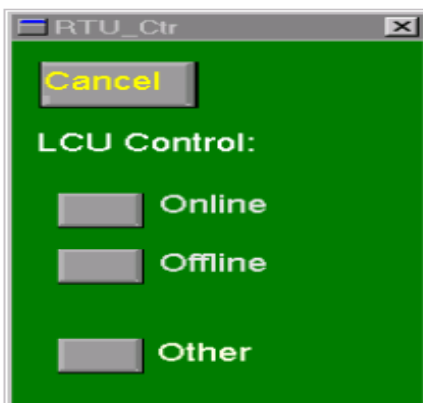


Fig.8 Control menu of RTU

Alarms are very important for SCADA systems. Each alarm must be acknowledged and reset by operator. There are two types of alarms: digital alarms as a result of digital input from process and analog alarms which are result of analog input from process when analog variable exceeds the limit value set by the operator. When alarm occurs it is processed on following way: alarm messages have time tag and they are

displayed in window of ten most recent alarms. Alarm message is blinking in certain color: yellow or red in dependence of the type of the alarm. When alarm occurs also audio warning is present. Alarm message is recorded in global list of alarm and events. Alarm must be acknowledged by the operator and further necessary steps should be taken in order cause for the alarm to be removed. H9000s SCADA systems offers possibility for graphical display of analog measurements. Curve is formed by sampling fifteen minutes interval of analog value (Fig.9).

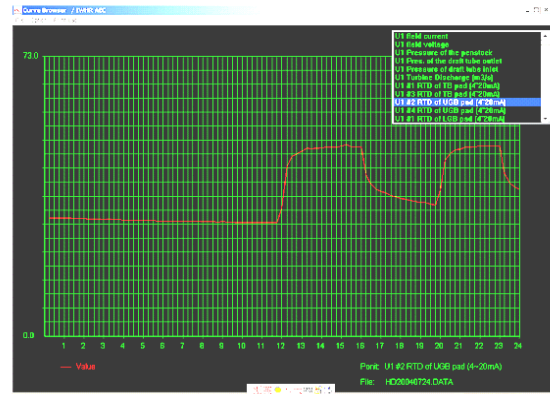


Fig.9 Graphical display of daily reports

4. CONCLUSION

SCADA system H9000s, product of company China Water Resources & Hydropower Research Institute is implemented in newest hydro power plant in R. Macedonia – HPP Kozjak, put in operation in 2004. System is distributed consisted of two control levels: plant control level and local control level. On local control level local control unites mainly consisted of programmable logic controllers are responsible for data acquisition and monitoring of processes which occur in aggregates, dam, 110 kV switchgear as well as common auxiliary equipment. All collected data are transmitted to the operator console via redundant optic network. There are two operating consoles, one working as main operating console in supervision and control mode while the other is in stand-by mode. HPP is connected to National Dispatching Center via IEC870-5-101 protocol. In command mode, commands are issued by plant control level or by National Dispatching Center. Automation of hydro plant has increased the level of security of operation, has decreased the operational costs and has eliminated the potential errors caused by human factor.

REFERENCES

[1] SCADA system, Chine International Water & Electric Corp Department of Automation, IWHI, 2004

[2] K. Brand, V. Lohmann, W. Wimmer, *Substation Automation Handbook*, Leipzig, Utility Automation Consulting Lohmann., 2003.

KRITIČKA ANALIZA UPOTREBE MEDIJA U OBRAZOVANJU NA UNIVERZITETU OREGON SA OSVRTOM NA MOGUĆU PRIMJENU PRIMJERA DOBRE PRAKSE NA UNIVERZITETIMA U REPUBLICI SRPSKOJ
CRITICAL ANALYSIS OF THE USE OF MEDIA IN EDUCATION AT THE UNIVERSITY OF OREGON, WITH A REVIEW OF POSSIBLE IMPLEMENTATION OF GOOD PRACTICE AT UNIVERSITIES IN REPUBLIC OF SRPSKA

Aleksandar Ristić, Dalibor Damjanović, Visoka poslovno-tehnička škola, Doboj

Sadržaj: *Kroz kritičku analizu upotrebe multimedijalnih tehnologija, odnosno novih medija u obrazovanju na Univerzitetu Oregon (SAD) u radu smo posmatrali stanje iz oblasti primjene medija u obrazovanju na najvećem javnom univerzitetu (Univerzitet u Banja Luci) i najvećem privatnom univerzitetu (Univerzitet Apeiron) u Republici Srpskoj. Pozitivni elementi kritičke analize primjene medija u obrazovanju na Univerzitetu Oregon ujedno predstavljaju moguć pravac usmjerenja univerziteta iz Republike Srpske, a sve u cilju stvaranja nove obrazovne vrijednosti koja će u krajnjem produktu za cilj imati potpunije ispunjavanje očekivanih ishoda učenja na studijskim programima Univerziteta u Banja Luci i Univerziteta Apeiron.*

Abstract: *In order to obtain the current state of affairs of new media application, this paper has used the means of critical analysis of multimedia technology, i.e. media in education, at the University of Oregon (USA) compared to the University of Banja Luka, the largest public section academic institution, and the Apeiron University, the leading private sector university. The positive elements in critical analysis of media usage in education at the University of Oregon also represent a possible direction for Republic of Srpska's universities orientation, and all this in order to create new educational values aiming at a more thorough fulfilment of learning outcomes at different study programs at both the University of Banja Luka and the Apeiron University.*

1. UVOD

Sveprisutnost informaciono – komunikacionih tehnologija u obrazovanju i svih prednosti koje one donose prilično je zastupljena i često pominjana tematika. Ipak, važno je utvrditi stvarno stanje primjene informaciono – komunikacionih tehnologija, odnosno multimedijalnih tehnologija u obrazovanju, zaokruženih u novu cjelinu, nazvanu novi mediji u obrazovanju. U Republici Srpskoj postoji 21 visokoškolska ustanova, odnosno četiri javne i 17 privatnih. Visoko obrazovanje u Republici Srpskoj došlo je do koraka u kojem se nalazi proces akreditacije visokoškolskih ustanova. Sama akreditacija kao evaluativni postupak na određen način posmatra ukupan kvalitet izvođenja studijskih programa iz više uglova. Neosporan je značaj upotrebe savremenih informaciono – komunikacionih tehnologija (definisanih pojmom novi mediji u obrazovanju) za uspjeh obrazovnog procesa, odnosno uspješnije i potpunije zadovoljavanje očekivanih ishoda učenja u visokom obrazovanju. U radu ćemo posmatrati upotrebu novih medija u obrazovanju u odnosu na američki univerzitet Oregon, čije ćemo stanje posmatrati kroz kritičku analizu. Ukoliko utvrdimo primjere dobre prakse, pokušaćemo takve primjere pronaći na visokoškolskim ustanovama u Republici Srpskoj, odnosno razmotriti njihovu moguću primjenu, ukoliko oni već nisu zastupljeni.

2. TEORIJSKI PRISTUP PROBLEMU

Tokom zasjedanja Četvrtog akreditacijskog foruma Republike Srpske, u radu „Rangiranje visokoškolskih organizacija“, razmatrajući tematiku rangiranja visokoškolskih ustanova u Bosni i Hercegovini, uvaženi profesor Univerziteta u Istočnom Sarajevu i prorektor Univerziteta u Zenici, Darko Petković, navodi da u Republici Srpskoj u akademskoj 2012/2013. godini postoji 21 visokoškolska ustanova od kojih su četiri javne i 17 privatnih. [1] Prema Statističkom godišnjaku za 2013. godinu Zavoda za statistiku Republike Srpske u akademskoj 2011/2012. godini u Republici Srpskoj su postojale 24 visokoškolske ustanove. [2] Za obezbjeđivanje kvaliteta studijskih programa, odnosno rad visokoškolskih ustanova, prema Zakonu o visokom obrazovanju Republike Srpske za praćenje, vrednovanje i akreditovanje zadužena je Agencija za akreditaciju visokoškolskih ustanova Republike Srpske. [3] Posmatrajući relevantne propise za licenciranje i akreditovanje visokoškolskih ustanova nismo primijetili prisutnost vrednovanja implementacije medija u obrazovanju. Naime, prilikom početne dozvole za rad visokoškolska ustanova dužna je obezbijediti materijalno-tehnička sredstva, adekvatan prostor, ali dalji podaci o samoj upotrebi informaciono-komunikacionih tehnologija, odnosno medija u obrazovanju u daljim izvještajima koje visokoškolska ustanova podnosi Ministarstvu ili Agenciji za akreditaciju visokoškolskih ustanova nisu prisutni, odnosno, nisu

potrebni. S druge strane posmatraćemo primjer uglednog američkog univerziteta Oregon, te ćemo na osnovu kritičke analize utvrditi pravce implementacije novih medija u obrazovanju koje ovaj univerzitet podržava i mogućnost njihove primjene na najvećem javnom i najvećem privatnom univerzitetu u Republici Srpskoj. Iz izvještaja Republičkog zavoda za statistiku namijenjenog obrazovanju utvrdili smo da su u akademskoj 2011/2012. godini u pogledu broja studenata najbrojniji Univerzitet u Banjaluci (17 561 student) od javnih i Univerzitet „Apeiron“ (4 050 studenata) od privatnih. [4]

3. CILJEVI I ZADACI ANALIZE

Cilj:

Kritičkom analizom utvrditi pravce i stanje upotrebe medija u obrazovanju na američkom univerzitetu Oregon (The University of Oregon), te na osnovu dobijenih rezultata primjere dobre prakse implementirati na najveći javni univerzitet (Univerzitet u Banja Luci) i najveći privatni univerzitet (Univerzitet Apeiron) u Republici Srpskoj sa preporukom za moguće pravce djelovanja, a sve u svrhu stvaranja boljih uslova za potpunije zadovoljavanje očekivanih ishoda učenja.

Zadaci:

Na osnovu prethodno navedenog cilja, definišemo sljedeće zadatke:

1. Izvršiti kritičku analizu upotrebe medija u obrazovanju na Univerzitetu Oregon (The University of Oregon).
2. Izvršiti kritičku analizu upotrebe medija u obrazovanju na Univerzitetu u Banjoj Luci.
3. Izvršiti kritičku analizu upotrebe medija u obrazovanju na Univerzitetu Apeiron.
4. Izvršiti analizu moguće primjenljivosti primjera dobre prakse sa Univerziteta Oregon na Univerzitetu u Banjoj Luci i Univerzitetu Apeiron.

4. METODOLOGIJA

Kritička analiza upotrebe medija u obrazovanju na Univerzitetu Oregon, Univerzitetu u Banja Luci i Univerzitetu Apeiron, te mogućnosti primjene primjera dobre prakse obavljena je kroz tri faze.

Prva faza

U prvoj fazi obavili smo kritičku analizu upotrebe medija u obrazovanju na Univerzitetu Oregon u SAD. [5] Analiza je posmatrala opredijeljenost Univerziteta za uvođenje multimedijalnih tehnologija, odnosno novih medija u obrazovanju, a sve u svrhu ostvarivanja boljih rezultata učenja, odnosno potpunijeg ispunjavanja očekivanih ishoda učenja.

Druga faza

U drugoj fazi posmatrali smo opredijeljenost najvećeg javnog univerziteta (Univerzitet u Banja Luci) i najvećeg privatnog univerziteta (Univerzitet Apeiron) za upotrebu medija u obrazovanju u izvođenju studijskih programa navedenih univerziteta. Posmatrajući akte univerziteta pokušali smo

pronaći programsku opredijeljenost za upotrebu medija u obrazovanju, a potom i praktične primjere koji ukazuju da se nastavno osoblje i studenti podstiču na upotrebu, korišćenje i primjenu savremenih tehnologija, odnosno medija u obrazovanju.

Treća faza

U trećoj fazi analize sumirali smo dobijene rezultate analize kroz prethodne dvije faze. Na osnovu dobijenih rezultata pristupili smo razvoju mogućih pravaca u cilju unapređenja trenutnog stanja, a sve u svrhu potpunijeg zadovoljavanja očekivanih ishoda učenja. Fokus smo usmjerili na pozitivna iskustva sa Univerziteta Oregon i njihovu moguću primjenjivost na navedenim univerzitetima u Republici Srpskoj.

5. REZULTATI ANALIZE

Predstavićemo rezultate analize stanja na Univerzitetu Oregon, Univerzitetu Apeiron i Univerzitetu u Banja Luci.

Univerzitet Oregon

Univerzitet Oregon, koji je prema Šangajskoj listi rangiranja univerziteta smješten na poziciju od 201 – 300 mjesta, [6] broji preko 20 000 studenata. Razmatrajući opredijeljenost Univerziteta za primjenu medija u obrazovanju, odnosno podršku nastavnom osoblju i studentima kroz stvaranje konkretnih uslova putem unaprijed definisanih strategija, bavili smo se brojnim pitanjima koja su začetak nalazila na samom sajtu univerziteta, odnosno stranici posvećenoj tehnologiji koja predstavlja temelj dalje nadogradnje sistema za podršku svim učesnicima učenja putem medija u obrazovanju. Početak kritičke analize predstavlja svojevrsni uvodnik: „Podučavanje pomoću tehnologije“ [7] koji nudi polazni osnov za dalje razmatranje. Razmatrajući navedenu tematiku nailazimo na važne odlike koje podrazumijevaju učešće osoblja za podršku primjeni obrazovne tehnologije, a sve u cilju istraživanja mogućih pravaca upotrebe tehnologije u učenju i poučavanju. Posmatrajući navedeno dolazimo do smislaone poruke koja se temelji na unapređenju produktivnosti bazične ideje, odnosno pružanja uslova u vidu stručnog osoblja koje će predavačima omogućiti samostalno istraživanje u okviru primjene tehnologije (medija u obrazovanju) u sebi svojstvenom polju. Uvodna razmatranja data u dijelu „Podučavanje pomoću tehnologije“ obiluju bitnim specifičnim segmentima koje u potpunosti podržavamo i smatramo izuzetno korisnim. Posebno se ističu:

- Navođenje nastavnog osoblja na kritičko razmišljanje o upotrebi medija u obrazovanju jer suštinske vrijednosti proizilaze iz kritičkog pristupa u kojoj će nastavnik dobiti spoznaju o adekvatnoj upotrebi medija u obrazovanju u odnosu na specifičnost naučne oblasti kojom se bavi,
- Prisutnost osoblja za podršku nastavnicima prilikom upotrebe medija u obrazovanju jer je poznato da se novine i promjene uvode polako i često nailaze na otpor zbog straha od neuspjeha i straha od novog i nepoznatog. Osoblje za podršku je izuzetno pozitivan pristup i ono će sa sigurnošću doprinijeti u transformaciji klasične nastave u hibridnu nastavu itd. Odjeljak „Bitne stavke koje treba razmotriti“

sadrži šest pododjeljaka. Razmotrićemo svaki pojedinačno navodeći prednosti i nedostatke. U pododjeljku „Saznajte više o svom studentu“ pohvaljujemo:

- Stručan pristup svakom studentu koji podrazumijeva stvaranje psihološkog profila, odnosno uvažavanje individualnih razlika,
- Ispitivanje početne informatičke pismenosti studenata, a sve u cilju procjene sposobnosti studenata za učestvovanje u obrazovnom procesu u kojem se aktivno primjenjuju mediji u obrazovanju,
- Postojanje saradničke nastave koja doprinosi boljoj pripremljenosti
- Dvosmjernu komunikaciju (student – nastavnik) koja će doprinijeti savladavanju neuspjeha u učenju,
- Upoznavanje nastavnika sa tehničkim mogućnostima Univerziteta što daje nastavniku mogućnost potpune upotrebe svih nastavnih i drugih sredstava. Rezultati analize za pododjeljak „Ugradnja tehnologije u Vaše predavanje“ posmatrani su kroz ideju stvaranja svijesti o mogućnostima upotrebe medija u obrazovanju. Podržavamo apostrofiranje sljedećih mogućnosti:
- Upotreba savremenih komunikacija za prenos informacija,
- Elektronsko pohranjivanje materijala sa predavanja,
- Mogućnost štampanja materijala sa predavanja,
- Pristup nastavniku koji omogućava stvaralački kapacitet. U nastavku razmatrali smo djelovanje „Sedam principa dobre prakse“ u konkretnom okruženju. Predstavljamo ključne elemente čije su specifičnosti usmjerene na doprinos obrazovnom procesu:
- Prednosti elektronske komunikacije, sinhrono i asinhrono, sa aspekta redovnih i vanrednih studenata – potpuna mogućnost dobijanja odgovora i pogodnosti za studente koji se nalaze u radnom odnosu ili su vanredni studenti iz nekog drugog razloga,
- Mogućnost saradničkog učenja bez fizičkog kontakta, odnosno mogućnosti elektronske komunikacije za rješavanje studentskih zadataka,
- Upotreba softverskih simulacija koje će omogućiti praktično učenje koje je u nekim slučajevima teško moguće bez medija u obrazovanju, posmatrajući finansijske aspekte izvođenja skupih obrazovnih projekata,
- Kontinualno praćenje i vrednovanje počevši od inicijalnog pa do završnog koje će pokazati stvarnu vrijednost primjene medija u obrazovanju,
- Izrada elektronskog portofolija čije su pozitivni efekti, sa aspekta studenta, ogromni jer može da pretražuje, proučava i prezentuje, kao i nastavnika koji može da prati, potpomaže i vrednuje rad studenta,
- Upotreba elektronskih biblioteka koja smanjuje vrijeme za pretragu i proučavanje materijala važnih za obrazovni proces,
- Prednost upotrebe medija u obrazovanju sa aspekta jasnog isticanja kriterijuma, odnosno njegove potpune dostupnosti primjenom medija u obrazovanju,
- Uvažavanje individualnih razlika koje Univerzitet propagira.

Univerzitet u Banja Luci

Posmatrajući analizirano ne pronalazimo pozitivne činjenice koje bi mogle poslužiti kao primjer dobre prakse ili bilo kakav pozitivan primjer primjene medija u obrazovanju. Na osnovu utvrđenih činjenica u stanju smo prezentovati isključivo utemeljene zamjerke:

- Univerzitet u Banja Luci [8] nema razvojnu strategiju namjenjenu primjeni medija u obrazovanju,
- Univerzitet ne vrši istraživanja i analize postojećeg stanja. U jedinom dostupnom, samoevaluativnom izvještaju primjetno je da pojedini fakulteti Univerziteta u učionicama nemaju ni internet priključak,
- Upotreba medija u obrazovanju svedena je na individualne aktivnosti nastavnika i studenata,
- Univerzitet posjeduje računarske centre i sistem administratore čija je uloga da postojeće računare održavaju u ispravnom stanju,
- Proces akreditacije ne zahtijeva posjedovanje sistema e-učenja i sistema učenja na daljinu što smatramo izuzetnim propustom. Ukoliko bi se u akreditivni proces uvrstilo ocjenjivanje ova dva parametra, Univerziteti bi bili primorani na sistemski pristup u rješavanju ovog problema.
- Univerzitet ne posjeduje materijale koji će pomoći nastavnicima u organizaciji nastave primjenom medija u obrazovanju.

Sve navedeno usmjerava nas na stav da je stanje primjene medija u obrazovanju na Univerzitetu u Banja Luci katastrofalno. Vodeći se realnom kritikom, a ne kritikerstvom, nažalost, nismo u stanju da primijetimo pozitivne elemente čije bi aktivnosti mogle poslužiti za dalji razvoj.

Univerzitet Apeiron

Kritička analiza stanja upotrebe medija u obrazovanju na Univerzitetu Apeiron [9] imala je potpunije i korisnije rezultate. Prezentujemo njene pozitivne elemente:

- Izvođenje studija putem studija na daljinu (licencirano od strane Ministarstva prosvjete i kulture RS),
- Sistem učenja na daljinu broji oko 1200 studenata,
- Univerzitet provodi istraživanja o zadovoljstvu studenata sistemom rada učenja na daljinu,
- Sve učionice Univerziteta Apeiron su digitalizovane i opremljene opremom koja omogućava prenos predavanja, odnosno stvaranje multimedijalnih zapisa sa predavanja koja je moguće gledati u realnom vremenu i po zahtjevu (naknadno),
- Univerzitet posjeduje informaciono – bezbjednosni sistem,
- Univerzitet Apeiron koristi informacioni sistem za podršku učenju na daljinu,
- Univerzitet kao licencirani izdavač studentima nudi sve udžbenike u elektronskom izdanju,
- Informacioni sistem za učenje na daljinu omogućava m – učenje (mobilno učenje),
- Veliki broj udžbenika je u audio obliku,
- Komunikacija sa studentima se po potrebi odvija putem elektronske pošte,
- U danima vikenda za studente koji studiraju „na daljinu“ obezbjeđuje se neposredni kontakt sa predmetnim nastavnikom,

- Studenti imaju mogućnost polaganja ispita putem video konferencije. Ispit se odvija u najbližem konsultativnom centru u prisustvu osobe koja prati situaciju u cilju otklanjanja nepravilnosti,
- Univerzitet Apeiron posjeduje prvu akademsku televiziju u BiH putem koje studenti prate program od značaja za studije

Sve navedene prednosti Univerzitet implementira više od 5 godina. Zanimljivo bi bilo posmatrati ostale univerzitete u Republici Srpskoj u smislu primjene medija u obrazovanju. Što se tiče zamjerki na primjenu medija u obrazovanju vezanih za Univerzitet Apeiron ističemo sljedeće:

- Univerzitet ne posjeduje dokument koji predstavlja strategiju primjene medija u obrazovanju,
- Navedeni projekti koji pomažu primjenu medija u obrazovanju implementirani su bez navđenja ciljeva, misije i vizije,
- Na Univerzitetu Apeiron ne postoji organizovana podrška nastavnom osoblju koja će omogućiti lakšu upotrebu medija u obrazovanju,
- Samoevaluacija se izvršava, ali bez uvida u metodiku i rezultate,
- Nisu obavljena istraživanja o rezultatima primjene medija u obrazovanju u odnosu na klasičnu nastavu.

6. ZAKLJUČCI I PREPORUKE

Iz navedene kritičke analize Univerziteta Oregon, Univerziteta u Banja Luci i Univerziteta Apeiron zaključujemo da uz minimalne izmjene Univerzitet Oregon posjeduje visoko sofisticirani sistem primjene medija u obrazovanju. U svim segmentima rada Univerzitet Oregon pruža potpunu podršku studentima i nastavnom osoblju u primjeni raznolikih medija u obrazovanju, unapređivanih sistemski i kontinuirano. S druge strane Univerzitet u Banja Luci još uvijek nije počeo sa aktivnostima koje bi dovele do poboljšanja stanja na polju primjene medija u obrazovanju. Za postojeće stanje jednim dijelom krivimo i donosioc zakonskih propisa i regulativa koji bi mogli i trebali u akreditivni postupak uvrstiti i evaluaciju primjene medija u obrazovanju. Kako se akreditacija može dobiti ukoliko količinski posjedujete određen broj računara, odnosno računarske opreme, bez ikakvog programa njihovog korštenja, smatramo da je ovakav pristup nedopustim i tražimo hitnu izmjenu, jer postojeći sistem akreditacije ne oslikava realnu sliku primjene medija u obrazovanju koji su

izuzetno važni za ispunjavanje očekivanih ishoda učenja. Kao pozitivan primjer u Republici Srpskoj, svakako bi mogao da posluži Univerzitet Apeiron, koji bi, uz upotrebu korisnih iskustava Univerziteta Oregon, mogao postati vjesnik svrsishodne upotrebe tehnologije u nastavi na univerzitetima u Republici Srpskoj.

LITERATURA

- [1] Agencija za akreditaciju visokoškolskih ustanova Republike Srpske. Četvrti sastanak akreditacijskog foruma. Dr Drago Petković: „Rangiranje visokoškolskih organizacija“. 2013. Dostupno na :http://www.heears.com/dokumenti/af/af4/Prezentacija_Petkovic_Banja%20Luka_nov_2013.pdf [15. 9. 2014.]
- [2] Republički zavod za statistiku. Statistički godišnjak Republike Srpske 2013. Dostupno na: http://www.rzs.rs.ba/static/uploads/bilteni/godisnjak/2013/23obr_2013.pdf [15. 9. 2014.]
- [3] Zakon o visokom obrazovanju. Službeni glasnik Republike Srpske. 2010. Broj 73/10. str 3. [21.10.2010.]
- [4] Republički zavod za statistiku. Statistiki godišnjak Republike Srpske 2013. Upisani studenti i nastavno osoblje po visokoškolskim ustanovama. 2013. Dostupno na: http://www.rzs.rs.ba/static/uploads/bilteni/godisnjak/2013/23obr_2013.pdf [15. 9. 2014.]
- [5] The University of Oregon. About the University of Oregon. 2014. Dostupno na: <http://uoregon.edu/about> [28. 9. 2014.]
- [6] The Academic Ranking of World Universities. Academic Ranking of World Universities 2014. 2014. Dostupno na: <http://www.shanghairanking.com/ARWU2014.html> [1. 10. 2014.]
- [7] Teaching Effectiveness Program at the University of Oregon. Teaching with Technology. 2014. Dostupno na: <http://tep.uoregon.edu/technology/index.html> [1. 10. 2014.]
- [8] Univerzitet u Banja Luci. O Univerzitetu u Banja Luci. 2014. Dostupno na: <http://www.unibl.org/sr/stranica/O-Univerzitetu/7> [28. 9. 2014.]
- [9] Univerzitet Apeiron. Apeiron TV Channel Univerzitetska televizija: O nama. 2014. Dostupno na: <http://www.apeiron-uni.tv/page/1/o-nama> [28. 9. 2014.]

DIGITALIZACIJA PEDOLOŠKIH PODATAKA CRNE GORE DIGITAZING THE PEDOLOGIC DATA OF MONTENEGRO

Edin Salković, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: U radu je prikazan metod pretvaranja pedoloških podataka Crne Gore iz pisane u digitalnu formu, kao i naknadne obrade i pripreme tako dobijenih podataka za machine learning/data mining. Takođe, dat je i kratak pregled rezultata primjene linearne regresije na cjelokupni korpus podataka.

Abstract: This paper describes a method of converting Montenegro's pedological data from hand written to digital form, as well as manipulating and preparing this data for machine learning/data mining. Also, a brief summary of the results of applying linear regression to the whole corpus of the data is given.

1. UVOD

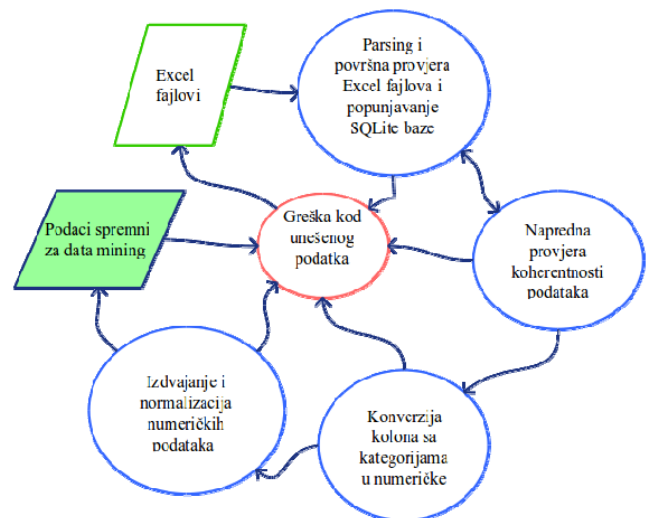
Pedološki podaci opisuju mehaničko-fizičke i hemijske karakteristike zemljišta i dobijaju se laboratorijskim putem iz uzoraka (tzv. profila, slika 1) zemljišta [1]. Usljed njihove važnosti, oni su na praktično cijeloj teritoriji Crne Gore prikupljeni tokom niza godina (čak decenija) i unošeni u sveske, a nedavno je započeo projekat digitalizacije ovih podataka. Ovaj rad daje prikaz procesa digitalizacije, kao i obrade i pripreme dobijenih podataka za machine learning/data mining.



Slika 1. Profil zemljišta

Na kraju rada, kao primjer machine learning-a, je dat i pregled rezultata primjene linearne regresije nad cjelokupnim korpusom podataka.

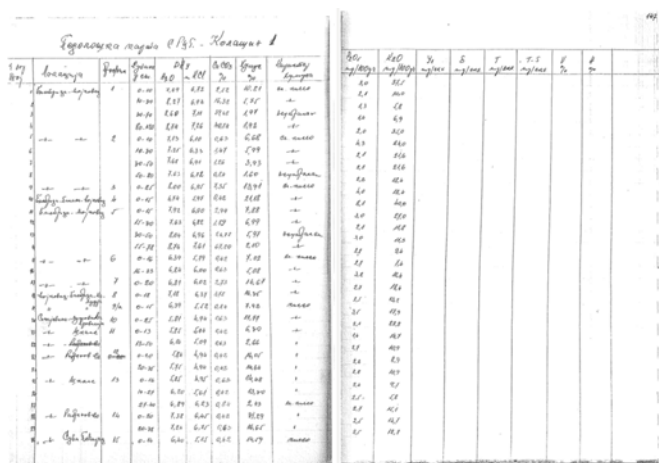
Sve skripte za obradu podataka su pisane u Python-u, s time što su, uz podrazumijevane (default) Python biblioteke, korištene još i xlrld (čitanje Excel fajlova) i data-mining biblioteka scikit-learn (koja zahtijeva numpy i scipy). Sav korišteni software je open source, a sami kod skripti korištenih u projektu je dostupan putem javnog git repozitorijuma: https://bitbucket.org/edin1/me_soil_tables



Slika 2. Šematski prikaz procesa digitalizacije

2. PISANE SVESKE

Originalni podaci se nalaze u ručno pisanim sveskama koje su u posjedu Biotehničkog fakulteta – tu su tri sveske za hemijske, i tri za mehaničko-fizičke karakteristike zemljišta. Sveske su, radi olakšanog pregledanja, skenirane u PDF format. Imaju u prosjeku oko 150 “dvostranica” sa tabelama (tj. jedna tabela se prostire na dvije stranice, radi preglednosti). U daljem tekstu se za “dvostranicu” koristi samo izraz stranica. Na svakoj stranici se nalazi u prosjeku oko 30 redova, a ukupno je gotovo 13000 redova za hemijske i isto toliko redova za mehaničko-fizičke karakteristike.



Slika 3. Izgled jedne skenirane stranice sveske

3. EXCEL FAJLOVI

Zadatak unošenja podataka iz svesaka u Excel fajlove je povjeren studentima (ukupno 99), koji su unosili po oko 5 stranica i, kasnije, jednom tehničkom saradniku koji je unosi preostale stranice, kao i stranice koje su “promakle” studentima, a u planu je i da ponovo unese stranice koje su unosili studenti, radi povećanja tačnosti podataka.

Prilikom unosa, usljed nedovoljne obučenosti i nepostojanja standardizovanog Excel fajla koji bi koristili svi unosiooci, a i zbog kompleksnosti samog sadržaja svesaka, napravljeno je dosta grešaka koje su otežale objedinjavanje svih fajlova u jedinstvenu bazu. Studenti su proizvoljno “dizajnirali” Excel fajlove, tako da se kolone u različitim fajlovima (ponekad čak ni u istom fajlu za dvije različite strane) nisu poklapale, što je uslovljavalo često “ručno” ispravljanje fajlova.

Takođe, usljed Excel-ovih “pametnih” opcija ispravljanja podataka i prepoznavanja tipa podatka, ogroman broj čisto numeričkih unosa je označen kao datum, a usljed razlike u interpretaciji zareza “,” (u engleskom se zarez koristi za označavanje hiljada, miliona itd., a ne kao decimalni zarez), ponekad je jednocifreni broj sa decimalnim ostatkom prepoznavan kao broj reda veličine hiljade, što je pravilo probleme kod normalizacije podataka, pa i kod samog data mining-a.

Konačno, određeni broj Excel fajlova u sebi nije sadržavao nikakav podatak o rednom broju sveske (1-3) kojoj odgovara, a praktično ni u jednom fajlu nisu naznačene stranice sveske odakle su unešeni redovi. To je dodatno usložilo i usporilo kompletan proces konverzije, jer je bilo potrebno ručno pregledati svaki fajl i pronaći kojim stranicama od cca. 150 stranica, kada je bio poznat broj sveske, odnosno cca. 450 stranica, kada nije bio poznat broj sveske, odgovara dati fajl. Podatak o tipu sveske (hemijske ili mehaničko-fizičke karakteristike), rednom broju sveske, broju/rasponu stranica, i imenu osobe koja je unosila podatke je zatim “kodiran” u sami naziv fajla, npr. “Hemijske analize 2, str 079-081, Petar Petrović.xlsx”. Ovi podaci su prilikom

konverzije u SQLite bazu (u nastavku samo baza) unošeni u svaki red baze, što je umnogome olakšalo pronalaženje i ispravljanje grešaka nastalih pogrešnim unosom podataka, a oni omogućavaju i buduće referenciranje “fizičke sveske”, za svaki red, ako se ukaže potreba za time.

	A	B	C	D	E
40					
41	Labor.				
42	broj	Lokacija	Profil	Dubina	Skelet
43				u cm	> 2mm
44	1	Maglič-Modre Strane	2M	0-8	44.36
45	2	Mratinje-Previja	3M	Feb-17	50.39
46	3			17-45	65.64
47	4	Omar	4M	0-15	0
48	5		5M	0-12	30.53
49	6			Dec-31	48.91
50	7	Klekovo-Pleće	1B	0-15	6.88
51	8	Ponor	3B	0-20	21.32
52	9			20-40	0
53	10	Planinica	4B	0-19	1.72
54	11			19-40	0.32

Slika 4. Primjer jednog Excel fajla

4. KONVERZIJA EXCEL > BAZA

Kod konverzije redova iz Excel-a u bazu, najbitnije je bilo utvrditi validnost određenog Excel reda, tj. da li red sadrži korisne podatke ili npr. naziv kolone (neki unosiooci su za svaku stranu unosili nazive kolona), komentar i sl. Pošto je prva kolona u svesci tzv. “laboratorijski broj”, tj. redni broj reda, i on je prisutan u svakom redu, provjera validnosti Excel reda se svela na provjeru validnosti rednog broja.

Naravno, nije bilo dovoljno provjeriti validnost samo rednog broja, već i validnost većeg dijela preostalih kolona, i to je radeno pomoću tzv. regularnih izraza (regex) i drugih vidova prepoznavanja stringova. Recimo, regex oblika “([0-9]+([\.,][0-9]+)?)\s*(?:x|X)\s*10\s*[(\s|s)*(?:na)?\s*([0-9]+)\s*]?” je korišten za prepoznavanje broja zapisanog u obliku “1.9x 10 na -5” i konverziju u numerički format pogodan za pohranjivanje u bazu.

5. NAPREDNA PROVJERA KOHERENTNOSTI PODATAKA U BAZI

Pošto su svi podaci objedinjeni u bazi, moguće je bilo izvršiti neke naprednije provjere koherentnosti podataka, a nakon toga i promjenu tih podataka (u nastavku pojam provjera podrazumijeva i promjenu). Pod naprednijim provjerama se ovdje smatraju provjere više međuzavisnih redova i kolona odjednom i sl. U suštini, neke od ovih provjera je bilo moguće izvršiti (neke su i vršene) i prilikom obrade Excel fajlova, ali je preglednije kada se vrše nad cjelokupnom bazom, jer je tada moguće lančano povezati više međusobno nezavisnih provjera. Lančano povezivanje provjera je dodatno olakšano time što je SQLite baza samo jedan fajl čija veličina u ovom konkretnom slučaju nije

prolazila 4 MB, pa je nakon svake promjene generisan novi fajl, čime je omogućena jednostavna inspekcija svakog koraka u lancu SQL upitima i sl.

Primjer jedne takve provjere je provjera numeracije profila (slika 5, za izgled profila vidjeti sliku 1). Prvobitni unosioci podatka (u sveske) su svakom profilu dodjeljivali broj – doduše bez preciznog redosljeda, tako da je prisutan veliki broj profila sa brojem 1, 2, 3 itd. – i uz eventualni sufiks – najčešće inicijal unosioaca. Međutim, sami profil je dijeljen na slojeve zemljišta (npr. sloj od 9,9 do 11,3 cm), tako da svaki red (numerisan rednim brojem) odgovara jednom sloju nekog profila. Slojevi su unošeni od plićeg ka dubljem, ali je podatak o profilu bilježen samo kod najplićeg (prvog) sloja, a identično tome su naravno postupili i unosioci u Excel, tako da je bilo potrebno provjeriti redove sa neunešenim profilom da li su poređani od plićeg ka dubljem, i ako jesu dodijeliti im profilni broj najplićeg u nizu. Paralelno sa ovim je svakom profilu dodijeljen jedinstveni redni broj u okviru cijele baze podataka, a slično je urađeno i sa rednim brojem reda.

Lab. Broj	Lokacija	Profil	dubina u cm
str 74			
1998	Jezero-Malo Blato	26	9,9—11,3
1999			11,3—12,1
2000			12,4--15
2001		27	0—1,6

Slika 5. Numeracija profila

Još jedan primjer provjere je prepoznavanje unosa sa oznakom “-II-”, značenja “isto kao prethodno”, gdje je bilo potrebno prekopirati sadržaj analognog unosa iz prethodnog reda. Ono što još uvijek nije riješeno usljed niskog nivoa važnosti jesu unosi (posebno u koloni “lokacija”) gdje ima više oznaka “-II-”, ili gdje je oznaka “-II-” miješana sa tekstem, npr. “-II- Dudovo brdo”, a gdje treba prepoznati da se oznaka “-II-” odnosi na riječ “Nikšić” iz prethodnog unosa “Nikšić-Litije”.

6. KONVERZIJA KATEGORIJA U BROJEVE

Neke od kolona su označavale kategorije, npr. kolona “karakter humusa”, gdje su kategorije bile “kiseo”, “slabo kiseo”, “neutralan”, itd. Ovakve kolone je za potrebe data mining-a bilo neophodno konvertovati u brojeve-indekse (npr. od 1 do 10). Dosta data mining alata može samostalno da odradi ovu konverziju, ali usljed prirode podataka ponekad je bolje odraditi “ručno” konverziju. Recimo, kategorija “slabo kiseo” je značenjski bliža kategoriji “kiseo” od kategorije “vrlo slabo kiseo” i to bi dodijeljeni indeks trebao da reflektuje, tako da, npr., “kiseo” dobije indeks 1, “slabo kiseo” indeks 2, a “vrlo slabo kiseo” indeks 3.

Još jedan problem koji se javio je bio i objedinjavanje međusobno ekvivalentnih unosa (npr. konvertovanje “sl. kiseo” u “slabo kiseo”, i sl.).

7. ODABIR ZNAČAJNIH PODATAKA I NJIHOVA NORMALIZACIJA

Posljednji korak prije data-mining-a je odabir značajnih podataka (za data mining) i normalizacija tih podataka.

Odabir je neophodan pošto su u bazi smješteni i tekstualni (npr. lokacija) i numerički podaci, a čak je i među numeričkim podacima bilo “neinteresantnih” podataka (laboratorijski broj, broj profila, itd.). U praktičnom smislu, odabir je izvršen tako što je napravljen SQL pogled (view) nad odabranim kolonama. Takođe, neki od originalnih podataka su modifikovani radi veće korisnosti, npr. podatak o dubini profila je sadržavao gornju i donju dimenziju (recimo od 5 do 20 cm), ali je korisniji podatak (tj. podatak koji bi mogao biti korelisan sa ostalim kolonama) od donje dimenzije sama debljina profila (20-5=15 cm).

Što se tiče normalizacije, i nju dosta mining alata može automatski da radi, ali bi to donekle otežalo ispravku u Excel fajlovima. Normalizacija je izvršena tako što je za svaku kolonu pronađen broj “max(abs(ime_kolone))”, a potom je svaki element te kolone podijeljen sa tim brojem. I u ovom koraku je bilo bitno provjeriti da li je pronađeni broj smislen (npr. broj 4038 nema smisla u koloni koja prikazuje procentualnu vrijednost), a ako nije locirati problematični unos u odgovarajućem Excel fajlu, uporediti ga sa sveskom i izmijeniti ga.

8. LINEARNA REGRESIJA

Konačno, nakon što su podaci pripremljeni, na njih je primijenjena linearna regresija, jedan od osnovnih alata za numerički machine learning, i uopšte prvi proučavani tip regresione analize [2], a koja služi za utvrđivanje postojanja linearne zavisnosti između jedne ili više “ulaznih” varijabli i jedne “izlazne” varijable. Tako dobijeni model se naziva linearni, a prognozirana varijabla se može dobiti formulom:

$$y(\omega, x) = \omega_0 + \omega_1 x_1 + \dots + \omega_p x_p$$

Algoritam za machine learning koji je korišten je sljedeći: radi što efikasnijeg proračuna, sve kolone su sortirane po količini ne-NULL elemenata, tj. pretpostavljeno je da manje brojne podatke treba prognozirati pomoću podataka koji su brojniji. Potom je sličan postupak ponovljen za svaku tako sortiranu kolonu y_i , $i \in \{1, \dots, N_c\}$ (gdje je N_c ukupni broj kolona), u potrazi za ulaznim varijablama (x_j , $j \in \{1, \dots, p\}$) koje imaju najviše zajedničkih ne-NULL redova sa datom kolonom. Potom su tako dobijeni parametri postepeno “uvođeni” u gore navedenu formulu, tj. p je prvo uzeto da je 1, pa 2, sve do broja kada više ne bi bilo zajedničkih kolona. Konačno p_i je uzeto na osnovu najbolje ostvarene vrijednosti R^2 (za definiciju R^2 pogledati [3]), a kratak pregled dobijenih vrijednosti je dat u tabeli 1.

y	p	Br. redova	R2
dry matter	5	208	1
organic matter	3	30	1
mineral residue	1	208	0.99
contraction coefficient	11	13	0.97
sand	5	10015	0.95
size0002	3	10138	0.87
air capacity	7	330	0.86
porosity loss	1	208	0.86
depth2 min	1	349	0.77
volume	6	200	0.73
immediate humidity	1	221	0.7
size002 0002	2	10138	0.48
size2	6	9886	0.37

Tabela 1. Prikaz rezultata linearne regresije

9. ZAKLJUČAK

Nakon prikaza procesa digitalizacije pedoloških podataka i primjene linearne regresije na njima, može se zaključiti da se čak i tako jednostavnim metodom kao što je linearna regresija može pronaći značajna korelacija između podataka. Ipa, treba imati u vidu da je to i očekivano, jer se zasigurno značajan broj pedoloških parametara dobija nekom kombinacijom drugih (osnovnih) parametara. Naravno, veće poznavanje prirode podataka i originalnog procesa

prikupljanja/generisanja istih, uz korišćenje nekih naprednijih machine learning algoritama bi dalo još bolje i korisnije rezultate.

Takođe, poznavanje tačnih koordinata gdje je uziman svaki profil bi vjerovatno dodatno poboljšalo ulazne parametre i krajnji rezultat data mining-a, i pružilo osnovu za prognoziranje pedoloških parametara cjelokupne geografske oblasti oko jednog profila, odnosno između dva i više različitih profila.

Što se tiče samog software koji je napisan u procesu istraživanja, jednostavnim modifikacijama bi se mogao prilagoditi i nekom drugom sličnom problemu, a pravljenje intuitivnog GUI-a bi omogućilo korišćenje software-a još većem broju korisnika.

LITERATURA

- [1] M. Belić, Lj. Nešić, V. Ćirić, *Praktikum iz Pedologije*, pp. 22-32, Novi Sad: Poljoprivredni fakultet, 2014
- [2] Yan Xin, *Linear Regression Analysis: Theory and Computing*, pp. 1–2, Singapore: World Scientific, 2009.
- [3] Yan Xin, *Linear Regression Analysis: Theory and Computing*, pp. 24, Singapore: World Scientific, 2009.

JEDAN METOD MJERENJA NAPONA I STRUJE BAZIRAN NA MIKROKONTROLERU A MICROCONTROLLER BASED VOLTAGE AND CURRENT MEASUREMENT METHOD

Aleksandar Dedić, Elektrotehnički fakultet Podgorica

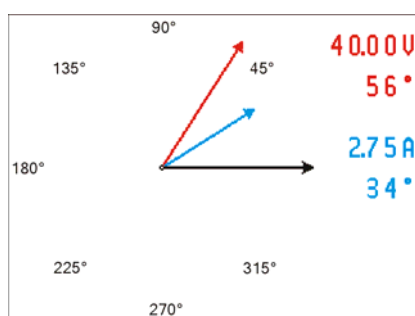
Sadržaj: U ovom radu dat je opis jednog uređaja za mjerenje naizmjeničnih napona i struje frekvencije 50 Hz i njihovih faznih stavova u odnosu na referentni napon. Pretvaranje analognih vrijednosti napona i struje u digitalne vrši se pomoću analogno-digitalnih konvertora. Upravljanje mjernim pretvaračima, obrada rezultata dobijenih iz analogno-digitalnih konvertora i formiranje grafičkog prikaza na grafičkom displeju vrši se pomoću mikrokontrolera.

Abstract: A device for measurement of 50 Hz AC voltage, current and theirs phases related to the reference voltage is presented in this paper. The translation of the analogue voltage and current values to the digital form is performed using analog-to-digital converters. Control of measuring transducers, processing of the data obtained from analog-to-digital converters, and formation of the graphical content on the display are performed by microcontroller.

1. UVOD

Uređaj za mjerenje naizmjeničnog napona i struje, baziran na mikrokontroleru, izrađen je za potrebe izvođenja laboratorijskih vježbi u laboratoriji Elektrotehničkog fakulteta. Ideja za njegovu realizaciju bila je da se napravi jednostavni mjerni uređaj malih dimenzija, jednostavan za korišćenje. Pri njegovoj realizaciji vodilo se računa da hardver bude što jednostavniji i da se koristi standardni industrijski mikrokontroler.

Ovaj uređaj je namijenjen za mjerenje srednjih apsolutnih vrijednosti naizmjeničnih napona i struje frekvencije 50 Hz. Pored mjerenja srednjih apsolutnih vrijednosti, vrši se i mjerenje faznih pomjeraja kako napona tako i struje u odnosu na referentni napon. Rezultati mjerenja se prikazuju na grafičkom LCD displeju. Na slici 1 dat je primjer prikazivanja rezultata mjerenja.



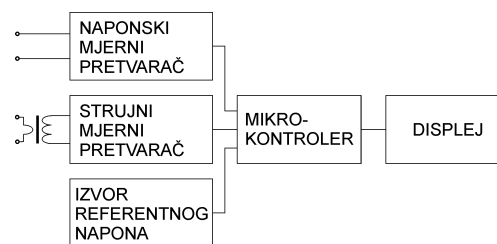
Slika 1. Primjer prikazivanja rezultata

Grafički prikaz sastoji se u prikazivanju dva vektora, tj. dvije linije sa strelicama. Da bi se razlikovalo koja linija kojoj veličini pripada, linija koja predstavlja napon prikazana je u crvenoj boji, a linija koja predstavlja struju, u plavoj. Dužina linije proporcionalna je vrijednosti napona, odnosno struje. Uglovi pod kojim se nalaze linije jednaki su faznim pomjerajima u odnosu na referentni napon. Na displeju je

prikazana i fazna osa u obliku linije crne boje. Kako se, zbog loše rezolucije, vektorski prikaz ne može koristiti za očitavanje vrijednosti električnih veličina, na desnoj strani displeja nalaze se brojevi koji daju izmjerene vrijednosti. Brojevi su takođe prikazani u crvenoj i plavoj boji zavisno od toga koju veličinu predstavljaju.

Naponski mjerni opseg uređaja je od 1 mV do 800 V. Ovaj opseg je podijeljen u 4 podopsjega, a prebacivanje se vrši automatski. Strujni mjerni opseg je od 0,1 mA do 30 A. I ovaj opseg je podijeljen u 4 podopsjega a prebacivanje se i ovdje vrši automatski. Fazni pomjeraj se mjeri u opsegu od 0° do 359,9° sa rezolucijom 0,1°.

2. OSNOVNI SKLOPOVI



Slika 2. Osnovni sklopovi uređaja

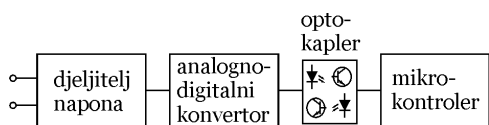
Blok-šema uređaja data je na slici 2. Osnovni sklopovi su: naponski mjerni pretvarač, strujni mjerni pretvarač, izvor referentnog napona, mikrokontroler i displej.

Naponski i strujni mjerni pretvarači su originalno dizajnirani za praktičnu realizaciju ovog rada.

3. NAPONSKI MJERNI PRETVARAČ

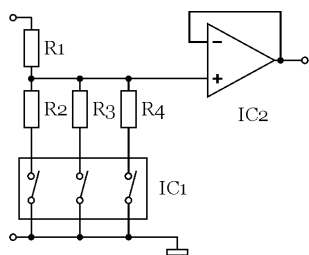
Blok šema naponskog mjernog pretvarača prikazana je na slici 3. Pretvarač se sastoji iz 2 dijela: djelitelja napona i analogno-digitalnog konvertora. Iz sigurnosnih razloga

naponski mjerni pretvarač i mikrokontroler su razdvojeni optokaplerima. Kako se analogno-digitalni konvertor nalazi u sastavu mjernog pretvarača, optokapleri služe samo za prenos digitalnih podataka i ne unose greške pri mjerenju.



Slika 3. Naponski mjerni pretvarač

Uprošćena šema djeljitelja napona prikazana je na slici 4. U ovom slučaju se koristi djeljitelj sa paralelnom vezom otpornika a odnos dijeljenja zavisi od toga koji je otpornik spojen na masu. Kao prekidač ovdje se koristi analogni prekidač IC1 izrađen u poluprovodničkoj tehnologiji. U konkretnom slučaju se kao IC1 koristi integralno kolo ADG 712 [1]. Ovaj analogni prekidač ima tipičnu vrijednost otpornosti $2,5 \Omega$ u režimu provođenja pri naponu napajanja 5 V. S obzirom da su vrijednosti otpornosti djeljitelja značajno veće, ova se vrijednost može zanemariti. Stvarnu otpornost treba uzimati u obzir samo ako se traži povećana tačnost mjerenja.



Slika 4. Djeljitelj napona

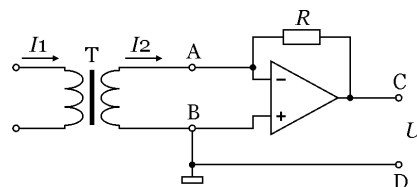
Upravljanje analognim prekidačem IC1 vrši mikrokontroler. Operacioni pojačavač IC2 vrši prilagođenje visoke impendanse djeljitelja na nisku ulaznu impendansu analogno-digitalnog konvertora. Kao IC2 koristi se operacioni pojačavač OP27, a kao analogno-digitalni konvertor - LTC 2362 [2].

Detaljan opis rada naponskog mjernog pretvarača i puna električna šema dati su u [3].

4. STRUJNI MJERNI PRETVARAČ

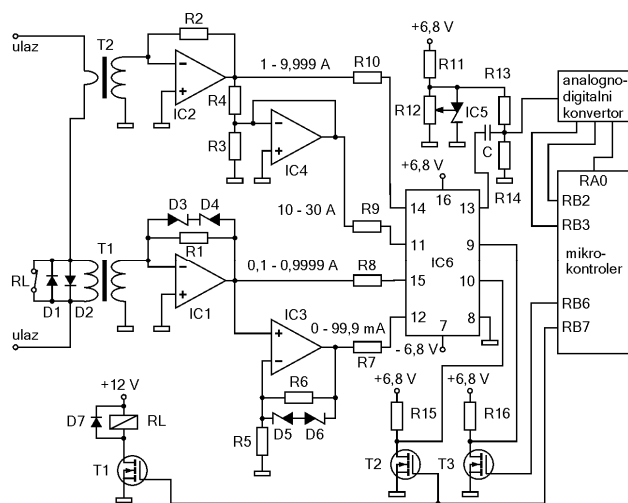
Namjena strujnog mjernog pretvarača je da struju konvertuje u napon koji se dovodi na analogno-digitalni konvertor. Osnovna komponenta strujnog mjernog pretvarača je strujni mjerni transformator. Da bi se smanjila kako fazna tako i greška vrijednosti, transformator se kombinuje sa operacionim pojačavačem kao što je prikazano na slici 5. Za ovakav sklop se često koristi naziv "aktivni strujni mjerni transformator". Rad ovakvog sklopa sastoji se u tome da operacioni pojačavač generiše struju tolike vrijednosti da vrijednost napona između tačaka A i B bude jednaka nuli. Na otporniku R se u tom slučaju javlja pad

napona koji je proporcionalan struji sekundara transformatora pa se, u idealnom slučaju, može smatrati da je napon na izlazu operacionog pojačavača proporcionalan struji koja protiče kroz primar. U realnom slučaju ovakav sklop unosi određene greške koje se moraju korektovati. Korekcija greške vrijednosti se kod ovog pretvarača vršila podešavanjem vrijednosti otpornika R tokom kalibracije. Korekcija fazne greške vrši se softverski.



Slika 5. Strujni mjerni transformator

U realizaciji mjernog uređaja koriste su 2 strujna mjerna transformatora i to jedan za struje manje od 1 A i jedan za struje veće od 1 A. Transformator za struje manje od 1 A ima primarni namotaj sa 10 navojaka. Ovo je urađeno da bi se povećala osjetljivost. Drugi transformator ima samo 1 navojak. Transformatori su vezani redno. U slučaju mjerenja struja većih od 1 A, primar transformatora za manje struje kratko se spaja kontaktom relea. Šema pretvarača prikazana je na slici 6.



Slika 6. Strujni mjerni pretvarač

Radi bolje rezolucije, opseg svakog od ova dva transformatora dijeli se na 2 opsjege. Ovim se dobija da pretvarač ima 4 opsjege: 0-99,9mA; 0,1-0,9999 A; 1-9,999 A i 10-30 A. Odabir opsjege vrši se analognim prekidačem CD4052 (IC6).

5. REFERENTNI NAPON

Referentni napon mjernog uređaja mora imati istu frekvenciju kao i električne veličine koje se mjere. U ovom slučaju, kao referentni napon u odnosu na koji se mjeri fazni pomjeraj, koristi se napon električne mreže 230 V. Ovaj se

napon dovodi na komparator mikrokontrolera preko transformatora. Kako se u ovom slučaju umjesto mjernog koristi običan transformator za napajanje koji unosi određeni fazni pomjeraj, mora se izvršiti korekcija greške. Korekcija se vrši hardverski promjenom nivoa prebacivanja komparatora. Pored ovoga, predviđena je i mogućnost dovođenja referentnog napona direktnim priključenjem preko posebnog otporničkog djelitelja. Ova mogućnost je ostavljena kako zbog povećanja tačnosti mjerenja faznog pomjeraja tako i zbog mogućeg priključenja na izvor čija se frekvencija razlikuje od 50 Hz.

6. OBRADA PODATAKA

Uređaj vrši mjerenje srednjih apsolutnih vrijednosti kako struje tako i napona. Ustvari mjere se samo trenutne vrijednosti a srednje apsolutne vrijednosti se izračunavaju prema relaciji:

$$U = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |u_n| \quad (1)$$

gdje je N – broj odbiraka a u_n – trenutna vrijednost tekućeg odbirka na izlazu analogno-digitalnog konvertora. Sabiranje trenutnih vrijednosti odbiraka vrši se tako što je u memoriji rezervisana lokacija u koju se dodaju vrijednosti po preuzimanju iz konvertora. Paralelno sa ovim, vrši se brojanje odbiraka inkrementiranjem posebne memorijske lokacije. Po završetku mjernog ciklusa, podatak iz prve lokacije dijeli se podatkom o broju odbiraka iz druge lokacije.

Podaci koji se dobijaju sa analogno-digitalnog konvertora nemaju vrijednost u voltima nego u jedinicama konverzije. Čitav postupak izračunavanja srednjih apsolutnih vrijednosti vrši se u ovim jedinicama a tek konačan rezultat se pretvara u jedinice napona i to množenjem konstantom. U ovom slučaju konstanta iznosi 8,47651 a dobijena je kalibracijom. Na displeju se prikazuje samo cjelobrojna vrijednost ovog proizvoda. Decimalni dio se odbacuje jer je to zanemarljivo mala vrijednost a decimalna tačka proizvoda se ne odnosi na decimalnu tačku koju treba prikazati. Položaj decimalne tačke koja se prikazuje na displeju, određuje se odabranim mjernim opsegom mjernog pretvarača a tačka se postavlja prilikom formiranja slike.

Relacija (1) odnosi se i na izračunavanje srednjih apsolutnih vrijednosti struje. Ovo je iz razloga što se u strujnom mjernom pretvaraču struja konvertuje u napon pa se suštinski vrši mjerenje napona. Sve što je navedeno u postupku mjerenja napona odnosi se i na postupak mjerenja struje. Razlika je samo što se prilikom prikazivanja rezultata na displeju iza vrijednosti stavljaju oznake "V" ili "A" zavisno na što se podatak odnosi.

Uzimanje obiraka vrši se u toku pune 4 periode poslije čega se vrši obrada podataka. Ovo je urađeno da se smanji greška koja se može pojaviti u slučaju kraćeg ciklusa jer je uzimanje zadnjeg podatka nesigurno. Istovremeno se ovim vrši i usrednjavanje podataka. Zbog tačnosti mjerenja faznog pomjeraja, brzina odabiranja u ovom mjernom uređaju iznosi

180 ks/s. Međutim, ovakva brzina je nepotrebna za mjerenje napona i struje pa se uzima svaki drugi odbirak tako da brzina iznosi 90 ks/s.

Mjerenje faznih pomjeraja svodi se na određivanje broja odbiraka od trenutka prolaza referentnog napona kroz nulu do trenutka prolaza kroz nulu kako napona tako i struje. Kao prolaz kroz nulu uzima se slučaj kad električna veličina mijenja vrijednost sa negativne u pozitivnu. Trenutak prolaza referentnog napona kroz nulu određuje komparator koji je implementiran u mikrokontroleru. Od tog trenutka broje se odbirci do kraja ciklusa. Prolazi kroz nulu napona i struje određuju se softverski. Pri tom se ne registruju nulte vrijednosti nego posljednji odbirak koji ima negativnu i prvi odbirak koji ima pozitivnu vrijednost. Zatim se trenutak prolaza kroz nulu izračunava. Fazni pomjeraj u stepenima izračunava se prema relaciji:

$$\varphi = \frac{3600 M}{N} n_p \quad (2)$$

gdje je: M – broj punih perioda mjernog ciklusa, N – broj odbiraka mjernog ciklusa, n_p – broj odbiraka od prolaza kroz nulu referentnog napona do prolaza kroz nulu mjerene veličine. Vrijednost koja se dobija po ovoj relaciji je 10 puta veća od stvarne a stvarna vrijednost se prikazuje postavljanjem decimalne talke u toku formiranja slike na displeju.

Ovakav način određivanja faznog pomjeraja omogućava da fazni pomjeraj nije vezan striktno za frekvenciju 50 Hz jer se vrijednost pomjeraja u odbircima preračunava prema stvarnoj frekvenciji. Međutim, povećanje frekvencije povlači za sobom smanjenje rezolucije. Frekvencija odabiranja kod ovog uređaja iznosi 180 ks/s i ona omogućava da rezolucija faznog pomjeraja pri frekvenciji 50 Hz bude 0,1°.

7. MIKROKONTROLER

Zadatak mikrokontrolera je upravljanje mjernim pretvaračima, upravljanje analogno – digitalnim konvertorima, preuzimanje podataka iz konvertora, obrada dobijenih podataka i generisanje slike koja se prikazuje na displeju.

Za realizaciju ovog mjernog uređaja koristi se mikrokontroler dsPIC33FJ64GP802 [4]. Razlog za odabir ovog tipa mikrokontrolera je što ima frekvenciju sistemskog takta 40 MHz a i zbog kućišta koje je pogodno za ručnu motažu. Od ugrađene arhitekture koriste se samo osnovni sklopovi pa se za ovakav mjerni uređaj može koristiti bilo koji mikrokontroler koji ima dovoljno visoku frekvenciju sistemskog takta i dovoljno radne memorije.

Program na bazi kojeg mikrokontroler obavlja mjerenje je u potpunosti originalan, napisan u programskom jeziku Asembler. Ovaj programski jezik se koristio zbog zahtjeva da vrijeme izvršavanja softverskog koda bude kratko jer mikrokontroler u realnom vremenu mora da preuzima

rezultate konverzije, obrađuje te rezultate i generiše sliku na displeju. Ono što je još karakteristično za program je korišćenje originalnih i modifikovanih algoritama za obradu podataka i generisanje slike. Ovi algoritmi su razrađeni ili modifikovani specijalno za ovaj slučaj da bi se mogao koristiti standardni industrijski mikrokontroler bez dodavanja spoljašnje memorije i uz minimalne hardverske dodatke. Hardverski dodaci su u ovom slučaju samo analogno-digitalni konvertori i analogni prekidači za promjene naponskih i strujnih opsjega. U ovom uređaju se koristi displej rezolucije 320x240 piksela sa prikazom u boji. Ako bi se slika formirala u bitmapiranom obliku, za ovakav displej bi se pojavio problem nedostatka memorije kod standardnih mikrokontrolera. Ovaj problem se povećava ako mikrokontroler vrši upravljanje konvertorima i obradu rezultata konverzije. Da bi se riješio problem, u ovom slučaju se ne vrši formiranje slike u bitmapiranom obliku. U bitmapiranom obliku se vrši samo formiranje cifara koje prikazuju rezultate mjerenja. Fazori se formiraju kao vektorski objekti izračunavanjem koordinata tačaka linija. Vrhovi fazora su dati u obliku bitmapiranih objekata sa relativnim koordinatama tačaka u odnosu na referentnu tačku. Referentna tačka je ona u kojoj se dodiruje linija fazora sa vrhom. Vrhovi su u memoriji smješteni u obliku bitmapiranih objekata ali se tokom formiranja slike nadovezuju na linije koje predstavljaju fazore pa se slika fazora, kao kompletan objekat, predstavlja u vektorskom obliku. U radnu memoriju smješta se samo dio slike i to onaj u kome su smještene cifre. Slika fazora se generiše tokom prenosa podataka u displej. Detaljnije o generisanju slike i prenosu podataka u displej dato je u [5]. Ovakvim načinom generisanja slike omogućeno je da je za čitav proces dovoljna radna memorija veličine 12 kB, što je uobičajena memorija kod industrijskih mikrokontrolera. Potrebna količina memorije može se smanjiti i na 8 kB s tim što bi to usporilo proces mjerenja.

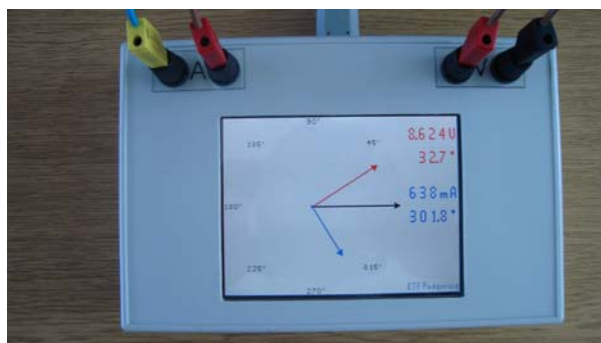
8. DISPLEJ

Za prikazivanje rezultata kod ovog mjernog uređaja koristi se grafički LCD-TFT displej VGG322403-7UFLWA rezolucije 320x240 piksela [6]. Ovaj displej je namijenjen za rad u minijaturnim TV prijemnicima, pa se prenos podataka u njega vrši prema TV standardu. U [6] dat je protokol za formiranje impulsa za sinhronizaciju i prenos podataka. Prema navedenom protokolu, mikrokontroler prvo generiše impulse za vertikalnu i horizontalnu sinhronizaciju pa zatim vrši prenos podataka. Podaci se prenose serijski.

Osobina ovog displeja je da se slika ne mora konstantno obnavljati. Jednom postavljena slika se zadržava nekoliko sekundi bez upadljivih promjena. Ova osobina omogućava da mikrokontroler može izvršiti kompletan postupak mjerenja i

obrade podataka bez prekidanja rada i tek poslije toga prenijeti podatke u displej.

Izgled uređaja prikazan je na slici 7.



Slika 7. Uređaj za mjerenje napona, struje i faznih pomjeraja

9. ZAKLJUČAK

Klasa tačnosti naponskog mjernog pretvarača je 0.5, a strujnog 0.75. Za kalibraciju se koristio mjerni instrument LMG450 proizvodnje Zimmer Electronic Systems. Rezolucija faznog pomjeraja je $0,1^\circ$ što je istovremeno i tačnost mjerenja. Brzina odabiranja je 120 ks/s. Veličina radne memorije potrebne za čitav proces je 12 kB. Prikazivanje rezultata vrši se svakih 0,3 s. Ovo je optimalna vrijednost jer se brže promjene teže prate, a sporije izazivaju nepotrebno čekanje.

LITERATURA

- [1] Analog Devices, Inc. *CMOS Low Voltage 4 _ Quad SPST Switches ADG711 /ADG712 /ADG713*, www.analog.com
- [2] Linear Technology Corporation, *LTC2360/ LTC2361/ LTC2362 100ksps/250ksps/500ksps, 12-Bit Serial ADCs*, www.linear.com
- [3] Aleksandar Dedić, *Jedan metod mjerenja napona baziran na mikrokontroleru*, Informacione tehnologije, Žabljak 2013 godine
- [4] Microchip Technology Inc, *dsPIC33FJxxxGPx02x04 DataSheet*, <http://support.microchip.com>
- [5] Aleksandar Dedić, *Grafičko prikazivanje vektora električnih veličina na tft-lcd displeju*, Informacione tehnologije, Žabljak 2010. godine
- [6] Vebst Electronics LTD, *Product Specification For LCD Module VGG322403-7UFLWA*, www.wbest.com.tw

KAKO SE POTPISUJE PORUKA HOW TO SIGN THE MESSAGE

Duško Parezanović, Dragan Vidaković, Gimnazija, Ivanjica, Srbija

Sadržaj: U ovom radu ćemo potpisati istu poruku pomoću RSA i ECC mehanizama, za ekvivalentan nivo sigurnosti. Upoređićemo zatim vremena potrebna da se poruka potpiše.

Abstract: In this paper we sign the same message RSA and ECC mechanisms, for an equivalent level of safety. Then we compare the time needed to sign a message.

Keywords: Cryptography, Data Integrity, Digital Signature, RSA, ECC

1. UVOD

Imajući u vidu da su algoritmi za faktorisanje broja sve brži i efikasniji, da su procesori sve jači i memorije sve moćnije, sasvim je očigledno da je generisanje sve većih prostih brojeva jedini način očuvanja tajnosti i integriteta podataka korišćenjem RSA (Rivest, Shamir, Adleman) mehanizama. To je razlog što je NSA (National Security Agency) još 2009. upozorila da su 1024 bitni RSA i DH (Diffie - Hellman) parametri sigurni samo do 2010., te da je potrebno, gde je god to moguće, RSA zameniti sa ECC (Elliptic Curve Cryptosystems) mehanizmima.

Razmere disproporcije resursa potrebnih za RSA i ECC mehanizme najbolje ilustruje Tabela 1, koja predstavlja preporuku NSA za broj bita potrebnih za zaštitu ključeva koristeći konvencionalne algoritme za šifrovanje (npr. DES – Data Encryption Standard i AES –Advanced Encryption Standard), zatim RSA, DH i ECC u cilju obezbeđenja ekvivalentne sigurnosti.

Tabela 1. Poređenje broja bita za postizanje ekvivalentne sigurnosti

Simetričan ključ- u bitima	RSA i DH ključ- u bitima	ECC ključ- u bitima
80	1024	160
112	2048	224
128	3072	256
192	7680	384
256	15360	521

Da bi lakše shvatili o čemu se radi, u ovom radu ćemo prikazati kako u stvarnosti izgleda ECC i RSA digitalni potpis iste poruke, a zatim ćemo izmeriti i uporediti vremena potrebna za njihovu realizaciju.

2. ZADATAK I CILJ

Novi načini čuvanja, obrade i prenosa informacija doneli su teškoću koja u klasičnom postupku nije ni približno imala takav značaj. Prekrajanje podataka koji se čuvaju u elektronskoj formi je moguće u takvoj meri, da bi se bez

alata za očuvanje integriteta podataka bilo kakva ozbiljnija komunikacija mogla pokazati besmislenom.

Brojni su primeri za to počev od najjednostavnijih poruka (ali nimalo bezazlenih) tipa: Isplatiti entitetu A \$100, gde se može promeniti i ime i valuta i iznos, pa sve do emitovanja poruka iz zemalja koje ne dozvoljavaju šifrovani saobraćaj, u cilju nadgledanja svih komunikacija.

Upečatljiv je primer iz doba “hladnog rata” kada su posmatrači SAD i SSSR svoje izveštaje o seizmičkim aktivnostima (problem otkrivanja podzemnih nuklearnih proba) morali da šalju u nešifrovanom obliku. Bilo kakva promena teksta je mogla da ima dalekosežne posledice po bezbednost čitavog sveta. Vrlo je važno dakle sačuvati integritet podataka- svojstvo koje obezbeđuje detekciju neautorizovane promene izvora podataka kao i samih podataka.

Digitalni potpis je mehanizam koji nam omogućava zaštitu integriteta poruke. U ovom radu imamo zadatak da potpišemo poruku **Elektrotehnicki fakultet u Beogradu.**, RSA i ECC mehanizmima. Cilj nam je da uporedimo vremena potrebna da uradimo postavljeni zadatak.

Tačnije rečeno, umesto da potpišemo poruku, potpisaćemo njenu hash vrednost

(m): 3f1ca247bba33f43cfb186374908a13724e0b436

ili binarno

```
0011111100011100101000100100011110111011101000110
0111111010000111100111110110001100001100011011101
0010010000100010100001001101110010010011100000101
1010000110110
```

a. RSA DIGITALNI POTPIS

Generisanje ključa za RSA (šifrovanje i digitalni potpis):

Svaki entitet kreira RSA javni i odgovarajući privatni ključ.

Vreme potpisa dobijamo kao zbir vremena potrebnog za generisanje 160 bitnog binarnog broja koje iznosi 15” i vremena potrebnog za množenje početne tačke 160 bitnim binarnim brojem koje iznosi 10”. Ostale operacije su vremenski zanemarljive u oba mehanizma potpisivanja.

3. ZAKLJUČAK

Ako uporedimo vremena digitalnog potpisivanja poruke vidimo da je za potpisivanje poruke RSA mehanizmom potrebno 204 sekunde, dok je za potpisivanje poruke ECC mehanizmom potrebno svega 25 sekundi za isti nivo sigurnosti, što jasno ukazuje na opravdanost preporuke da se sa RSA pređe na ECC mehanizme gde god je to moguće a naročito u okruženjima ograničenih resursa, kao, na primer, u senzorskim mrežama i bežičnim komunikacijama uopšte, pametnim karticama i slično.

LITERATURA

[1] National Security Agency – NSA, The Case for Elliptic Curve Cryptography, (pristup 22.08.2014.g.) dostupno na http://www.nsa.gov/business/programs/elliptic_curve.shtml

[2] Vidakovic D., “Analysis and implementation of asymmetric algorithms for data secrecy and integrity protection”, Master Thesis (mentor Jovan Golic), Faculty of Electrical Engineering, Belgrade, Serbia, 1999.

[3] Menezes A., van Oorschot P. C., Vanstone S., Handbook of Applied Cryptography, CRC Press, New York, 1997.

[4] Koblitz N., “Elliptic Curve Cryptosystems”, Mathematics of Computation, 48, pp. 203-209, 1987.

[5] Miller V., “Uses of elliptic curves in cryptography”, Advances in Cryptology: proceedings of Crypto ‘85, Lecture Notes in Computer Science, vol. 218. New York: Springer-Verlag, 1986., pp 417-426.

[6] Johnson D., Menezes A. and Vanstone S., “The Elliptic Curve Digital Signature Algorithm (ECDSA)”, Certicom Research, Canada

[7] Vidakovic D., Parezanovic D., “Generating Keys in Elliptic Curve Cryptosystems”, International Journal of Computer Science and Business Informatics (IJCSBI) (ISSN: 1694-2108), Vol 4, No 1 (2013), August

NESPECIFICIRANI USLOVI U IMPLEMENTACIJI ALGORITAMA PRI REŠAVANJU LOGIČKIH ZADATAKA UNSPECIFIED CONDITIONS IN THE IMPLEMENTATION OF ALGORITHMS IN SOLVING LOGICAL PROBLEMS

Radiša Stefanović, Aleksa Srdanov, *Visoka tehnička škola strukovnih studija Požarevac*

Sadržaj: *U ovom radu se analizira postojanje nespecificiranih uslova vezanih za dobijanje jedinstvenog rešenja prilikom rešavanja logičkih problema uz pomoć računara. Analiziraju se osnovni problemi najopštije tehnike logičkog mišljenja pod nazivom „pokušaj-greška“ i njegove implementacije. Ukazuje se na postojanje uslova bez kojih se nikako ne može dobiti jedinstveno rešenje, a koji se u okviru postavke zadatka kontekstno podrazumevaju.*

Abstrakt: *In this paper we analyze the existence of unspecified conditions related to finding a unique solution when solving logical problems with the help of computers. Main problems of the most general technique of logical thinking called "trial-error" and its implementation are being analyzed. It is pointed to the existence of conditions which he can not get a unique solution without. Those conditions are meant within the contextual setting of the task.*

1. UVOD

Prilikom rešavanja logičkih problema se po pravilu uvek pojavljuju dodatni uslovi koji se eksplicitno ne zadaju već se podrazumevaju. To stvara veliku poteškoću u implementaciji logičkih algoritama. Ovaj rad prezentuje neke od tih nedorečenosti i probleme koji zbog toga proističu. Kroz dva primera ilustriraće se rešavanje logičkih problema interesantnih sa edukativnog aspekta.

2. OSNOVNI PROBLEMI

Po pravilu, logički zadaci zahtevaju misaonu aktivnost prilikom pokušaja njihovog rešavanja. Međutim, kompletna misaona aktivnost se u suštini ne obavlja po određenim veoma strogim pravilima. Čak da je i to slučaj takva pravila još uvek nisu prepoznata kao algoritam. Neki misaoni postupci su prepoznati i pretvoreni u algoritme i kao takvi dozvoljavaju svoju implementaciju prilikom svoje primene u rešavanja nekih logičkih zadataka upotrebom računara. Postupak rešavanja mnogih logičkih zadataka po pravilu se svodi na postavljanje izvestnog broja iskaza koje treba analizirati s obzirom na njihovu istinitost i potom izvesti zaključak primenom odgovarajućeg logičkog zakona. Jedan od najopštijih logičkih algoritama kojim čovek rešava mnoge logičke zadatke poznat je pod nazivom „pokušaj-greška“, koji se sastoji u formiranju pretpostavke, pa potom proveravanja njene valjanosti, [1]. Kada neka od tih pretpostavki bude prepoznata kao tačna prekida se postupak i posmatrani slučaj se smatra rešenjem.

Računar to može da radi skoro identično i da za razliku od čoveka proveri i sve preostale mogućnosti, ma koliko ih

bilo, i tako pronade sva moguća rešenja. Provera svih kandidata za rešenja obično se naziva „gruba sila“.

Prilikom implementacije metoda „grube sile“ postoji nekoliko osnovnih problema koje treba algoritamski razrešiti. Osnovni su:

- 1) Osmisliti i pripremiti zadatak za algoritamsko rešavanje.
- 2) Omogućiti formiranje svih valocija istinitosnih vrednosti logičkih iskaza koji u zadatku učestvuju s obzirom na jedine dve mogućnosti: da su tačni ili netačni.
- 3) Povezati logičke iskaza u logičke formule i formirati odgovarajuću algebarsku prezentaciju istih koja ih po pravilu minimizira.
- 4) Formirati proceduru za prikazivanje rešenja.

U primerima koji slede pokušano je ukazati na specifičan problem ispoljen kroz potrebu osmišljavanja dodatnih uslova koji nisu eksplicitno dati u postavci zadatka. U protivnom se za rešenje dobija veći broj kandidata. Potreba osmišljavanja takvih ne eksplicitno datih uslova je glavni razlog nemogućnosti sastavljanja veoma opšteg algoritma s obzirom na prethodno razmatrenu metodu.

Metod „pokušaj-greška“ je moguće dekomponovati u veoma opšte procedure kojima se može rešavati veoma široka klasa logičkih zadataka na način da se pri tome promene koje treba izvršiti unutar tih procedura mogu tipizirati u okviru nekoliko funkcija. Najopštija dekompozicija ovog algoritma se može svesti na tri nezavisne funkcije i to:

1. Osmišljavanje funkcije koja formira sve moguće pretpostavke i uslove zadatka. Ona obično može biti implementirana u okviru samog programa koji po

pravilu nije nikada predugačak s obzirom na količinu potrebnog koda.

2. Osmišljavanje funkcija odlučivanja koje sadrže logičke uslove kao proveru postavljenih zahteva. U svakom slučaju ove funkcije obrađuju sve potrebne uslove date u zadatku.
3. Osmišljavanje funkcije koja prikazuje rešenje.

Nema svaki zadatak rešenje i ne može se svaki zadatak rešiti - su istinite činjenice i samo produbljuju problematiku izloženu kroz prethodna tvrdjenja. Najslikovitije objašnjenje svega rečenog je prikaz kroz rešavanje sledećih primera, [2].

Primer 1. Tri mlada arheologa su iskopala ćup u zemlji. Posle malo posmatranja prvi je rekao: „Ovaj ćup je Grčki, a napravljen je u petom veku“. Drugi je rekao: „Ćup je Feničanski i napravljen je u trećem veku“. Treći je rekao: „Ovaj ćup nije Grčki, a napravljen je u četvrtom veku“. Kada su se obratili profesoru on im je posle detaljnog razmatranja rekao: Svako od vas, rekao je jednu istinitu i jednu neistinitu tvrdnju. *Odredimo šta je istinito, a šta nije.*

Analiza problema. U ovakvim zadacima svaki iskaz može imati dve vrednosti: tačno 1 ili netačno 0. Program treba da prođe kroz sve moguće varijacije iskaznih vrednosti i proveriti saglasnost sa postavkom zadatka. Pod pretpostavkom da postoje tri razna iskaza onda je sve varijacije iskaznih vrednosti moguće postići sa tri ugnježdene **for** petlje na sledeći način:

```
for (a = 0; a < 2; a++)
    for (b = 0; b < 2; b++)
        for (c = 0; c < 2; c++)
            { provera uslova; }
```

Sada je neophodno formirati uslove koje je potrebno testirati. U tu svrhu uvedimo sledeće oznake za iskaze. Označimo redom sledeće izkaze sa:

- a : ćup je Grčki,
- b: ćup je Feničanski,
- c: nalaz je iz petog veka,
- d: nalaz je iz trećeg veka i
- e: nalaz je iz četvrtog veka.

Sada se iskazi u zadatku redom mogu zapisati kao:

$$(a \wedge \neg c) \vee (\neg a \wedge c) \Leftrightarrow T,$$

$$(b \wedge \neg d) \vee (\neg b \wedge d) \Leftrightarrow T \text{ и}$$

$$(\neg a \wedge \neg e) \vee (a \wedge e) \Leftrightarrow T.$$

Pretvorićemo logičke formule u algebarske i iskoristićemo činjenicu da je $x^2 = x$. Generalno gledano, logičke formule nije potrebno pretvarati u odgovarajuće algebarske i zameniti sve logičke operacije sa algebarskim ali interesantno je da se time veći broj uslova znatno pojednostavi, [3]. Osim toga, treba se priseliti da jedan postupak minimizacije logičkih formula upravo ide kroz pretvaranje logičkih formula u algebarski ekvivalent, [4].

Ako bismo samo pod ovim pretpostavkama sastavili algoritam za moguće rešenje bi se pojavio veći broj različitih kandidata. Tako dolazimo do potrebe za uslovima koji nisu eksplicitno dati ali koji broj svih mogućih rešenja svode na manji broj različitih slučajeva. U ovom slučaju potrebno je iskoristiti uslov koji je posledica činjenice da ćup ne može biti istovremeno iz dva različita veka kao i činjenice da ne može biti istovremeno Grčki i Feničanski. Tako dobijamo četiri nova uslova data sa: $a \wedge b \Leftrightarrow \perp$, $c \wedge d \Leftrightarrow \perp$, $c \wedge e \Leftrightarrow \perp$ и $d \wedge e \Leftrightarrow \perp$.

Druga funkcija je time dobila svoj oblik. Funkcija za proveru ispunjenosti uslova bi mogla da bude napisana na sledeći način, [5]:

```
int proveri(int a1, int b1, int c1, int d1, int e1)
{
    int f, g; f = (a1 + c1 - 2*a1*c1)*(b1 + e1 - 2*e1*b1)*(1 - a1 - d1 + 2*a1*d1);
    g = a1 + b1 - a1*b1+c1 + d1 - c1*d1+ c1 + e2 - c1*e1+e1 + d1 - e1*d1;
    if ((f == 1) && (g == 0)) return 1; else return 0; }
```

Za prikaz rešenja, sastavićemo funkciju koja omogućava da korisnik dobije gotove delove iskaza koji su tačni ili netačni bez potrebe da se gleda u nekakvo šifrovanje, [6].

```
void prikazi_resenje( int a1, int b1, int c1, int d1, int e1) {
    if (a1 == 1) printf("Cup je Grcki\n ");
    if (b1 == 1) printf("Cup je iz petog veka\n");
    if (c1==1) printf("Cup je Fenicanski\n");
    if (d1==1) printf("Cup je iz treceg veka\n");
    if (e1 == 1) printf("Cup je iz cetvrtog veka\n"); }
```

Kako ima pet iskaza program mora da se sastoji od pet ugnjeđenih **for** petlji. Mogao bi da izgleda ovako:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int proveri(int a1, int b1, int c1, int d1, int e1);
void prikazi_resenje( int a1, int b1, int c1, int d1,int e1);
int main() {
    int a , b, c, d, e;

    for (a = 0; a < 2; a++)
        for ( b = 0; b < 2; b++)
            for (c = 0; c < 2; c++)
                for (d = 0; d < 2; d++)
                    for ( e = 0; e < 2; e++)
                        if (proveri(1, b, c, d, e) == 1)
                            prikazi_resenje(a, b, c, d, e);
    system("PAUSE"); return 0;
}
```

Posle startovanja programa dobija se sledeći ispis na ekranu:

Cup je iz petog veka. Cup je Fenicanski.

Press any key to continue . . .

Primer 2. Ako je poznato da je na novogodišnjoj žurci Maca bila zaljubljena u muškarca koji je voleo Jucu, Mika voleo devojkicu koja je bila zaljubljena u Stevu, a Sanja jurila muškarca koji je bio zaljubljen u Macu, Laza jurio devojkicu koja je volela muškarca koji je bio zaljubljen u Cecu, a Mira opsedala muškarca koji je jurio za devojkicom koja je bila zaljubljena u Miku. Odredi devojkicu u koju je bio zaljubljen Žika.

Analiza problema. Iz postavke zadatka može se zaključiti da je na toj žurci bilo najmanje pet momaka i pet devojkica. Ako sa strelicom označimo činjenicu da osoba A juri osobu B onda se ceo zadatak može prikazati kroz sledećih pet lanaca:

- 1) Maca → M3 → Juca
- 2) Mika → Ž2 → Steva
- 3) Sanja → M2 → Maca
- 4) Laza → Ž3 → M4 → Ceca
- 5) Mira → M1 → Ž1 → Mika

Zadatak je da se oznake **M1**, **M2**, **M3**, **M4** zamene sa nekim od imena: Mika, Laza, Pera, Steva i Žika, a **Ž1**, **Ž2**, **Ž3** sa nekim od imena: Mira, Sanja, Maca, Juca i Ceca tako da u datim lancima nema protivurečnosti. Funkcija koja formira sve mogućnosti sadrži 10 ugnjeđenih ciklusa. Sa ovako postavljenim uslovima dobili bismo mnogo različitih rešenja koja zadovoljavaju samo date uslove zadatka. Za jedinstvenost rešenja ovde je neophodno učiniti još nekoliko dodatnih pretpostavki koje nisu eksplicitno date. Kao prvi se nameće uslov da ljubav ni u jednom paru nije obostrana. Međutim, i pod tim dodatnim uslovom računar će ponuditi dva moguća rešenja.

Svakom muškarcu, po već navedenom spisku, kao i devojkama, pridružićemo redom brojeve od 0 do 4. Devojke su redom: Mira, Maca, Juca, Sanja i Ceca. Mladići su: Mika, Steva, Laza, Pera i Žika.

Za prikaz njihovih veza iskoristićemo dva niza **vezeM[5]** i **vezeZ[5]** koje ćemo tretirati kao prikaz funkcije rastrojnja. Prva potrebna funkcija će iz datih uslova formirati elemente matrica **vezeM[5]** i **vezeZ[5]**, koji se dobijaju iz uslova 1) – 5). Osim toga, pomenuti nizovi moraju sadržati sve šifre od 0 do 4.

Tako je definisan i sadržaj funkcije provere. Za to može poslužiti sledeća funkcija.

$$2^a + 2^b + 2^c + 2^d + 2^e = 31 \Leftrightarrow$$

a, b, c, d, e su permutacija od 0, 1, 2, 3 i 4.

Funkcija provere uslova bi mogla biti sledeća.

```
int proveru(int vezeZ[], int vezeM[]) {
    int i, ok = 0, sM = 0, sZ = 0;
    for (i = 0; i < 5; i++) sM += pow(2, vezeM[i]);
```

```
    for (i = 0; i < 5; i++) sZ += pow(2,
vezeZ[i]);
    if ((sM == 31) && (sZ == 31))
if((vezeM[vezeZ[1]]==2)&&(vezeZ[vezeM[0]]==1)
&&(vezeM[vezeZ[3]]==1))
if((vezeM[vezeZ[vezeM[2]]]==4)
&& (vezeZ[vezeM[vezeZ[0]]] == 0)) {
for (i = 0; i < 5; i++)
if (vezeM[vezeZ[i]] == i) ok = 1;
if (ok == 0) return 1; }
return 0; }
```

Za funkciju koja prikazuje rešenje dovoljno je da prikazuje samo traženu vezu. Ona je sadržana u elementu **vezeM[4]**. Za to je dovoljno unapred zadati sva imena pa pomoću indeksa dobiti traženo ime. Takva funkcija bi mogla imati oblik:

```
void prikazi_resenje(int sifra) {
    switch(sifra){
case 0: printf("Zika voli Miru \n"); break;
case 1: printf("Zika voli Macu \n");break;
case 2: printf("Zika voli Jucu \n"); break;
case3: printf("Zika voli Sanju \n"); break;
case 4: printf("Zika voli Cecu \n"); }
}
```

Program bi sada mogao imati sledeći izgled.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
int proveru(int vezeZ[], int vezeM[]);
void prikazi_resenje(int sifra);
int main() {
    int vezeM[5], vezeZ[5], i, m1, m2, m3,
m4, m5, z1,z2, z3, z4, z5;
    for (m1 = 0; m1 < 5; m1++)
        for (m2 = 0; m2 < 5; m2++)
            for (m3 = 0; m3 < 5; m3++)
                for (m4 = 0; m4 < 5; m4++)
                    for (m5 = 0; m5 < 5; m5++)
                        for (z1 = 0; z1 < 5; z1++)
                            for (z2 = 0; z2 < 5; z2++)
                                for (z3 = 0; z3 < 5; z3++)
                                    for (z4 = 0; z4 < 5; z4++)
                                        for (z5 = 0; z5 < 5; z5++)
{
vezeZ[0] = z1; vezeZ[1] = z2; vezeZ[2] = z3;
vezeZ[3] = z4; vezeZ[4]=z5;
vezeM[0]=m1;vezeM[1] = m2;vezeM[2] = m3;
vezeM[3]=m4;vezeM[4]=m5;
if(proveru(vezeZ,vezeM)==1)prikazi_resenje(vezeM[4]
); }
system("pause"); return 0;
}
```

Posle startovanja program daje sledeći izveštaj

Mladići 31024
Devojke 43210
Mladići 31042
Devojke 34210

Mladić na rednom broju 4 (Žika) je zaljubljen u devojke na rednom broju 4 (Cecu), te rednom broju 2 (Jucu).

Rešenje problema bi glasilo:

Zika voli Cecu. Zika voli Jucu.

Press any key to continue . . .

3. ZAKLJUČAK

U radu su kroz dva primera prikazani rezultati rešavanja logičkih problema uz pomoć računara primenom programskog jezika C. Analizirani su primeri koji mogu biti interesantni za primenu tehnike logičkog mišljenja pod nazivom „pokušaj-greška“. Kroz provedene primere pokazuje se, da se uz dobru pretpostavku čoveka i upotrebom računara sa nizom pomoćnih programa kao alata, u razumnom vremenu može doći do željenog cilja. Kako nije moguće napraviti univerzalni algoritam koji bi svaki logički problem jednoznačno rešavao, to je logičko zaključivanje i odabir alata neizostavno obaveza čoveka. Na kraju i samo rešenje ima smisla samo za dalju aktivnost čoveka, dok je računar samo pomogao da se u razumnom vremenu odradi zadati posao.

Kroz dva navedena praktična primera, vidi se opravdanost konstatacije da tandem čoveka i računara donosi znatnu uštedu vremena, pri rešavanju logičkih problema.

Osnovna ideja rada je sadržana u analizi logičkih problema koje su autori rešavali pomoću računara pre oko 25 godina. U to vreme postajalo je veoma izraženo ograničenje u mogućnostima tadašnjih računara i taj problem je istisnuo neke druge problem, koji su sa današnje tačke veoma važni, ali su tada morali biti zanemareni. Odgovor na pitanje da li

smo sada bliže izradi algoritma koji bi rešavao logičke probleme je i dalje – ne.

Pre pola veka, pojavom veštačke inteligencije činilo se da će vrlo brzo biti algoritimizovani metodi ljudskog mišljenja. Danas postajemo sve više svesni da smo veoma daleko od algoritama koji su u našoj svesti već ugrađeni.

LITERATURA

- [1] **D. Stably**, *Logical programming with system /360*, New York 1970.
- [2] **Валентин Николајевич Касаткин**, *Логичко програмирање кроз занимљиве задатке*, Киев 1980.
- [3] **M. Petković**, *Zanimljivi matematički problemi velikih matematičara*, Društvo matematičara Srbije, Beograd, 2008.
- [4] **I. Anić**, *Kognitivni procesi u rešavanju matematičkih problema u realnom kontekstu*, doktorska disertacija, Novi Sad, 2011.
- [5] **Aleksa S. Srdanov**, *Rešavanje logičkih zadataka upotrebom računara*, Zbornik radova Visoke tehničke škole, Požarevac 2012.
- [6] **R. Stefanović, A. Srdanov**, *Upotreba računara za dešifrovanje poruka*, Vojnotehnički glasnik 2, Beograd 2014.

EMULACIJA SDN MREŽA SOFTVERSKIM ALATOM MININET SDN NETWORK EMULATION WITH MININET SOFTWARE TOOL

Matija Ratković, Slavica Tomović, Nikola Žarić, Milutin Radonjić, Igor Radusinović, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: *Mininet je softverski alat koji omogućava emulaciju softverski definisanih mreža baziranih na OpenFlow arhitekturi. Emulaciono okruženje koristi resurse jednog računara za kreiranje virtuelnih instanci mrežnih uređaja i hostova. Mininet instalacioni paket uključuje brojne ugrađene skripte za rad se nekim od standardnih mrežnih topologija, ali i nudi bogat set Python biblioteka koji omogućava brz razvoj i testiranje proizvoljnih mrežnih prototipova i protokola, programa za analizu i kontrolu saobraćaja. Kako emulirani host u Mininetu predstavlja jednu virtuelnu mašinu, na njemu se mogu pokretati i realne aplikacije za Linux računare. U ovom radu dat je pregled osnovnih funkcionalnosti Minineta i instrukcije za rad sa proizvoljnim topologijama.*

Abstract: *Mininet is software tool that enables emulation of software-defined networks based on the OpenFlow architecture. Emulation environment uses the resources of a single computer to create virtual instances of network devices and hosts. Mininet installation package includes number of built-in scripts for emulation of several standard network topologies, but also offers reach set of Python libraries which allow fast development and testing of arbitrary network prototypes and protocols, programs for traffic analysis and control. Since emulated host in Mininet represents one virtual machine, real applications for Linux-based computers can be run on it as well. In this paper overview of basic Mininet functionalities is given, with instructions for emulation of arbitrary topologies included.*

1. UVOD

Osnovni koncepti Interneta zaživjeli su šezdesetih, a njegovi ključni protokoli osmišljeni su sedamdesetih godina. Poslije četiri decenije ogromnog uspjeha, najveći dio početnog dizajna ostao je nepromijenjen. Međutim, sada se razvijaju aplikacije koje se u mnogome razlikuju od onih koje su inicijalno korišćene, što sa sobom donosi novi set zahjeva u pogledu kvaliteta servisa, mobilnosti i bezbjednosti koje Internet nije u stanju da zadovolji zbog svojih ograničenja. Osnovni uzrok ovih problema je previše kompleksna kontrolna ravan koja je distribuirana u sve mrežne uređaje. Naime, u zastupljenoj mrežnoj arhitekturi svaki uređaj pored prosleđivanja učestvuje u izvršavanju drugih funkcija mreže. Ovakav koncept ne obezbijeduje mrežnim aplikacijama apstrahovan pogled na fizičku strukturu mreže što je rezultovalo kompleksnošću kao jednim od osnovnih ograničenja današnjih mreža. Zbog toga se, za današnje zahtjeve krosnika, prijeko potrebno upravljanje obavlja na vrlo problematičan način koji zahtijeva dobro poznavanje mrežne opreme i pojedinačno konfigurisanje uređaja, što značajno ograničava fleksibilnost pri implementiranju novih funkcionalnosti.

Kao rezultat napora uloženi u prevazilaženje ovih problema nastao je koncept softverski definisanog umrežavanja (*SDN-Software Defined Networking*) [1]. Kod SDN arhitekture kontrolna logika je razdvojena od hardvera za prosleđivanje i prepuštena logički centralizovanom kontroleru. Kada bi se napravila analogija između SDN mreže i računara, kontroler bi predstavljao mrežni operativni sistem, koji ima globalni pregled mreže i pruža uvid u stanje

svih njenih resursa. Kontroler vrši apstrakciju mrežnih resursa što omogućava pokretanje novih aplikacija i servisa tretirajući čitavu mrežu kao jedan logički entitet. Pri tome pruža automatsku izolaciju u skladu sa njihovim zahtjevima i prioritetima. Koncept programabilne mreže obećava bolju iskorišćenost resursa, jer se kontrolne odluke mogu dinamički prilagođavati promjenljivim uslovima.

Jedan od trenutno velikih izazova u razvoju SDN-a je testiranje SDN aplikacija u realnom okruženju. S obzirom da je riječ o novoj tehnologiji, uprkos svom potencijalu koji ona ima, bez adekvatnog testiranja, primjena njenih aplikacija je veoma upitna. Činjenica je da mnogobrojni simulacioni alati mogu biti od velike pomoći prilikom analiziranja uticaja predložene izmjene na mrežu, ali praksa pokazuje da njihova predviđanja često nisu dovoljno precizna zbog pojednostavljenosti i ograničenosti korišćenih modela i podešavanja. Sa druge strane, eksperimentisanje u realnim uslovima je veoma teško jer mrežni operateri obično ne žele bilo kakvu modifikaciju svojih mreža ukoliko one nisu detaljno testirane kroz više prototipova ili pilota mreže. Stoga, testiranje na hardveru najčešće podrazumijeva nabavku opreme koja je prilično skupa.

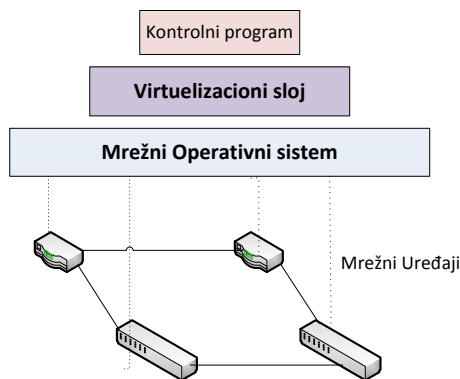
Rješenje navedenog problema koje daje najbrže i pouzdane rezultate je emulacija. Radi se o softverskoj imitaciji, tj. kopiji realne mreže u okviru operativnog sistema jednog računara. U slučaju SDN-a, Mininet [2] je trenutno jedino rješenje koje nudi ovu mogućnost. U istraživačkim krugovima se pokazalo da Mininet sa iznenađujuće dobrim stepenom tačnosti emulira multi-gigabitne mreže sa hiljadama OpenFlow *switch*-eva, hostova i kontrolera [3]. Motivisani njegovim značajem za naučnu zajednicu koja se bavi

istraživanjima u savremenim računarskim mrežama, u ovom radu dat je pregled osnovnih funkcionalnosti Minineta, uključujući i jedan primjer njegove primjene.

Rad je organizovan na sledeći način. U drugom poglavlju predstavljeni su struktura i standardi za SDN mreže. Tu je dat poseban osvrt na *OpenFlow* kao najzastupljeniji standard za komunikaciju između SDN uređaja i kontrolera. U trećem poglavlju su predstavljene osnovne funkcionalnosti Minineta i postupak rada sa različitim topologijama. Takođe predstavljen je Mininet API (*Application Programming Interface*), koji služi za efiksan razvoj novih mrežnih aplikacija. U četvrtom poglavlju je dat primjer realizacije jednog mrežnog okruženja u ovom softverskom alatu, i rezultati emulacije pri zadatom saobraćaju. Konačno, u šestom poglavlju su iznijeti osnovni zaključci rada.

2. SDN STRUKTURA I STANDARDI

Na Slici 1 je dat šematski prikaz nivoa mrežne kontrole kod SDN mreže. Računarska mreža može biti sama po sebi dosta kompleksna tako da njen globalni pregled podrazumijeva razmjenu velike količine podataka. U tu svrhu je implementiran virtuelizacioni sloj, koji filtrira prikupljene informacije iz mreže i kontrolnoj aplikaciji prosleđuje samo one koje su joj potrebne. Ovakva organizacija omogućava laku implementaciju novih protokola i servisa jer se ne zahtijeva detaljno poznavanje implementacije postojećih mrežnih funkcionalnosti.



Slika 1: Nivoi mrežne kontrole kod SDN mreže

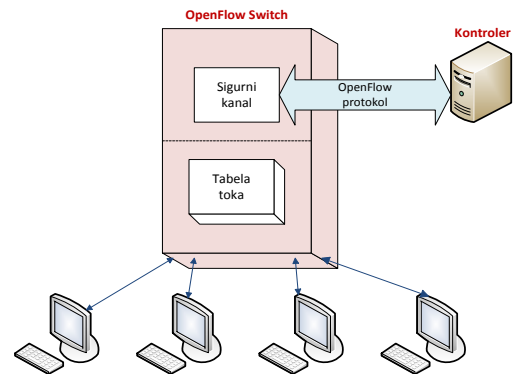
Kako je SDN kontrolna logika dislocirana van mreže, veoma bitan aspekt za funkcionisanje i razvoj ove tehnologije je standardizacija komunikacije između ravni podataka (uređaji za prosleđivanje) i ravni kontrole gdje je smještena mrežna inteligencija. Aktuelni standardi u ovoj oblasti su SoftRouter [4], ForCES [5] i OpenFlow [6]. Kako je tema ovog rada Mininet, koji ima podršku za OpenFlow protokol, u nastavku će biti opisane neke od funkcionalnosti ovog standarda.

Pored toga što je otvoreni protokol koji omogućava kontroleru da upravlja uređajima u ravni podataka (bilo fizičkih bilo virtuelnih), OpenFlow u širem smislu definiše standard i arhitekturu. Kao standard, OpenFlow predstavlja set specifikacija i funkcionalnosti koje mrežni uređaj treba da ispunjava da bi bio tzv. *OpenFlow switch*. Sa aspekta mreže

kao cjeline OpenFlow može biti posmatran i kao arhitektura koja definiše tri dijela:

1. OpenFlow (OF) *switch* – mrežni uređaj koji podržava OpenFlow protokol, tj. koji može da prosleđuje pakete prema instrukcijama SDN kontrolera, definisanim u tzv. tabeli tokova;
2. Kontroler – softverski program koji obavlja poslove kontrole i popunjava tabele tokova na *OpenFlow switch*-evima;
3. Sigurnosni kanal – interfejs koji povezuje kontroler sa *OpenFlow switch*-evima.

Na Slici 2 je pikazana OpenFlow arhitektura. Kontroler je izmješten van mreže, i programira njeno ponašanje na nivou saobraćajnog toka. To je značajna promjena u odnosu na današnje mreže, bazirane na IP protokolu, koje ne pružaju ovaj nivo kontrole.



Slika 2: OpenFlow arhitektura

OpenFlow omogućava daljinsko upravljanje mrežom tako što dodaje, modifikuje i uklanja pravila za prosleđivanje paketa. Kontroler proaktivno ili reaktivno donosi odluke rutiranja određenog vijeka trajanja. Ove odluke se upisuju u tabelu tokova OF *switch*-a, tako da OF *switch* samo vrši prosleđivanje paketa čija se polja u zaglavlju poklapaju sa poljima koja su upisana u tabeli tokova. Paketi za koje ne može naći poklapanje, tj. koji ne pripadaju ni jednom od već definisanih tokova, šalju se kontroleru. Kontroler odlučuje da li će u tabelu tokova biti upisan novi tok, kojem ovaj paket pripada, ili će paket biti odbačen. Za definiciju toka u tabeli mogu se koristiti polja sa raznih nivoa TCP/IP arhitekture, uključujućih: izvorišni i destinacioni broj porta, izvorišnu i destinacionu IP adresu, izvorišnu i destinacionu MAC adresu, VLAN ID i prioritet, ToS (*Type of Service*), tip Ethernet-a i identifikator interfejsa uređaja na koji je paket stigao.

3. MININET

Mininet je besplatan softverski alat razvijen za Linux okruženja koji omogućava brzu izradu prototipova velikih mreža na ograničenim reoursima jednog računara. Kreiran je zbog potrebe podsticanja istraživanja u oblasti SDN mreža. Uz pomoć Minineta korisnici mogu kreirati novu mrežnu funkcionalnost, ili potpuno novu arhitekturu, testirati je na velikim topologijama sa realnim saobraćajem, i zatim primijeniti isti kod i testne skripte na komercijalnoj mreži. Čitava mreža se može upakovati kao jedna virtuelna mašina, tako da se može prenositi sa računara na računar, pokretati i modifikovati od strane više korisnika. Sama emulacija mreže

vrši se posupkom "lake" virtuelizacije operativnog sistema, tako da jedan sistem oponaša čitavu mrežu koristeći jedan kernel i korisnički kod. Hostovi kreirani u Mininetu ponašaju se kao pravi računari. Mogu se kontrolisati putem SSH(*Secure Shell*) konekcije i izvršavati realne aplikacije koje podršava Linux sistem na kojem je Mininet instaliran. Programi pokrenuti na hostovima šalju pakete kroz emulirane Ethernet interfejsse čija se kašnjenje i propusnost mogu podešavati. Virtuelni OF *switch* ili ruter obrađuje pakete kao pravi uređaj, emulirajući ponašanje u redovima čekanja.

Prednosti Minineta su brzina i lakoća pokretanja raznih topologija, mogućnost korišćenja gotovih alata za monitoring mreže (npr. *Wireshark* [7]) i podrška za OpenFlow protokol. Pored toga, Mininet je kao *open-source* projekat lako dostupan i može se pokrenuti na svakom računaru koji zadovoljava minimalnu konfiguraciju od 2 GB RAM memorije i procesor sa minimum dva jezgra takta 1.2 GHz. Međutim, postoji nekoliko nedostataka. Ključna stvar koju treba imati u vidu je da se prilikom ispitivanja performansi mreže moraju koristiti sporiji linkovi (od 10 Mb/s ili 100Mb/s) umjesto standardno konfigurisanih 10 Gb/s linkova. Ovo ograničenje je posledica softverske prirode uređaja za prosleđivanje koji dijele CPU i memorijske resurse, i obično imaju znatno slabije performanse od hardverskih rešenja. Dalje, Mininet koristi jedan Linux kernel za sve virtuelne hostove, što znači da nije moguće pokretati softvere koji su dizajnirani za Windows ili neki drugi operativni sistem. Takođe, za emulaciju SDN mreža bitno je napomenuti da Mininet ne kreira kontrolnu logiku, već se željeni model rutiranja mora implementirati na odgovarajućem kontroleru koji se može, ali ne mora, izvršavati na istom računaru.

3.1 KREIRANJE TOPOLOGIJA

Ako nije precizirano, prilikom pokretanja Mininet će emulirati osnovnu topologiju sa dva hosta, *OpenFlow switch*-em i standardnim kontrolerom. Pored osnovne topologije, preko komandne linije mogu se kreirati još linearna, stablo, *mesh* i *fat-tree* topologija [3]. Za unijeti parametar k , linearna topologija sadrži k OF *switch*-eva i k hostova. Svaki host povezan je na jedan od *switch*-eva. Stablo topologija sadrži k nivoa i 2 hosta za svaki *switch*. Kod *mesh* topologije svi *switch*-evi su međupovezani. *Fat-tree* je jedna od standardnih topologija *data* centara.

Nakon kreiranja topologije, startuje se Mininet CLI (*Command Line Interface*), u okviru kojeg se može vršiti dalja analiza. Na raspolaganju stoji veliki broj komandi za testiranje funkcionalnosti i performansi mreže, kao što su: *pingall* - koja automatski pokreće komandu *ping* za sve moguće kombinacije izvor-destinacija, i *iperf* - koja provjerava dostupnu propusnost na putanjama između hostova.

U sklopu Minineta je ugrađen API za programiranje aplikacija u programskom jeziku *Python*. Ovaj API sadrži različite klase i podklase koje se koriste za kreiranje proizvoljnih topologija, različitih modela OF *switch*-eva, hostova, linkova, kontrolera i drugih elemenata koji se mogu pokrenuti u Mininetu. Sa nekoliko linija *Python* koda moguće je napraviti skriptu koja kreira topologiju, izvršava višestruke

komande na hostovima i prikazuje odgovarajuće rezultate. Na primjer, skripta:

```
from mininet.net import Mininet
from mininet.topolib import TreeTopo
tree4 = TreeTopo(depth=2,fanout=2)
net = Mininet(topo=tree4)
net.start()
h1, h3 = net.hosts[0], net.hosts[2]
print h1.cmd('ping %s' % h3.IP())
net.stop()
```

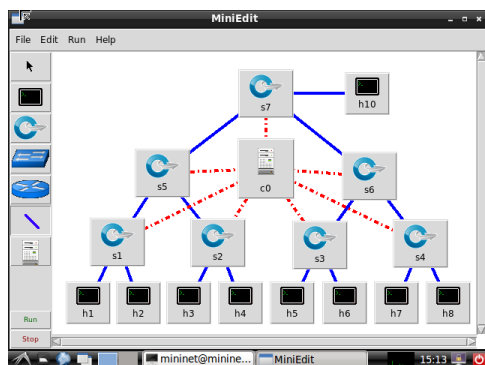
kreira stablo mrežu od 4 hosta i 3 OF *switch*-a, i *ping*-uje jedan host sa drugog. Prilikom kreiranja proizvoljnih topologija uz odgovarajuće klase moguće je podešavati propusnost linkova, unositi određeno kašnjenje ili gubitak paketa. U sklopu trenutne Mininet distribucije dolazi i više gotovih aplikacija od kojih su posebno korisne:

- *controllers.py* - koja kreira OpenFlow mrežu sa više kontrolera;
- *miniedit.py* - GUI skripta pomoću koje se mogu kreirati razne mrežne topologije preko grafičkog editora umjesto komandne linije. Ova skripta takođe nudi mogućnost da se kreirana topologija eksportuje u odgovarajući kod u *Python*-u;
- *mobility.py* - koja demonstrira prebacivanje interfejsa sa jednog OF *switch*-a na drugi kao osnovni oblik migracije hosta kroz mrežu;
- *nat.py* - primjer koji pokazuje kako se Mininet mreža može povezati na Internet preko NAT(*Network Address Translation*) rutera.

Ukoliko se prilikom pokretanja ne specificira drugačije, Mininet pokreće *default*-ni *OpenFlow* kontroler koji vrši samo uspostavljanje tokova u mreži, bez naprednijih opcija. Veoma značajno svojstvo Minineta je mogućnost pokretanja eksternih kontrolera, koji su neophodni za implementaciju naprednih funkcionalnosti. Bitno je napomenuti da bez eksternih kontrolera u Mininetu neće raditi ni najjednostavniji scenario mreže sa petljama, odnosno višestrukim putanjama između hostova. Kao rešenje u takvim situacijama koristiti se POX kontroler [8], koji dolazi u sklopu Mininet paketa i između ostalog sadrži gotove skripte za imitaciju *Spanning Tree* protokola i L2/L3 prosleđivanja.

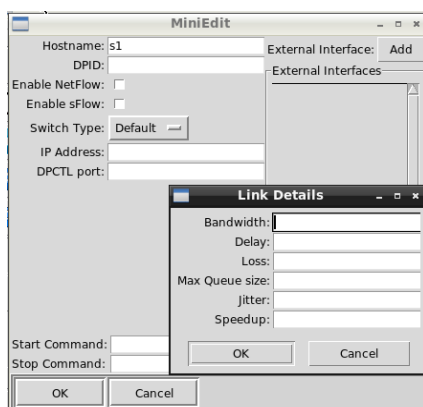
4. PRIMJER EMULACIJE

U ovom poglavlju opisan je primjer emulacije u Mininetu. Pomoću *miniedit* grafičkog interfejsa [9] kreirana je mrežna topologija sa Slike 4. *Miniedit* nudi različite mogućnosti prilikom kreiranja topologije. Na Slici 5 su prikazane opcije za podešavanje karakteristika linkova (propusnost, kašnjenje, gubici) i OF *switch*-eva (IP adresa, model itd.). Nakon kreiranja topologije i podešavanja parametara pokretanje se može izvršiti na dva načina. Prvi je preko opcije *RUN*, koja pokreće mrežu kao pozadinski proces, pri čemu se opcije testiranja konektivnosti između hostova vrše iz eksternog terminala. Druga opcija je eksportovanje *Python* skripte i kreiranje topologije preko komandnog interfejsa.



Slika 4: Topologija u *miniedit*-u

U ovom primjeru, jedan za drugim u razmacima od oko 3s, generisani su tokovi od hostova h1-h8 ka hostu h10 na kojem je pokrenut *iperf* [10] server. Svi tokovi osim h4-h10 i h5-h10 koriste TCP protokol na nivou transporta. Tokovi h4-h10 i h5-h10 su UDP tokovi protoka 3Mb/s, odnosno 4.5Mb/s. Linkovima je dodijeljen kapacitet od 10Mb/s.



Slika 5: Opcije za podešavanje karakteristika linkova i OF *switch*-eva u *miniedit*-u

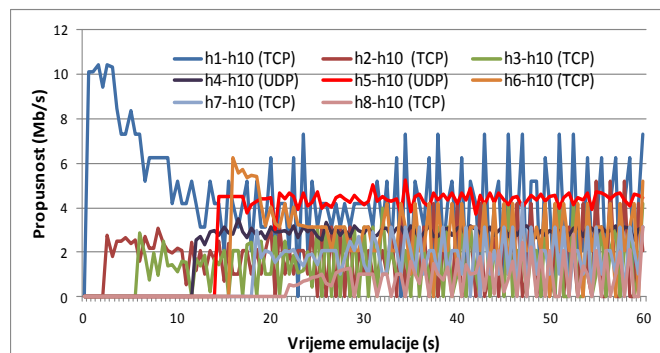
Na Slici 6 je dat grafik protoka svakog od tokova tokom prvog minuta trajanja emulacije. Sa grafika se može uočiti pad performansi prva tri toka nakon aktiviranja UDP toka h4-h10. Zbog odsustva mehanizama za kontrolu zagušenja kod UDP protokola, ovaj tok je zauzeo kapacitet linka s5-s7 što je dovelo do degradacije ostalih TCP tokova. Sa druge strane, link s6-s7 je prvo korišćen od strane UDP toka h5-h10. Tek naknadno je aktiviran TCP saobraćaj od preostala tri hosta. Pokazuje se, a što je saglasno sa literaturom, da je u takvoj situaciji UDP saobraćaj neznatno ugrožen. Iz ovog se može vidjeti da je ponašanje protokola emulirano na zadovoljavajući način. Zbog nedostatka prostora, u ovom radu nijesmo predstavili rezultate preliminarne verifikacije istraživanja novih SDN aplikacija i algoritama rutiranja u Mininetu, koja je prethodila njihovoj implementaciji na test bedu razvijenom u sklopu Istraživačkog centru za informaciono komunikacione tehnologije Elektrotehničkog fakulteta u Podgorici.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazan softverski alat Mininet namijenjan za emulaciju i verifikaciju rezultata istraživanja u

SDN mrežama. Nakon upoznavanja sa ograničenjima aktuelne mrežne arhitekture Interneta, opisana je arhitektura SDN mreža. Poseban naglasak je stavljen na OpenFlow protokol, kao dominantno zastupljen protokol za komunikaciju između SDN kontrolera i mrežnih uređaja.

U radu su predstavljene različite funkcionalnosti koje Mininet pruža i demonstrirana njegova upotreba na primjeru jedne računarske mreže. Predstavljenim rezultatima je pokazano da Mininet oponaša realno mrežno okruženje. Pored pregleda mogućnosti ovog softvera, kroz rad su naglašena i njegova ograničenja koja treba imati u vidu prilikom emulacije kompleksnih scenarija.



Slika 6: Grafik propusnosti tokova

ZAHVALNICA

Rezultati istraživanja prezentovani u ovom radu su rezultati rada na projektu Fore-Mont finansiranim od strane EU kao dijela Sedmog okvirnog programa (Grant Agreement No. 315970 FP7-REGPOT- CT-2013), naučnog projekta FIRMONT (Ugovor broj 01-451/2012) finansiranog od strane Ministarstva nauke Crne Gore i BIO-ICT Centra izvrsnosti (Ugovor broj 01- 1001) finansiranog od strane Ministarstva nauke i projekta HERIC.

LITERATURA

- [1] Open Networking Foundation, "Software Defined Networking: the new norm for networks," Web. White Paper, Retrieved Feb. 2015.
- [2] Mininet: <http://mininet.org/>
- [3] B. Lantz, H. Brandon, and N. McKeown, "A network in a laptop: rapid prototyping for software-defined networks," *9th ACM SIGCOMM*, 2010.
- [4] T. V. Lakshman, T. Nandagopal, R. Ramjee, K. Sabnani, and T. Woo, "The SoftRouter Architecture," in Proc. *ACM SIGCOMM*, 2004
- [5] A. Doria, J. H. Salim, R. Haas, H. Khosravi, W. Wang, L. Dong, "Forwarding and Control Element Separation (ForCES) Protocol Specification," RFC 5810.
- [6] N. McKeown, T. Anderson, H. Balakrishnan, G. Parulkar, L. Peterson, J. Rexford, S. Shenker, and J. Turner, "Openflow: enabling innovation in campus networks," *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.*, vol. 38, no. 2, pp. 69–74, 2008.
- [7] Wireshark: <https://www.wireshark.org/>
- [8] POX: <http://www.noxrepo.org/pox/about-pox/>
- [9] Miniedit: <http://techandtrains.com/category/miniedit/>
- [10] Iperf: <https://iperf.fr/>

SOFTVERSKI DEFINISANE BEŽIČNE SENZORSKE MREŽE SOFTWARE DEFINED WIRELESS SENSOR NETWORKS

Slavica Tomović, Milutin Radonjić, Milica Pejanović-Đurišić, Igor Radosinović, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: *Ograničeni resursi senzorskih čvorova predstavljaju osnovnu slabost bežičnih senzorskih mreža. S ovim problemom se teško izboriti u tradicionalnim Ad-hoc mrežama, gdje svaki čvor učestvuje u decentralizovanom rutiranju i donosi odluke o prosleđivanju nezavisno i dinamički na osnovu nivoa konektivnosti. Kao rešenje, u ovom radu predstavljen je dizajn bežične senzorske mreže baziran na principima softverski definisanog umrežavanja (SDN), koji kroz centralizaciju mrežne inteligencije omogućava automatsku konfiguraciju mreže i optimalno upravljanje energetske ograničenim senzorskim čvorovima slabih komunikacionih sposobnosti. Analizirane su ključne prednosti SDN pristupa i identifikovane specifičnosti njegove primjene u bežičnim senzorskim mrežama.*

Abstract: *Resource limitations of sensor nodes are the main weakness of wireless sensor networks. This problem is hard to address in traditional Ad-hoc networks, where each node participates in decentralized routing and makes forwarding decisions independently and dynamically on the basis of connectivity level. As solution, in this paper wireless sensor network design based on principles of software defined networking (SDN) is presented, which by centralizing network intelligence enables automatic network configuration and optimal management of energy constrained sensor nodes with limited communications abilities. The key benefits of SDN approach are analyzed and specificity of its implementation in wireless sensor networks are identified.*

1. UVOD

Bežične senzorske mreže sastoje se od malih, jeftinih i potrošnih platformi, tzv. čvorova, koji su u osnovi organizovani u komunikacioni moduo i moduo za obradu podataka, čiji je zadatak mjerenje specifičnih parametara u okruženju (temperatura, pritisak, zvuk, svjetlost, pokreti itd.) i konvertovanje ovih parametara u električne signale. U zavisnosti od svoje aplikacije, mogu sadržati i nekoliko stotina senzorskih čvorova. Ovi čvorovi komuniciraju ili direktno sa eksternim *gateway*-om ili indirektno, međusobnim *hop-by-hop* prenosom informacija. Drugi scenario poznat je kao *Ad-hoc* senzorska mreža, koja se samoorganizuje i ne zahtjeva unaprijed uspostavljenu fizičnu infrastrukturu ili centralno upravljanje, već svaki čvor učestvuje u rutiranju i prosleđivanju podataka.

Jedan od osnovnih parametara performansi bežičnih senzorskih mreža je pouzdanost, koju je teško ostvariti zbog ograničenih resursa i komunikacionih sposobnosti senzorskih čvorova. Poruke se prenose od čvora do čvora, često metodom poplave. Kako se na ovaj način najveća količina sobraćaja prenosi preko čvorova koji su bliže *gateway*-u, njihova neaktivnosti može dovesti do kolapsa mreže. Veliki broj distribuiranih algoritama rutiranja je predložen u literaturi u cilju prevazilaženja ovog problema [1]. Istraživači su pristupali problemu matematički, i simulirali predložena rešenja u idealnom okruženju uključujući veliki broj pretpostavki. Međutim, većina predloženih rešenja je previše kompleksna i optimizovana na način da njihova praktična implementacija nije održiva.

Generalno, ključni problemi senzorskih mreža su uzrokovani njihovom distribuiranom arhitekturom, gdje se svaki čvor ponaša kao autonomni sistem, potpuno opremljen

svim funkcionalnostima od fizičkog nivoa do nivoa aplikacije, i obavlja mrežnu kontrolu i prosleđivanje podataka. Funkcionalnosti implementirane na čvoru prilagođene su samoj aplikaciji. Ovo za posledicu ima neiskorišćenost mrežnih resursa s obzirom da je više mreža za različite namjene ponekad raspoređeno na istoj oblasti, dok bi jedna programabilna mreža mogla postići iste ciljeve [2].

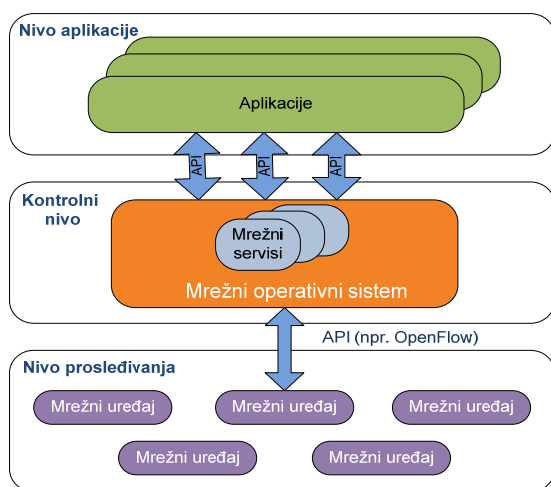
Imajući navedene probleme u vidu, u ovom radu je razmatrana primjena SDN koncepta u bežičnim senzorskim mrežama. SDN je relativno nov model mrežne arhitekture, inicijalno predložen za žičane mreže, koji podrazumijeva odvajanje kontrolne logike od hardvera koji vrši prosleđivanje saobraćaja [3]. Mrežna inteligencija je centralizovana na programabilnom SDN kontroleru koji posjeduje globalnu sliku mreže, što omogućava mijenjanje ponašanje mreže u realnom vremenu putem dinamičkih, automatizovanih programa. Pokazalo se da SDN pristup može drastično poboljšati sveukupne performanse mreže.

Rad je organizovan na sledeći način. U drugom poglavlju opisane su specifičnosti implementacije SDN-a u bežičnim senzorskim mrežama. U trećem poglavlju predložena je šema sistema i dat opis arhitekturnih komponenti. Pregled ključnih prednosti SDN sistema u odnosu na tradicionalni mrežni dizajn dat je u četvrtom poglavlju. Na kraju su iznijeti zaključci rada.

2. SPECIFIČNOSTI SDN BEŽIČNIH SENZORSKIH MREŽA

SDN je predložen kao rešenje mrežne arhitekture za Future Internet [4]. Ključni koncept SDN-a je razdvajanje kontrolnog nivoa od nivoa prosleđivanja u mreži. SDN

mrežni uređaji obavljaju samo funkcije prosleđivanja, a odluke o prosleđivanju bazirane su na setu pravila koje određuje eksterni kontroler. Referentna SDN arhitektura prikazana je na Slici 1. Komunikacija između kontrolera i uređaja u mreži najčešće je realizovana preko OpenFlow protokola. Kontrola se vrši na nivou toka podataka, koji predstavlja skup paketa sličnih karakteristika. Za definiciju "toka" kontroler može da koristi bilo koji podskup L2-L4 polja definisanih specifikacijom [5] i identifikator interfejsa uređaja na koji je paket stigao. Na ovaj način se ostvaruje visoko-granularna kontrola koja omogućava brzu adaptaciju mreže aplikacijama i korisničkim zahtjevima. Centralizovana kontrolna ravan otvara prostor za realizaciju dinamičkog, *multipath* rutiranja, koje značajno može doprinijeti povećanju kapaciteta mreže.



Slika 1. SDN arhitektura

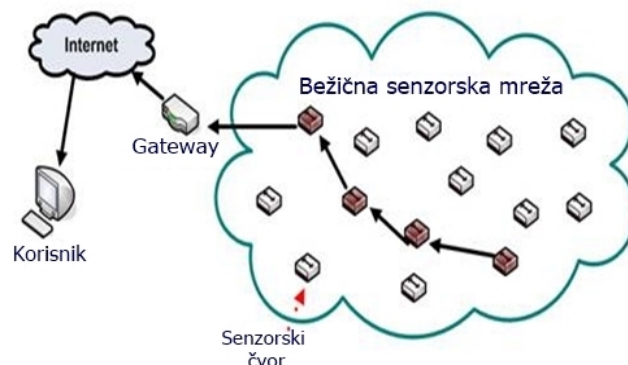
U poslednje vrijeme SDN se sve više spominje kao bitan element u razvoju bežičnih mreža [6], gdje razdvajanje kontrolne ravni od ravni prosleđivanja nudi dodatne mogućnosti. Za ove mreže postoji konsenzus o tehničkim rešenjima na fizičkom nivou i nivou linka, ali na višim slojevima mrežne arhitekture koriste se različiti protokoli u zavisnosti od scenarija. Na primer, bežične senzorske mreže dominantno su bazirane na IEEE 802.15.4 protokolu, ali na višim slojevima često se koristi i ZigBee i 6LOWPAN koji nisu međusobno kompatibilni. Ne postoji saglasnost u pogledu protokola rutiranja kao i ni većine upravljačkih operacija, što značajno ograničava mogućnost migracije čvora iz jedne u drugu mrežu [7]. Sa druge strane, SDN funkcije menadžmenta i mrežnog nivoa su softverski definisane i mogu se dinamički prilagođavati po potrebi.

U odnosu na žičane SDN mreže, prilikom dizajna SDN bežične senzorske mreže potrebno je dodatno uzeti u obzir energetska, memorijska i ostala ograničenja senzorskih čvorova. Jedna od opcija za smanjenje potrošnje je primjena *duty cycle* tehnika, koje podrazumijevaju isključivanje radio interfejsa tokom faza neaktivnosti. Druga mogućnost je agregacija podataka, tj. kombinovanje sličnih podataka prikupljenih od više senzora u jednu poruku. Na račun nešto većeg kašnjenja, ostvaruje se veća energetska efikasnost jer čvorovi ne troše energiju za slanje redundantnih informacija. Međutim, implementacija ovih mehanizama zahtijeva definisanje novog kontrolnog protokola koji će omogućiti

veću fleksibilnost u definisanju instrukcija. Za razliku od OpenFlow-a, koji diferencira tokove na osnovu TCP(UDP)/IP polja, potrebno je klasifikovati pakete na osnovu korisne informacije koja se prenosi (vrijednost izmjerene temperature, vlažnost zemljišta i sl.)

3. STRUKTURA SISTEMA

Implementacija SDN bežične senzorske mreže zahtijeva razvoj i integraciju velikog broja hardverskih i softverskih komponenti. Na Slici 2 prikazan je model sistema koji je razmatran u ovom radu. Sistem se sastoji od distribuiranih senzorskih čvorova i jednog *gateway*-a gdje se prikupljeni podaci ili lokalno obrađuju ili šalju do udaljene lokacije za obradu putem širokopojasne mreže. Senzorski čvorovi su kombinacija senzora, mikrokontrolera i ZigBee [8] primopredajnika, tj. XBee modula. XBee moduli mogu raditi u tri režima kao: koordinatori, ruteri i krajnji uređaji. Koordinator ima mogućnost kontrolisanja cijele mreže. Ruter može prosleđivati podatke drugih čvorova u mrežama sa *mesh* ili stablo topologijom. Krajnji uređaj može samo da komunicira sa koordinatorom ili ruterom. Mreža može imati samo jedan koordinator, dok broj ruteri i krajnjih uređaja nije ograničen. Kod *gateway*-a XBee modul je konfigurisan kao koordinator, a kod senzorskih čvorova kao ruter.

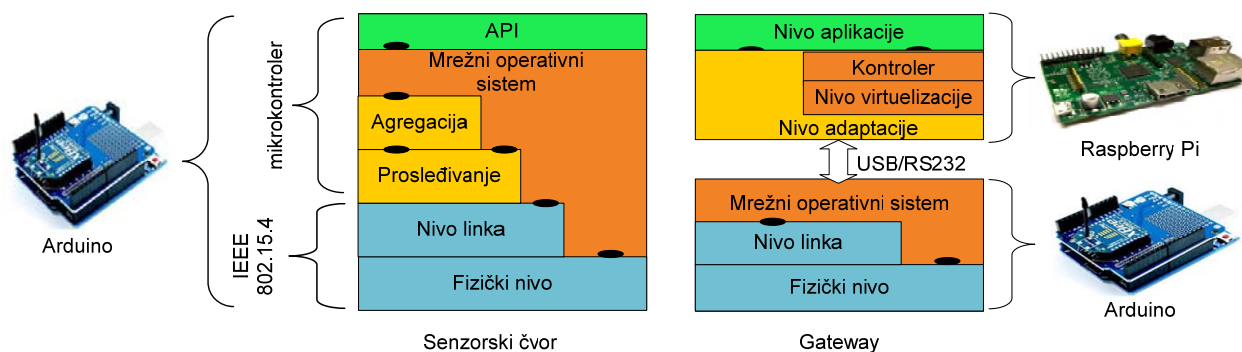


Slika 2. Razmatrani model senzorske mreže

Naš predlog je realizacija SDN bežične mreže na *open-source* hardverskim platformama. U razmatranoj arhitekturi funkcija SDN kontrolera je dodijeljena *gateway*-u. S obzirom da se na njemu izvršava sva kontrolna logika, ovdje se zahtijevaju značajno veće računarske i komunikacione mogućnosti u odnosu na ostale čvorove u mreži. Za tu svrhu predviđena je upotreba Raspberry Pi uređaja [9], male računarske pločice koja se pokreće na nekoj od Linux distribucija operativnog sistema. Sa druge strane ostali senzorski čvorovi koriste Arduino mikrokontrolerske pločice [10], koje se karakterišu mnogo manjom potrošnjom energije.

3.1 ARHITEKTURA SENZORSKOG ČVORA

U lijevom dijelu Slike 3 prikazana je *cross-layer* arhitektura SDN senzorskog čvora predložena u literaturi [7]. Pored standardnih funkcionalnosti fizičkog nivoa i nivoa linka, na mikrokontroleru se izvršavaju dodatne funkcije koje su organizovane u 3 sloja. Nivo prosleđivanja prihvata pakete sa nivoa linka i obrađuje ih u skladu sa instrukcijama



Slika 3. Protokol stek za SDN bežičnu senzorsku mrežu [7] i predlog realizacije sistema

kontrolera koje se čuvaju u tzv. tabeli tokova. Zbog specifičnosti senzorskih mreža format tabele tokova značajno je izmijenjen u odnosu na OpenFlow specifikaciju. Klasifikacija u tokove vrši se na osnovu tačno određenih bajtova primljenog paketa. Zapisi u tabeli, pored blokova za klasifikaciju, sadrže polje akcije koje određuje način obrade i brojače koji se koriste za statističke svrhe (Tabela 1). Svaki blok za klasifikaciju sastoji se od 4 polja koja definišu: broj i lokaciju bajtova koji se analiziraju (*vel* i *adr* polja), relacioni operator koji se koristi prilikom analize ($=, \neq, <, >$), i vrijednost sa kojom se poredi informacija upisana u specificiranom bloku bajtova (*vr* polje). Set mogućih akcija uključuje: prosleđivanje, modifikaciju polja, odbacivanje paketa, agregaciju podataka i isključivanje radio interfejsa. U zavisnosti od tipa akcije, polje "vrijednost" može da indicira: sledeći hop na putanji, bajt koji treba modifikovati i njegovu novu vrijednost, vjerovatnoću odbacivanja paketa toka, adresu na koju se šalju agregirani podaci, ili interval tokom kojeg radio interfejs mora biti isključen. Na primjer, drugi zapis iz Tabele 1 specificira da pakete sa vrijednostima 170 i 16 u bajtovima 2 i 3 treba uvijek odbacivati.

Tabela 1: Primjer tabele tokova [7]

Blok 1				...	Akcija		Br.
Vel	Op	Adr	Vr		Tip	Vr	
2	=	2	172.24	...	Prosljedi	170.23	17
2	=	2	170.16	...	Odbaci	1	3
2	≠	2	170.24	...	Modifikuj	7/26	3
2	≠	2	170.17	...	Prosljedi	170.21	11

Iznad nivoa prosleđivanja izvršava se nivo agregacije, koji u skladu sa kontrolerovim instrukcijama može da kombinuje više primljenih paketa u jedan koji će prenositi informaciju o srednjoj, maksimalnoj ili minimalnoj vrijednosti parametra koji su tokom nekog vremena izmjerili senzori.

Nivo mrežnog operativnog sistema je zadužen za komunikaciju sa SDN kontrolerom i ima pristup svim nivoima protokol steka. Na ovaj način omogućena je *cross-layer* operacija.

3.2 ARHITEKTURA GATEWAY-A

Arhitektura *gateway*-a za SDN bežičnu mrežu prikazana je u desnom dijelu Slike 3. U pogledu prva dva nivoa

protokol steka nema razlika u odnosu na obične senzorske čvorove. Međutim, funkcije na višim slojevima su značajno kompleksnije, i zbog toga je predviđena upotreba Raspberry Pi računarske ploče. Komunikacija između Raspberry Pi ploče i Arduino uređaja može se realizovati preko USB ili nekog drugog komunikacionog interfejsa. Princip rada je sledeći. Primljeni paketi se sa nivoa linka prosleđuju nivou adaptacije koji formatira poruke tako da budu razumljive WPAN (*Wireless Personal Area Network*) uređajima. Drugi ključni element *gateway* arhitekture je nivo virtualizacije. Ovaj nivo koristi lokalne informacije prikupljene od strane senzorskih čvorova za izradu detaljne reprezentacije trenutne mrežne topologije, uključujući: trenutni kapacitet baterije i spisak susjeda svih čvorova, kvalitet linkova, informacije o poslednjem javljanju čvora kontroleru itd. Pored toga, nivo virtualizacije omogućava koegzistenciju više logičkih mreža na istim uređajima. Ove mreže mogu koristiti različite upravljačke politike, tj. odvojene SDN kontrolere. Sloj virtualizacije transparentno filtrira pakete različitih logičkih mreža i usmjerava ih ka odgovarajućem kontroleru. Na ovaj način mreža pruža *plug-and-play* podršku za različite aplikacije. Kontroler prihvata pakete koje senzorski čvorovi nisu bili u stanju da klasifikuju u neki od postojećih tokova, i na osnovu informacija o trenutnom stanju mreže dodaje nove zapise u tabelama tokova koji definišu način obrade paketa tog tipa. Nivo aplikacije obuhvata različite mrežne servise i upravljačke politike koje se izvršavaju na kontroleru.

Da bi SDN mreža mogla funkcionisati, svaki čvor mora poznavati putanju do *gateway*-a. S tim u vezi, *gateway* periodično *broadcast*-uje specijalne *beacon* pakete u mrežu [7]. Na svakom hopu ovaj paket nosi informacije o trenutnom rastojanju od *gateway*-a izraženom u broju hopova i lokalnom nivou baterije. Nakon prijema *beacon* paketa, svaki čvor mjeri RSSI (*Received Signal Strength Indication*) vrijednost na linku prema čvoru od kojeg je paket stigao. Na osnovu informacije sadržane u *beacon* paketima i RSSI mjerenja, svaki čvor identifikuje najpogodniji sledeći hop do *gateway*-a. Čvorovi takođe čuvaju listu susjeda od kojih su primili *beacon* paket, i zajedno sa izmjerenim RSSI vrijednostima šalju je periodično kontroleru. Na osnovu ovih informacija SDN kontroler gradi kompletnu sliku mreže.

4. PREDNOSTI SDN PRISTUPA

U ovom poglavlju dat je pregled ključnih prednosti SDN arhitekture bežičnih senzorskih mreža.

4.1 ENERGETSKA EFIKASNOST

Jedan od glavnih izazova kada su bežične senzorske mreže u pitanju jeste energetska neefikasnost. Senzorski čvorovi se uglavnom baterijski napajaju pa se potrošnja energije odražava na životni vijek mreže. Između ostalog, energetska ograničenja senzorskih čvorova nameću ograničenja na dizajn i implementaciju mrežnih protokola i senzorskih aplikacija.

SDN koncept podrazumijeva centralizaciju mrežne kontrole, što otvara prostor za energetski-efikasno upravljanje mrežom. Kontroler se može programirati da periodično prikuplja informacije o trenutnom kapacitetu baterije senzorskih čvorova i koristi iste prilikom rutiranja. Pažljivim usmjeravanjem saobraćaja moguće je balansirati potrošnju čvorova i poboljšati efikasnost mreže. Sa druge strane, kako je mrežna inteligencija smještena isključivo na kontroleru, čvorovi ne troše energiju za izvršavanje algoritama rutiranja i razmjenu ogromne količine kontrolnog saobraćaja. Kompleksni zadaci kao što su inženjering saobraćaja, virtualizacija i garancija kvaliteta servisa mogu se obavljati bez većeg uticaja na životni vijek mreže s obzirom da se kontroler izvršava na uređaju koji ima veće resurse od prosječnog senzorskog čvora.

4.2 PODRŠKA MOBILNOSTI

Veliki stepen mobilnosti senzorskih čvorova povlači česte promjene topologije mreže. U takvim situacijama *Ad-hoc* protokolima rutiranja potrebno je značajno vrijeme za konvergenciju, što uzrokuje gubitak velikog broja paketa. Centralizovana kontrola omogućava bolje praćenje događaja u mreži i promjenu ruta u "letu", čime se vrijeme konvergencije značajno smanjuje. Na primjer, senzorski čvorovi mogu slati informacije kontroleru o svojoj mobilnosti, ili protokol za upravljanje mobilnošću može biti implementiran na kontroleru [11]. Na ovaj način kontroler može pratiti lokaciju mobilnih čvorova i pravovremeno ažurirati tabele tokova u mreži sa novim instrukcijama o rutiranju.

4.3 UPRAVLJANJE MREŽOM

U tradicionalnim mrežama upravljanje se obavlja na vrlo niskom nivou koji zahtijeva dobro poznavanje same mrežne opreme. Način konfigurisanja uređaja nije jedinstven, već zavisi od njegovog proizvođača. Samim tim korišćenje uređaja različitih proizvođača u istoj mreži značajno komplikuje proces upravljanja. U senzorskim mrežama ovaj problem je još više izražen. Implementacija novog mrežnog protokola ili pokretanje nove senzorske aplikacije zahtijeva re-programiranje mikrokontrolera i izmjenu ROM memorija. Za ovaj proces je ponekad potreban fizički pristup čvoru koji nije uvijek moguć [11]. Sa druge strane SDN obećava da značajno pojednostavi konfigurisanje mreže i upravljanje resursima. SDN arhitektura podrazumijeva programabilne mrežne uređaje čije se ponašanje može kontrolisati iz jedne tačke. Migracijom kontrolne ravni ostvaruje se apstrakcija

hardvera za prosleđivanje što eliminiše potrebu za prilagodavanjem kontrolnog softvera različitim tipovima senzorskih čvorova.

5. ZAKLJUČAK

SDN predstavlja novu mrežnu arhitekturu koja razdvaja funkcionalnosti ravni prosleđivanja i kontrolne ravni mrežnih uređaja, i čini kontrolnu ravan nezavisnom, centralizovanom i programabilnom. U ovom radu je razmatrana potencijalna primjena SDN koncepta u bežičnim senzorskim mrežama. Analizirane su specifičnosti ovog okruženja i opisana je *state-of-the-art* arhitektura senzorskih čvorova i *gateway*-a sa SDN podrškom. Prednosti SDN pristupa dizajnu bežične senzorske mreže argumentovane su primjerima energetske efikasnosti, kontrole mobilnosti i jednostavnog upravljanja i konfiguracije. Takođe, u radu je predložena implementacija sistema na *open-source* hardverskim platforma Arduino i Raspberry Pi. Praktična realizacija ove ideje i dobijanje eksperimentalnih rezultata su dalji pravci našeg istraživanja.

ZAHVALNICA

Rezultati istraživanja prezentovani u ovom radu su rezultati rada na projektu Fore-Mont finansiranim od strane EU kao dijela Sedmog okvirnog programa (Grant Agreement No. 315970 FP7-REGPOT- CT-2013) i BIO-ICT Centra izvrsnosti (Ugovor broj 01- 1001) finansiranog od strane Ministarstva nauke i projekta HERIC.

LITERATURA

- [1] R. Souza and P. Minet, "A survey on energy efficient techniques in wireless sensor networks," *WMNC*, 2011 pp. 1-9, Oct. 2011
- [2] T. Luo, H.-P. Tan, and T. Quek, "Sensor OpenFlow: Enabling Software-Defined Wireless Sensor Networks," *IEEE Communications letters*, 16(11), 2012.
- [3] Open Networking Foundation, "Software Defined Networking: the new norm for networks," Web. White Paper, Retrieved Feb. 2015.
- [4] P. Stuckmann, R. Zimmermann, "European research on Future Internet design," *IEEE Wireless Communications*, 16(5), pp. 14-22, Oct. 2009
- [5] N. McKeown, T. Anderson, H. Balakrishnan, J. Rexford, "OpenFlow: Enabling innovations in campus networks," *ACM SIGCOMM*, 38(2), pp. 69-74, 2008.
- [6] S. Tomovic, M. Pejanovic-Djurisic, I. Radusinovic, "SDN-based mobile networks: concepts and benefits," *WPC*, 78(3), pp. 1629-1644, Oct. 2014.
- [7] S. Costanzo, L. Galluccio, G. Morabito, and S. Palazzo, "Software defined wireless networks: Unbridling sdn," *EWSDN*, pp. 1-6, 2012.
- [8] ZigBee Alliance: available at <http://www.zigbee.org/>
- [9] Raspberry Pi platform: www.raspberrypi.org/
- [10] Arduino platform: www.arduino.cc/
- [11] A. Gante, M. Aslan, and A. Matravý, "Smart Wireless Sensor Network Management Based on Software-Defined Networking," 27th *QBSC*, pp. 71-74, 2014.

INFORMACIONO-KOMUNIKACIONI ALATI ZA UPRAVLJANJE IP/MPLS MREŽOM INFORMATION-COMMUNICATION TOOLS FOR IP/MPLS NETWORK MANAGEMENT

Jelena Šuh, Branislav Sisojević, Telekom Srbija a.d.

Sadržaj: Svaka mrežna infrastruktura mora da ispuni visoke zahteve u pogledu pouzdanosti, skalabilnosti i bezbednosti, a upravljanje mrežom predstavlja proces, koji u velikoj meri može da doprinese ispunjenju ovih zahteva. U radu su predstavljeni informaciono-komunikacioni alati za upravljanje IP/MPLS mrežom i opisana njihova primena u mreži jednog servis provajdera. Cilj rada je da se ukaže na značaj upravljanja mrežnom infrastrukturom, pri čemu je posebno istaknut značaj procesa nadzora i praćenja performansi mreže. Pravovremene informacije o stanju i performansama mrežnih parametara u velikoj meri utiču na dostupnost mrežne infrastrukture, brže rešavanje uočenih problema i raspoloživost servisa.

Abstract: Every network infrastructure has to meet high requirements in terms of reliability, scalability and security, and network management is a process that can greatly contribute to the fulfillment of these requirements. This paper presents information-communication tools for IP/MPLS network management and describes their application in a service provider network. The aim of this paper is to highlight the importance of network infrastructure management and the importance of fault and performance management is particularly emphasized. Timely information about the network condition and performance of network parameters has great impact on the network infrastructure availability, faster resolution of the identified problems and availability of services.

1. UVOD

Moderne IP/MPLS mreže servis provajdera karakteriše visok stepen kompleksnosti s obzirom da moraju da podrže prenos velike količine veoma različitih tipova saobraćaja. Da bi se obezbedila skalabilnost i pouzdanost ovakvog mrežnog okruženja neophodno je implementirati odgovarajući sistem za upravljanje mrežom - NMS (*Network Management System*). Ovaj sistem mora da podrži heterogeno mrežno okruženje, a mora biti i modularan, skalabilan, jednostavan za korišćenje, ali i da obezbedi visok stepen bezbednosti prenosa informacija [1].

U ovom radu su predstavljeni informaciono-komunikacioni alati za upravljanje IP/MPLS mrežom i opisana njihova primena u mreži jednog servis provajdera, pri čemu je akcentat na sistemu za nadzor i praćenje performansi mrežne infrastrukture.

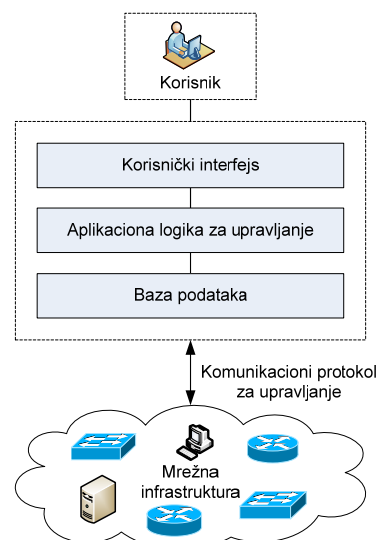
2. UPRAVLJANJE IP/MPLS MREŽOM

Primarni zadaci koje svaka mrežna infrastruktura mora da ispuni su pouzdanost, skalabilnost i bezbednost prenosa saobraćaja. Zato izbor sistema za upravljanje mrežom predstavlja kompleksan zadatak. Sistem za upravljanje mrežnom infrastrukturom predstavlja skup alata za nadzor, kontrolu i administraciju mrežnih resursa.

Na slici 1 su prikazane komponente sistema za upravljanje mrežom [2]:

- Mrežna infrastruktura
- Baza podataka za smeštanje parametara mreže

- Aplikaciona logika za upravljanje
- Korisnički interfejs za prikaz parametara mreže



Slika 1. Sistem za upravljanje mrežom

Komunikacija između NMS-a i mrežnih elemenata se ostvaruje preko određenog komunikacionog protokola za upravljanje, pri čemu su najpoznatiji syslog i SNMP (*Simple Network Management Protocol*). Syslog je protokol za slanje sistemskih poruka sa mrežnih uređaja i podržan je od strane izvesnog broja vendara [3]. Syslog poruke se mogu čuvati na samom uređaju ili prosledivati syslog serveru. S obzirom na veliki broj poruka koje se mogu generisati preporuka je da se definiše i nivo kritičnosti poruka. SNMP je protokol aplikacionog sloja čija je uloga razmena upravljačkih

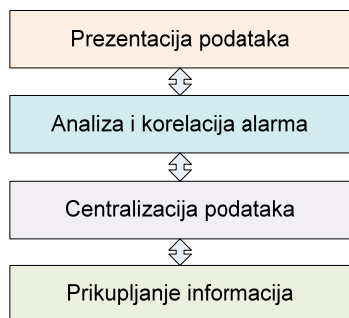
informacija između NMS-a i mrežnih uređaja [4]. Proces upravljanja mrežom se odigrava razmenom različitih poruka (*get, set, trap*), a pored mogućnosti očitavanja određenih mrežnih parametara postoji i mogućnost izmene konfiguracije uređaja. Postoje tri verzije SNMP protokola: SNMPv1 je prva i prevaziđena verzija; SNMPv2c je najrasprostranjenija verzija, a SNMPv3 ima najznačajnija sigurnosna unapređenja, pa je preporuka da se koristi ova verzija.

Postoji više modela koji opisuju upravljanje mrežom, a FCAPS (*Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security*) predstavlja jedan od najčešće primenjenih [5]. Kako su *fault* i *performance* management najznačajnije komponente kada je u pitanju upravljanje IP/MPLS mrežom, u nastavku će one biti opisane.

2.1. FAULT MANAGEMENT SISTEM

Fault management (FM) sistem predstavlja sistem za centralizovan nadzor mrežne infrastrukture. Njegov zadatak je da detektuje neregularne situacije u mreži, obaveštava korisnike o tome i čuva zapise o uočenim problemima. Od velike važnosti je imati na jednom mestu sve neophodne informacije o incidentnim situacijama u mreži pošto se u tom slučaju proces rešavanja problema u velikoj meri pojednostavljuje i ubrzava.

Primer jednog skalabilnog FM sistema jeste *IBM Tivoli Netcool*. U pitanju je softver za nadzor i analizu stanja uređaja, servisa, baza podataka i drugih elemenata. Na slici 2 je prikazana logička šema ovog rešenja [6].



Slika 2. Logička šema *Netcool* sistema

Najniži nivo predstavlja sloj prikupljanja informacija gde dolaze sve informacije o mrežnim parametrima uređaja koji se nadgledaju. Iznad se nalazi sloj centralizacije podataka, koji je zadužen za prikupljanje alarma i njihovo filtriranje. Treći sloj je zadužen za analizu i korelaciju alarma, dok je najviši sloj zadužen za prezentaciju podataka preko *web* pristupa.

Centralna komponenta *Netcool* sistema je *Netcool/OMNIBus* koji čine [7]:

- *Netcool/Probes*
- *Netcool/ObjectServer*
- *Netcool/Gateway*

Netcool/Probes je prvi nivo i zadužen je za prikupljanje informacija. Ova funkcionalnost se može realizovati na standardan način primenom nekog komunikacionog protokola, kao što su *syslog* ili *SNMP*, ili na specifičan način, kada je u pitanju oprema koja ne podržava standardne protokole (npr. neki *element manager*-i). *Netcool/ObjectServer* je mesto gde se smeštaju svi alarmi sa uređaja koji se nadgledaju, a ima i ulogu u filtriranju alarma, pa tako primenom deduplikacije alarma može znatno da se smanji broj alarma u sistemu. *Netcool/Gateway* komponenta služi za integraciju *ObjectServer*-a sa eksternim sistemima (npr. *Trouble Ticketing* sistem).

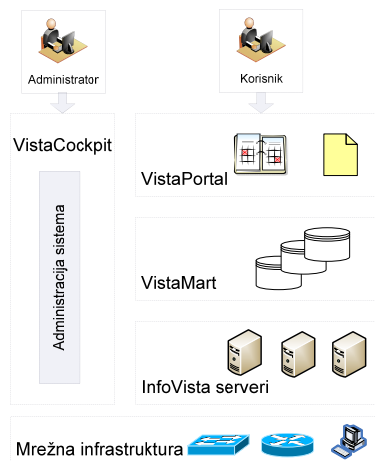
Netcool/Webtop je *web* server zadužen za prezentaciju podataka, a daje i mogućnost administracije sistema i prikaza alarma *ObjectServer*-a.

2.2. PERFORMANCE MANAGEMENT SISTEM

Performance management (PM) sistem predstavlja sistem za praćenje performansi mrežne infrastrukture. I u slučaju ovog sistema veoma je važno imati na jednom mestu informacije o mrežnim parametrima bitnim za funkcionisanje različitih mrežnih servisa, kako bi servis provajder mogao da garantuje odgovarajući kvalitet servisa. Zato je neophodno precizno definisati KPI (*Key Performance Indicator*) parametre. KPI predstavlja metriku koja treba da pruži informaciju o tome da li neki servis ima određeni kvalitet, a neke od najčešće korišćenih KPI metrika su: raspoloživost uređaja, raspoloživost interfejsa, iskorišćenost propusnog opsega, kašnjenje, gubitak paketa itd. [8].

VistaInsight for Networks je primer jednog PM sistema koji ima mogućnost praćenja svih relevantnih KPI metrika, ali i online praćenja funkcionisanja mreže. Na slici 3 je prikazana arhitektura ovog sistema koju čine sledeće komponente [9]:

- *InfoVista* serveri
- *VistaMart Inventory Management*
- *VistaPortal*
- *VistaDiscovery*
- *VistaCockpit*



Slika 3. *Infovista* arhitektura

Infovista serveri su zaduženi za prikupljanje podataka sa mrežnih uređaja primenom SNMP protokola. VistaMart predstavlja bazu za čuvanje prikupljenih podataka, agregaciju podataka u određenom vremenskom periodu i slanje podataka na zahtev Vista Portal web serveru. Vista Portal je web klijent koji predstavlja interfejs ka korisnicima i ima ulogu u prikazivanju podataka iz VistaMart baze kada su u pitanju istorijski podaci, ili sa Infovista servera kada su u pitanju near-realtime podaci. VistaDiscovery komponenta ima ulogu u otkrivanju mreže na osnovu predefinisanih IP adresa uređaja. VistaCockpit je platforma za upravljanje namenjena administratorima PM sistema.

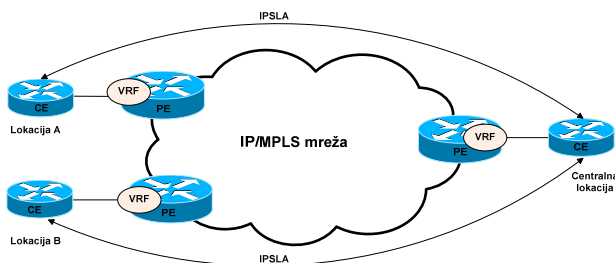
3. PRIMENA FM I PM ALATA U MREŽI SERVIS PROVAJDERA

IP/MPLS mreža servis provajdera predstavlja osnovu i omogućava funkcionisanje velikog broja servisa. Mreže sledeće generacije se baziraju na *all IP* principu, koji podrazumeva primenu IP protokola u svim delovima mrežne infrastrukture: u pristupnoj, transportnoj i upravljačko-komutacionoj mreži. Upravo iz tog razloga je neophodno primeniti efikasan i skalabilan sistem upravljanja mrežnom infrastrukturom.

Pored prenosa *data* saobraćaja, IP/MPLS mreža servis provajdera prenosi i govorni i video saobraćaj, kao i različite tipove *management* saobraćaja. Zato je od izuzetne važnosti u mreži primeniti QoS (*Quality of Service*) kako bi određeni tipovi saobraćaja dobili adekvatan prioritet. Ova mogućnost je data i korisnicima različitih servisa, kao što je L3VPN. L3VPN servis omogućava korisnicima povezivanje lokacija na trećem sloju OSI modela, a uz primenu QoS-a korisnici dobijaju mogućnost da koriste različite klase saobraćaja sa unapred definisanim QoS parametrima. U zavisnosti od klase saobraćaja korisniku se garantuju sledeći parametri:

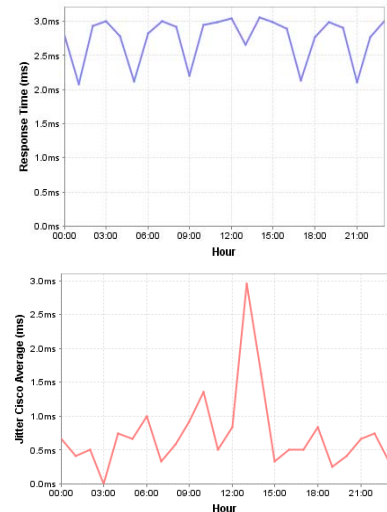
- Kašnjenje (*Round Trip Time*)
- Varijacija kašnjenja (*Jitter*)
- Gubitak paketa (*Packet Loss*)

Merenje parametara se vrši na osnovu IPSLA proba koje se konfiguriraju na CE ruterima (Slika 4), a vrednosti QoS parametara se čuvaju i prikazuju u PM sistemu.



Slika 4. Merenje QoS parametara

Praćenje ovih parametara je neophodno kako bi se utvrdilo da li je kvalitet servisa u okviru garantovanih vrednosti. Slika 5 prikazuje kašnjenje i varijaciju kašnjenja za jednu korisničku lokaciju.



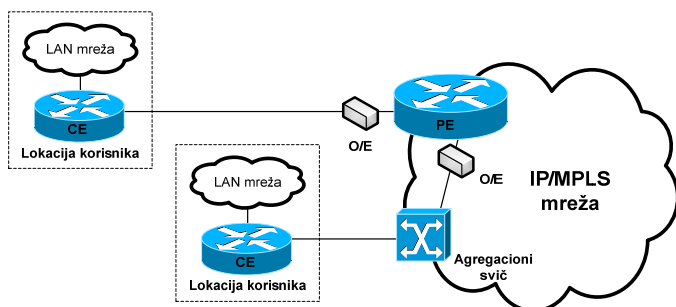
Slika 5. Prikaz QoS parametara u PM sistemu

Klasičan način realizacije nadzora mreže podrazumeva da mrežni uređaji budu konfigurisani tako da generišu alarme kada se dogodi incidentna situacija, a FM sistem predstavlja mesto gde se sve informacije prikupljaju. Međutim, ovakav nadzor mrežne infrastrukture podrazumeva izvesno kašnjenje od trenutka pojave nekog problema do trenutka prikaza alarma u FM sistemu. Zato je neophodno realizovati neki vid aktivnog monitorisanja, odnosno poliranja mrežnih uređaja, kako bi se proaktivno identifikovao problem u funkcionisanju mreže. Ovu funkcionalnost je moguće realizovati integracijom *Netcool/OMNIBus* i *Tivoli Netcool Manager for IP* alata (TNMIP), čija je osnovna namena monitorisanje i upravljanje IP mrežnim okruženjem. Pored aktivnog monitorisanja mreže, daje mogućnost preciznog otkrivanja mrežnih elemenata, vizualizaciju mreže, kao i *root cause* analize. Aktivno monitorisanje mrežnih uređaja se može vršiti primenom ICMP i SNMP protokola. Kada dođe do prekoračenja praga definisanog u polisi za poliranje TNMIP kreira alarm koji se prosleđuje *Netcool/OMNIBus*-u i zatim prikazuje u odgovarajućoj alarmnoj listi.

Realizacija najjednostavnije polise za poliranje, kao što je poliranje (*ping*) šasije može u velikoj meri da doprinese skraćanju vremena otklanjanja problema u mreži i ukupne dostupnosti servisa korisnika. Primer je realizacija povezivanja PE rutera i agregacionog sviča ili realizacija servisa korisnika korišćenjem optičkog Ethernet pristupa kada se na PE ruteru servis provajdera koristi električni port (Slika 6). U ovom slučaju smetnja na linku od električno-optičkog konvertora do lokacije korisnika neće biti detektovana, pošto pristupni port na PE ruteru ostaje u operativnom stanju i nema generisanja informacije o problemu. Najjednostavniji način da se utvrdi problem, jeste aktivno poliranje agregacionog sviča ili CE rutera, pa tako trenutak uočavanja problema zavisi samo od perioda poliranja definisanog u polisi. Na ovaj način je moguće proaktivno delovati, odnosno pre prijave problema od strane korisnika.

Primena FM i PM sistema je neophodna u modernim mrežama, ali najbolji rezultati se dobijaju njihovom integracijom. Mogućnost prikaza alarma u FM sistemu kada

dođe do prekoračenja praga nekog parametra koji se prati u PM sistemu, kao što su QoS parametri, predstavlja primer dobre prakse. Na ovaj način je moguće pravovremeno delovati kako bi bili ispunjeni parametri garantovani ugovorom.



Slika 6. Realizacija servisa preko optičkog Ethernet pristupa

Međutim, ova integracija je posebno značajna u slučajevima kada se informacija o nekom problemu ne šalje FM sistemu, kao što je npr. pojava CRC (Cyclic Redundancy Check) grešaka na portu mrežnog uređaja. Prilikom pojave grešaka na pristupnom portu ne dolazi do pojave zapisa u logu samog uređaja, kao ni do generisanja alarma koji bi se prosledio FM sistemu. Informacija o ovom problemu postoji samo u PM sistemu i posledica je periodičnih SNMP upita. Pošto je realizovana integracija PM i FM sistema u FM sistemu se pojavljuje alarm (Slika 7).

Node	Count	Type	First Occurrence	Last Occurrence	Summary	Agent	Alert Group
BB2_B	115	Problem	25.12.14. 13:53:11	25.12.14. 23:47:24	QoS Transmitted Traffic (% of Interface Speed) - 81.53 > 80, Instance: an	Informa	T3 - QoS Transmitted Traffic
BB2_B	11	Problem	25.12.14. 23:17:28	25.12.14. 00:02:34	Breakout DUT - 100 > 99, Instance: Ethernet0/17	Informa	T3 - Breakout DUT 99 - nra
BB2_B	1	Problem	25.12.14. 09:21:53	25.12.14. 09:36:11	LAN Encapsulate OUT - 48.14 > 25, Instance: G7/16	Informa	T3 - LAN Encapsulate OUT - 0 - nra
BB2_B	1	Problem	25.12.14. 07:00:10	25.12.14. 07:06:05	Breakout OUT - 100 > 99, Instance: G7/16	Informa	T3 - Breakout OUT 99 - nra
BB2_B	2	Problem	25.12.14. 06:27:39	25.12.14. 08:33:14	Dropped Packets (%) - 0.05 > 0, Instance: G6/0/11 Serwanastanca 1124	Informa	T3 - Dropped Packets
BB2_B	2	Problem	25.12.14. 06:21:27	25.12.14. 06:19:18	Interface Utilization (%) - 100 > 75, Instance: G7/16	Informa	T3 - Interface Utilization
BB2_B	2	Problem	25.12.14. 05:48:51	25.12.14. 05:53:02	Response Time (ms) - 142.2 > 100, Instance: 182.168.160.225	Informa	T3 - Response Time
BB2_B	4	Problem	25.12.14. 05:48:51	25.12.14. 05:53:02	Response Time (ms) - 197.6 > 100, Instance: 182.168.160.225	Informa	T3 - Response Time
BB2_B	4	Problem	25.12.14. 05:13:45	25.12.14. 05:33:36	Dropped Packets (%) - 0.09 > 0, Instance: G7/0/3 Serwanastanca 897.11	Informa	T3 - Dropped Packets
BB2_B	182	Problem	25.12.14. 11:47:25	25.12.14. 11:22:25	LAN Errors IN - 50 > 25, Instance: G6/0/0	Informa	T3 - LAN Errors IN - 0 - nra
BB2_B	2	Problem	25.12.14. 07:31:52	25.12.14. 07:37:02	Interface Utilization (%) - 100.226 > 90, Instance: Tunnel0/13	Informa	T3 - Interface Utilization
BB2_B	7	Problem	25.12.14. 07:58:32	25.12.14. 11:58:33	Dropped Packets (%) - 0.06 > 0, Instance: G7/0/14 Serwanastanca 401.1	Informa	T3 - Dropped Packets
BB2_B	2	Problem	25.12.14. 11:04:54	25.12.14. 12:04:49	Interface Utilization (%) - 82.28 > 75, Instance: G7/0/7	Informa	T3 - Interface Utilization
BB2_B	2	Problem	25.12.14. 12:03:50	25.12.14. 12:08:03	Availability (%) - 98 > 90, Instance: 102.168.160.225	Informa	T3 - Availability
BB2_B	4	Problem	25.12.14. 12:08:03	25.12.14. 12:08:03	Availability (%) - 98 > 90, Instance: 102.168.160.225	Informa	T3 - Availability
BB2_B	1	Problem	25.12.14. 12:08:03	25.12.14. 12:08:03	Interface Utilization (%) - 79.83 > 75, Instance: G6/0/0	Informa	T3 - Interface Utilization
BB2_B	1	Problem	25.12.14. 12:08:02	25.12.14. 12:08:02	Interface Utilization (%) - 89.05 > 75, Instance: G6/0/0	Informa	T3 - Interface Utilization
BB2_B	2	Problem	25.12.14. 11:09:49	25.12.14. 12:11:02	Interface Utilization (%) - 84.49 > 75, Instance: G7/0/3	Informa	T3 - Interface Utilization
BB2_B	7	Problem	25.12.14. 11:10:11	25.12.14. 12:11:02	Interface Utilization (%) - 101.82 > 90, Instance: G7/0/3	Informa	T3 - Interface Utilization
BB2_B	7	Problem	25.12.14. 11:10:11	25.12.14. 12:11:02	Interface Utilization (%) - 101.82 > 90, Instance: G7/0/3	Informa	T3 - Interface Utilization
BB2_B	2	Problem	25.12.14. 11:12:54	25.12.14. 12:13:02	Interface Utilization (%) - 89.97 > 75, Instance: G6/0/0	Informa	T3 - Interface Utilization
BB2_B	4	Problem	25.12.14. 10:42:44	25.12.14. 12:17:29	Dropped Packets (%) - 0.09 > 0, Instance: G7/0/0 Serwanastanca 105.1	Informa	T3 - Dropped Packets
BB2_B	14	Problem	25.12.14. 10:53:10	25.12.14. 12:18:10	Dropped Packets (%) - 0 > 0, Instance: G7/0/0 Serwanastanca 1832.2	Informa	T3 - Dropped Packets
BB2_B	86	Problem	25.12.14. 08:18:58	25.12.14. 12:18:21	Dropped Packets (%) - 0.01 > 0, Instance: G6/0/7 IPMPLS - 1024-out-OUT	Informa	T3 - Dropped Packets

Slika 7. Prikaz uočenog problema iz PM sistema u FM sistemu

Iz FM sistema je moguće pokrenuti PM sistem u kome su prikazane detaljnije informacije o uočenom problemu.

Severity	Start Date	End Date	Duration	Instance	Description	Function
Major	25/12/2014 13:15:00	25/12/2014 13:20:00	5m	IF RT P6-TK-79K-G6/0/5	LAN Errors IN : 50 > LAN Errors IN : 50 > 25	Troubleshooting
Major	25/12/2014 13:15:00	25/12/2014 13:15:00	0m	IF RT P6-TK-79K-G6/0/5	LAN Errors IN : 50 > LAN Errors IN : 50 > 25	Troubleshooting
Major	25/12/2014 13:25:00	25/12/2014 13:25:00	0m	IF RT P6-TK-79K-G6/0/5	LAN Errors IN : 50 > LAN Errors IN : 50 > 25	Troubleshooting
Major	25/12/2014 12:45:00	25/12/2014 12:50:00	5m	IF RT P6-TK-79K-G6/0/5	LAN Errors IN : 50 > LAN Errors IN : 50 > 25	Troubleshooting
Major	25/12/2014 12:35:00	25/12/2014 12:40:00	5m	IF RT P6-TK-79K-G6/0/5	LAN Errors IN : 50 > LAN Errors IN : 50 > 25	Troubleshooting
Major	25/12/2014 15:30:00	25/12/2014 15:30:00	0m	IF RT P6-TK-79K-G6/0/5	LAN Errors IN : 50 > LAN Errors IN : 50 > 25	Troubleshooting
Minor	24/12/2014 14:15:00	24/12/2014 14:15:00	0m	IF RT P6-TK-79K-G6/0/5	LAN Errors IN : 49 > LAN Errors IN : 49 > 75	Troubleshooting

Slika 8. Prikaz informacija u PM sistemu

Uočavanje ovakvog problema i pravovremena reakcija su od velikog značaja, a posebno u slučaju prenosa govornog i video saobraćaja.

4. ZAKLJUČAK

Primarni cilj svakog servis provajdera je pružanje različitih servisa visokog kvaliteta i raspoloživosti. Da bi ovi zahtevi bili ispunjeni neophodno je pravovremeno i kada je to moguće proaktivno delovati, kako bi detekcija incidentnih situacija u mreži, lokalizacija i rešavanje problema bili izvršeni u što kraćem vremenskom periodu, u idealnoj situaciji pre nego što korisnik primeti bilo kakvu neregularnost u funkcionisanju servisa.

U ovom radu su opisani sistemi za nadzor i praćenje performansi IP/MPLS mrežne infrastrukture, a kroz nekoliko primera primene ukazano je na značaj primene odgovarajućih sistema za upravljanje mrežom i njihov uticaj na rešavanja incidentnih situacija u mreži.

LITERATURA

- [1] F. Kamoun, „Toward Best Maintenance Practices in Communications Network Management,“ *International Journal of Network Management*, t. 15, br. 5, pp. 321-334, 2005.
- [2] A. Clemm, *Network Management Fundamentals*, Cisco Press, 2007.
- [3] R. Gerhards, „RFC 5424: The Syslog Protocol,“ [Na mreži]: <https://tools.ietf.org/html/rfc5424/>.
- [4] J. Case, M. Fedor, M. Schoffstall / J. Davin, „RFC1157: A Simple Network Management Protocol (SNMP),“ [Na mreži]: <http://tools.ietf.org/html/rfc1157/>.
- [5] „ITU-T Recommendation M.3400,“ [Na mreži]: <http://www.itu.int/rec/T-REC-M.3400/en/>.
- [6] D. Ilić, „Sistem za nadgledanje i modelovanje servisa u mreži Telekom Srbije a.d.,“ u *17. telekomunikacioni forum TELFOR*, Beograd, 2009.
- [7] M. J. Apgar, D. Bahn, H. Cirali, R. Clancy, V. Gucer, M. Gupta, W. King / J. Parker, *Integration Guide for IBM Tivoli Netcool/OMNIBus*, IBM Tivoli Network Manager, and IBM Tivoli Netcool Configuration Manager, International Business Machines Corporation, 2010.
- [8] „Performance Management: Best Practices White Paper,“ [Na mreži]: <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/availability/high-availability/15115-perfmgmt.html>.
- [9] „InfoVista VistaInsight for Networks 4.0, Data Sheet,“ [Na mreži]: <http://www.infovista.com/>.

ANALIZA WIFI MREŽA U URBANOM DIJELU PRIJESTONICE ANALYSIS OF WIFI NETWORKS IN URBAN PART OF OLD ROYAL CAPITAL

Blažo Popović, Ranko Vojinović, *Fakultet za informacione tehnologije*

Sadržaj: Cilj ovog rada je prikupljanje podataka sa niza WiFi pristupnih tačaka u urbanom dijelu Prijestonice Cetinje, i analizi konfiguracionih parametara na njima. Podaci se odnose na proizvođače pristupnih tačaka, kanale na kojima one funkcionišu, sposobnost za implementaciju 802.11 standarda, kao i analizu sposobnosti implementacije sigurnosnih standarda na pristupnim tačkama u WiFi mrežama. Cilj analize je da prikaže koliko su korisnici u svojim kućnim bežičnim mrežama svjesni rizika prilikom konfiguracije parametara koje im nude njihovi WiFi ruteri, odnosno koliko su izloženi riziku od napada na njihove mreže zbog propusta u konfiguraciji rutera i opreme.

Abstract: Main objective of this work is collecting data from a number of WiFi hotspots in the urban area of Old Royal Capital town Cetinje, and the analysis of their configuration parameters. The data is related to the access points vendors, the channels on which they work, the ability to deploy 802.11 standards, and analysis of capabilities to implement security standards on access points in WiFi networks. The goal of the analysis is to show how many users are in their home wireless networks aware of the risks when configuring parameters offered by their WiFi routers, or how much they are exposed to the risk of attacks on their networks because of flaws in the router and equipment configuration.

1. UVOD

Korišćenje bežičnih računarskih mreža, sa WI-Fi standardom, je danas u velikoj ekspanziji. Upotreba bežičnih mreža, kod kojih se komunikacija obavlja bežičnim putem, radio talasima, zbog jednostavnosti instalacije, prenosa signala i povezivanja na Internet odgovara korisnicima. Međutim, iako ovakav način komunikacije ima prednosti u odnosu na žičani oblik, bežične mreže donose i značajne rizike za korisnike. Ovdje se ubrajaju smanjena sigurnost komunikacije u odnosu na žičani link, mogućnost presretanja osjetljivih informacija od strane malicioznih napadača i zainteresovanih strana, ili krađe identiteta i ličnih podataka.

Glavni cilj ovog rada je prikupljanje podataka sa niza WiFi pristupnih tačaka u urbanom dijelu Prijestonice Cetinje, i analiza konfiguracionih parametara na njima. Analizirani su podaci koji se odnose na proizvođače opreme pristupnih tačaka, kanali na kojima one funkcionišu, sposobnost za implementaciju 802.11 standarda, kao i sposobnosti implementacije sigurnosnih standarda na pristupnim tačkama u WiFi mrežama. Cilj analize uzorka je da prikaže koliko su korisnici u svojim kućnim bežičnim mrežama podložni riziku prilikom konfiguracije parametara koje im nude njihovi WiFi ruteri, odnosno koliko su izloženi riziku od napada na njihove mreže zbog propusta u konfiguraciji opreme. Oblast grada koja je obuhvaćena istraživanjem je širi centar Cetinja, i prikazana je na Google mapi na slici 1.

Rad je organizovan na sledeći način. U drugom poglavlju, dat je kratak opis bežičnih mreža, njihov način funkcionisanja i prenošenja informacija radio talasima i raspoređivanje kanala u bežičnim mrežama. U trećem poglavlju je opisana konfiguracija računara i alata 'AcrylicWiFi Free' koji je na njemu instaliran za potrebe istraživanja, i koji služi za

skeniranje WiFi mreža prilikom prikupljanja podataka i kreiranja uzoraka za analizu. U četvrtom poglavlju opisan je način prikupljanja podataka i kreiranje uzoraka, nakon čega su analizirani podaci koji su prikupljeni navedenim alatom. Rad završava zaključkom u petom poglavlju i smjernicama za budući rad.



Slika 1. Lokacije obuhvaćene istraživanjem

2. STANDARDI U WIFI

Bežična mreža (*eng. wireless network, WLAN*) predstavlja povezivanje računara, digitalnih komunikacionih uređaja, mrežne opreme i raznih drugih uređaja putem radio talasa. Primjenjuju se na mjestima gdje kablovsku (žičanu) infrastrukturu nije moguće postaviti ili gdje je cijena uvođenja takve strukture previsoka, kao i na javnim mjestima koja nude javni bežični pristup internetu (*eng. hotspots*). Tri glavna bloka bežičnih LAN mreža su: pristupne tačke (*eng.*

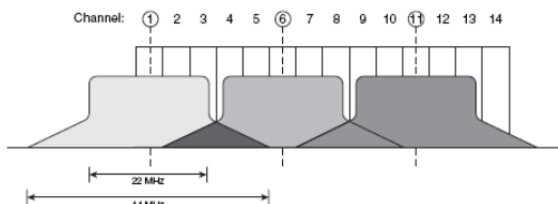
Access Point, AP), mehanizam za komutaciju pristupnih tačaka (switch ili ruter), i set bežičnih hostova (bežični čvorovi ili bežične stanice). Kod ovih mreža se najčešće koristi IEEE 802.11 tehnologija, bežični LAN (eng. Local Area Network), alternativno poznat i kao Wi-Fi (eng. Wireless Fidelity). Najznačajniji su standardi 802.11a, 802.11b, 802.11g, i najnoviji 802.11n [1] i [2]:

Tabela 1. Standardi u Wi-Fi

	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
Standardizacija	1999.	1999.	2003.	2009.
Maksimalna propusnost	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	600 Mbps
Modulacione tehnike	OFDM	DSSS, CCK	DSSS, CCK, OFDM	DSSS, CCK, OFDM+
RF pojas	5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 ili 5 GHz
Širina kanala	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20 ili 40 MHz

Standard 802.11a definiše rad na frekvenciji 5 GHz sa OFDM (eng. Orthogonal Frequency Division Multiplexing) multipleksiranjem kanala. Podržava komunikaciju na kraćim rastojanjima brzinama do 54 Mbit/s.

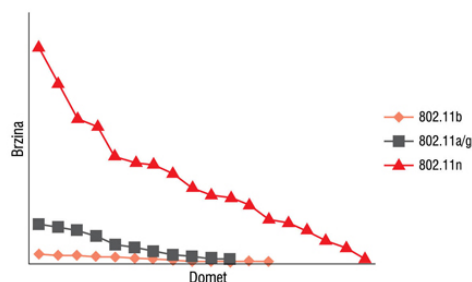
Standard 802.11b radi na frekvenciji od 2,4 GHz i koristi DSSS tehnologiju za slanje signala. Domet ovih uređaja varira od deklariranih 500 metara, do, sa dodatnim spoljnim antenama, preko 5 km. Standard definiše i spektralni raspored kanala. Kanali su razmaknuti u intervalima od po 5 MHz, što znači da se preklapaju. Rješenje problema preklapanja je da se koristi što je više moguće kanali koji se ne preklapaju: 1, 6 i 11 kao što je prikazano na slici 2:



Slika 2. Raspored kanala u IEEE 802.11b

Standard 802.11g omogućava maksimalnu propusnost od 54Mbit/s (kao 802.11a) na frekvenciji od 2,4GHz. Podržava različite tipove modulacije.

802.11n standard predstavlja naprednu generaciju bežične tehnologije. Najznačajnije unapređenje se odnosi na povećanje brzine sa 54 Mbit/s do mogućih 600 Mbit/s. Najvažnije karakteristike koje 802.11n tehnologiji omogućavaju bolje performanse u odnosu na prethodne 802.11a/b/g tehnologije: usmjeravanje predajnog snopa, čime se signal višestruko pojačava; prostorno multipleksiranje, simultano slanje višestrukih tokova podataka i dekodiranje korišćenjem višestrukih prijemnika u cilju povećanja kapaciteta kanala, i mogućnost povezivanja kanala unapređenjem tehnike kodiranja. 802.11n podržava rad u dva opsega, 2,4 GHz i 5 GHz, što omogućava fleksibilnost prilikom zadovoljavanja velikog broja zahtjeva za bežičnim prenosom. Međutim, za postizanje maksimalnih performansi koje 802.11n omogućava, neophodno je implementiranje isključivo 802.11n uređaja koji funkcionišu u opsegu od 5 GHz:



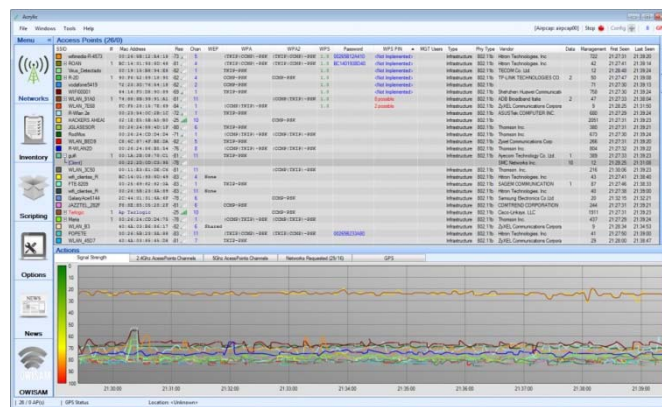
Slika 3. Poređenje brzina i dometa 802.11 b, a/g i n sistema

802.11ac i 802.11ad predstavljaju gigabitnu budućnost WLAN mreža. Zbog razvoja aplikacija koje zahtijevaju veće brzine, IEEE je oformio dvije nove radne grupe (802.11ac i 802.11ad) koje imaju zadatak da razviju standarde koji će omogućiti prenos podataka brzinama od 1 Gbit/s do 7 Gbit/s.

3. HARDVER I ALAT ZA PRIKUPLJANJE PODATAKA

Podaci o WLAN mrežama su prikupljeni “ratnom vožnjom” (eng. war driving), postupkom lociranja i moguće eksploatacije WLAN mreža na jednom području, vožnjom automobilom, i uz korišćenje prenosnog računara snabdjevenog odgovarajućim softverom. U ratnoj vožnji, za prikupljanje podataka sa WLAN mreža i njihov analizu, korišćen je računar sledeće konfiguracije: HP ProBook 4740s laptop, Intel Core i5-3230M 2.6GHz procesor (quad-core), 6 GB RAM, Windows 7 64-bit OS.

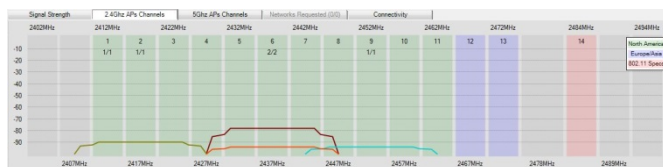
Kao softverski alat, korišćen je **Acrylic WIFI Free softver**. Prema [3], Acrylic WIFI je besplatni WIFI skener koji prikazuje WIFI pristupne tačke i povezane uređaje, prikazuje informacije o sigurnosnim mehanizmima na njima, i dobavlja generičke WiFi lozinke. Skener je sposoban za prikupljanje informacija sa 802.11 a/b/g/n/ac mreža. Korišćena verzija alata je 1.1. Ovaj besplatni skener uključuje detaljne informacije o skrivenim WLAN mrežama kao što je njihov mrežni identifikacioni broj SSID (eng. Service Set Identifier). Dalje, Packet viewer funkcioniše kao WLAN snifer i prikazuje prikupljene mrežne pakete, pri čemu je moguće integrisanje sa Wireshark-om, što obezbeđuje hvatanje paketa ako je instaliran pod Windows-om. Izgled prozora alata dat je na slici 4:



Slika 4. Acrylic WIFI Free softver

Iz gornjeg dijela GUI prozora, nakon određenog vremena provedenog u modu za skeniranje, alat prikazuje važne informacije koje se tiču jedne WiFi mreže, i to: SSID mrežna imena pristupnih tačaka, BSSID (*eng. Basic Service Set Identification Number*) informacije (MAC adrese), snagu signala, prikaz kanala na kojima funkcionišu pristupne tačke u 2.4GHz i 5GHz opsegu, standardi na kojima su pristupne tačke sposobne da rade (a, b, g, n, ac), maksimalna brzina prenosa podataka u Mbps, informacije o sigurnosti, koje se tiču mrežne autentifikacije i sigurnosnih detalja vezanih za WEP, WPA, WPA2, WPS WiFi mreže, i prikaz hardvera, tj. proizvođača pristupne tačke.

U donjem dijelu GUI prozora ovog alata moguće je vidjeti u realnom vremenu grafički prikaz snage signala u decibelima, izgled kanala na kojima rade pristupne tačke, i to za opsege od 2.4GHz i 5GHz, koji kanali se preklapaju, kao i precizne širine pojedinih kanala u MHz:



Slika 5. Grafički prikaz kanala u donjem dijelu GUI prozora

4. ANALIZA PODATAKA

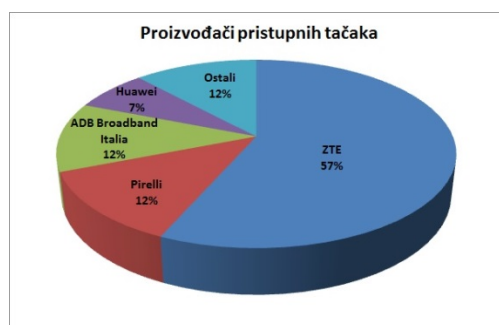
Za prikupljanje uzorka korišćen je navedeni alat i tehnika *wardriving-a*. Lokacije koje su uključene u skeniranje, i samim tim u kreiranje uzorka za analizu uključuju centar Cetinja, Bajovu i Njegoševu ulicu, i zgrade u naseljima, 4. jul, Gipos 1, Gipos 2, Gipos 3, Gipos 4, Gipos 5, Željezara, Jusovača, Tri sestre, Četrdeset mučenika i Kongo. Koordinate geografske širine i dužine (*eng. latitude and longitude*) navedenih lokacija na kojima je izvršeno uzorkovanje date su u sledećoj tabeli:

Tabela 2. Koordinate lokacija za uzorkovanje

Lokacija	Geografska širina	Geografska dužina
Bajova ulica	od 42°23'15.787" N do 42°23'41.26" N	od 18°55'37.016" E do 18°55'11.16" E
Njegoševa ulica	od 42°23'14.36" N do 42°23'29.696" N	od 18°55'34.003" E do 18°55'19.007" E
4. jul	42°23'51.015" N	18°55'7.584" E
Gipos 1	42°23'52.413" N	18°55'0.477" E
Gipos 2	42°23'51.244" N	18°55'0.014" E
Gipos 3	42°23'49.846" N	18°54'59.203" E
Gipos 4	42°23'47.963" N	18°54'59.473" E
Gipos 5	42°23'51.957" N	18°54'56.77" E
Željezara	42°23'40.319" N	18°55'21.103" E
Jusovača	42°23'42.344" N	18°55'8.202" E
Tri sestre	42°23'42.515" N	18°55'19.673" E
Četrdeset mučenika	42°23'43.599" N	18°55'23.961" E
Kongo	42°23'39.92" N	18°55'6.117" E

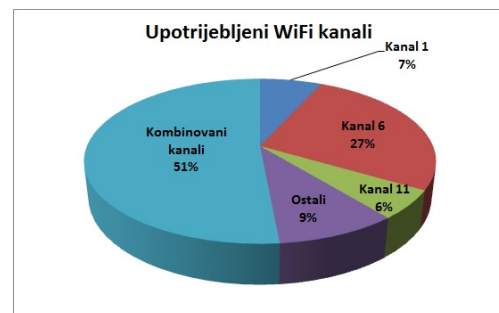
Tokom skeniranja, prikupljene su informacije za 604 uređaja. Vrijeme koje je bilo potrebno za prikupljanje potrebnih podataka je između 90 i 120 minuta. Ovaj uzorak je reprezentativan, jer u njemu se nalazi najveća koncentracija stanovništva Prijestonice Cetinja, a samim tim i potrebna količina pristupnih tačaka koje su analizirane.

Iz prikupljenih podataka, očigledno je da je najveći broj pristupnih tačaka iz proizvodnje ZTE Corporation, kojih u ukupnom uzorku ima 342 ili 57%. Nakon njih, proizvođači Pirelli Tyre S.p.A i ADB Broadband Italia učestvuju sa 75 i 72 uređaja, odnosno sa po 12%. Huawei uređaji čine 7% od ukupnog broja instaliranih uređaja kod korisnika, sa 43 jedinice. Interesantno je primijetiti da preostalih 12% uređaja u uzorku čini čak 12 različitih proizvođača pristupnih tačaka. Svi procentualni odnosi među pristupnim tačkama dati su na sledećoj slici:



Slika 6. Procentualni udio proizvođača u ukupnom uzorku

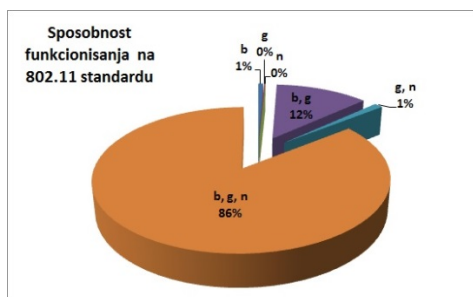
Sve pristupne tačke koriste kanal na kojem funkcionišu. Na sledećoj slici je prikazano u kojem procentu su iskorišćeni 802.11 kanali u frekvenciji od 2.4GHz kod analiziranih pristupnih tačaka.



Slika 7. Procentualni udio kanala u ukupnom uzorku

Sa slike se jasno može vidjeti da najveći broj pristupnih tačaka funkcioniše na kanalu 6, i one učestvuju u ukupnom uzorku sa 27%. Tradicionalni nepreklapajući kanali 1, 6, i 11 kod 2.4GHz frekvencije učestvuju zajedno sa 40% u uzorku, a zajedno njih tri sa ostalim kanalima od 1 do 11 učestvuju sa 49%. Interesantnu brojku predstavlja 311 uređaja koji funkcionišu na kombinovanim kanalima, i učestvuju sa procentom od čak 51% od ukupnog broja analiziranih uređaja. Naime, radi se o tome da uređaji koji su sposobni da rade na standardima b, g, i n imaju mogućnost slanja podataka velikim brzinama, te koriste po dva kanala za njihovo slanje, i na taj način istovremeno izbjegavaju interferenciju sa drugim pristupnim tačkama, koje šalju podatke na istim kanalima. Najčešće kombinacije kanala su: 1+5, 3+7, 4+8, 5+9, 6+2, 6+10, 8+12, 10+6, 11+7. U obrađenom uzorku kod kombinovanih kanala, čak 198 od 311 uređaja koristi kanale 1+5, 54 uređaja koristi kanale 11+7, 44 uređaja koristi kanale 6+10, a ostalih 15 uređaja koristi druge kombinacije navedenih kanala.

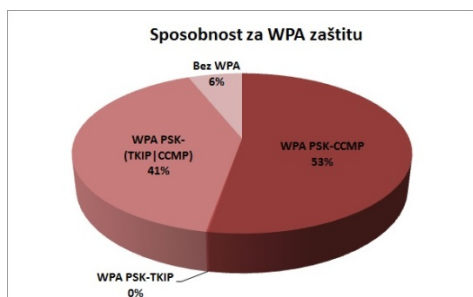
Mogućnosti analiziranih WiFi uređaja po pitanju njihove hardverske sposobnosti da funkcionišu na određenim 802.11 standardima, prikazane su na sledećoj slici:



Slika 8. Sposobnost WiFi uređaja za funkcionisanje u 802.11 standardu

U uzorku od 604 uređaja, njih 517 ili 86% je sposobno da operiše na 802.11b, 802.11g, ili 802.11n standardu, dok njih 14% nije u stanju da to uradi. Interesantno je primijetiti da nijedan od analiziranih uređaja nema sposobnost funkcionisanja na 802.11ac standardu. Ovo se može donekle pravdati činjenicom da je još uvijek ogromna većina uređaja za kućnu upotrebu maksimalno spremna i isporučuje se samo za 802.11n standard. Sposobnost rada na dva standarda 802.11b i 802.11g imaju 12% uređaja, dok sposobnost rada na 802.11g i 802.11n standardu imaju samo 1% uređaja. Iz uzorka je interesantan podatak koji se nalazi na dijagonalno suprotnoj strani ove analize, a to je da je 4 uređaja sposobno samo da operiše samo na 802.11b standard.

Poslednja analiza pokazuje podatke za WEP, WPS, WPA, i WPA2 tipove sigurnosti koji se mogu implementirati na analiziranim uređajima. Iz analize uzorka vidljivo je da 17 uređaja ima WEP enkripciju, pri čemu 7 uređaja koristi dijeljeni ključ, a preostalih 10 uređaja nema nikakvu šifru. Jasno je vidljivo da je ovih 17 pristupnih tačaka zaštićeno slabim mehanizmom zaštite, i da predstavljaju laku metu za potencijalnog napadača. Na uzorku je primijećeno da čak 513 od 604 uređaja, ili njih 85%, ima fabrički mogućnost za WPS zaštitu, koja se smatra veoma lakom za razbijanje brute-force napadom. Sposobnost uređaja za implementaciju WPA zaštite data je sledećim grafikonom:

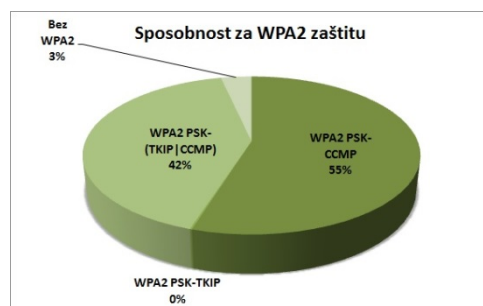


Slika 9. Sposobnost za WPA zaštitu na uređajima

Sadijagrama se vidi da je 53% uređaja sposobno samo za WPA PSK-CCMP tip zaštite koja se smatra jačom od WPA PSK-TKIP zaštite, koja praktično i ne figurira u uzorku. Ono što je primjetno je da je 41% korisnika na svojim uređajima sposobno da prilikom konfiguracije izabere između WPA PSK-TKIP i WPA PSK-CCMP zaštite svoje bežične mreže.

Važno je primijetiti da 6% uređaja nema sposobnost implementacije WPA zaštite na svojoj pristupnoj tački.

Kada je u pitanju WPA2 zaštita na uređajima, sa sledećeg grafikona se primjećuje da je situacija gotovo identična prethodnoj. Sa grafikona se vidi da je 55% uređaja sposobno samo za WPA2 PSK-CCMP tip zaštite. Primjetno je da je 42% korisnika u mogućnosti da izabere između WPA2 PSK-TKIP i WPA2 PSK-CCMP zaštite svoje bežične mreže. Važno je primijetiti da 3% uređaja nema sposobnost implementacije WPA2 zaštite na svojoj pristupnoj tački:



Slika 10. Sposobnost za WPA2 zaštitu na uređajima

5. ZAKLJUČAK I BUDUĆI RAD

Glavni cilj ovog rada sastojao se u prikupljanju podataka sa niza WiFi pristupnih tačaka u urbanom dijelu Prijestonice Cetinje, i analizi konfiguracionih parametara na njima. Iz analize se može vidjeti koliko su korisnici u svojim kućnim bežičnim mrežama svjesni rizika prilikom konfiguracije parametara koje im nude njihovi WiFi ruteri, odnosno koliko su izloženi riziku od napada na njihove mreže zbog propusta u konfiguraciji opreme. U radu su analizirani vrsta opreme pristupnih tačaka, kanali na kojima one funkcionišu, sposobnost za implementaciju 802.11 standarda, i sposobnost implementacije sigurnosnih standarda u WiFi mrežama. Iz analize je očigledno da velika većina korisnika iz uzorka koristi već unaprijed prekonfigurisane parametre samih pristupnih tačaka, ili su ti uređaji najvjerovatnije konfigurisani od strane trećih lica sigurnosnim standardom koji u dovoljnoj mjeri štiti privatne korisnike od napada spolja.

Rad ostavlja prostor za dalje analize slabosti kod javno dostupnih WLAN mreža, kojima svakodnevno imaju pristup gosti kao poslovni korisnici, kao i analizi slabosti kompanijskih bežičnih mreža.

LITERATURA

- [1] David Hucaby: CCNP BCMSN Official Exam Certification Guide, Cisco Press, 2007.
- [2] Ranko Vojinović, Bežične računarske mreže, e-hrestomatija, univerzitet Mediteran, 2010.
- [3] Acrylic WiFi website: www.acrylicwifi.com
- [4] GPS coordinates: <http://www.gps-coordinates.net/>

UNAPRIJEDJENA PROCEDURA ZA ESTIMACIJU LOKALNE FREKVENCije VISOKO NESTACIONARNIH DVO-DIMENZIONALNIH FM SIGNALA AN IMPROVED PROCEDURE FOR THE LOCAL FREQUENCY ESTIMATION OF HIGHLY NONSTATIONARY TWO-DIMENSIONAL FM SIGNALS

Veselin N. Ivanović, Nevena Radović, Department of Electrical Engineering, University of Montenegro
Srdjan Jovanovski, Faculty of Information Technology, Mediterranean University
Zdravko Uskoković, Department of Electrical Engineering, University of Montenegro

Sadržaj: U ovom radu je prezentirana poboljšana procedura za estimaciju lokalne frekvencije (LF) visoko nestacionarnih dvo-dimenzionalnih frekvencijski-modulisanih signala, inicijalno predložena i razvijena u [1]. Procedura se bazira na pomjeranju dvo-dimenzionalne matrice po prostorno-frekvencijskoj reprezentaciji estimiranog signala i na mogućoj detekciji lokalne frekvencije u prostorno-frekvencijskoj tački koja odgovara centralnom elementu pomjerajuće matrice. Prezentirana procedura obezbjeđuje visoko kvalitetnu real-time estimaciju lokalne frekvencije u slučaju visoko nestacionarnih monokomponentnih i multikomponentnih signala, ali takodje ona ne unosi dodatnu računsku složenost u estimaciju. Procedura je verifikovana kroz filtriranje multikomponentnog 2D signala i upoređena je sa odgovarajućim trenutno upotrebljivanim algoritmima za setimaciju.

Abstract: An improved procedure for the estimation of the local frequency (LF) of highly nonstationary two-dimensional frequency-modulated signals, initially proposed and developed in [1], is presented here. The procedure is based on sliding of the two-dimensional matrix over space/spatial-frequency representation of the estimated signal and on the possible local frequency detection in the space/spatial-frequency point that corresponds to the sliding matrix central element. The presented procedure provides high quality real-time LF estimation in the highly nonstationary monocomponent and multicomponent signals case, but also it does not introduce additional calculation in estimation. The procedure is verified through the filtering of multicomponent 2D signal and is compared with the corresponding state-of-the-art estimation algorithms.

1. INTRODUCTION

Nonstationary frequency-modulated (FM) signals are usually highly concentrated in the time-frequency (TF) plane (one-dimensional (1D) signals), i.e. in the space/spatial-frequency (S/SF) space (two-dimensional (2D) signals) around their instantaneous frequencies (IFs) or around their local frequencies (LFs), respectively. Therefore, the IF and LF represent very important characteristics of nonstationary 1D and 2D signals. Moreover, processing quality of these signals, including their estimation and filtering, is dominantly based on the quality of the IF and the LF estimation, [1]-[5].

Optimal nonlinear S/SF filter, obtained by expanding the corresponding 1D filtering definition, [2]-[4], related to the 2D WD framework, [3], and used to overcome distortion of the filtered 2D FM signal has been defined, in the frequency-frequency (FF) domain and in vector notation, [5], by:

$$(Hx)(\vec{n}) = \sum_{\vec{k}=-N/2+1}^{N/2} L_H(\vec{n}, \vec{k}) STFT_x(\vec{n}, \vec{k}) \quad (1)$$

$L_H(\vec{n}, \vec{k})$ represents Weyl symbol of the filter's region of support (FRS), [3], [4], $STFT_x(\vec{n}, \vec{k}) = DFT_{\vec{m}}[w(\vec{m})x(\vec{n} + \vec{m})]$ is the 2D short-time Fourier transformation (2D STFT) of the q -component noisy signal $x(\vec{n}) = \sum_{i=1, \dots, q} (f_i(\vec{n})) + \varepsilon(\vec{n})$, $w(\vec{m})$ is a real-valued 2D lag window, whereas $N \times N$ is the windowed signal duration, and $\vec{n} = (n_1, n_2)$ in (1).

Following the procedure for the stationary Wiener filter

design, [6], and considering the case of 2D FM signals $f_i(\vec{n})$, $i=1, \dots, q$, highly concentrated in the S/SF plane around their LFs, and of the additive, widely spread white noise $\varepsilon(\vec{n})$, not correlated with the estimated 2D FM signals, the FRS of the optimal S/SF filter corresponds to the combination of LFs of signals $f_i(\vec{n})$ [1], [5]. Then, the optimal filtering of nonstationary 2D FM signals can be reduced to the LF estimation in a noisy environment, which can be performed, in S/SF analysis framework, by determining frequency points $\vec{k}_i, i=1, \dots, q$ where S/SF distribution (S/SFD) of the noisy signal has local maximum, [1], [5], [7]-[9],

$$LF_i(\vec{n}) = \arg[\max_{\vec{k} \in Q_{\vec{k}_i}} S/SFD_x(\vec{n}, \vec{k})]. \quad (2)$$

where $Q_{\vec{k}_i}$ is the basic region in FF plane around $f_i(\vec{n})$, the LF of which is $LF_i(\vec{n})$. Among all S/SFDs, the 2D cross-terms-free WD (2D CTFWD) produces the best LF estimation characteristics, [1], [10]. In detail, it retains the desired LF estimation characteristics of the 2D WD in the monocomponent signals case, [10], but also in the non-overlapping multi-component signals case, LF estimation characteristics of the 2D CTFWD, obtained for each signal's component separately, remain the same as for the case of only that particular component exists, [10]. It is defined based on the same 2D STFTs used in definition (1), has already been implemented in real-time, [1], and, can be used

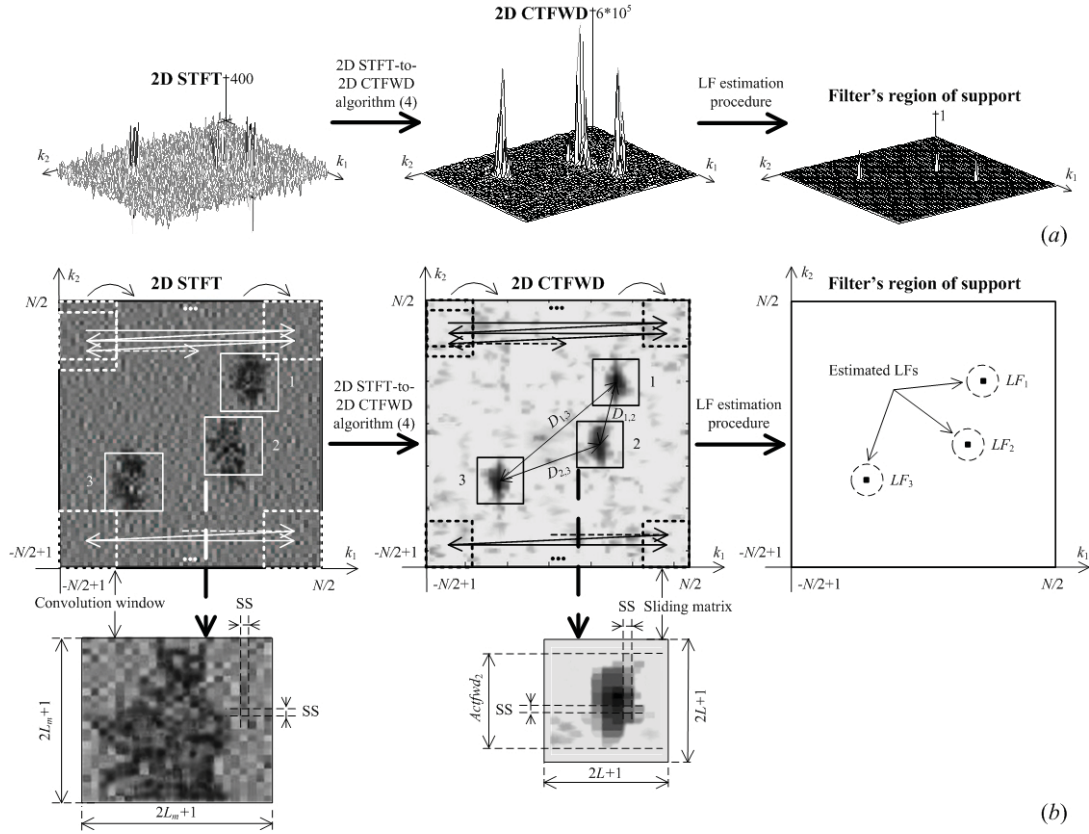


Fig.1. Schematic presentation of the 2D STFT-to-2D CTFWD generation and the LF estimation procedures for the noisy signal (4) case. (a) 3-dimensional representation, (b) 2D FF representation together with the sliding procedures of the 2D convolution window (left hand side graphic) and the 2D sliding matrix (central graphic). SS denotes sliding step of the convolution window and of the sliding matrix in each frequency direction (in k_1 and in k_2).

as a base in an optimal nonstationary S/SF filter development, as performed in [1], [7]-[9].

2. LF ESTIMATION PROCEDURE

To provide an optimal LF estimation-based S/SF filter (1) implementation, the real-time S/SFD-based LF estimation (2) has to be initially performed. Along that line, frequency-only-dependent S/SFDs (here 2D CTFWDs), defined over the basic 2D FF region $Q_{\vec{k}}$, has to be grouped into 2D matrix area to provide basis for the LF estimation. This area should also be able to slide over all frequency-only-dependent 2D CTFWDs from the observed signal point \vec{n} (see Fig.1(b), central graphic), to provide basis for the LF estimation in each FF point corresponding to the particular sliding position and, therefore, to make possible multiple LF detection in \vec{n} , Fig.1(b), right hand side graphic. Then, the LF estimation should be performed based on the procedure following the definition (2).

LF estimation procedure presented here has been proposed and developed in [1]. It has initially considered in [7]-[9], but for the case of 2D signals with slightly nonstationary characteristics. It is proposed and tested in [7], [8], and partially verified (through the sliding matrix module implementation only) in [9]. In these papers, software simulations and testing (on the arbitrary numerical values,

but not on the real-life signals) are considered, together with the corresponding block-schematic presentation only. To extend the estimation capability to the highly nonstationary 2D signals, here we firstly propose the improved LF estimation procedure. After that, based on the improved procedure, the complete hardware development, with all implementation and verification details, is performed and tested on the highly nonstationary multicomponent real-life 2D signal.

For a particular sliding position and the signal point \vec{n} , the procedure proposed and developed in [1] and presented here, investigates an LF existence in the FF point (k_1, k_2) corresponding to the central element of the $(2L+1) \times (2L+1)$ sliding matrix area. This area groups frequency-only-dependent 2D CTFWD elements,

$$CTFWD(\vec{n}, k_1 + L, k_2 + L), \dots, CTFWD(\vec{n}, \vec{k}), \dots, \\ CTFWD(\vec{n}, k_1 - L, k_2 - L),$$

symmetrically distributed around (k_1, k_2) . The LF is detected in the FF point (k_1, k_2) only if the central element of the sliding matrix area is:

- (i) the maximum element of the sliding matrix area (in line with the definition (2)),
- (ii) greater than the predefined spectral level S^2 , and if the sliding matrix area size satisfies:

$$\max_{1 \leq i \leq q} \{Actfwd_i\} \leq 2L + 1 < \sqrt{2} \cdot \min_{1 \leq i, j \leq q, i \neq j} |LF_i(\vec{n}) - LF_j(\vec{n})| \quad (3)$$

$k_1-L, k_2-N/2$	...	k_1-L, k_2-L-1	k_1-L, k_2-L	k_1-L, k_2-L+1	...	k_1-L, k_2	...	k_1-L, k_2+L	k_1-L, k_2+L+1	...	$k_1-L, k_2+N/2-1$
$k_1-L+1, k_2-N/2$	...	k_1-L+1, k_2-L-1	k_1-L+1, k_2-L	k_1-L+1, k_2-L+1	...	k_1-L+1, k_2	...	k_1-L+1, k_2+L	k_1-L+1, k_2+L+1	...	$k_1-L+1, k_2+N/2-1$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$k_1, k_2-N/2$	...	k_1, k_2-L-1	k_1, k_2-L	k_1, k_2-L+1	...	k_1, k_2	...	k_1, k_2+L	k_1, k_2+L+1	...	$k_1, k_2+N/2-1$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$k_1+L-1, k_2-N/2$	...	k_1+L-1, k_2-L-1	k_1+L-1, k_2-L	k_1+L-1, k_2-L+1	...	k_1+L-1, k_2	...	k_1+L-1, k_2+L	k_1+L-1, k_2+L+1	...	$k_1+L-1, k_2+N/2-1$
$k_1+L, k_2-N/2$	...	k_1+L, k_2-L-1	k_1+L, k_2-L	k_1+L, k_2-L+1	...	k_1+L, k_2	...	k_1+L, k_2+L	k_1+L, k_2+L+1	...	$k_1+L, k_2+N/2-1$

Fig.2. Sliding principles of the 2D matrix over 2D CTFWDs. In the presented notation, cells represent S/SF points containing 2D CTFWDs, denoted by their FF position.

where $Actfwd_i$, $i=1, \dots, q$ are different widths of the non-overlapping 2D CTFWD auto-terms' domains, whereas $|LF_i(\vec{n}) - LF_j(\vec{n})|$ denotes distance (in an FF plane) between different LFs, $LF_i(\vec{n})$ and $LF_j(\vec{n})$, $i, j=1, \dots, q$ and $i \neq j$.

Proof: 1) The condition (i) combined with the first inequality in (3) has to be met to ensure that:

- The sliding matrix area includes 2D CTFWD element corresponding to the true LF when the LF existence in each FF point from the observed 2D CTFWD auto-term is investigated. In this way, the LF estimation error is minimized, since the bias is eliminated inside the 2D CTFWD auto-terms' domains, as well as outside these domains (where the signal does not exist);
- For each particular 2D CTFWD auto-term and each signal point \vec{n} , only one FF point can be detected as an LF. In this way, the influence of the frequency discretization on the LF estimation quality is reduced, as proven for the 1D signal case in [5].

2) The condition (i) combined with the second inequality in (3) ensures the detection of an LF of each signal component separately in the observed signal point \vec{n} , enabling the LF estimation in the multicomponent signals case.

3) The condition (ii) has to be met to suppress the noise influence outside the 2D CTFWD auto-terms' domains. In hardware implementations, the predefined spectral level S^2 , a few percent of the 2D CTFWD's maximum value, [1], is practically selected based on the *a priori* knowledge about the estimated signal's range, determined, in hardware implementations, by the optimal usage of the A/D converter and memory locations.

After the LF investigation in the point (k_1, k_2) , this procedure is repeated for the next FF point (k_1, k_2+1) from the same signal point \vec{n} . The $CTFWD_x(\vec{n}, k_1+L, k_2+L+1)$ element is imported to the 2D sliding matrix area, Fig.2, that slides then for one position right over frequency-only-dependent 2D CTFWDs, creating the next basic region $Q_{(k_1, k_2+1)}$ (thick dashed box in Fig.2). In general, for each signal point \vec{n} , the real-time LF estimation is performed by the 2D matrix area sliding over all frequency-only-dependent input 2D CTFWDs and by the LF computing according to the input elements and the proposed estimation procedure.

To verify improvement achieved with respect the estimation procedure from [7]-[9], note that the procedure, proposed in [1] and presented here, assumes twice smaller minimal possible size of the sliding matrix area (3) (of $\max_{1 \leq i \leq q} \{Actfwd_i\}$, instead of $2 \cdot \max_{1 \leq i \leq q} \{Actfwd_i\}$). In this way, this procedure allows the LF estimation as long as

$$\max_{1 \leq i \leq q} \{Actfwd_i\} < \sqrt{2} \cdot \min_{1 \leq i, j \leq q, i \neq j} |LF_i(\vec{n}) - LF_j(\vec{n})| \quad (\text{i.e.}$$

as long as the 2D CTFWD auto-terms' domains do not occupy wider FF ranges than the minimal distance between different LFs, as shown in Fig.1). Therefore, it further allows the LF estimation even in the case of twice wider 2D CTFWD auto-terms' domains (corresponding to the 2D signals with significantly higher nonstationary characteristics).

In the case of highly concentrated 2D FM signal's components, the 2D CTFWD produces narrowband auto-terms (the most concentrated ones among all S/SFDs, [10]). Besides, if signal's components do not overlap in the 2D FF plane, $\min_{1 \leq i, j \leq q, i \neq j} |LF_i(\vec{n}) - LF_j(\vec{n})| \gg \max_{1 \leq i \leq q} \{Actfwd_i\}$

is usually satisfied and thus the wide frequency range (3) and, consequently, the LF estimation robustness with respect to the $2L+1$ value are implied, as proven in [7]-[9]. Therefore, in practice and in this case, relatively small sliding matrix area size of several locations should usually be sufficient. However, when the 2D CTFWD auto-terms' domains occupy FF ranges of significant widths (widths that are comparable with the minimal distance between different LFs, as shown in Fig.1), the $2L+1$ value has to be carefully selected. Moreover, since the $2L_m+1$ (convolution window width used in the 2D CTFWD definition, [1]) and $2L+1$ values are respectively determined by the widest 2D STFT and 2D CTFWD auto-terms' domains, but also since the 2D STFT auto-terms' occupy significantly wider FF ranges than the corresponding 2D CTFWD ones, Fig.1, the L and L_m values such that $L < L_m$ should be selected. Efficiency of the proposed procedure will be tested during the verification of the LF estimation-based optimal S/SF filtering.

3. TESTING AND VERIFICATION

Verification of the proposed estimation procedure is performed through filtering of the 3-component test signal:

$$f(n_1T, n_2T) = \cos(20\pi(n_1T - 0.75)^2 + 22\pi(n_2T - 0.75)^2) + 0.5 \cos(-100 \cos(\pi n_1T / 2) + 100 \cos(\pi n_2T / 2)) \quad (4)$$

within the range $-0.75 \leq n_1T, n_2T \leq 0.75$ and masked by a high white noise such that $SNR_{in} = 10 \log(P_f/P_e) = -0.9$ [dB]. The Hanning window $w(\vec{m})$, $N=64$, $T=1.5/160$, $L_m=6$, $L=4$,

$S^2 = \max_{\vec{n}, \vec{k}} \{CTFWD_x(\vec{n}, \vec{k})\} / 20$, and reference level used in the 2D CTFWD calculation [1], of $R^2 = \max_{\vec{n}, \vec{k}} \{|STFT_x(\vec{n}, \vec{k})|^2\} / 100$, are selected. Input 2D STFTs are rounded to the signed 16-bit fixed-point form, including the 4-bit fraction. The very high efficiency, Fig. 3,

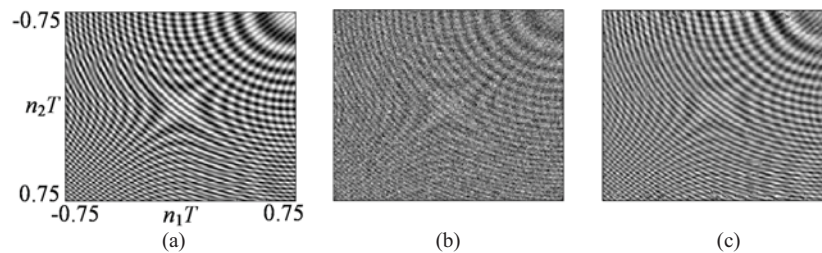


Fig.3. (a) Non-noisy 3-component test signal (4), (b) Noisy signal (4), (c) Output signal of the S/SF filter.

(the improvement of $SNR_{out}-SNR_{in}=30.69$ [dB], out of theoretically maximal one of $10\log(N\times N/3)=31.35$ [dB]) is achieved despite quite complex estimation, [1] (each signal component occupies significant part ($\sim 15\%$) of the FF plane, whereas the minimal distance between their LFs is comparable by the frequency range occupied by a component, Fig.1).

4. INSTEAD OF CONCLUSIONS – COMPARISONS TO THE STATE-OF-THE-ART ALGORITHMS

Per an S/SF point, the LF estimation procedure proposed here does not introduce additional calculations in estimation, but requires quite simple comparison of $(2L+1)\times(2L+1)$ elements, grouped by the sliding matrix area. The comparison is performed with respect to the central area element and the spectral level S^2 . Based on the noticeable computational simplicity and, consequently, the slight time consumption, this procedure allows an efficient real-time implementation. Besides, it permits multiple LF detection per an estimated signal point and, hence, enables application in the practically only important case of multicomponent signals. Performing over the 2D CTFWDs, it also enables the highest quality LF estimation, as well as high resolution and selectivity limited to the signals with non-overlapping components that will be verified in the Section 4.

The state-of-the-art estimation algorithms usually significantly increase calculation complexity of the estimation. The estimation method from [5] requires quite complex and demanding calculation of biases and variances of S/SFDs with extremely different windowed 2D signal durations ($N_1\times N_1$ and $N_2\times N_2$, where $N_1 \ll N_2$, for example $N_1=16$, $N_2=128$), as well as the quite complex comparisons of the calculated statistical characteristics. In this way, it increases the calculation cost of the estimation for $O(2N_1^2(3\log_2 N_1+4))$ complex operations per a signal point. Adaptive methods based on the iterative algorithms, [11]-[13], also significantly increase calculation complexity and, consequently, produce highly time consuming estimation (for example, per an iteration and for estimating a single row of weight $(2L+1)\times(2L+1)$ matrix, the 2D LMS algorithm additionally introduces $3(2L+1)+2$ complex multiplications and $3(2L+1)$ complex additions, whereas 2D RLS algorithm additionally introduces $(2L+1)^2+5(2L+1)+2$ complex multiplications and $(2L+1)^2+3(2L+1)$ complex additions, [14]). Therefore, implementation approaches based on these methods are not always applicable in real-time. The estimation method proposed in [15] requires comparison of all frequency-only-dependent S/SFDs from an estimated signal point (i.e. comparison of $N\times N$ elements). In this way,

it performs global LF estimation per a signal point and, consequently, provides estimation in the case of monocomponent signals only. Considering all these reasons, the procedure proposed here is selected as a base for the optimal LF estimation-based S/SF filter development, performed in the sequel.

REFERENCES

- [1] V.N. Ivanović, N. Radović: "Signal Adaptive Hardware Implementation of a System for Highly Nonstationary Two-Dimensional FM Signal Estimation", *Journal of Signal Processing Systems*, conditionally accepted and revised (in reconsideration).
- [2] G. Matz, F. Hlawatsch, "Linear time-frequency filters: Online algorithms and applications", *App. in Time-Freq. Sig. Proc.* (A. Papandreou-Suppappola, Ed.), CRC Press, pp.205-271, 2002.
- [3] W. Kozek, "Time-frequency signal processing based on the Wigner-Weyl framework", *Signal Processing*, vol. 29, no. 10, pp. 77-92, 1992.
- [4] R.G. Shenoy, T.W. Parks, "The Weyl correspondence and time-frequency analysis", *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 42, no. 2, pp. 318-331, Feb. 1994.
- [5] L.J. Stanković, "Space/spatial-frequency analysis based filtering", *IEEE trans. Signal Processing*, vol. 48, no. 8, pp. 2343-2352, Aug 2000.
- [6] A. Papoulis, *Signal Analysis*, New York, USA: McGraw-Hill, 1997.
- [7] V.N. Ivanović, N. Radović, S. Jovanovski, "Real-time design of space/spatial-frequency optimal filter", *Electron. Lett.*, vol. 46, no. 25, pp. 1696-1697, 2010.
- [8] V.N. Ivanović, N. Radović, S. Jovanovski, "Real-time design of a space/spatial-frequency optimal filter for highly nonstationary two-dimensional signal estimation", *IEEE ICASSP 2011*, Prague, Czech Republic, pp. 1653-1656.
- [9] N. Radović, V.N. Ivanović, "Hardware implementation of a system for highly nonstationary two-dimensional FM signals estimation based on the sliding matrix function", *IEEE EUROCON 2013*, Zagreb, Hrvatska, pp. 1738-1744.
- [10] V.N. Ivanović, M. Daković, L.J. Stanković: "Performances of quadratic time-frequency distributions as instantaneous frequency estimators", *IEEE Trans. Signal Processing*, vol.51, no.1, pp.77-89, Jan.2003.
- [11] X.-G. Xia, S. Qian, "Convergence of an iterative time-variant filtering based on discrete Gabor transform", *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 47, no. 10, Oct.1999, pp.2894-2899.
- [12] P.S.R. Diniz, *Adaptive Filtering: Algorithms and Practical Implementation*, 4th ed., New York: Springer 2013.
- [13] J.-W. Lee, G.-K. Lee, "Design of an Adaptive Filter with a Dynamic Structure for ECG Signal Processing", *Int. Journal of Control, Automation, and Syst.*, vol.3, no.1, pp.137-142, 2005.
- [14] A. Joy, V.K. Chakka, "Fast array multichannel 2D-RLS based OFDM channel estimator", *Circuits, Systems and Signal Processing*, vol. 32, no. 3, 1419-1432, 2013.
- [15] S. Stanković, L.J. Stanković, V.N. Ivanović, R. Stojanović, "An architecture for the VLSI design of systems for time-frequency analysis and time-varying filtering", *Annals of Telecomm.*, vol. 57, no. 9/10, Sep/Oct. 2002, pp. 974-995.

NIVO RAZVIJENOSTI IKT U CRNOJ GORI I E-SERVISA ZA PREDUZEĆA LEVEL OF DEVELOPMENT OF ICT IN MONTENEGRO AND E-SERVICES FOR COMPANIES

Mirza Mulešković, Unija poslodavaca Crne Gore (Montenegrin Employers Federation)

Sadržaj: U ovom radu analizirano je stanje razvijenosti IKT-a u Crnoj Gori, nivo razvijenosti e-Government usluga kao i nivo razvijenosti elektronskih servisa za poslodavce. U radu je korišćena metodologija propisana od strane CapGemini a prihvaćena od strane Evropske Komisije. Rad analizira trenutne probleme u primjeni elektronskih servisa i daje konkretne predloge za unapređenje trenutne situacije u Crnoj Gori.

Abstract: This paper analyse current state of development of ICT in Montenegro, level of development of E-Government services and also level of development of E-Services for employers. In this paper author used methodology proposed by CapGemini and adapted from European Commission. Paper analyze also current problems in implementation of electronic services and provide concrete suggestion for improvement of current situation in Montenegro.

1. UVOD

IKT su u životima, kako građana tako i preduzeća, donijele novi stil života, novi način poslovanja, bržu i jednostavniju mogućnost dolaženja do velikog broja raznovrsnih podataka, informacija, koje u digitalnom vremenu, a pogotovo u digitalnoj ekonomiji, predstavljaju najveću prednost i najveće bogatstvo.

IKT je unio korijenite promjene u poslovanju svih privrednih subjekata. Od nekada potpuno zatvorenih, današnje kompanije posluju na principu otvorene kompanije tj. kompanije koja daje skoro sve informacije, kako korisnicima tako i konkurenciji, ali takođe ima mogućnost uvida u informacije drugih kompanija. Korišćenje IKT-a u globalnim ekonomijama dovelo je do jačanja uloge principa spretnosti i inovativnosti u cilju veće konkurentnosti. Princip otvorenog preduzeća donio je, u poslovanju preduzeća, potrebu kontinuiranog istraživanja tržišta i povećanja odgovornosti pri donošenju brzih odluka. Poslovanje u otvorenom okruženju za sobom vuče veliki broj kako pozitivnih tako i negativnih stvari ali ipak poslovanje u otvorenom okruženju uključuje spremnost na promjene iz minuta u minut. Sa korišćenjem IKT-a poslovanje preduzeća se u velikoj mjeri ubrzava uslugama koje su u ponudi. Više nema čekanja u redu i gubljenja dragocjenog vremena prilikom završavanja administrativnih/birokratskih poslova. Danas se svi ovi poslovi, uz pomoć IKT-a završavaju iz kancelarije i na mnogo efikasniji i sigurniji način.

Crna Gora je prepoznata kao jedan od lidera u razvoju IKT-a. Donijete politike i strategije na nacionalnom nivou u posljednjih nekoliko godina doprinijele su pozitivnim rezultatima i svi relevantni podaci pokazuju rast u ovoj oblasti. Ipak da bi se ovaj rast nastavio neophodno je dodatno raditi na poboljšanju uslova za isti.

2. KORIŠĆENJE IKT-A U CRNOJ GORI

Da bi se neki fenomen pratio veoma važan segment predstavlja praćenje relevantne statistike koja nam govori o trendovima istog. Do 2010. godine podaci o IKT-u u Crnoj Gori bili su veoma šturi i nedovoljni za prepoznavanje stvarnih potreba pa čak i kreiranje slike o stepenu korišćenja IKT-a kako u domaćinstvima tako i u preduzećima. Ipak, u posljednjih nekoliko godina situacija se i na tom polju mijenja tj. poboljšava. Već od 2013. godine možemo reći da u Crnoj Gori postoji relevantna baza IKT indikatora koji su neophodni za praćenje ovog fenomena u društvu. U velikoj mjeri za ovo su zaslužni Zavod za statistiku Crne Gore kao i Ministarstvo za informaciono društvo. Tako je u 2011. godini Zavod za statistiku Crne Gore i prvi put sproveo pilot istraživanje o upotrebi informaciono-komunikacionih tehnologija u preduzećima i domaćinstvima/licima.

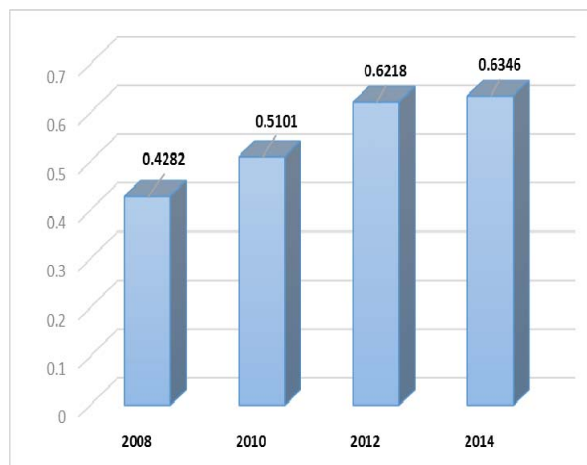
Prema ovom istraživanju, u 2012. godini 88.3% preduzeća je izjavilo da u svom poslovanju koristi računar. Veoma je važno naglasiti i proučiti metodologiju samog istraživanja po kojoj su obuhvaćena preduzeća sa 10 i više zaposlenih pa ovaj podatak, iako je veoma pozitivan, treba u neku ruku da zabrinjava. Savremeno poslovanje donosi za sobom potrebu digitalizacije, pa se u najskorijem roku i od ostalih preduzeća treba očekivati prihvatanje ovog pravca tj. prihvatanje trendova i povezivanje poslovanja sa IKT. Podaci za 2014. godinu pokazuju rast u primjeni računara kod poslodavaca u njihovom poslovanju. Tako je u 2014. godini 93.9% poslodavaca izjavilo da koriste računar u svom svakodnevnom poslovanju. Sa druge strane, ako bi posmatrali ove podatke u cilju smanjenja administrativnih poslova, samo 57,5% kompanija je u 2013. godini koristilo usluge javne administracije putem Interneta^[1]. Ipak treba posmatrati i činjenicu da je najveći procenat te usluge korišćen isključivo za dobijanje informacija od strane administracije (92% ispitanika), dok je 82.4% preduzeća koristilo za dobavljanje, a 71.3% za vraćanje popunjenih obrazaca nadležnim institucijama. Ipak u statistici ne postoji

podatak koliki je procenat preduzeća koji su izvršili kompletnu uslugu putem Interneta (od preuzimanja obrasca do finalnog plaćanja za određenu uslugu) što je i ključni indikator koji pokazuje razvijenost ovih servisa u jednom društvu.

Veoma važan segment statistike razvoja IKT-a u jednoj državi predstavlja i nivo razvijenosti E-Government servisa. Ovaj indikator mjeri se putem E-Government Development Index-a koji ocjenjuje želju i kapacitete nacionalnih administratora da koriste online i mobilnu tehnologiju u proširenju vladinih funkcija.

$$\text{E-GOVERNMENT DEVELOPMENT INDEX}^{[2]} = (0.34 \times \text{online service index}) + (0.33 \times \text{telecommunication index}) + (0.33 \times \text{human capital index})$$

Korišćenje metodologije usvojene od strane Ujedinjenih nacija daje nam mogućnost komparativne analize podataka za zemlju iz godine u godinu, ali i komparativne analize sa drugim zemljama.



Slika 1: E-Government Development Index za Crnu Goru za period 2008-2014.

Iz gore datog grafičkog prikaza uočljiv je konstantan napredak i sa ovim indikatorom iskazana je volja i želja nacionalnih administratora da koriste online i mobilnu tehnologiju u proširenju vladinih funkcija. U 2014. godini (na skali od 0-1) Crna Gora je zabilježila rezultat 0.6346 i napredak od 12 mjesta u odnosu na 2012. godinu i zauzela je 45 mjesto u odnosu na 193 zemlje članice Ujedinjenih Nacija obuhvaćene ovom studijom. Ako bi upoređivali sa zemljama regiona, Crna Gora je nakon Slovenije u 2014. godini lider u razvoju ovih servisa.

Može se zaključiti da je napredak očigledan ali ipak još uvijek postoji veliki prostor za napredak E-Government-a u Crnoj Gori. Jasno je da su uloženi, i da se ulažu, veliki napor za razvoj ovih servisa ali treba poboljšati i unaprijediti akcije na ovom polju. Naravno, glavni nosioci daljeg razvoja E-Government-a treba da budu Ministarstvo za informaciono društvo, uz pomoć svih lokalnih uprava kao i biznis sektora.

3. E-SERVISI ZA PRIVREDU I NJIHOV RAZVOJ U CRNOJ GORI

Lisabonskom strategijom iz 2000. godine definisani su osnovni strateški pravci razvoja E-Uprave u Evropi. Iz ove strategije nastali su akcioni planovi koji su služili za implementaciju i mjerenje nivoa E-Uprave u Evropskoj Uniji.

Metodologija koja se koristi za računanje ovih indikatora razvijena je od strane CapGemini kompanije. CapGemini je lider u pružanju usluga konsaltinga, outsourcinga i lokalnih profesionalnih servisa. Za potrebe računanja indikatora E-Sofistikacije u Evropskoj Uniji kompanija CapGemini je razvila metodologiju računanja indikatora razvijenosti elektronskih servisa, a ovi indikatori su u upotrebi od 2001. godine i još uvijek se smatraju jedinim validnim indikatorima za mjerenje nivoa sofistikacije E-Uprave u Evropi.

Prema gore objašnjenom metodologiji indikatori koji se računaju u cilju praćenja razvoja E-Uprave mogu se nalaziti u jednom od dolje navedena četiri nivoa:

- **NIVO 1 - INFORMACIJA:** postoje online informacije o servisu;
- **NIVO 2 – JEDNOSMJERNA INTERAKCIJA:** postoje online informacije i postoji mogućnost download-a obrazaca;
- **NIVO 3 – DVOSMJERNA INTERAKCIJA:** uz nivo 2 postoji još i online podnošenje obrazaca, autentifikacija;
- **NIVO 4 – TRANSAKCIJA:** uz nivo 3 postoji još i potpuna obrada predmeta, odluka, rješenja, uz online plaćanje usluge.

Prema gore pomenutoj metodologiji osnovni servisi E-Uprave koji se uzimaju u obzir prilikom računanja ovih indikatora obuhvataju 20 servisa, od čega 12 servisa za građane i 8 servisa za privredne subjekte. Sve informacije i indikatori se dobijaju provjerom svih web sajtova nadležnih institucija.

Kao i u slučaju velikog broja država, Crna Gora iako ima razvijen portal elektronske uprave, da bi se odredio nivo sofistikacije servisa u analizi moraju biti uzeti web sajtovi koji pokrivaju određene oblasti predviđene gore objašnjenom metodologijom.

	Maksimalna ocjena	Ocjena 2014
Socijalni dodaci za zaposlene	4	2.5
Porez na dobit preduzeća	4	2.5
PDV	4	2.5
Registracija novih firmi	4	3
Dostavljanje statističkih podataka	3	2
Carinske deklaracije	4	3
Dozvole koje se odnose na životnu sredinu	4	2
Javne nabavke	4	2

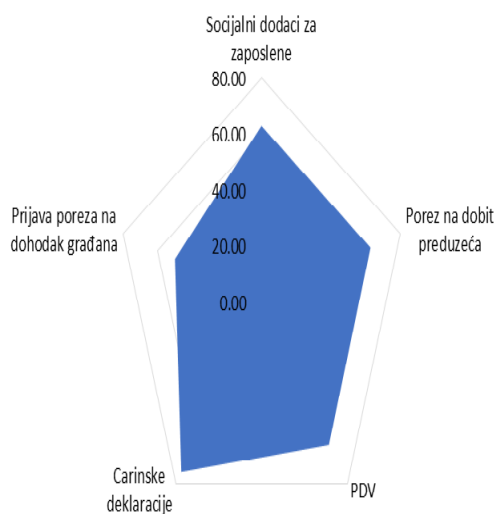
Tabela 1: Ocjene za razvoj servisa za preduzeća u Crnoj Gori

Upoređivanjem trenutne u odnosu na maksimalnu ocjenu dobija se procenat sofisticiranosti svakog servisa pojedinačno, tj. posebno servisa za građane a posebno servisa za privredu. Jednostavnim računanjem aritmetičke sredine dobija se nivo razvijenosti servisa za preduzeća. Tako je u 2014. godini prosječan nivo razvijenosti servisa za preduzeća na nivou od 63%.

U metodologiji računanja ovih indeksa Evropska Komisija je razvila i računanje četiri klastera. To su klasteri koji se odnose na budžetske prilive, registracije i matične knjige, povraćaje i klaster vezan za dozvole i dokumenta. U radu će biti analiziran samo klaster koji se odnosi na budžetske prilive. Definicijom ovog klastera u njegovo računanje su uključeni sledeći servisi:

- Prijava poreza na dohodak građana;
- Socijalni dodaci za zaposlene;
- Porez na dobit preduzeća;
- Porez na dodatnu vrijednost (PDV);
- Carinske deklaracije.

Jasno je da su u računanju ovog klastera najrazvijeniji servisi Carinske deklaracije a zatim slijede socijalni dodaci za zaposlene, prijava poreza na dobit preduzeća i PDV, dok je na posljednjem mjestu servis prijava poreza na dohodak građana.



Slika 2: Klaster budžetskih priliva

4. PREPORUKE ZA UNAPREĐENJE E-SERVISA U CRNOJ GORI

A šta zapravo razvoj elektronskih servisa i IKT-a znači za Crnu Goru? Razvojem i boljom implementacijom elektronskih servisa i IKT-a Crna Gora će razviti tri segmenta društvenog života. Prvi segment razvoja društvenog života, koji će sigurno imati i najveće pozitivne efekte je ekonomski razvoj. U ovom pogledu, IKT pruža mogućnost razvoja preduzetništva i podsticaja inovativnosti cijelog društva, a pogotovo mladih čije je prvo zaposlenje

veliki problem skoro svih država EU i regiona. Drugi segment razvoja je, društveni razvoj tj. stvaranje društva po mjeri svih pojedinaca tj. stvaranje bezbjednog društva, društva koje pruža iste šanse svima. I treći rsegment razvoj, razvoj ljudi što predstavlja osnov za rast i razvoj svih zemalja a naročito zemalja u tranziciji kakva i jeste Crna Gora.

Da bi se sve ovo postiglo neophodno je i uraditi dodatan napor u tom cilju. Ovdje treba istaći da su principi kojima bi trebala da se vodi i Crna Gora propisani preporukama ministarske Malmo konvencije [3]. Glavne preporuke ove konvencije su sledeće:

- Građani i firme su ojačale ulogu u pristupu javnim informacijama, jačanju transparentnosti i efikasnijeg uticaja i participacije u političkom procesu kroz usluge E-Governmenta, projektovanih na osnovu potreba korisnika i u saradnji sa svim akterima;
- Mobilnost na jedinstvenom tržištu je pojačana boljim uslugama E-servisa za osnivanje i upravljanje biznisom, za učenje, rad i korišćenje zdravstvene zaštite u svim zemljama EU i zemljama u procesu pristupanja;
- Efikasnost i efektivnost je postignuta stalnim naporom da se servisi elektronske uprave koriste u većoj mjeri u cilju smanjenja administrativnog tereta i barijera, poboljšanju organizacionih procesa administracije;
- U cilju promovisanja i primjene politike prioriteta uspostavljeni su pravni i tehnički preduslovi za isto.

Glavni predlozi za unapređenje trenutnog stanja korišćenja IKT-a i razvoja elektronskih servisa su:

- Unapređenje informatičke infrastrukture u Crnoj Gori. Ovdje se prvenstveno misli na ulaganje u nove laboratorije i novu opremu;
- Poboljšanje komunikacije između države i biznis sektora u cilju prevazilaženja trenutnih problema koji otežavaju razvoj ovih servisa;
- Unapređenje komunikacije između biznis sektora i akademske zajednice;
- Smanjenje cijene Interneta u Crnoj Gori u cilju promovisanja korišćenja informacionih tehnologija;
- Povećana ulaganja u istraživanja u oblasti IKT kao i kreiranje jedinstvene baze podataka o istraživačima koji se bave ovom oblašću;
- Poboljšanje zakonske regulative u cilju povećanja nivoa zaštite ličnih podataka;
- Unapređenje statističkog izvještavanja o ovim i servisima E-Governmenta u cjelini;
- Korišćenje alternativnih vidova finansiranja servisa E-Uprave kao i naučno istraživačkih aktivnosti;
- Smanjenje cijene elektronskog sertifikata i elektronskog potpisa.

Preporuke u cilju unapređenja servisa elektronske uprave namijenjene su, sa jedne strane državnim institucijama, a sa druge strane privredi.

Država treba da nastavi sa reformom zakonodavstva u ovoj oblasti kao i sa ulaganjima u infrastrukturu koja je neophodna za dalji razvoj servisa. Neophodno je veće uključivanje biznis zajednice u sami proces kreiranja ovih servisa (prvenstveno poslodavačkih organizacija – Unije poslodavaca Crne Gore), kao i tješnja saradnja i na relaciji država-biznis zajednica-akademska zajednica.

Sa druge strane veliki broj istraživanja je pokazao da i poslodavci moraju da ulažu više sredstava u razvoj svojih kapaciteta. Prema izvještaju Unije poslodavaca Crne Gore, povezanost privatnog sektora sa obrazovnim ustanovama je loša, uprkos neslaganju ponude i tražnje na tržištu rada [4]. Rezultati navedenog istraživanja pokazuju da čak do 90% preduzeća nema budžet za obuku. Sa bolje edukovanim kadrom, uz bolju saradnju sa akademskom zajednicom, poslodavci će u velikoj mjeri doprinijeti razvoju ovih servisa a na taj način će i unaprijediti svoje poslovanje.

Takođe, razvojem ovih servisa i boljom implementacijom istih će se u velikoj mjeri i kreirati povoljniji ambijent za razvoj preduzetništva. Ovaj segment, iako dosta promovisan u Crnoj Gori, još uvijek nije zastupljen u svim nivoima obrazovnog sistema [5].

U ovom dijelu važno je napomenuti i korišćenje alternativnih izvora finansija za dalji razvoj ovih servisa. U tom smislu svi akteri bi trebali da zajednički rade na korišćenju EU fondova koji, kao glavni prioritet, imaju upravo unapređenje ovih servisa.

Iz svega navedenog jasno je da je u ovom trenutku u Crnoj Gori neophodno dodatno raditi na povezivanju svih aktera u ovoj oblasti, uložiti dodatni napor u cilju bolje promocije ovih servisa i naravno obezbijediti stabilne i dovoljne finansije za dalji razvoj istih.

5. ZAKLJUČAK

Činjenica je da je Crna Gora veoma mlada i mala zemlja i da se u njoj prepoznaje veliki potencijal za razvoj IKT-a. Vodeći se ovim pretpostavkama, u Crnoj Gori se još od 2004. godine implementira veliki broj akcija, od strane relevantnih institucija, za poboljšanje korišćenja ovih tehnologija, kako u preduzećima i domaćinstvima, tako i u državnoj upravi. Promjene zakonske regulative, prihvatanje evropskih standarda, unapređenje IKT infrastrukture, dovelo je do velikih pomaka crnogorskog društva. Tako je Crna Gora i prepoznata kao jedan od lidera u primjeni IKT-a kako

od strane građana i privrede tako i od strane samih državnih organa.

Iz svega navedenog može se zaključiti da Crna Gora u posljednjih par godina bilježi snažan rast na polju korišćenja IKT-a, ali da još uvijek postoji veliki prostor za budući razvoj. Kao glavni zaključak može se navesti da nivo razvijenosti servisa elektronske uprave ne zavisi samo od zakonske regulative, koja jeste i glavni činilac ovih servisa, već i ostali makroekonomski, naučno istraživački i demografski faktori imaju veliki uticaj. Jasno je da sa većim ulaganjem u IKT infrastrukturu, sa boljom promocijom i sa većom edukacijom, Crna Gora može razviti ove servise do nivoa koji propisuju evropski standardi.

Jačanjem i razvojem ovih servisa državna administracija će biti prepoznata kao otvorena, fleksibilna i kooperativna u odnosima sa građanima i biznisom. Krajnji korisnici će sa ovim servisima poboljšati svoju efektivnost i efikasnost što će u značajnijoj mjeri doprinijeti zadovoljavanju potreba i maksimizaciji vrijednosti društva, a to će biti i glavni adut konkurentnosti Crne Gore na međunarodnim tržištima. Efikasna i efektivna administracija, zadovoljni i obrazovani građani, uspješna i efikasna biznis zajednica su ključ uspjeha svih ekonomija. U krajnjem, ovi servisi će, kao i IKT, na kraju kreirati jedinstveno tržište gdje samo oni koji prate trendove mogu da uspiju i jedinstveno tržište gdje će samo konkurentni proizvođači moći da uspiju.

LITERATURA

- [1] Zavod za statistiku Crne Gore, *Upotreba informaciono-komunikacionih tehnologija u preduzećima u Crnoj Gori 2013. godine*, Novembar 2013.
- [2] United Nation, *“United Nations E-Government Survey 2014- E-Government for the Future We Want”*, UN Publishing Section, New York, 2014.
- [3] Ministerial Declaration on E-Government, Malmö Sweden, 2009
- [4] Unija poslodavaca Crne Gore, *Stvaranje poslovnog ambijenta za održiviji razvoj preduzeća u Crnoj Gori*, Decembar 2013.
- [5] Unija poslodavaca Crne Gore, *Strateški okvir za unapređenje poslovnog ambijenta u Crnoj Gori – 5 ubica biznisa*, Decembar 2013.

ONLINE UPARIVANJE VISOKOG OBRAZOVANJA I TRŽIŠTA RADA U CRNOJ GORI ONLINE MATCHING HIGHER EDUCATION AND LABOUR MARKET IN MONTENEGRO

Milan Marić, Duško Pavićević, Maja Medenica, S&T Crna Gora

Sadržaj: U ovom radu je predstavljen inovativni model online uparivanja lica državljana Crne Gore sa stečenim visokim obrazovanjem i poslodavaca iz Crne Gore, korišćenjem Portala eUprava i posebne aplikacije i algoritma razvijenih za potrebe Projekta osposobljavanja lica sa visokim obrazovanjem, kao i model jedinstvene baze svih diplomiranih visokoškolskih kadrova.

Abstract: This paper presents an innovative model of online matchmaking Montenegrin citizens who acquired higher education and employers from Montenegro, using the Portal eGovernment and special applications and algorithms developed for the Project of training people with higher education, as well as a model of unified database of all graduates of higher education staff.

1. UVOD

U ovom radu ćemo ukratko opisati razloge uvođenja, informatičku arhitekturu, kao i postignute rezultate nakon tri godine realizacije Projekta za osposobljavanje lica sa završenim visokim obrazovanjem u Crnoj Gori. Predstavili smo Web aplikaciju sa povezivanjem svih institucija i njihovih baza podataka putem SOAP tehnologije, sa potpunom transparentnošću procesa prema prijavljenim visokoškolicima.

U periodu 2005-2012. došlo je do značajnog povećanja broja nezaposlenih visokoškolaca u Crnoj Gori sa 5,1% u 2005. godini do 12,6% u 2010. godini, da bi na kraju 2012. godine to učešće iznosilo 21,58%. Uz navedeno, neusklađenost tržišta rada i studijskih programa, nedovoljna transparentnost pri zapošljavanju, kao i nedovoljna pripremljenost visokoškolaca za tržište rada su bile glavne odrednice za pokretanje ovog projekta u Crnoj Gori. Problem nezaposlenosti mladih je prepoznao OECD [2], a takođe i EU u dokumentu „Uspostavljanje garancija za mlade - The Youth Guarantee“ [1]. Ovaj dokument su usvojili Evropski Parlament i Evropski Savjet u oktobru 2013. g., gdje je navedeno da se i u najrazvijenijim državama mladi teško uključuju na tržište rada.

2. JEDINSTVENA BAZA VISOKOŠKOLACA

Formiranje jedinstvene baze diplomiranih visokoškolaca je bio preduslov za realizaciju projekta osposobljavanja lica sa visokim obrazovanjem u Crnoj Gori. Takođe, bilo je potrebno razviti poseban dio aplikacije na e-Upravi za potvrdu nostrifikovanih diploma stečenih izvan Crne Gore i unos tih visokoškolaca u jedinstvenu bazu.

Na osnovu podataka dobijenih iz baze studenata UCG CIS započeli smo formiranje jedinstvene baze diplomiranih visokoškolaca. Razvijen je poseban SOAP Web servis koji je zaštićen https standardom, korisničkim password-om, kao i pristupnom IP adresom klijenta koji potražuje podatke. Za potrebe ovog projekta iz baze UCG CIS koristili smo sljedeće: Ime, Prezime, SID, Prosjek i Godina diplomiranja.

Periodično se vrši pozivanje Web servisa sa jednim parametrom, a to je godina diplomiranja. Dobija se lista svih studenata UCG koji su te godine završili studije. Za svakog studenta postoji jedinstveni ključ koji figurira u bazi podataka UCG-a, a to je kombinacija tri parametra: SID, GodinaUpisa i Indeks. SID je takozvani Id studijskog programa. Taj parametar je već prethodno uskladjen sa bazom UCG, i u toj tabeli markirani su oni studijski programi koji su u opsegu programa stručnog osposobljavanja.

Jedinstvena baza je dobijena online povezivanjem svih visokoškolskih institucija u Crnoj Gori. Posebno je razvijen modul za unos nostrifikovanih visokoškolaca. Pri upitu prilikom unosa se za svakog novog, provjerava da li već postoji u bazi podataka. Ako postoji, njegov slog se update-uje, a ako ne postoji, on se insertuje. Jedinstvena baza visokoškolaca trenutno ima preko 41.000 diplomiranih studenata i ažurira se online.

Na slici br. 1 je prikazana opšta shema povezivanja institucija, sa modulima za prijavljivanje na eUpravi, a na slici br. 2 je prikazan izgled jedinstvene baze sa primjerom prijavljenog studenta pod ID brojem 30942.

3. ONLINE APLIKACIJA ZA PRIJAVLJIVANJE

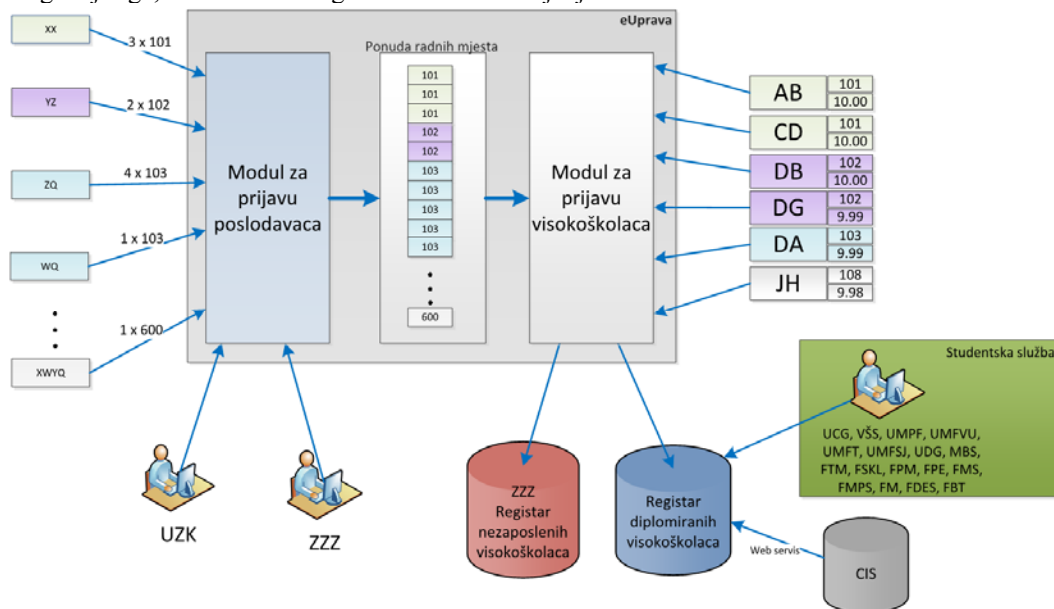
Bilo je potrebno razviti poseban servis na e-Upravi za prijavljivanje poslodavaca i visokoškolaca na Projekat za osposobljavanje lica sa visokim obrazovanjem. Prilikom razvijanja ovog servisa bilo je potrebno uraditi Web servise za online povezivanje eUprave i Uprave za kadrove (UZK), Zavoda za zapošljavanje (ZZZ), (UCG CIS), kao i Ministarstva prosvjete.

Nakon uspješnog prijavljivanja i urađenih provjera, formirane su 2 tabele gdje je ključni podatak tražena studijska oblast: tabela ponuđenih radnih mjesta od strane poslodavaca i tabela prijavljenih visokoškolaca.

Poslodavci su prijavili svoje potrebe u vidu broja oglašanih slobodnih radnih mjesta, za usavršavanje visokoškolaca iz pojedinih studijskih oblasti. Visokoškolski su

se prijavili za usavršavanje birajući poslodavca po sopstvenoj procjeni i želji, sa listom preferencija od 1 do 7, gdje preferencija br. 1 predstavlja najpoželjnije mjesto za usavršavanje. Prilikom izbora preferencija kandidati su imali online prikaz svih raspoloživih mjesta kod poslodavaca u okviru svoje studijske oblasti, a takođe i sopstvenog trenutnog rejtinga, i isti su mogli samostalno mijenjati

neograničen broj puta u toku konkursa, povećavajući na taj način sopstvene šanse da nakon uparivanja dobiju željeno mjesto, tj. poslodavca. Na ovaj način je postignuta potpuna transparentnost procesa odabira i uparivanja sa trenutnim potrebama poslodavaca na tržištu rada.



Slika br. 1 Opšta shema povezivanja institucija sa modulima za prijavu poslodavaca i visokoškolača na eUprava

StudentId	GodinaDiplomiranja	GodinaUpisa	Ime	ImeRoditelja	Indeks	Mjesto	Pol	Prezime	VSUstanova	StudijskiProgram	ProsječnaOcjena	ZZZResponse	ZZZOstina
108	23371	2012	Ivana	Mihailo	15	Danilovg...	Z	Otašević	Univerzitet Cme Gore	Biljna proizvodnja	6.40	OK 2014.10.20 09:46	Danilovgr...
109	23478	2012	Dragana	Daniilo	5	Nikišić	Z	Radulović	Univerzitet Cme Gore	Politikologija	7.82	OK 2013.12.07 06:59	Nikišić
110	23491	2012	Iva	Dušan	17	Podgorica	Z	Simonović	Univerzitet Cme Gore	Politikologija	9.10	OK 2014.10.27 11:54	Podgorica
111	23515	2013	Bijana	Vojislav	1	Ulcinj	Z	Bubanja	Univerzitet Cme Gore	Međunarodni odnosi	6.88	OK 2014.10.20 06:52	Ulcinj
112	23639	2012	Irena	Dimitrije	179	Podgorica	Z	Prelević	Univerzitet Cme Gore	Socijalna politika i socijalni rad	7.27	OK 2014.10.20 07:04	Podgorica
113	23729	2012	Demir	Mihad	211	Podgorica	M	Hodžić	Univerzitet Cme Gore	Evropske studije	6.68	OK 2014.11.13 05:21	Podgorica
114	23875	2012	Gordana	Duško	1701	Podgorica	Z	Badalovski	Univerzitet Cme Gore	Sportsko novinarstvo	8.82	OK 2013.10.16 09:38	Podgorica
115	23898	2012	Nina	Radovan	9	Podgorica	Z	Bukilić	Univerzitet Cme Gore	Prevodilaštvo	8.15	OK 2014.11.07 12:31	Podgorica
116	24297	2011	Adijana	Zoran	53/07	Dubrovnik	Ž	Vuksanović	Fakultet za strane j...	Poslovni engleski	6.81	OK 2014.10.21 07:23	H.Novi
117	24380	2012	Ninela	Šefket	34/09	Peć	Ž	Kojić	Fakultet za strane j...	Poslovni italijanski	9.08	OK 2013.10.16 12:17	Bar
118	24998	2013	Duško	Svetozar	1111	Podgorica	M	Pavičević	UCG	Elektronika, telekomunikacije i računari	9.00	OK 2014.10.20 05:11	Podgorica
119	27020	2012	Aleksa...	Velimir	134	Podgorica	M	Tmušić	Univerzitet Cme Gore	Evropske studije	6.72	OK 2014.11.12 03:13	Podgorica
120	28069	2012	Mimela	Ismet	61	Bijelo Polje	Z	Hadžimuhović	Univerzitet Cme Gore	Menadžment	6.87	OK 2013.11.04 11:58	B.Polje
121	28082	2012	Petar	Radovan	34	Žabljak	M	Bošković	Univerzitet Cme Gore	Elektronika, telekomunikacije i računari	7.13	OK 2013.10.18 02:37	Žabljak
122	28689	2012	Predrag	Njegovan	28	Nikišić	M	Goranović	Univerzitet Cme Gore	Menadžment u pomorstvu	6.71	OK 2014.10.21 12:37	Nikišić
123	28698	2012	Ana	Veselin	19	Cetinje	Z	Đurović	Univerzitet Cme Gore	Menadžment u pomorstvu	7.38	OK 2014.10.21 04:45	Cetinje
124	29289	2012	Bojan	Veselin	77	Nikišić	M	Kadović	Univerzitet Cme Gore	Menadžment u pomorstvu	6.55	OK 2014.10.24 04:04	Kotor
125	30942	2013	Draga	Vesko	17	Podgorica	Z	Jovanović	Univerzitet Cme Gore	Biljna proizvodnja	9.96	OK 2014.10.29 07:41	Podgorica

Slika br. 2 Izvod iz jedinstvene baze visokoškolača – izgled tabele prijavljenih i odobrenih visokoškolača na projektu

4. ONLINE APLIKACIJA ZA UPARIVANJE

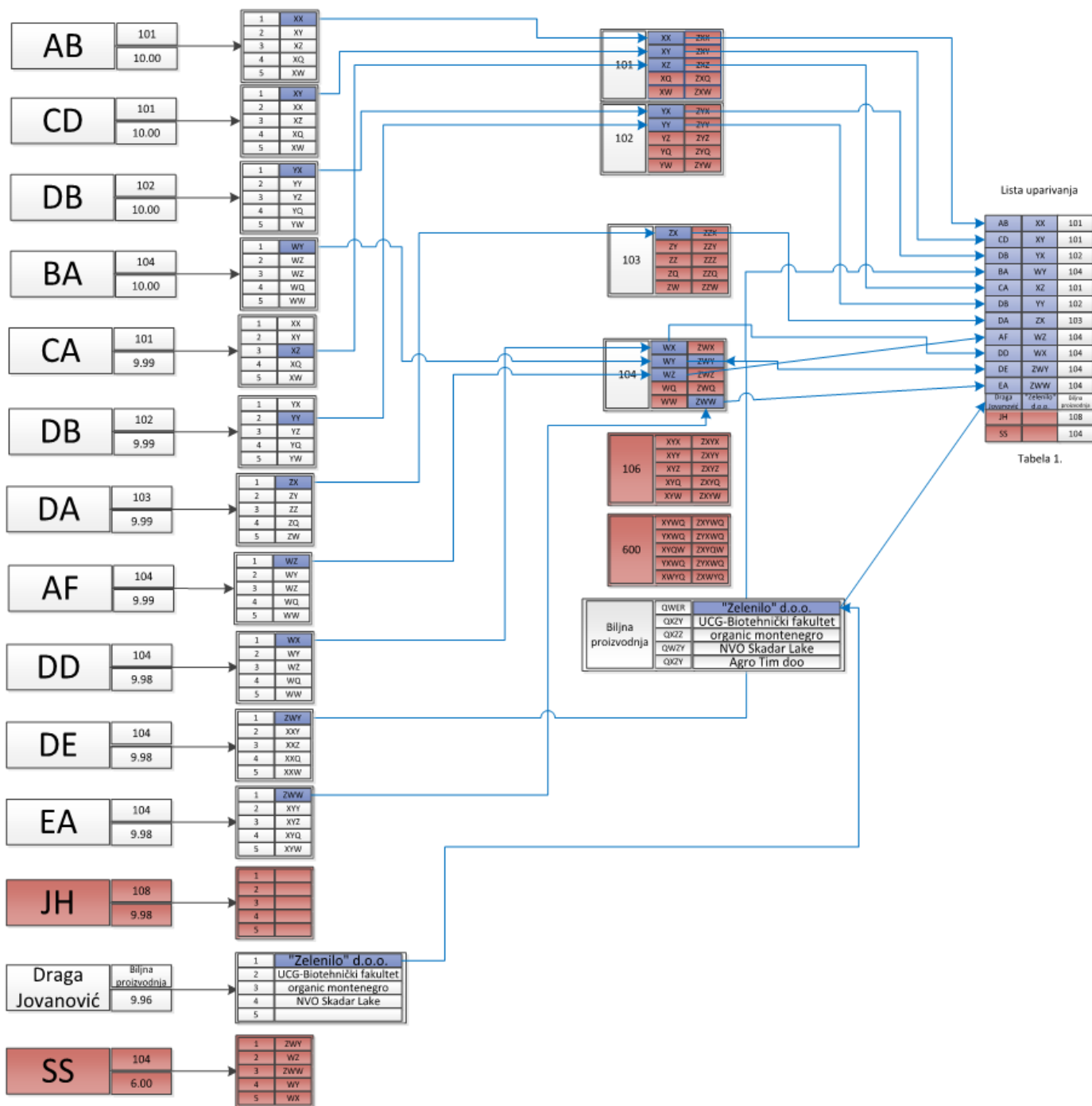
Aplikacija za uparivanje se pokreće od najviše ocjene 10.00, i vrši se ukrštanje po svakom od postojećih studijskih oblasti pojedinačno. Za jednu studijsku oblast dobija se grupa visokoškolača koji imaju srednju ocjenu 10.00. Tako se dobija grupa korisnika sa istim prosjekom do 1/100 srednje ocjene i sa istom studijskom oblašću, koja se dodjeljuje u krugovima, sa inkrementom 1/100.

Redosljed procjene korisnika iz ovako formirane grupe ide metodom slučajnog uzorka. Dodjeljivanje jednog korisnika vrši se provjerom njegovih preferenci. Ako radno mjesto kod poslodavca koji je tražio stručnjake iz te studijske oblasti nije u potpunosti popunjeno, visokoškolač koji je ovog poslodavca stavio na listu preferenci mu se dodjeljuje automatski.

Prije samog dodjeljivanja, vrši se provjera, ako se desi da dva visokoškolača imaju isti prosjek, i žele istog poslodavca, a postoji samo jedno radno mjesto, tada se na osnovu rednog broja preference rješava ovaj konflikt, tako da onaj kome je

željeno radno mjesto prva preferenca ima prednost u odnosu na onoga koji je istog poslodavca postavio u listi preferenci na drugo ili niže mjesto. Dodjeljivanje znači da se mjesto kod poslodavca smanjuje za jedan, a korisnik se markira kao dodijeljen. Svako dodijeljivanje je numerički označeno i inkrementovano na globalnom nivou, kao i na nivou korisnika. Ovaj globalni brojač dodijeljivanja je radi transparentnosti procesa dodijeljivanja prikazan u završnom PDF-u.

Ukoliko visokoškolu koji se trenutno procjenjuje poslodavac njegove prve preference nema više mjesta, uzima se u razmatranje korisnikova druga preferenca po redu, zatim treća...do zadnje. Kada se dodje do zadnje preference i ukoliko su sve njegove preference već alocirane, student na žalost ostaje nedodijeljen. Takav korisnik ostaje kao nedodijeljen i okušava se u drugom krugu. Zatim se prelazi na grupu korisnika sa srednjom ocjenom 9.99, i tako dalje do srednje ocjene 6.00.



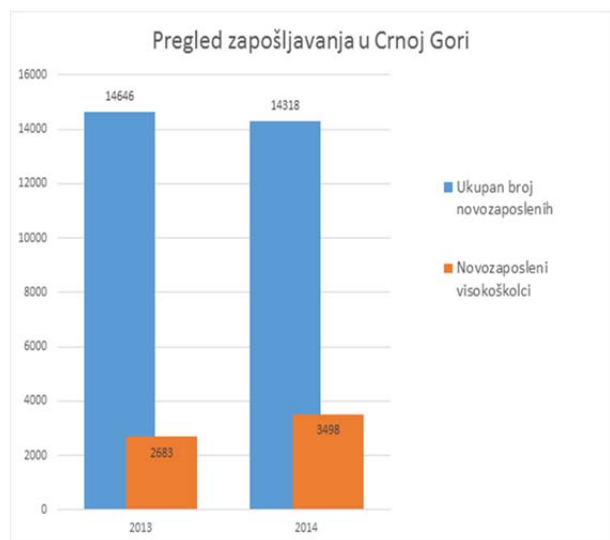
Slika br. 3 Detaljni prikaz algoritma za uparivanje radnih mjesta i visokoškolaca

5. REZULTAT I ZAKLJUČAK

Na Slici br. 3 je dat prikaz primjene algoritma čiji je rezultat Lista uparivanja u gornjem desnom uglu. Ista lista je detaljnije prikazana na Slici br. 4.

Korisnik Broj	Naziv	NVOJ	Opština	Mjesto	Studijski Program	Ocjena	Korak	Ime Prezime
1	Ministarstvo prosvjete	Umjetnička škola osnovnog, srednjeg muzičkog i baletskog obrazovanja Vasa Pavić	Podgorica	Podgorica	Harmonika	10	1	Sava Vujacic
1	HK MONTPLAN doo Podgorica	MONTPLAN	Podgorica	Podgorica	Arhitektura	10	2	Milica Maraš
1	NLB Montenegrobanka AD Podgorica	Filijala Herceg Novi	H.Novi	Herceg Novi	Računovodstvo, finansije i bankarstvo	10	3	Vladimirka Ujarević Andonov
1	BENCOM DOO HERCEG NOVI	Računovodstvo	H.Novi	Igalo	Ekonomija	10	4	Ivana Jablan
1	UDG Humanističke studije	Sektor za koordinaciju studija	Podgorica	Podgorica	Studije međunarodnih odnosa i diplomatije	10	5	Sergej Mučalica
1	Ministarstvo odbrane	Vojška Crme Gore-Generaštab	Podgorica	Podgorica	Državne i evropske studije	10	6	Tamara Marićević
1	Elektroprivreda Crme Gore A.D.	EPCG	Nikšić	Nikšić	Energetika i automatika	10	7	Vladimir Kostić
1	Elektroprivreda Crme Gore A.D.	EPCG	Nikšić	Nikšić	Marketing	10	8	Vučić Matović
1	Ministarstvo zdravlja	Dom zdravlja	Berane	Berane	Pravo	10	9	Amer Muhović
1	Univerzitet Mediteran Podgorica	Fakultet vizuelnih umjetnosti	Podgorica	Podgorica	Audio vizuelna produkcija	10	10	Mirko Đurović
1	Univerzitet Mediteran Podgorica	Fakultet vizuelnih umjetnosti	Podgorica	Podgorica	Dizajn vizuelnih komunikacija	10	11	Radjoje Rakočević
1	Univerzitet Crme Gore	Fakultet likovnih umjetnosti	Cetinje	Cetinje	Stikarstvo	10	12	Lidija Nikčević
1	Univerzitet Crme Gore	Ekonomski fakultet	Podgorica	Podgorica	Ekonomija	10	13	Marina Maraš
1	Crnogorski elektroenergetski sistem AD	CGES	Podgorica	Podgorica	Ekonomija	10	14	Milica Tomić
1	JU Muzeji i Galerije Podgorice	Sektor Moderna Galerija i Galerija R. Stojivca	Podgorica	Podgorica	Stikarstvo	10	15	DIJANA LAZOVIĆ
1	Ministarstvo prosvjete	JU OŠ „Narodni heroj Savo Ilčić“	Kotor	Dobrota	Engleski jezik i književnost	9.98	16	Draško Kaščelan
1	Fakultet za državne i evropske studije	Fakultet za državne i evropske studije	Podgorica	Podgorica	Državne i evropske studije	9.98	17	Nina Novalić
1	Demokratska partija socijalista Crme Gore	Direktorat	Podgorica	Podgorica	Studije međunarodnih odnosa i diplomatije	9.98	18	Rajko Golović
1	Univerzitet Crme Gore	Institut za strane jezike	Podgorica	Podgorica	Engleski jezik i književnost	9.98	19	Božidar Bukičić
1	Agencija Crme Gore za promociju stranih investicija	Sektor za direktnu pomoc investitorima	Podgorica	Podgorica	Studije međunarodnih odnosa i diplomatije	9.96	20	Nenad Radović
1	Univerzitet Crme Gore	Biotehnički fakultet	Podgorica	Podgorica	Stočarstvo	9.96	21	Milena Đoković
1	Zelenilo d.o.o. - Podgorica	PJ Podgorica	Podgorica	Podgorica	Biljna proizvodnja	9.96	22	Draga Jovanović
1	Ministarstvo unutrašnjih poslova	Uprava policije- Sektor kriminalističke policije	Podgorica	Podgorica	Prevoznarstvo	9.94	23	Dragana Babić
1	Ministarstvo kulture	Narodni muzej - Turistička služba	Cetinje	Cetinje	Turizam	9.93	24	Julija Vučković
1	Demokratska partija socijalista	OO Glavnog grada	Podgorica	Podgorica	Marketing menadžment	9.93	25	Ivana Rajković
1	Univerzitet Crme Gore	Elektrotehnički fakultet	Podgorica	Podgorica	Energetika i automatika	9.93	26	Rade Čađenović
1	Crnogorski elektroenergetski sistem AD	CGES	Podgorica	Podgorica	Energetika i automatika	9.93	27	Dušan Vučić
1	DOO Gradina Company	Ekonomija	Rožaje	Ibarac	Ekonomija	9.92	28	Lada Vuković
1	Studio 4b DOO Podgorica	Projektni biro	Podgorica	Podgorica	Arhitektura	9.92	29	Dušan Đurović
1	Univerzitet Crme Gore	Ekonomski fakultet	B.Polje	Centar grada	Ekonomija	9.91	30	Nikola Mišnić
1	Centar za demokratsku tranziciju	ICT	Podgorica	Podgorica	Grafički dizajn	9.9	31	Jelena Tošković
1	Ministarstvo kulture	Centar savremene umjetnosti - Umjetnički sektor	Podgorica	Podgorica	Istorija umjetnosti	9.89	32	Bojana Mirvaljević
1	DAA MONTENEGRO DOO	Grafički dizajner	Podgorica	Podgorica	Grafički dizajn	9.87	33	Iva Ivanović
1	Ministarstvo prosvjete	JU Srednja likovna škola "Petar Lubarda"	Cetinje	Cetinje	Stikarstvo	9.87	34	Romana Pehar
1	Univerzitet Mediteran Podgorica	Fakultet za strane jezike	Podgorica	Podgorica	Prosvetni engleski	9.87	35	Almir Djoković
1	Fondacija Kotorški festival pozorišta za djecu	dizajner	Kotor	Kotor	Grafički dizajn	9.86	36	Ivana Vujošević
1	Centar za monitoring i istraživanje	Odjeljenje za istraživanje javnih politika	Podgorica	Podgorica	Međunarodni odnosi	9.86	37	Ogrynja Vujadinović

Slika br. 4 Detaljna lista nakon uparivanja radnih mjesta poslodavaca i visokoškolača



Slika br. 5 Pregled novih zapošljavanja u 2013. i 2014. g.

Parlament i Savjet EU su pozvali države članice da obezbijede garancije za mlade, tj. da „obezbijede mjere za poboljšanje zapošljavanja mladih koji, u periodu od četiri mjeseca nakon završetka formalnog obrazovanja, ukoliko su nezaposleni, da dobiju kvalitetnu ponudu za zaposlenje, dalje obrazovanje, određivanje pripravničkog staža ili stručno osposobljavanje”.

Nakon tri godine od početka primjene Projekta 2012. g. vidljivi su rezultati: na Slici br. 5 je prikazan evidentan porast procentualnog učešća novih zapošljavanja u kategoriji visokoškolača, u odnosu na ukupni broj novih zapošljavanja u Crnoj Gori u 2013 i 2014. g., posebno kada se ima u vidu da u prikazanom broju novozaposlenih visokoškolača nijesu uzeti u obzir visokoškolači tokom pripravničkog ugovora.

Daljnjom primjenom ovog Projekta očekujemo i bolju usklađenost tržišta rada i visokog obrazovanja [3].

Efekat povećanog učešća mladih visokoškolača u ukupnom radnom zapošljenom stanovništvu će imati multiplikativan efekat na povećanje konkurentnosti Crne Gore i značajno uvećanje kvaliteta i potencijala ukupnog nacionalnog radnog korpusa.

LITERATURA

- [1] EU The Youth Guarantee, *Practical support for the design and implementation of Youth Guarantee schemes*, October 2013
- [2] Stephen Machin and Sandra McNally, OECD, *Tertiary Education Systems and Labour Market*, January 2007
- [3] Andrew Norton, *Mismatch: Australia's Graduates and the Job Market*, ISSUE Analysis, March 2007

PRIMENA MEDICINSKIH INFORMACIONIH SISTEMA U REPUBLICI SRBIJI – TRENUTNO STANJE I MOGUĆA UNAPREĐENJA APPLICATION OF MEDICAL INFORMATION SYSTEMS IN THE REPUBLIC OF SERBIA – CURRENT STATUS AND POSSIBLE IMPROVEMENTS

Aleksandar Milenković, Dragan Janković, *Elektronski fakultet u Nišu, Univerzitet u Nišu, Republika Srbija*

Sadržaj: *U poslednjih nekoliko godina počelo je intenzivno implementiranje medicinskih informacionih sistema (MIS) u zdravstvenim ustanovama u Republici Srbiji i to pre svega u primarnom zdravstvu. U ovom radu prikazana je trenutna situacija u Republici Srbiji sa aspekta primene informacionih tehnologija u zdravstvenim ustanovama. Istaknuti su nedostaci i predložena moguća unapređenja primene informacionih tehnologija u zdravstvenim ustanovama na primarnom, sekundarnom i tercijarnom nivou u cilju podizanja nivoa kvaliteta zdravstvene zaštite pacijenata.*

Abstract: *In the last few years began intensive implementation of medical information systems (MIS) in health care institutions in the Republic of Serbia, primarily in primary health care. This paper presents the current situation in the Republic of Serbia with the aspect of applications of information technologies in health care institutions. It was emphasized the disadvantages and suggested possible improvements of applications information technology in health care institutions in the primary, secondary and tertiary levels in order to improve the quality of patients health care.*

1. UVOD

Savremeno poslovanje svake savremene ustanove zahteva upotrebu savremenih informacionih sistema i tehnologija. Dostupnost podataka i informacija u svakom trenutku je sam po sebi cilj takvog sistema. U današnje vreme može se sa pravom reći da neko ima veliku moć ukoliko raspolaže pravim informacijama u pravom trenutku. Kako bi se dobila “prava” informacija neophodno je sakupiti podatke iz različitih izvora podataka a kasnije te iste obraditi i prilagoditi određenoj situaciji. Kako je i zdravstvo jedna vrlo bitna i dinamična oblast, gde je i sam život čoveka u pitanju, sa pravom se može reći da je to jedna od najzahtevnijih oblasti gde informacione tehnologije mogu da dođu do punog izražaja ako se adekvatno primene.

Ekspanzija informacionih tehnologija u zdravstvu, kako u svetu tako i kod nas, počela je od evidentiranja pruženih usluga pacijentima preko elektronske fakture [1]. Svaka zdravstvena ustanova imala je obavezu da Republičkom fondu za zdravstveno osiguranje (RFZO-u) mesečno dostavlja elektronsku fakturu (eFaktura) u obliku XML fajla koji se kreira na osnovu XSD šeme koju je RFZO definisao. eFaktura je vremenom postajala sve kompleksnija i omogućila je da se prati celokupan utrošak medikamenata u jednoj zdravstvenoj ustanovi prilikom pružanja medicinskih usluga pacijentu. Indirektno, pored evidentiranja utroška medikamenata omogućeno je i praćenje aktivnosti medicinskog osoblja u zdravstvenoj ustanovi na mesečnom nivou pa samim tim i obezbeđena je i mogućnost za vrednovanje učinka medicinskog osoblja (kapitaciona formula). S druge strane moguće je evidentirati i sve usluge koje su pružene jednom pacijentu u različitim delovima zdravstvenog sistema u odgovarajućem vremenskom periodu. Odluka Ministarstva zdravlja Republike Srbije (RS) da svaki pacijent mora imati izabranog lekara (lekara opšte prakse odnosno deca pedijatra, stomatologa, ginekologa) u

zavisnosti od uzrasta i pola, uticala je na uvođenje još jednog softverskog modula u primarnom zdravstvu koji će pružiti softversku podršku registraciji izabranog lekara [2]. To je bio jedan mali korak u uvođenju informacionih sistema u zdravstvenim ustanovama u RS u primarnom zdravstvu, međutim to je bio ujedno i nepovratan proces u uvođenju informacionih sistema. Kasnije, pored evidentiranja pruženih usluga i izabranog lekara pacijentima, razvoj informacionih sistema u zdravstvenim ustanovama u RS išao je u smeru uvođenja elektronskog kartona pacijenta (EKP) [3] pa samim tim i u smeru evidentiranja medicinskih podataka prilikom pregleda pacijenta (preventivni i kurativni pregledi). Najpre je bilo potrebno implementirati i elektronsku zdravstvenu knjižicu pacijenta. Kako je informacioni sistem prihvatlan od medicinskog osoblja po službama tako su počele da se javljaju dodatni novi zahtevi za razvoj novih ili nadogradnju postojećih softverskih modula.

Trenutno u RS se koriste medicinski informacioni sistemi (MIS) u skoro svim ustanovama u primarnom zdravstvu i studentskim poliklinikama. Prisutna su kako web tako i desktop rešenja. Sva softverska rešenja koja se koriste u primarnom zdravstvu morala su biti licencirana od strane Ministarstva zdravlja RS. Najznačajniji uticaj na ekspanziju informacionih tehnologija u zdravstvu imalo je Ministarstvo zdravlja RS kao i RFZO preko različitih zakonskih regulativa, odluka, specifičnih zahteva, pilot projekata.

Razvoj informacionih tehnologija u zdravstvu u Evropskoj uniji, evropska Komisija je definisala kroz eEurope Action plan koji je generalni plan za razvoj informacionih tehnologija u Evropi [4]. eEurope Action Plan je generalni plan za razvoj informacionih tehnologija u zdravstvu koje treba implementirati ne samo u zdravstvene ustanove već i u školske ustanove, socijalne institucije i u druge Vladine resore i ustanove i ne-vladine organizacije.

U nastavku rada prikazani su projekti koji su uticali na razvoj informacionih tehnologija u zdravstvu u Republici

Srbiji, pregled realizovanih rešenja koja se koriste kao i predlog mogućih unapređenja i aktivnosti u cilju razvoja informacionih tehnologija u zdravstvenim ustanovama.

2. PROJEKTI USMERENI NA RAZVOJ MIS-A U REPUBLICI SRBIJI

Proces uvođenja MIS-a u zdravstvenim ustanovama počeo je kao samostalna inicijativa samih zdravstvenih ustanova. Posle izvesnog vremena aktivno se uključilo Ministarstvo zdravlja i RFZO preko različitih projekata. Projekat DILS – “Pružanje unapređenih usluga na lokalnom nivou” realizuje se iz sredstava zajma Vlade RS i Svetske banke (Međunarodne banke za obnovu i razvoj - IBRD). Projekat se realizuje od početka 2009. Ukupna vrednost sredstava zajma iznosila su 32 miliona evra. Projekat realizuju tri resorna ministarstva RS: Ministarstvo zdravlja, Ministarstvo prosvete i Ministarstvo rada i socijalne politike. Projektom DILS u IKT komponenti u periodu od 2009. do 2014. godine obuhvaćene su ustanove primarne zdravstvene zaštite (158 domova zdravlja, 3 zavoda za zdravstvenu zaštitu studenata u Beogradu, Nišu i Novom Sadu i Gradski zavod za gerontologiju Beograd). Zbog heterogene situacije u zdravstvenim ustanovama vodilo se posebno računa o sredstvima koje je svaka ustanova ponaosob dobila preko opreme ili u novcu. Oprema isporučena kroz DILS projekat obuhvata 209 servera, 5275 radnih stanica sa monitorima, 2650 štampača, 1312 barkod čitača, 3250 čitača kartica, 6 storidž sistema, 106 UPS-a, 1907 sviča različitih karakteristika, 1623 rek ormana, 537.446 metara mrežnih kablova, 7800 duplih mrežnih utičnica itd. Projektom su realizovane nove i unapređene postojeće lokalne računarske mreže. Od ukupno 1830 isturenih ambulanti povezano je 1200 (ostale nisu zbog tehničkih uslova i ekonomske neopravdanosti) [5].

MIS, ustanove primarnog zdravstva nabavile su putem granta. Od ukupno 162 ustanove 64 je već imalo neki MIS koji je bio potpuno ili delimično funkcionalan pa samim tim dobile su manji iznos sredstava iz granta za nabavku dodatnih modula od proizvođača MIS-a. 98 ustanova se izjasnilo da nema adekvatan MIS i da želi da nabavi novi. Ustanove koje su se izjasnile da nemaju odgovarajući MIS mogle su da raspišu javni poziv za nabavku jednog od 8 sertifikovanih MIS-a od strane Ministarstva zdravlja RS, među kojima je bio i MIS MEDIS.NET [6] realizovan u Laboratoriji za medicinsku informatiku na Elektronskom fakultetu u Nišu. Jedini kriterijum za izbor najpovoljnije ponude i sklapanje ugovora bila je ukupna cena MIS-a (cena softverskog rešenja, troškovi obuke i održavanje u trajanju od 3 godine).

Trenutno su sredstva iz granta realizovana u 161 ustanovi (99,4%). Probleme u implementaciji ima u još 5 ustanova. U 155 ustanova MIS se koristi za kreiranje eFakture prema RFZO-u iz elektronskog kartona. Ukupna vrednost ulaganja u IT opremu kroz DILS projekat iznosio je 4.508.364 evra (3.138.266 iz projekta “Razvoj zdravstva Srbije-dodatno finansiranje” – RZS-DF, 1.370.098 evra iz projekta “Pružanje unapređenih usluga na lokalnom nivou” - DILS). Ukupna sredstva utrošena za nabavku medicinskih informacionih sistema iz sredstava DILS projekta iznose 1.188.548 evra [5].

Projektom “Integrirani zdravstveni informacioni sistem” (EU-IHIS) koji finansira Evropska unija sa 2.5 miliona evra iz Pretpripravnih IPA fondova predviđeno je uvođenje bolničkog informacionog sistema u 19 zdravstvenih ustanova u RS kao i razvoj EKP-a. Projekat zajednički realizuju Ministarstvo zdravlja RS i EU, a sprovode Regionalna kancelarija Svetske zdravstvene organizacije za Evropu (WHO) – Kancelarija u Srbiji [7].

Pored modula za fakturisanje pruženih medicinskih usluga, modula za zakazivanje pregleda i modula za registraciju izabranog lekara u okviru MIS-a intenzivno se krenulo sa korišćenjem elektronske knjižice pacijenta i EKP-a. Jedan od bitnih modula koji se koristi je i modul koji pokriva rad biohemijske laboratorije u okviru zdravstvene ustanove [8] i automatska akvizicija podataka sa biohemijskih analizatora [9]. Ne retko koriste se i sistemi za podršku radiološkoj službi [10]. Kako bi se omogućila detaljna i složena analiza unetih demografskih i medicinskih podataka uz pomoć MIS-a na najbolji mogući način i za detaljno izveštavanje neophodno je uključiti i alate za poslovnu inteligenciju [11]. Pomenuti moduli realizovani su i sastavni su deo MIS-a MEDIS.NET. Pored pomenutih modula u Laboratoriji za medicinsku informatiku na Elektronskom fakultetu u Nišu realizovan je veći broj modula koji se koriste svakodnevno u više od 20 zdravstvenih ustanova na teritoriji RS.

RFZO [12] je u svim zdravstvenim ustanovama uveo obavezu korišćenja integrisanog informacionog sistema “RFZO ZUS” koji je omogućio sakupljanje i objavljivanje informacija od javnog značaja na sajtovima zdravstvenih ustanova i RFZO.

RFZO je razvio softver “RFZO apoteka” koji je omogućio građanima da saznaju u kojoj od 5 najbližih apoteka mogu podići propisan medikament na recept (LR1 obrazac). Građani mogu dobiti i informacije o stanju traženih medikamenata u svim apotekama u kojima se izdaju medikamenti na recept. Apoteke su same odgovorne za tačnost podataka. Ovaj sistem uveden je i u privatnim apotekama sa kojima je RFZO potpisao ugovor o izdavanju medikamenata na recept. Kao podrška razvijena je i android aplikacija koja je besplatna i dostupna osiguranicima kako bi dobili podatke u svakom trenutku o dostupnosti nekog medikamenta u najbližim apoteka u zavisnosti od lokacije pacijenta. Obezbeđene su i dodatne informacije za svaku apoteku npr. radno vreme, broj telefona itd.

Razvijen je “E-Medicinski leksikon” kao android aplikacija u cilju informisanja pacijenata. Obrađuju se najčešće upotrebljavani medicinski termini sa njihovom preciznom definicijom i objašnjenjem.

RFZO svim zdravstvenim ustanovama sekundarnog i tercijarnog nivoa u kojima se obavlja hospitalizacija uveo je korišćenje web aplikacije “Digitalna bolnica” koja omogućava informatičku podršku dokumentovanju procesa zdravstvene nege i rada medicinskih tehničara u bolničkim uslovima kao i uvid u broj slobodnih bolničkih kreveta.

U zdravstvenim ustanovama gde se obavlja dijaliziranje pacijenata RFZO je uveo korišćenje web aplikacije “Program dijalize” koja omogućava dnevno praćenje podataka o dijaliziranim pacijentima i kreiranje različitih izveštaja potrebnih RFZO-u na osnovu prikupljenih podataka.

3. MOGUĆA UNAPREĐENJA DALJE PRIMENE IT-A U ZDRAVSTVU

I pored uvođenja MIS-a u zdravstvenim ustanovama primarnog zdravstva i dalje ne postoji mogućnost integracije heterogenih softverskih rešenja implementiranih u različitim ili čak u istim ustanovama. Ne može se očekivati da se problem kolaboracije licenciranih heterogenih MIS-eva inicira od samih proizvođača softvera. Potrebno je da Ministarstvo zdravlja zajedno sa RFZO-om definiše formate na osnovu kojih bi se, kako demografski tako i medicinski, podaci razmenjivali. Pri tome je neophodno obezbediti i kriptovanje osetljivih podataka i komunikacije u okviru VPN-a. Trenutno postoji jedan vid kolaboracije sa RFZO-om i on se ogleda u preuzimanju šifarnika sa portala RFZO-a, slanjem eFakture na mesečnom nivou RFZO-u preko portala, slanjem izjava o izabranom lekaru RFZO-u, proveru važenja zdravstvenog osiguranja preko web servisa RFZO-a, preuzimanju povratnica sa osporenjima sa portala RFZO-a nakon drugostepene kontrole poslate fakture.

Ideja o postojanju nove zdravstvene knjižice u obliku kartice sa čipom treba da omogući da se na njoj, pored osnovnih ličnih podataka, skladište i bitni medicinski podaci kako bi se u svakom trenutku, ukoliko se za to javi neka potreba moglo hitno reagovati na terenu. Može se razmišljati i u smeru da se svi podaci iz EKP-a uskladište na tom čipu. Takva knjižica bi sprečila i zloupotrebe koje se ogledaju u postojanju papirnih recepata sa propisanim lekovima koje je potrebno podići u apoteci. Na ovaj način dovoljna bi bila samo takva zdravstvena knjižica u apoteci na kojoj bi bio upisan propisan recept koji je lekar propisao u ordinaciji.

Integracija zdravstvene ustanove koja propisuje medikamente na recept i apoteke je neminovnost. Potrebno je obezbediti potpunu integraciju i to na univerzalan način. Korist od ovakve integracije ogledao bi se u propisivanju medikamenata hroničnim bolesnicima. Smanjile bi se gužve u ordinacijama, i sprečili bi se potencijalni problemi koji nastaju na putu recepta od doma zdravlja do apoteke. Samim tim, nakon podizanja leka u apoteci lekar koji bi propisao terapiju na recept mogao bi videti da li je pacijent zaista i preuzeo propisani lek.

Zakazivanje pregleda preko Call centra u zdravstvenim ustanovama pokazalo se kao veoma dobra praksa pa je potrebno obezbediti takvu mogućnost u svim zdravstvenim ustanovama. To nam može potvrditi i rad Call centra u domu zdravlja Niš, najvećem domu zdravlja u Srbiji prema broju pacijenata koji gravitiraju ka njemu, gde se svakodnevno vrši zakazivanje pregleda na službi opšte medicine i službi ginekologije [13].

Potrebno je obezbediti dovoljno sredstava za informatizaciju sekundarnih i tercijarnih zdravstvenih ustanova preko nekog projekta (realizovanog kao npr. zajam, saradnja ili pomoći) kao što je npr. bio projekat DILS za informatizaciju zdravstvenih ustanova primarnog zdravstva, i to u cilju povećanja zdravstvenog stanja i zaštite cele populacije u našoj zemlji.

Potrebno je izvršiti integraciju medicinskih informacionih sistema u primarnom, sekundarnom i tercijarnom zdravstvu na nivou opština, okruga pa čak i cele republike pa i šire, omogućiti međudržavnu kolaboraciju informacionih sistema i sve to sa jednim ciljem u pružanju adekvatne i kvalitetne

zdravstvene zaštite ljudima. Za takvu aktivnost potrebna je jasna i dugoročna strategija razvoja kao i aktivno učešće i veliko angažovanje prevashodno Ministarstva zdravlja RS ali i ostalih resora u Vladi Republike Srbije.

Posebna pažnja treba da se obrati na sisteme za tretman onih pacijenata kod kojih je dijagnostifikovana određena teža bolest ili bolesno stanje (registar tumora, registar dijabetesa, registar visokog krvnog pritiska, CAD registar, terapijska radiologija, renalna dijaliza, problem u trudnoći, itd.) i sisteme za rad sa populacijom (praćenje bolesti, kontrola životne sredine, zdravstveno obrazovanje, farmaceutska kontrola, godišnji statistički "WHO" izveštaji, itd.).

Treba ići i u korak sa svetom pa je tako potrebno krenuti i sa razvojem telemedicinskih sistema (npr. THC – Tele-Home-Care mreže, TeleEmergency, implementiranjem telemedicinskih ambulanati, razvojem portala za telemedicinu, razvojem i implementiranjem telemedicinskih senzora, razvojem mobilnih aplikacija za telemedicinu, razvojem same infrastrukture potrebne za implementiranje telemedicine, itd.).

RFZO je inicirao veliki broj projekata, međutim neki nisu još počeli (samo su u njihovom planu), neki nisu završeni ili implementirani u zdravstvenim ustanovama [12]. Neki od bitnih projekata koji su završeni ali nisu do kraja implementirani da bi bili u svakodnevnoj upotrebi su: Lista čekanja (nova aplikacija), Liste čekanja – redizajn postojeće aplikacije, Centralizovane javne nabavke (softver), E-Konsultacije (završen projekat, implementiran ali nije stavljen u upotrebi), "Zadavanje radnih zadataka" (android aplikacija, planirano), "Zadavanje radnih zadataka" (web aplikacija, planirano), Centralni šifarnik lekova (Lekis), Centralni buking za RH centre, "Distance Learning" za farmakoterapijske protokole.

Sledeći projekti su planirani od strane RFZO-a ali se nije krenulo sa njihovom realizacijom: E-recept, E-uput, E-zakazivanje, E-karton, centralizacija MEOP-a, Optimizacija zaliha lekova, VTO.

Pored unapređenja postojećeg i nabavke novog hardvera i unapređenje i razvoja novih softverskih modula posebnu pažnju potrebno je ukazati na razvoj IKT kadrovskih resursa (zapošljavanje, materijalni položaj, usavršavanje) i sve to u cilju kako bi dugoročno u zdravstvenim ustanovama bilo dovoljno stručnog i kvalifikovanog IKT kadra. Do sličnih zaključaka se došlo i na održanom stručnom skupu "Informatika u zdravstvu 2014" u organizaciji Udruženja informatičara u zdravstvu Srbije (UIZS, 5.11.2014. godine). Učesnici su se pored ostalih stvari usaglasili da je potrebna jedna sveobuhvatna, savremena i održiva strategija integrisanog zdravstvenog informacionog sistema Republike Srbije ("eZdravlje") kao i sveobuhvatna koordinacija Ministarstva zdravlja koja u prethodnom periodu uglavnom nije bila na odgovarajućem nivou kao i jasno definisanje institucionalnih nadležnosti za upravljanje razvojem informacionih sistema zdravstvenih ustanova i eZdravlja na svim nivoima [14].

Pored od sada pomenutog potrebno je pozabaviti se i nekim specifičnim aktuelnim oblastima kao što je npr. portal za retke bolesti, razvoj sistema za stručno usavršavanje studenata medicine i zaposlenih u zdravstvu kao i razvoj sistema koji bi pomogao naučno-istraživački rad u medicini i to na osnovu prikupljenih "realnih" podataka upotrebom

MIS-a. U cilju ublažavanja posledica retkih bolesti neophodno je pružiti obolelim pacijentima mogućnost međusobne komunikacije. Potrebno je razviti portal za retke bolesti koji bi omogućio pacijentima da međusobno razmenjuju iskustva, komuniciraju sa lekarima u cilju dobijanja osećaja da nisu usamljeni i prepušteni sami sebi u svemu tome [15]. Potrebno je kreirati nacionalni registar retkih bolesti (lista i klasifikacija retkih bolesti), omogućiti pristup najnovijim naučnim dostignućima, omogućiti saradnju sa relevantnim državnim institucijama, omogućiti saradnju sa srodnim organizacijama u zemlji i inostranstvu, kreirati listu lekova “siročića”, itd.

4. ZAKLJUČAK

Može se sa pravom reći da je u poslednje vreme dosta toga urađeno na polju informatizacije zdravstvenih ustanova u RS gde je veliki akcenat dat na zdravstvene ustanove na primarnom nivou ali je potrebno uložiti još dosta napora. Može se u vrlo bliskoj budućnosti, uz odgovarajuću podršku odgovarajućih državnih institucija i Evropske unije, i uz veliko angažovanje Ministarstva zdravlja RS, napredovati u implementaciji završenih i započetih projekata u zdravstvenim ustanovama kao i u planiranju i realizaciji novih projekata i ideja.

Potrebno je povećati stepen informatizacije u zdravstvenim ustanovama u sekundarnom i tercijarnom zdravstvu i obezbediti odgovarajući nivo kolaboracije između heterogenih medicinskih informacionih sistema u heterogenim zdravstvenim ustanovama. Najpre je potrebno realizovati integraciju različitih IS jedne zdravstvene ustanove a potom omogućiti i kolaboraciju različitih MIS u ustanovama primarnog zdravstva. Nakon integracije na primarnom nivou, potrebno je uraditi i integraciju sa MIS koji se koriste u zdravstvenim ustanovama sekundarnog i tercijarnog nivoa. Potrebno je realizovati web servise koji bi omogućili razmenu demografskih i medicinskih podataka na uniforman način između heterogenih MIS čak i van granica RS. Neophodno je kreirati servis prema građanima (samostalne i centralizovne web aplikacije, mobilne aplikacije, mobilni servisi). Akcenat treba staviti na implementaciju modula za zakazivanje pregleda (web, desktop, mobilna aplikacija). U cilju ublažavanja retkih bolesti kao i lečenja posebnih grupa bolesti neophodno je implementirati odgovarajuće servise prema pacijentima kako bi se omogućila odgovarajuća kolaboracija na relacijama pacijent-pacijent kao i pacijent-lekar. Posebnu pažnju treba dati i na razvoj IKT kadrova u zdravstvenim ustanovama kao neophodan preduslov za adekvatnu primenu IT-a. Bitno je da se krenulo u jedan nepovratan proces, proces informatizacije zdravstvenih ustanova u RS a koristi takvog procesa informatizacije već su приметni.

LITERATURA

[1] A. Milenković, D. Janković, P. Rajković, T. Stanković, I. Marković, “Modul za fakturisanje pruženih zdravstvenih usluga kao deo medicinskog informacionog

sistema MEDIS.NET”, INFOTEH, Jahorina, mart 2011, Vol. 10, s.490-494, ISBN: 978-99938-624-6-8.

- [2] D. Janković, A. Milenković, M. Stojković, A. Veljanovski, P. Rajković, T. Stanković, “Softverski modul za registraciju izabranog lekara”, realizator: Elektronski fakultet Niš, 2015, broj rešenja: 07/10-004/15-001.
- [3] M.S. Davis, “Health Care: Innovation, Impact and Challenge” Queens University: School of Policy Studies – School of Public Administration, 1992.
- [4] European Commission, eHealth, <http://ec.europa.eu/health-eu/doc/ehealth.pdf>, datum poslednjeg pristupa sajtu: 06.02.2015. godine.
- [5] Izveštaj o statusu informatizacije ustanova primarne zdravstvene zaštite projektom “DILS” - Pružanje unapređenih usluga na lokalnom nivou, Udruženje informatičara u zdravstvu - IKT jedinica DILS projekta, Beograd, 05. novembar 2014. godine.
- [6] D. Janković, A. Milenković, P. Rajković, T. Stanković, I. Marković, S. Cvetković, D. Vučković, S. Pešić, “Medicinski informacioni sistem MEDIS.NET”, realizator: Elektronski fakultet Niš, 2010.
- [7] EU-IHIS, Integrirani zdravstveni informacioni sistem, <http://www.eu-ihis.rs/>, datum poslednjeg pristupa sajtu: 06.02.2015. godine.
- [8] A. Milenković, D. Janković, D. Vučković, T. Stanković, “LabIS - Informacioni sistem biohemijskih laboratorija”, YU INFO 2010, Kopaonik, 3-6. mart 2010, ISBN: 978-86-85525-05-6.
- [9] D. Vučković, D. Janković, A. Milenković, T. Stanković, P. Rajković, “Data Acquisition Methods in Laboratory and Medical Information Systems”, FACTA UNIVERSITATIS Series: Automatic Control and Robotics Vol. 10, No 1, 2011, pp. 97-103, ISSN: 1820-6417.
- [10] A. M. Milenković, M. T. Stojković, A. D. Veljanovski, D. S. Janković, “Softverska podrška radiološkoj službi u okviru medicinskog informacionog sistema MEDIS.NET”, TELFOR, Beograd, 20–22 novembar, 2012, Srbija, s.1641–1644, ISBN: 978-1-4673-2982-8.
- [11] Rick Sherman, “Business Intelligence Guidebook - From Data Integration to Analytics”, Elsevier 2015, ISBN: 978-0-12-411461-6.
- [12] Republički fond za zdravstveno osiguranje (RFZO), <http://www.rfzo.rs/>, datum poslednjeg pristupa sajtu: 06.02.2015. godine.
- [13] A. Milenković, I. Marković, T. Stanković, S. Pešić, D. Janković, “Modul za zakazivanje pregleda - softverska podrška u radu Call centra zdravstvene ustanove”, TELFOR, Beograd, Srbija, 23-25. novembar 2010, s.1169-1172, ISBN: 978-86-7466-392-9.
- [14] Stručni skup “Informatika u zdravstvu 2014”, zaključci stručnog sastanka, 05.11.2014. godine, Udruženje informatičara u zdravstvu Srbije, www.uizs.org.rs.
- [15] D. Janković, T. Stanković, P. Rajković, A. Milenković, “IT podrška ublažavanju problema retkih bolesti”, INFOTEH, Jahorina, 16 - 18. mart 2011, Vol. 10, s.500-504, ISBN: 978-99938-624-6-8.

PODRŠKA ICT PRAĆENJU I MERENJU ZADOVOLJSTVA KORISNIKA ZDRAVSTVENE ZAŠTITE

ICT SUPPORT TO MONITORING AND HEALTHCARE USERS SATISFACTION MEASUREMENT

Obradović Milovan, *Vojnomedicinska akademija, Beograd*

Sadržaj: *Kao jedno od merenja performansi sistema menadžmenta kvalitetom, zdravstvena ustanova mora da prati informacije o zapažanju korisnika o tome u kojoj meri je ispunila njegove zahteve. Ove informacije obuhvataju zadovoljstvo korisnika pruženim uslugama zdravstvene zaštite, uslovima lečenja i odnosom osoblja. U radu su date neke od mogućnosti ICT na iskazivanju rezultata nastalih obradom prikupljenih podataka putem anketiranja korisnika zdravstvene zaštite.*

Abstract: *As one way of measuring quality management system performance, healthcare units should gather information on how healthcare users perceive healthcare units fulfilling their needs. Information includes users satisfaction on healthcare service, treatment conditions and user relationship. This paper gives some ICT possibilities for delivering results of data analyses collected through healthcare users satisfaction surveys.*

1. UVOD

Zadovoljstvo svih aktera zdravstvenog sistema i društva u celini proizilazi iz zadovoljstva korisnika zdravstvene zaštite. Jedna od mera performansi sistema menadžmenta kvalitetom se sastoji u praćenju i merenju zadovoljstva korisnika sa stanovišta ispunjenja njegovih očekivanja, zahteva i potreba [1]. Vođenje zdravstvene politike predstavlja ključni zadatak u zdravstvenom sistemu države, koji karakteriše: donošenje odluka za sprovođenje aktivnosti radi ostvarivanja postavljenih ciljeva, određivanje prioriteta između ciljeva, sagledavanje uticaja okruženja i politike društveno ekonomskog razvoja, sagledavanje materijalnih mogućnosti društva i građana, određivanje obima zdravstvene zaštite, obezbeđenje dostupnosti zdravstvene zaštite celokupnom stanovništvu, promocija zdravlja i informisanje građana [2].

Korišćenje zdravstvenih usluga se često ne može odložiti, osim u slučaju kada su termini izvršenja unapred određeni. Korišćenje zdravstvenih usluga je ponekad urgentno, a često i malo predvidivo. Smanjena predviđivost korišćenja pojedinih zdravstvenih usluga od strane pacijenta i društva je posledica novog životnog stila sve većeg broja stanovnika. Priroda, kvalitet pružanja zdravstvenih usluga i kvalitet drugih usluga predstavljaju osnovu za formiranje mišljenja korisnika o uslugama i zdravstvenoj ustanovi. Ljubavnost i posvećenost osoblja korisnicima su neizostavni činilac formiranja mišljenja korisnika o uslugama i ustanovi. Zadržavanjem istog mišljenja o uslugama i ustanovi u dužem periodu pacijent vrednuje usluge, što čini osnovu za formiranje njegovog stava o ustanovi i uslugama koje ona pruža.

Opravdana potreba postoji za nizom aktivnosti usmerenih ka boljem zadovoljavanju potreba korisnika zdravstvenih usluga, efikasnijoj vertikalnoj i horizontalnoj povezanosti na svim nivoima zdravstvene zaštite radi obezbeđivanja preventivnih i kurativnih mera zdravstvene zaštite, sve u smislu racionalizacije poslovanja i smanjenja potrošnje [3]. Zdravstveni radnici moraju posedovati fleksibilnost, razumevanje, empatiju, toleranciju i sposobnost prilagođavanja svakom pojedincu koji se obraća sa nekom

zdravstvenom potrebom. Kao meru zadovoljenja korisnika zdravstvena organizacija treba da uvede ocenjivanje kvaliteta od prvog kontakta pacijenta i zdravstvene ustanove, tokom lečenja - pružanja zdravstvenih i drugih usluga i na završetku lečenja.

2. POTREBE PACIJENATA

Polazeći od najčešće primenjivane definicije da je „zdravstvena zaštita skup mera i postupaka kojima se rešavaju zdravstveni problemi pojedinaca, porodice i društva“ jasno je da od preciznog sagledavanja zahteva i potreba korisnika zdravstvene zaštite zavisi uspeh organizacije u zdravstvu. U širem smislu zdravstvene potrebe su zbir svih činilaca koji unapređuju i poboljšavaju mentalno i fizičko zdravlje i obezbeđuju socijalnu sigurnost [2, 3]. Zdravstvene potrebe se mogu definisati kao stanja zdravlja kada je intervencija zdravstvene službe neophodna ili korisna. Korisnikova potreba može da bude nezadovoljena i zbog toga što nije prepoznata od strane zdravstvenog radnika. Ukoliko je potreba adekvatno prepoznata preduzimaju se koraci za njeno zadovoljenje. Korišćenje usluga zdravstvene ustanove odnosi se na prepoznate potrebe zbog kojih se pacijent obratio za pomoć. Korišćenje počinje od momenta kada se uspostavi prvi kontakt sa zdravstvenom ustanovom i zavisi kako od pacijenta i njegovih osobina, tako i od obezbeđenosti i stepena razvijenosti zdravstvene delatnosti. Pored sposobnosti zasnovanih na stručnosti, iskustvu i veštini primene medicinskog znanja zdravstveni radnici moraju posedovati i određene moralno-etičke kvalitete zasnovane na društvenim i kulturnim tradicijama.

Indikatori zadovoljstva pacijenata na stacionarnom lečenju mogu se grupisati na:

- postupke koji prethode lečenju (zakazivanje prijema, čekanje na prijem, prijem na lečenje, trajanje prijema, objašnjenje procedure za prijem i smeštaj, presvlačenje, čekanje na smeštaj, upoznavanje sa dužnostima na odeljenju, objašnjenja za upotrebu alarma i dr.),
- postupke i odnos lekara tokom ispitivanja i lečenja (posvećenost, dovoljno vremena, razumevanje i

dijagnostifikovanje zdravstvenih problema, objašnjenja procedura i terapije, informisanje o daljem lečenju i ishodu bolesti, davanje odgovora na pitanja, informisanje porodice o oboljenju, toku i rezultatima ispitivanja i lečenja, zaštita privatnosti, poverenje u tajnost podataka i dr.),

- postupke i odnos medicinskih sestara i bolničara tokom ispitivanja i lečenja (posvećenost, komunikacija, veštine nege, veštine uzimanja biološkog materijala, objašnjenja o postupcima ispitivanja i lečenja, briga za komfor, brzina odgovora na hitne pozive),
- zadovoljstvo uslovima boravka (opremljenost sobe, broj postelja u sobi, udobnost postelje, kvalitet i zamena posteljine i veša, temperatura sobe, higijena sobe, higijena kupatila, zajedničke prostorije i sl.),
- zadovoljstvo ishranom (vreme serviranja, način serviranja, ukus hrane, temperatura hrane, količina, raznovrsnost, odgovarajuća dijeta),
- zadovoljstvo organizacijom poseta i posetama (vreme poseta, broj poseta, trajanje poseta, lokacija za posete, prilagođenost, uređenost i komfor za posetioce),
- postupke i odnos ostalog osoblja (administracija, održavanje higijene),
- ostale potrebe (informisanost, štampa, radio, TV, internet, prodavnice).

Kada su ambulantni pacijenti u pitanju može se reći da postoji veliki stepen sličnosti indikatora zadovoljstva pacijenata koji se odnose na osoblje, postupke koji prethode lečenju, adekvatnost čekaonica i ordinacija i ostale (opšte) potrebe.

3. KOMUNIKACIJE U ZDRAVSTVENOJ USTANOVI

Termin komunikacija potiče od latinske reči *comunicatio* koja znači opštenje, saobraćanje, dok glagol *comunicare* znači saopštiti. Važan uslov za dobru komunikaciju je da oni, koji u njoj učestvuju, imaju poverenja jedan u drugoga, jer će tako međusobno lakše razumeti verbalne i neverbalne poruke. Komunikacioni proces se sastoji od ulaza, unutrašnjeg toka i izlaza. Nakon izlaza sledi povratna veza od izlaza ka ulazu, koja je garancija efikasne komunikacije. Svrha komunikacionog procesa je povezivanje njegovih učesnika radi ostvarenja cilja komuniciranja. Svaki sledeći komunikacioni proces čini učesnike iskusnijim i sposobnijim. Sposobnost komuniciranja se poseduje (rađa), ali se i uči i stiče. U vezi s tim, svaka definicija komunikacije treba da naglasi da je komunikacija proces i aktivnost. Komuniciranjem se povezuju učesnici u njegovom procesu, zbližavaju, otkrivaju ili potvrđuju saznanja, dobijaju željene i očekivane informacije, koje su im neophodne za dalje postojanje ili poslovanje [4]. Način na koji pošiljalac u komunikacionom procesu govori, otkriva primaocu u komunikacionom procesu nivo njegovog obrazovanja, karakter sa manama i vrlinama, sposobnosti, interesovanja, ambicije, pogled na osobe i pojave i sl. Stoga se govornik može predstaviti u procesu komuniciranja, a da pri tom nije verbalno govorio o sebi i svojim osobinama. Odlika komunikacije je shvatanje vremena i poštovanje tuđeg vremena. Da je neko pouzdan i da se na njega može računati smatra se ukoliko poštuje vreme i ispunjava zakazane obaveze. Shvatanje vremena je važan činilac u komunikaciji.

O obimu, raspoloživosti i roku pružanja usluge korisnik

ima potrebu i pravo da bude obavešten, na njemu dostupan način. Treba osigurati da korisnici budu svesni doprinosa koji oni mogu dati povećanju kvaliteta usluge [5].

Sve manje je prisutna činjenica da su pacijenti neinformisani, na niskom nivou zdravstvenog i opšteg obrazovanja što sigurno utiče na kulturu komuniciranja zdravstvenih radnika na radnom mestu i u odnosu prema pacijentima. Davanje informacija pacijentu ima za cilj objašnjavanje i pojašnjavanje svega onog što je bitno za njegovu bolest i lečenje kao i za prihvatanje bolesti i nastavak života uz bolest. Na taj način se unapređuje zdravstveno ponašanje pacijenta kroz suočavanje sa bolešću, prihvatanjem i eventualnom promenom stila i načina života kroz pridržavanje uputstava i saveta.

Mnogo činilaca utiče na davanje informacija pacijentima u vezi njihove bolesti. Najčešće greške zdravstvenih radnika odnose se na:

- stav da je važnije sprovoditi određene intervencije i lečenje a ne pričati o tome,
- pravdanje nedostatkom vremena i opterećenošću poslom zbog nedovoljnog broja zaposlenih,
- želja da pacijenta zaseni poznavanjem njegovih zdravstvenih problema,
- izbegavanje direktnog razgovora sa pacijentom koji ima oboljenje o čijem se ishodu malo pozitivnog može reći,
- davanje informacija pacijentu koje nisu prilagođene i pogodne za razumevanje (upotreba latinskih termina, stranih reči i izraza, mnogo uskostručnih i obimnih informacija) i pamćenje,
- stav da su pacijenti nestručni i laici iz oblasti medicine i da ne mogu ništa da razumeju ili shvate,
- tumačenja članova zdravstvenog tima stavova koji su pacijentu različito prezentirani ili se smatra da ih je nepotrebno ponavljati,
- neshvatanje da pacijenti (posebno stariji) zaboravljaju mnogo toga što im se kaže i da je procenat zaboravljanja veći što je informacija više,
- ne nalaženje prave mere u davanju informacija pacijentu dok traje proces ispitivanja i lečenja itd.

Sa druge strane, zdravstveni radnik treba:

- da pacijentu pokaže da je cenjen i poštovan kroz obraćanje i razgovor, tokom prijema, pregleda, vizita, obrade dokumentacije itd.,
- da sasluša pacijenta, dok ga sluša da ne radi nešto drugo već da bude koncentrisan i da ga prati pogledom,
- da bude ljubazan prema pacijentu, da ga oslovljava punim imenom i prezimenom, gleda u oči dok mu se obraća, gleda u oči dok pacijent govori, pokazuje da ga razume, da saoseća sa njim,
- da pacijentu stavi do znanja da su njegova pomoć - saradnja tokom ispitivanja, lečenja i pregleda veoma značajni,
- da zna da većina ljudi se najbolje seća onog što im je prvo rečeno, pa najznačajnije informacije treba prvo dati, a kasnije ih ponoviti, čime se ističe njihova važnost,
- da traži od pacijenta da neke informacije ponovi jer će tako imati uvid u njegovu razumevanje,
- ponudi i obezbedi razumljiva pisana uputstva i informacije kao potporu verbalno datim informacijama,
- da ne dopusti drugima da ga prekidaju u slušanju,
- da u pravom momentu prekine pacijenta u izlaganju i pita ga za dodatne informacije kako bi shvatio njegov ugao na

- gledanje zdravstvenog problema,
- da zna da njegova poruka mora biti dovoljno jasna i razumljiva i da je u skladu sa interesima korisnika i da od toga zavisi do koje mere će biti prihvaćena,
- da ostavi povoljan utisak na pacijenta jer se na tome gradi poverenje (odmerenost u odevanju i doterivanju, bez ekstravagancije i bez zapuštenosti) itd.

Korisnik zdravstvene zaštite je obično bolesna osoba, ali iako je bolesna, zahteva poštovanje i želi zadržati dostojanstvo i sigurnost u zdravstvenu ustanovu i njeno osoblje. Poverenje od strane pacijenta biće obezbeđeno ukoliko su:

- pravilno informisani i obavješteni (polako, bez obraćanja u hodu ili usput, bez stručnih termina, jasnim stilom, na način koji se demonstrira znanje i iskustvo, i sigurnost u izgovorene reči),
- pažljivo saslušani,
- dobili odgovore na postavljena pitanja i očekivana uputstva
- u prijatnom ambijentu za pregled,
- ubeđeni da je obezbeđena njihova privatnost i zaštita intime i ličnosti,
- obrazloženi postupci ispitivanja i lečenja i data objašnjenja za moguće posledice,
- razumljivo data očekivanja napretka u lečenju i prognoza izlečenja i sl.

4. ANKETIRANJE KORISNIKA

Prikupljanje i interpretacija podataka zauzimaju centralno mesto u procesu zdravstvene zaštite upravo zbog njihove neobične važnosti u procesu donošenja medicinskih odluka ali i strateških odluka za upravljanje zdravstvenom ustanovom i zdravstvenim sistemom u celini. Analizujući sve aktivnosti u zdravstvenoj zaštiti nezaobilazni su prikupljanje, analiza i korišćenje podataka. Kada su u pitanju podaci o ispitivanju zadovoljstva korisnika zdravstvene zaštite mora se znati da se oni ne vezuju za konkretne pacijete jer su ankete anonimne. Ispitivanje zadovoljstva korisnika stacionarnim i ambulantnim lečenjem najčešće se vrši putem štampanih upitnika čije se popunjavanje od strane pacijenata sprovodi tokom i na kraju ispitivanja i lečenja. Anketiranje treba da bude anonimno uz odlaganje popunjenih upitnika u za to namenjene (zatvorene) kutije. Sadržaj upitnika je sačinjen tako da obuhvati sadržaje i obaveze definisane od strane nadležnih institucija za javno zdravlje i same zdravstvene ustanove kako bi se proces realizovao kroz jednu integrisanu aktivnost. Pitanja treba da budu tako strukturana da se odgovori svode na zaokruživanje ponuđenih modaliteta. Na kraju treba ostaviti i mogućnost davanja komentara u obliku otvorenog teksta kako bi se upotpunila sloboda pacijenta i dobile informacije koju nisu strukturane kroz upitnik a mogu biti od značaja za zdravstvenu ustanovu.

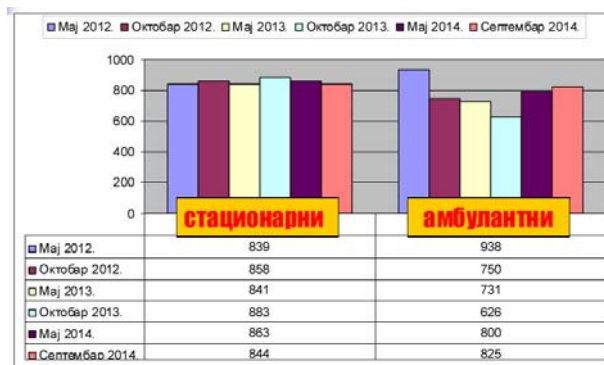
Podaci iz formalizovanih upitnika uneti u baze podataka predstavljaju osnovu za iskazivanje pojedinačnih i agregiranih informacija o zadovoljstvu korisnika zdravstvene zaštite u dužem vremenskom periodu. Takve baze podataka se prevode u forme nad kojima je moguće dalje sprovesti tipizirane oblike obrada i analiza.

5. OBRADA PODATAKA

Posle sređivanja i agregiranja podatke je potrebno prikazati što jasnije i preciznije. Postoji više različitih načina za prikazivanje odnosno predstavljanje podataka. Ipak, bez obzira na to o kom se načinu radi, svi imaju isti cilj - da se olakša pregled podataka, da se ostvare pretpostavke za njihovu analizu, ali i da se samim prikazivanjem podataka steknu uslovi za izvođenje određenih zaključaka. Fokus menadžera je usmeren na dobijanje brzih, filtriranih i korisnih informacija kako bi se mogli predvideti budući trendovi i preduzimale potrebne mere [6]. Prikazivanje podataka može biti tabelarno i grafički. Sumiranje detaljnih podataka i agregirani upiti obezbeđuju formiranje izvedenih tabela (Pivot Table), sa podzbiorima i zbiorima po redovima i kolonama, kao osnove za automatsko prikazivanje podataka u nekom od tipova dijagrama (Pivot Chart). Za zadati skup izdvojenih podataka stvorene su izvedene tabele kao osnova za njihovu vizuelizaciju. Na primeru realnih podataka o ispitivanju zadovoljstva korisnika stacionarnim i ambulantnim lečenjem u periodu od tri godine (2012-2014.) izdvojeno je ukupno 9798 zapisa formiranih u šest ciklusa. Nekoliko sledećih slika prikazuju trendove zadovoljstava po pojedinim segmentima pružanja usluga i u celini zadovoljstvo ukupnim lečenjem i uslovima lečenja.

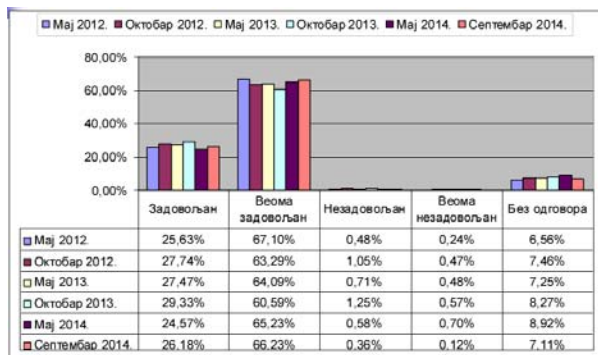
Na primeru vizuelnog i tabelarnog prikazivanja i analize podataka iz upitnika kojim su obuhvaćene gotovo sve medicinske specijalnosti jedna zdravstvene ustanove, prikazane su neke od mogućnosti primene statističkih metoda za prikazivanje podataka o zadovoljstvu korisnika u vremenskom periodu od tri godine sa trendovima promena (izraženim u %) po pojedinim pitanjima. Posmatrani u celini ovi rezultati, dobijeni na reprezentativnom uzorku, ukazuju u kojim se segmentima pružanja zdravstvenih usluga, uslova lečenja, rada zaposlenih i logističke podrške realno mogu učiniti poboljšanja kojima se mogu, u potpunosti ili delimično, otkloniti uzroci nezadovoljstava.

Na Slici 1. data je predstava broja upitnika (uzoraka) dobijenih ispitivanjem zadovoljstva korisnika ambulantnog i stacionarnog lečenja u šest ciklusa. Radi se o približno ujednačenom broju, pa su stoga i naredne grafičke predstave po pojedinim elementima pogodne za zaključivanje o trendovima promena (izraženim u %).



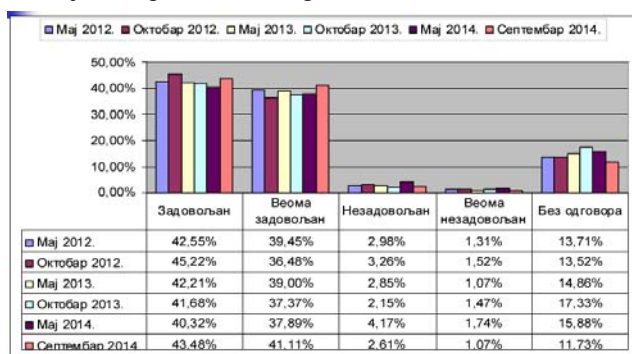
Slika 1. Broj ispitnika

Slika 2. prikazuje zadovoljstvo pacijenata sveukupnim radom lekara i obuhvata posvećenost, potrebno vreme, razumevanje zdravstvenih problema, objašnjenja procedura, informisanje o daljem lečenju i ishodu bolesti, davanje odgovora na pitanja, toku i rezultatima ispitivanja i lečenja, privatnost, poverenje, informisanje porodice o oboljenju i dr.



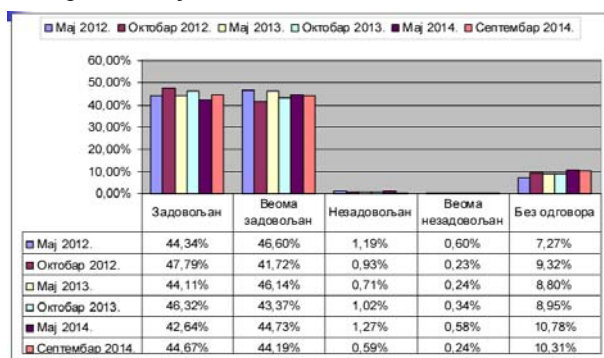
Slika 2. Zadovoljstvo radom i odnosom lekara

Na Slici 3 dati su uporedni pokazatelji sveukupnog zadovoljstva pacijenata ishranom (serviranje, temperatura, raznovrsnost, količina, vreme serviranja) i trendovi tog zadovoljstva u periodu od tri godine.



Slika 3. Zadovoljstvo ishranom

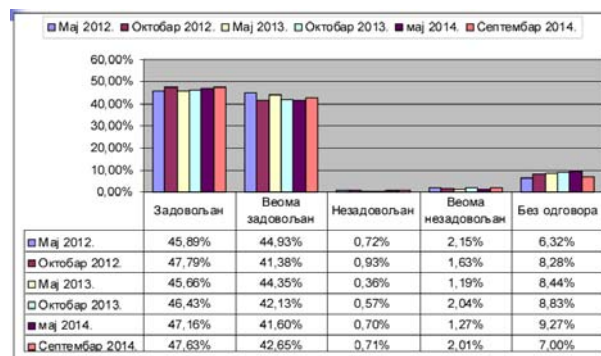
Zadovoljstvo uslovima smeštaja i boravka u periodu od tri godine prikazano je na Slici 4.



Slika 4. Zadovoljstvo uslovima smeštaja i boravka

Na Slici 5. prikazani su trendovi zadovoljstva korisnika sveukupnim stacionarnim lečenjem i uslovima lečenja.

Kada su ambulantni korisnici u pitanju, onda se kao mera zadovoljstva najčešće koriste pokazatelji u vezi zakazivanja pregleda, odnosa zdravstvenih radnika, čekanja, uslova u čekaonicama i ordinacijama i dr.



Slika 5. Zadovoljstvo stacionarnim lečenjem

Analizom zadovoljstva korisnika zdravstvene zaštite strvaraju se uslovi za kreiranje zdravstvene politike kojom će se prisutni resursi u zdravstvu i definisana finansijska sredstva optimalno koristiti i trošiti u skladu sa potrebama.

6. ZAKLJUČAK

Ispitivanje zadovoljstva korisnika je predviđeno međunarodnim standardima kvaliteta i predstavlja stepen usklađenosti proizvoda i usluga sa potrebama i željama korisnika [1]. Njime se dolazi do pokazatelja koji delovi procesa zdravstvene zaštite imaju pozitivne trendove a koji ne i u kojim segmentima pružanja zdravstvenih usluga treba preduzeti mere da se unapredi rad zdravstvene ustanove. Detaljnijim statističkim obradama i analizama se na osnovu podataka iz upitnika može utvrditi i korelacija između pojedinih obeležja i stepena zadovoljstva korisnika zdravstvene zaštite.

Povećanju zadovoljstva korisnika uslugama zdravstvene zaštite može doprineti: formiranje paketa zdravstvenih usluga koji će odgovoriti na specifične potrebe korisnika, koordiniranje pojedinačnim aktivnostima u procesu pružanja zdravstvenih i drugih usluga tokom lečenja, uspostavljanje posebnog odnosa zdravstvenog osoblja sa pacijentima korisnicima zdravstvene zaštite, unapređenje sistema obrazovanja zdravstvenog kadra, uvećanje stepena opšte i zdravstvene kulture, itd.

LITERATURA

- [1] ISO 9001:2008, *Quality management systems - Requirements*, ISO/TC 176, London: 2008.
- [2] Č. Vukomanović, *Menadžment u zdravstvu*, Beograd: Savremena administracija d.d., 1994.
- [3] C.B. Kemp, "Public Health in the Age of Health Care Reform", Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention, 2012, www.cdc.gov/pcd/issues/2012.
- [4] M. Vuković, A. Vuković, *Kultura poslovne komunikacije*, Univerzitet u Beogradu, Beograd: Don Bas, 2010.
- [5] ISO 9004:2009, *Managing for the sustained success of organization*, ISO/TC 176, London: 2009.
- [6] C.D. Hansen. C.R. Johnson, *The Visualization Handbook*, Burlington: Elsevier Academic Press, 2011.

PRIMENA B2C ELEKTRONSKOG PLAĆANJA U REPUBLICI SRBIJI IMPLEMENTATION OF B2C ELECTRONIC PAYMENT IN REPUBLIC OF SERBIA

Jelena Koncar, Sonja Lekovic, *University of Novi Sad, Faculty of Economics in Subotica*

Sadržaj: *Za razvoj elektronske trgovine od velikog je značaja povezanost svih ključnih učesnika u realizaciji prodaje proizvoda na Internetu i efikasnost realizacije operacija u Republici Srbiji. Bez implementacije elektronskog sistema plaćanja ne može se govoriti o čistoj elektronskoj transakciji, iako je proizvod naručen putem Interneta. Da bi B2C elektronska trgovina zaživela u svom punom obliku neophodno je afirmisanje primene elektronskog plaćanja kod potrošača i trgovaca, ali i obezbeđivanje infrastrukturnih pretpostavki za implementaciju u Republici Srbiji.*

Abstract: *Connections between all the key stakeholders in the implementation of selling products on the Internet and efficiency of the implemented operations are of major importance in the development of electronic commerce in the Republic of Serbia. Without the implementation of the electronic payment system there won't be a pure electronic transaction even though the product is ordered via the Internet. In order to develop B2C electronic commerce in its full form is necessary to affirm application of electronic payments to consumers and retailers, as well as the provision of infrastructural preconditions for implementation in the Republic of Serbia.*

1. INTRODUCTION

Electronic commerce is increasingly gaining in importance in the Republic of Serbia, although there are many noticeable problems in its implementation. One of the key components of the implementation of electronic transactions is the implementation of electronic payments. The implementation of electronic payments in B2C electronic commerce occurs following issues and problems that need to be considered:

- *Would it be possible to use experiences from other countries and apply their model of B2C e-payment, which will be in a function of e-commerce development in the Republic of Serbia?*
- *What are the disadvantages of implementation of B2C electronic payment systems in the Republic of Serbia?*
- *How to ensure efficient implementation of B2C e-payment?*
- *What are the characteristics of the implementation of modern forms of B2C e-payment based on Internet and mobile payments in the Republic of Serbia?*

Recent changes in the implementation of B2C electronic payment systems in the Republic of Serbia show a willingness of users who realize the benefits of the speed of transactions and the ease of use of electronic payment systems. What is still a disadvantage is lack of confidence and trust in the implementation of electronic transactions.

2. THE ROLE OF ELECTRONIC PAYMENT IN THE DEVELOPMENT OF B2C ELECTRONIC COMMERCE

For the development of B2C e-commerce of great importance is the integration of electronic payment systems,

which will allow the entire transaction to be carried out electronically. For such an implementation of electronic commerce, it is crucial the integration of institutions beginning with retailers and consumers, through financial institutions, Internet service providers, mobile operators and other participants in the electronic marketing channel. In most countries, it is hard to run an online business without supporting credit card payments, despite costs [1, p. 550]. Trends in B2C electronic payments show that the key field in development takes place towards the development of mobile commerce and mobile payment that mutually affect the stimulation of electronic commerce and electronic payments in traditional retail stores.

Previous experience shows trends in the various systems of electronic payments in the world. Thus, Google launched a project for payments via mobile phones in the US, and plans to expand to Europe. Google developed this system in cooperation with Citibank, MasterCard and telecommunications company Sprint [2]. In mid-March, a group of 20 American retail companies, including leading Wal-Mart and Target, have announced that they are developing their own systems for mobile payments. Furthermore, PayPal has developed its own system based on the mobile phone number. This indicates that without the integration of institutions, which should have an interest in the implementation of the payment system, we can not talk about its realization and the final implementation in the function of e-commerce.

In European Union there is standard called EMV (named after three card associations that developed it Europay, MasterCard and Visa) that allows integration of all payments with the EMV smart cards in 33 EU countries [1, p. 558]. The potential development of mobile payment market is noticeable in the developed countries of Europe. The special decision of the European Commission was necessary for the

development of mobile payments in the UK. The three largest mobile operators in the UK - EverythingEverywhere, Telefonica and Vodafone are developing a service that will enable the development of mobile commerce and mobile payment [2]. What is expected is to overcome market barriers within the European Union for the development of mobile payment, because there is still no integration of telecommunication services within the EU.

The electronic payment in traditional retail goes in the direction of reducing the use of paper money and developing the use of digital money and contactless payments. The research, taken by MasterCard, showed the following trends in the use of contactless payments in various countries [3]:

- In Poland and the Czech Republic, every third transaction in stores with MasterCard and Maestro card is a contactless;
- Spain introduced HCE (Host Card Emulation) pilot project that enables contactless payments using a mobile phone without using a security element;
- MasterCard in Germany, Deutsche Telekom, Telefónica Deutschland, Vodafone and TREVICA are creating a new mobile platform;
- In the UK, contactless mobile payments will become available to 80% of consumers;
- In Switzerland, the largest domestic retail chains are introducing contactless payments at thousands of retail locations;
- In Russia, contactless payment is enabled on 10 Moscow metro stations and 64 ticket vending machines;
- In the Netherlands, all cardholders of ING Bank will have the option of contactless payments on their Maestro cards from April 2014; and
- In Austria, most banks activated the contactless payment for its products from the portfolio of Maestro debit cards, after the renewal of the card, which allowed access to "tap & go™" contactless technology for most card users in the country.

Retailers who offer multiple payment types have lower shopping cart abandonment rates and higher order conversion, on average, resulting in increased revenues [1, p. 551]. In this way the electronic payment via the deployment of mobile payment options and contactless payment cards influence the development, not only e-commerce, but also simpler and faster operation of all participants in the payment system. The payment is carried out electronically in all institutions, without the need for paper money which further rationalize the sales operation.

3. B2C ELECTRONIC PAYMENTS IN THE REPUBLIC OF SERBIA

Electronic payments in the Republic of Serbia are generally represented in financial transactions between enterprises, and thus may be an option for regulating cash flows and tracking payments through legal channels. In the case of B2C electronic payments, end-users mainly use

electronic payment systems for services (e.g., parking), electronic banking (in the form of paying bills and monitoring bank accounts), and rarely as payment for products ordered on the Internet. In developed markets, 70% of households paid a bill online in the previous month either through a financial institution, a biller, or both [1, p. 158]. And in case of Republic of Serbia, there is a noticeable increase in the use of payment cards in purchasing and paying in retail stores.

Use of cards brought 983 billion dollars of GDP in 56 countries, that is an increase of 1.8% in the period from 2008 to 2012, while this indicator in the UK is \$68 billion, in Hungary 9.1 billion, and in Czech Republic 1.6 billion [4]. This use of electronic cards indicates that the increase in electronic payment of only 1% can result in an annual increase in consumption of 0.056%.

All the optimistic predictions about the use of B2C electronic payments in the Republic of Serbia goes with the fact that most of the payments are held through cash and checks, and in the case of ordering products via the Internet, most consumers choose cash on delivery option. On the other hand, increased frequency of electronic means of payment in Serbia, including the credit and debit cards, would contribute to GDP growth of 0.17%, or 300 million dollars (25 billion RSD) [5, p. 12].

Payment by card has a number of advantages which must be considered in the Republic of Serbia, in order to promote the use of electronic payments among consumers, retailers and other participants. The benefits of electronic payments are:

- 1) administration, paperwork and other non-productive activities are reduced and eliminated for the retailer which leads to a reduction in transaction costs and efficiency;
- 2) transaction costs are usually expressed as a part of the value of the transaction and are generally lower than bank fees for withdrawing cash and other indirect costs caused by cash;
- 3) safety and quick access to funds, ease of use and reduced administrative effort for consumer, without going to the bank and additional paperwork;
- 4) payment process and its monitoring can be automated as a whole, and further development of e-commerce is unthinkable without the development of electronic payments.

In addition to the benefits of electronic payments that are apparent, disadvantages occur in the form of distrust in the system, unreliability, abuse, cyber crime, inadequate design and implementation of a system of electronic payments, which in most cases is complicate for the average user, where the difficulty of using is associated with the uncertainty in the realization of operations in the Republic of Serbia. Although financial institutions and retailers show willingness towards the implementation of technologies, still a large group of consumers do not use electronic payment systems.

4. PAYPAL PAYMENT SYSTEM IN THE REPUBLIC OF SERBIA

Electronic money, that is used in electronic payments system today, work in way that payment for goods or services performs by transferring a number (amount of money) from one account to another over the Internet. The owner of electronic money, through banking account and appropriate software, transfer money from the bank and place it in virtual wallet [6, str. 54]. The digital wallet accelerates the ordering process and reduces the risk of fraud and misuse of credit cards [7, str. 154]. The PayPal, electronic payment system, functions in the same way like electronic money and electronic wallet.

The use of PayPal payment system in the Republic of Serbia, which is available from 2014, allows space for further development of B2C e-commerce and makes easier payment process for consumers for whom the reliability and speed of the transaction is of crucial importance.

PayPal is a system for electronic payment, founded in 1998 (since 2002 is owned by eBay Corporation), is available in Europe since 2004, and today operates in 203 markets with more than 162 million active accounts, available in 27 currencies [8]. Using the PayPal system significantly makes Internet commerce easier for use and develops global e-commerce.

In order to successfully use the PayPal system in Serbia, potential customers need to have an active checking account or a credit card. The system functions in a way that consumer sends an email payment to the retailer on the Internet, and then the payment is registered and transferred from the bank account of consumers to the account of the seller which is in the PayPal payment system. In this way, the transaction is carried out efficiently, without disclosing the number of bank accounts and other sensitive data that requires implementation of electronic transactions. PayPal charges for its service from retailers and sellers 2.2 to 3.4% of each transaction.

The entry of the Republic of Serbia into the PayPal payment system have lasted for several years due to overcoming barriers for implementation, and this removal and implementation was carried out together with other countries (notably Montenegro, Macedonia and Moldova). PayPal in the Republic of Serbia was announced in 2010, and in the night between 5th and 6th September 2014, Serbia has become one of the countries where potential consumers on the Internet can send and receive money via their PayPal accounts [8].

However, B2C e-commerce in the Republic of Serbia is not yet sufficiently used as in the world. The reason why consumers in Serbia do not use this type of purchasing is primarily seen in the lack of trust in the system and level of additional costs and taxes, as well as a lack of legislation enforcement by all participants. PayPal is not working in its full form in Serbia today, so it is allowed for users only to open an account and pay transactions, but not to get payment

from abroad. Through their PayPal accounts consumer in the Republic of Serbia may: a) pay for the goods or services, a) pay "Request Payment" services, c) pay to foreign companies, profit and non-profit organizations.

The legal system of the Republic of Serbia still does not allow the operation of PayPal system in its full form, thus does not allow receiving money and payment from abroad in foreign currency. Foreign Exchange Act in the Republic of Serbia considers that the purchasing transactions with other participant may not be paid in other currency except in dinars, and the problem arises because the law does not permit the transfer of money in foreign currencies. If draft amendments to the Foreign Exchange Act would be approved, there could be the possibility of receiving money from abroad via PayPal in Serbia in October 2015.

Another solution for PayPal is to put a dinar to its list of 27 currencies through which the payment is made. Implementation of PayPal in Serbia is possible if the ordered product is paid from Serbia, but it is not possible to get a payment of money from abroad, which disables the domestic electronic retailers to sell their products outside the borders of Serbia. B2C e-commerce should be the potential for the development of small and medium-sized enterprises and in that way to get consumers from neighboring markets, Europe and the world, but such a potential can not be used until the problem of partial implementation of the PayPal system is solved, which, for a very short time, became the most popular B2C electronic payment system in the world.

5. MOBILE PAYMENT IN THE REPUBLIC OF SERBIA

The payment by mobile phone is represented in certain types of services in the Republic of Serbia. Banks have developed a system of contactless payment cards by connecting to the mobile phone users. To implement B2C mobile payment in electronic commerce is important to connect in a system that will facilitate access to electronic stores and mobile payment. This way of payments is estimated that will reach \$630 billion by 2014, which is a 37% increase from last year [1, p. 565].

B2C e-payment system via mobile devices works as seller sends bill to the consumer. The user confirms the request and automatically sends confirmation to the bank that realizes an electronic transaction, takes money from the account and transfers to the account of the seller, and thereby informs the user about the implementation of the transaction. The potential customer does not submit account number to seller, but only approval that the transaction was realized, which shows the speed and reliability of this system.

The „PlatiMo“, service for mobile payments, represented in the Republic of Serbia, is a service that provides fast, secure and easy payment via mobile phone. It is especially beneficial for those who do not want to use credit cards for purchasing over the Internet. For payments through mobile system „PlatiMo“, it is necessary:

- to make order online;
- before order confirmation it is necessary to choose this payment method;
- the message will be send to the mobile phone which needs to be answered within 3 minutes;
- with the answer it is important to enter the pin;
- the confirmation of successfully completed transaction is proved by SMS, as well as the accompanying email;
- if payment is successful, automatic email confirms it, and payment status can be checked with the operator.

Security of mobile payment system "PlatiMo" is based on the PKI technology (Public Key Infrastructure), which use PKI or smart cards, which has been known in electronic banking [9]. Behind this technology is a public key encryption (asymmetric), which is the form in which the different keys is used by the sender and recipient of information, based on the mathematics of large numbers [10, str. 130]. Keys operate independently and are known only to the holder of the key. Authorization is confirmed by consumer's electronic signature and by smart cards, which the consumer possesses. The SIM card, with digital certificate and PIN code, known only to the consumer, is necessary for realization of mobile payments. A bank that makes the transaction has public key through which checks whether the consumer has signed an order for payment.

Stores and websites that support a mobile payment system for purchasing products in Republic of Serbia are [9]: "Tehnomanije", "AP Sporta", "Svezakuću.rs", "Otvoreno", "Mala radnja", "Knjižara", "Poklon plus", "Laguna", "Alohanet", "Mala srpska prodavnica", "Domaća knjižara", "Mikro knjiga", "Korisna knjiga", "Argus turs", "DVD zona šop", "Internet prodaja guma", "Takolako.rs", etc.

6. CONCLUSION

Without the implementation of B2C electronic payment systems it is not possible to talk about pure electronic commerce, even though the product was ordered via the Internet. Integration of key institutions in the system of electronic payments is a necessary condition for the development of electronic commerce in the Republic of Serbia. Electronic payment in traditional retailing goes in the direction of reducing the use of paper money, and better use of digital money and contactless payments in the Republic of Serbia. In addition to the benefits of electronic payments, there are also disadvantages in terms of distrust in the system, unreliability, abuse, cyber crime, and inadequate design and implementation of electronic payments system. The use of PayPal payment system allows space for further development of B2C e-commerce in the Republic of Serbia. However, B2C e-commerce is not yet sufficiently developed like as in the world. The reason why consumers do not use this type of

purchase is primarily the lack of trust in the system and additional costs and taxes, as well as the lack of implementation of legislation by all participants in the Republic of Serbia. Implementation of PayPal in Serbia is possible if the ordered product is paid from Serbia, but there is still no possibility for getting a payment from abroad, which prevents local electronic retailers to sell their products outside the borders of the Republic of Serbia. Mobile payment is estimated at \$ 630 billion in 2014, which is an increase over the previous year by 37% and is the fastest growing form of electronic payment in the world.

REFERENCES

- [1] E. Turban, D. King, J. Lee, T.-P. Liang, D. Turban. *Electronic Commerce 2012. A Managerial and Social Networks Perspective*, Boston: Pearson, 2012.
- [2] „Plaćanje preko mobilnog - trka za mesto na tržištu“, available: 19.03.2012., www.euractiv.rs, accessed: January 2015.
- [3] „Broj beskontaktnih transakcija putem MasterCard kartica u 2013. povećao više od 3 puta u odnosu na 2012.“, available: Apr 8, 2014, www.personalmag.rs, accessed: January 2015.
- [4] „Elektronsko plaćanje stimuliše ekonomski razvoj u Srbiji-rast BDP-a 300 miliona dolara“, www.rpkns.com, accessed: January 2015.
- [5] M. Zandi, V. Singht, J. Irving, *The Impact of Electronic Payments on Economic Growth*, Moody's, Janury 2013.
- [6] J. Končar, J. Đurković, „Elektronska trgovina i elektronsko plaćanje strategijska alternativa u trgovini“, *Strategijski menadžment*, Subotica: Ekonomski fakultet u Subotici Univerzitet u Novom Sadu No. 1/2001, 2001, str. 52-56.
- [7] J. Končar, Z. Katai, „Sistemi plaćanja u elektronskoj trgovini“, *XXXIV Simpozijum o operacionim istraživanjima - SymOpIs 2007*, 16-19.09.2007., Zlatibor, Beograd: FON, str. 153-155.
- [8] www.paypal-media.com, accessed: January 2015.
- [9] A. Komelj, „Sistem plaćanja putem mobilnog telefona u Srbiji među najbezbednijim u svetu“, available: 28.10.2011., www.halcom.rs, accessed: January 2015.
- [10] J. Končar, *Elektronska trgovina*. Subotica: Ekonomski fakultet u Subotici Univerzitet u Novom Sadu, 2007.

INHARMONIČNOST KONTRA OKTAVE STEINWAY B KLAVIRA INHARMONICITY OF CONTRA OCTAVE OF THE PIANO STEINWAY B

Zoran Milivojević, Zoran Velicković, *Visoka tehnička škola, Nis, Srbija*
Bojan Prlinčević, *Visoka tehnička škola, Zvečan, Srbija*

Sadržaj: U prvom delu rada opisana je inharmoničnost kod žičanih muzičkih instrumenata. U drugom delu rada opisan je algoritam za procenu koeficijenta inharmoničnosti. Nakon toga izvršena je procena inharmoničnosti kontra oktave klavira Steinway model B. Rezultati su prikazani pomoću tabela i grafički. Na kraju je izvršena komparativna analiza inharmoničnosti sa drugim klavirima.

Ključne reči: Fundamentalna frekvencija. Harmonik. Inharmonik.

Abstract: In the first part of the paper describes inharmonicity of musical instruments with string. In the second part of the paper an algorithm for determination of coefficient of inharmonicity is described. After that, coefficient inharmonicity of contra octave of Steinway piano model B is carried out. Results are shown in tables and graphs. Finally a comparative analysis of coefficient inharmonicity with other pianos are made.

Keywords: Fundamental frequency. Harmonic. Inharmonic.

1. UVOD

Teorijom muzike definisane su osnovne osobine zvuka: a) trajanje, b) jačina i c) boja. Izraz *boja* se na zvuk primenjuje u prenosnom smislu, što ukazuje na složenost ove osobine zvuka. Zvučni izvor generiše zvuk sa osnovnom frekvencijom (osnovni ton) kao i prizvuke (aliquotni tonovi u odnosu na osnovni ton). Različiti broj prisutnih alikvota (**lat. aliquoties**, nekoliko puta) i njihova različita relativna jačina u sklopu ukupnog zvučanja, određuju boju zvuka [1]. Alikvoti se nazivaju i parcijalnim tonovima, odnosno parcijalima (**engl. partials**). U odnosu na frekvenciju osnovnog tona f_0 (fundamentalna frekvencija) parcijali mogu biti sa frekvencijama koje su: a) celobrojni umnošci fundamentalne frekvencije (harmonici) i b) necelobrojni umnošci (inharmonici) [2]. Pojava inharmoničnosti karakteristična je za žičane muzičke instrumente.

Kod instrumenata sa žicama ton se proizvodi vibriranjem žice. Za slučaj da se radi o idealnoj žici koja je fiksirana na oba kraja, parcijali su harmonični [3]. Pod idealnom žicom podrazumevamo žicu koja ima beskonačno veliku elastičnost. Međutim, u stvarnosti ne postoji idealna žica već postoji konačna elastičnost, odnosno krutost. Kod klavira žice su zategnute velikom silom tako da je njihova elastičnost smanjena. Posledica toga je da su frekvencijske pozicije parcijala na pozicijama necelobrojnih umnožaka fundamentalne frekvencije. Samim tim instrument sa ovakvim žicama nije harmoničan. Pored krutosti žice povećanju inharmoničnosti instrumenta doprinosi i karakter akustičke impedanse rezonatorske ploče kod klavira, odnosno rezonatorskog tela kod gitare [4]. Odstupanje od harmoničnosti za posledicu ima narušavanje alikvotnosti instrumenta u većoj ili manjoj meri. Ton dobijen na inharmoničnom instrumentu nije nužno neprijatan. U [4] izneta je tvrdnja da *blago* inharmoničan ton poseduje određenu toplinu.

Veliki broj radova bavi se fenomenom inharmoničnosti kod klavira. Verovatno najstariji radovi su [5] i [6]. U radu [7] predložena je formula koja definiše odnos između frekvencije parcijala f_k i koeficijenta inharmoničnosti β žice koja vibrira. Određivanjem koeficijenta inharmoničnosti žica posredstvom kojih se generiše ton, određuje se i stepen inharmoničnosti muzičkog instrumenta. U [8] je navedeno da je inharmoničnost bas opsega kod klavira i pijanina reda 50×10^{-6} do 600×10^{-6} . U [9] sprovedena su merenja i određen je faktor inharmoničnosti za žice iz bas opsega: sub-kontra oktave (A0), kontra-oktave (E1 i A1) i velike oktave (E2 i A2) kod Steinway D (koncertni klavir), Steinway C (polu-koncertni klavir), Nordiska 1 (pijanino) i Straud (pijanino). U radu [10] određene su inharmoničnosti tonova kontra oktave (E1, A1).

U ovom radu prikazani su rezultati izračunavanja inharmoničnosti tonova iz kontra oktave koncertnog klavira **Steinway B**, svetski poznatog proizvođača klavira **Steinway & Sons**. Snimanje ovog klavira obavljeno je na Iowa Univerzitetu i deo je *RWC Music Database* [11]. Baza je dostupna na <http://theremin.music.uiowa.edu/MISpiano.html>. Algoritam za procenu inharmoničnosti kreiran je od strane autora i do sada je primenjivan za procenu inharmoničnosti pijanina August Förster [10,12], električne gitare Fender Stratokaster [13], i kopije Antonius Stradivarius violine proizvedene krajem devetnaestog veka [14,15]. Algoritam za procenu inharmoničnosti koji je korišćen u ovom radu fundamentalno je promenjen u odnosu na algoritam primenjen u [10-15] u delu numeričkog izračunavanja koeficijenta inharmoničnosti, gde je sada primenjen iterativni algoritam za aproksimaciju funkcije oblika $\sqrt{1+n^2\beta}$. Iterativni algoritam autori ovog rada opisali su [16] gde je analizirana inharmoničnost ljudskog glasa u funkciji hipoksije. Rezultati prikazani u ovom radu predstavljaju inharmoničnost kompletnog opsega kontra oktave. Komparativna analiza sa dru-

gim instrumentima, čiji su rezultati objavljeni u [8-11] su sprovedeni. Međutim, analiza se odnosi samo na pojedine tonove iz kontra oktave jer rezultati analize svih tonova u opsegu nisu objavljene u literaturi. Posmatrano sa ovog stanovišta rezultati iz ovog rada su dobra baza za buduće komparativne analize u kontra oktavi među različitim instrumentima.

Organizacija rada je sledeća. U Sekciji 2 opisana je inharmoničnost kod žičanih muzičkih instrumenata. U Sekciji 3 opisan je algoritam za procenu inharmoničnosti. U Sekciji 4 prikazani su rezultati inharmoničnosti kontra oktave klavira Steinway B. Sekcija 5 je zaključak.

2. INHARMONIČNOST

Žičani muzički instrumenti proizvode tonove tako što zategnuta žica vibrira i proizvodi akustičke talase. Pobuda žice može biti trzanjem (gitara,...), udarcem (klavir,...), guđenjem (violina,...). Žica može biti metalna, plastična ili od nekog drugog materijala. Vibriranje žice je složen proces i generisani akustički talas, odnosno signal ima kompleksan sadržaj.

2.1 Inharmoničnost zategnute žice

Kod žice zategnute na dva kraja pobudom se izaziva oscilovanje. Zavisno od pozicije pobude javljaju se mehanički talasi koji se kreću u suprotnim smerovima. Superpozicijom dva identična progresivna talasa koji se kreću u suprotnim smerovima javljaju stojeći talasi na žici. Može da se formira veliki broj stojećih talasa. Takve oscilacije se nazivaju normalnim modovima. Na zategnutoj žici dužine L formiraju se modovi čije su talasne dužine:

$$\lambda_k = \frac{2L}{k}, \quad (1)$$

gde je $k=1,2,3,\dots$ mod oscilovanja. Ovaj izraz predstavlja moguće modove oscilovanja. Modovi koji će se stvarno realizovati zavisi od načina pobude. Frekvencija oscilovanja je:

$$f_k = \frac{v}{\lambda_k} = \frac{k \cdot v}{2L}, \quad (2)$$

gde je v brzina prostiranja talasa koja zavisi od sredine prostiranja. Najniža frekvencija naziva se osnovnom ili fundamentalnom frekvencijom (obeležava se sa f_0) i dobija se za $k=1$:

$$f_1 = \frac{v}{2L} = 1 \cdot f_0, \quad (3)$$

Frekvencije ostalih modova su celobrojni umnošci. Ove frekvencije formiraju harmonijske serije a odgovarajući modovi nazivaju se harmonici. Frekvencija zavisi od karakteristika žice (masa, presek, dužina) kao i od sile zatezanja. Kada se žica zateže raste brzina prostiranja talasa i, samim tim, rastu frekvencije modova.

Teorija muzike kod definisanja frekvencijskog sastava tona podrazumeva harmoničnost, odnosno da su harmonici (parcijali) celobrojni umnošci fundamentalne frekvencije, što se matematički predstavlja kao:

$$f_k = k \cdot f_0, \quad k = 1, 2, \dots \quad (4)$$

gde je f_0 fundamentalna frekvencija, k redni broj parcijala a f_k frekvencija parcijala. Frekvencijsko pomeranje parcijala od frekvencijske pozicije harmonika predstavlja inharmoničnost tona. Inharmoničnost je definisana preko koeficijenta inharmoničnosti β :

$$f_k = k \cdot f_0 \sqrt{1 + \beta \cdot k^2}, \quad k = 1, 2, \dots \quad (5)$$

Koeficijent inharmoničnosti β zavisi od vrste materijala žice i može da se izračuna na osnovu:

$$\beta = \frac{\pi^3 \cdot Q \cdot d^4}{64 \cdot L^2 \cdot F}, \quad (6)$$

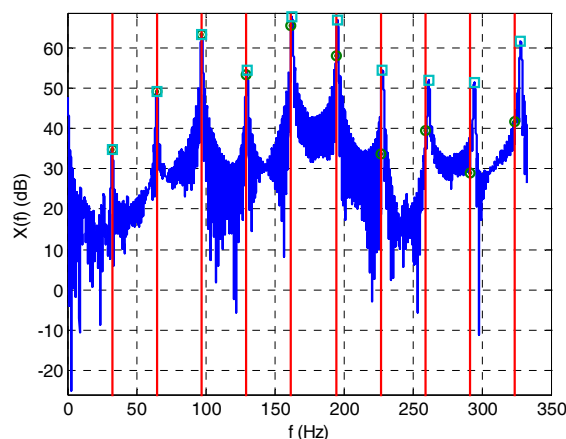
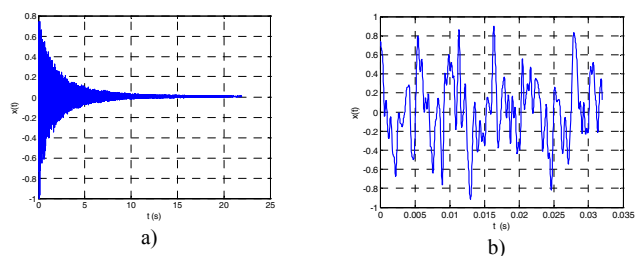
gde je Q Jungov modul elastičnosti materijala od kojeg je napravljena žica, d prečnik žice, L dužina žice a F sila zatezanja.

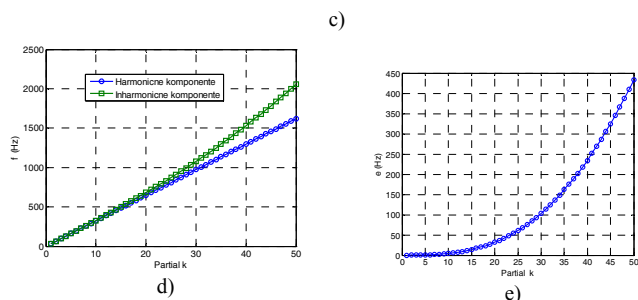
2.2 Inharmoničnost muzičkih žičanih instrumenata

Inharmoničnost žice koja osciluje manifestuje se na generisani ton žičanog muzičkog instrumenta. Posledice inharmoničnosti prikazane su na sl.1. Kao primer analiziran je ton C1 klavira Steinway B (fundamentalna frekvencija $f_0=32.703$ Hz). Na sl.1.a prikazan je kompletan signal tona C1. Za potrebe dalje analize signal se deli na blokove trajanja 32 ms (sl. 1.b). Na sl.1.c prikazan je amplitudski spektar. Vertikalnim crnim linijama i zelenim znakom 'o' prikazane su spektralne pozicije očekivanih harmonika (parcijala), dok su plavim '□' simbolima prikazane realne pozicije parcijala (inharmonika). Uočava se da se pozicije realnih harmonika i očekivanih vrednosti razlikuju. Na sl. 1.d prikazane su frekvencijske vrednosti očekivanih harmoničnih komponenta (*simbol* '□') i parcijala (*simbol* 'o'). Razlika njihovih frekvencija predstavlja grešku grešku harmoničnosti koja je posledica inharmoničnog oscilovanja:

$$e(k) = f_{ph} - kf_0, \quad (7)$$

gde je $k=1,2,3,\dots$. Greška za prvih 50 parcijala prikazana je na sl. 1.e.





Slika 1. Signali tona C1 klavira Steinway B.

3. ALGORITAM ZA PROCENU KOEFICIJENTA INHARMONIČNOSTI

Algoritam za procenu inharmoničnosti sastoji se od sledećih koraka:

Ulaz: signal x , dužina NFFT DFT-a.

Izlaz: koeficijent inharmoničnosti β .

Korak 1: izdvajanje bloka signala dužine N odmeraka.

Korak 2: izračunavanje spektra primenom DFT dužine NFFT.

Korak 3: određivanje fundamentalne frekvencije f_0 , harmoničnih komponenata f_k i frekvencije parcijala f_p .

Korak 4: izračunavanje greške $e = f_p - f_k$.

Korak 5: izračunavanje koeficijenta inharmoničnosti β .

Postoji više algoritama za izračunavanje spektra (korak 3) i koeficijenta inharmoničnosti (korak 5) [4,8,9]. Autori ovog rada su za izračunavanje fundamentalne frekvencije koristili algoritam za pikovanje komponente u spektru sa maksimalnom energijom i originalni algoritam za interpolaciono određivanje realne pozicije pika između dva sempla u spektru [16]. Primenjena je parametarska konvoluciona interpolacija sa parametarskim kubnim interpolacionim jezgrom čiji je parametar prilagođen problemu procene fundamentalne frekvencije. Problem izračunavanja koeficijenta β predstavlja numerički problem aproksimiranja podataka krivom (5). Uspešnost se meri na osnovu srednje kvadratne greške. U [17] prikazan je numerički prost algoritam za procenu β na osnovu frekvencije dve harmonijske komponente i odgovarajućih parcijala. Međutim, detaljnim testiranjem autori su došli do zaključka da stabilnost rezultata varira od izbora komponenata na osnovu kojih se vrši računanje. Odstupanja su značajna od signala do signala. Pored toga moguće je da baš komponente koje se analiziraju, ili jedna od njih, bude određena sa greškom, što je realna situacija kod spektralne analize, i što dovodi do konvergencije rezultata. Zbog toga su autori razvili sopstveni iterativni algoritam kojim se procenjuje β [16].

4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I ANALIZA

U nastavku rada biće analizirani koeficijenti inharmoničnosti u kontra oktavi klavira Steinway B svetski poznatog proizvođača Steinway & Sons.

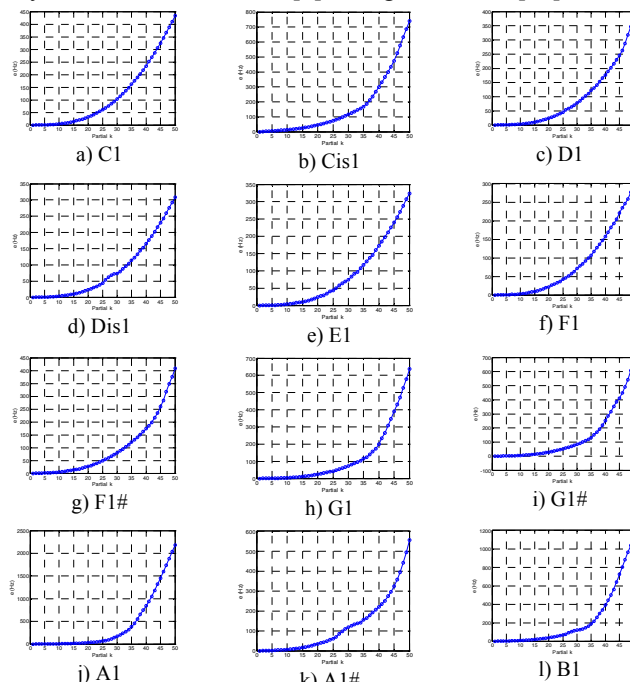
4.1 Baza

Bazu čine audio snimci klavira Steinway B. Snimanje ovog klavira obavljeno je na Iowa Univerzitetu i deo je RWC

Music Database [11]. Snimanje je obavljeno sa $f_s=44.1$ kHz 16 bps.

4.2 Rezultati

Vrednosti grešaka usled inharmoničnosti tonova iz kontra oktave (jed. 7) prikazani su na sl. 2. U tabeli 1 prikazan je koeficijent inharmoničnosti svih tonova i polutonova iz kontra oktave. U tabeli 2 prikazani su koeficijenti inharmoničnosti β nekih tonova iz kontra oktave klavira Steinway C, Steinway D, Nordiska 1, Straud [9] i August Förster [10].



Slika 2. Greške inharmoničnosti svih tonova i polutonova iz kontra oktave.

 Tabela 1. Koeficijent inharmoničnosti β kontra oktave klavira Steinway B.

Nota	$\beta(\times 10^{-6})$			
	K=10	K=30	K=50	Srednja vrednost
C1	256.53	249.53	245.08	250.3800
Cis1	953.07	292.56	358.25	534.6267
D1	198.14	164.60	166.69	176.4767
Dis1	172.78	154.62	139.64	155.6800
E1	157.73	142.23	137.67	145.8767
F1	148.02	124.81	117.24	130.0233
Fis1	236.9	138.10	136.96	170.6533
G1	174.04	116.79	182.13	157.6533
Gis1	198.04	128.36	189.03	171.8100
A1	265.92	190.91	679.21	378.6800
Ais1	232.30	151.90	140.47	174.8900
B1	282.28	153.88	272.13	236.0967
Srednja vrednost				223.5706

 Tabela 2. Koeficijent inharmoničnosti β nekih tonova iz kontra oktave klavira Steinway, Nordiska, Straud i August Förster.

$\beta(\times 10^{-6})$		
E1	A1	Srednja vrednost
Steinway C		
91	92	91.5
Steinway D		
65	57	61
Nordiska 1		
207	160	183.5

Straud		
263	214	238.5
August Förster		
508.10	317.60	412.85
Steinway B		
145.8767	378.68	262.27

4.3 Analiza rezultata

Komparativna analiza rezultata inharmoničnosti za tonove iz kontra oktave Steinway B klavira (tabela 1) upoređeni su sa tonovima iz iste oktave klavira/pijanina Steinway C, Steinway D, Nordiska 1, Straud i August Förster (tabela 2). Upoređivanje je obavljeno samo za tonove E1 i A1 jer rezultati za druge tonove nisu dostupni preko odgovarajuće literature. Dolazi se do zaključka da je koeficijent inharmoničnosti klavira Steinway B:

- a) veća u odnosu na Steinway C $262.27/91.5=2.86$ puta,
- b) veća u odnosu na Steinway D $262.27/61=4.29$ puta,
- c) veća u odnosu na Nordiska 1 $262.27/183.5=1.42$ puta,
- d) veća u odnosu na Straud $262.27/238.5=1.09$ puta, i
- e) manja u odnosu na August Förster $412.85/262.27=1.57$ puta.

Ova analiza pokazuje da je inharmoničnost klavira Steinway B veća u odnosu na druge klavire ali da je manja u odnosu na pijanino, što je i očekivan rezultat. U radu [9] pokazano je da je tipična vrednost koeficijenta inharmoničnosti u kontra oktavi 50-600. Imajući u vidu da je srednja vrednost cele kontra oktave 223.5706 zaključujemo da klavira Steinway B u pogledu inharmoničnosti pripada ovom opsegu.

5. ZAKLJUČAK

U radu je analiziran efekat neharmoničnog vibriranja žica koje se opisuje koeficijentom inharmoničnosti, i efekta koji inharmoničnost izaziva kod muzičkih instrumenata sa žicama. Opisan je algoritam za procenu koeficijenta inharmoničnosti žice kao i inharmoničnosti celog muzičkog instrumenta. Opisani algoritam primenjen je kod određivanja inharmoničnosti kontra oktave klavira Steinway B. Prikazani rezultati i komparativna analiza sa rezultatima za klavire marke Steinway, Nordiska 1, Straud i pijanina August Förster pokazuju da je koeficijent inharmoničnosti klavira Steinway B veća od inharmoničnosti Steinway C, Steinway D, Nordiska 1, dok je manja od klavira Straud i pijanina August Förster.

LITERATURA

[1] M. Tajčević, *Osnovna teorija muzike*, Prosveta, Beograd, 1962.

[2] Z. Milivojević, D. Balanesković, "Enhancement Of The Perceptive Quality Of The Noisy Speech Signal By Using Of DFF-FBC Algorithm", *Facta Universitatis*, Niš, Ser.: Elec. Energ. Vol. 22, no. 3, pp. 379-392, December 2009

[3] S. Lixin, Z. Junxing, P. Lingbin, "Piano fundamental frequency estimation algorithm based on weighted least square method", in Proc. *Int. Forum Inf. Technol. Applicat.*, IFITA '09, Vol. 2, pp. 155-158, May 2009.

[4] L. Berenguer, J. Quiros, M. Guijarro, J. Beracochea, J. Aranda, "Simple modeling of piano inharmonicity due to soundboard impedance", In Proc. *120th AES Convention*, Preprint, Vol. 66, pp. 1-6, 2006.

[5] L. Schuck, R. Young, "Observations on the vibrations of piano strings", *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 15, No. 1, pp. 1-11, 1943.

[6] R. Young, "Inharmonicity of plain wire piano strings", *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 24, No. 3, pp. 267-273, 1952.

[7] H. Fletcher, E. Blackham, R. Stratton, "Quality of piano tones", *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 34, No. 6, pp. 749-761, 1962.

[8] A. Galembo, A. Askenfelt, "Measuring inharmonicity through pitch extraction", *Journal STL-QPSR*, Vol. 35, No. 1, pp. 135-144, 1994.

[9] A. Galembo, A. Askenfelt, "Signal Representation and Estimation of Spectral Parameters by Inharmonic Comb Filters with Application to the Piano", *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, Vol. 7, No. 2, pp. 197-203, March 1999.

[10] M. Rajković, D. Milosavljević, Z. Milivojević, "Inharmoničnost bas opsega pijanina August Förster", *INFOTEH'13*, str. 980-986, Jahorina, 2013.

[11] M. Goto, H. Hashiguchi, H. Hashiguchi, R. Oka, "RWC Music Database: Music Genre Database and Musical Instrument Sound Database", *4th International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR 2003)*, pp.229-230, October 2003.

[12] Z. Milivojević, M. Rajković, D. Milosavljević, "Inharmonicity Of Two-Tones In Contra Octave Of Upright Piano", *XLVIII International Scientific Conference On Information, Communication And Energy Systems And Technologies ICEST 2013*, Section: Signal Processing, Ohrid, 2013.

[13] Z. Milivojević, D. Brodić, "Inharmoničnost bas sekcije Fender Stratocaster električne gitare", *Informacione Tehnologije*, Žabljak, str. 89-21, Crna Gora, 2013.

[14] Zoran Milivojević, Z. Veličković, D. Balanesković, "Procena inharmoničnosti kopije Antonius Stradivarius violine", *Informacione tehnologije*, Žabljak 2014.

[15] Zoran Milivojević, Z. Veličković, D. Balanesković, "Inharmonicity Of The Copy Of Antonius Stradivarius Violin", *ETF Journal of Electrical Engineering*, Vol. 20, No. 1, pp. 94-106, Sept. 2014.

[16] Z. Milivojević, D. Brodić, D. Blagojević, "The Impact of the Acute Hypoxia to Speech Inharmonicity", *Elektronika ir elektrotehnika*, Vol. 20, No. 5, pp. 136-143, 2014.

[17] M. Hodgkinson, J. Wang, J. Timoney, V. Lazzarini, "Handling inharmonic series with median-adjustive trajectories", *12th Int. Conference on Digital Audio Effects DAFx-09*, Como, Italy, Sept. 1-4, 2009.

DIZAJN, SIMULACIJA I MODELOVANJE U INŽENJERSTVU U OKVIRU IZABRANIH PROBLEMATIKA DESIGN, SIMULATION AND MODELING IN ENGINEERING WITHIN SELECTED PROBLEMS

Milesa Srećković, *Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu*
Magdalena Dragović, Aleksandar Čučaković, *Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu*
Biljana Đokić Milošević, *Projmetal a.d., Beograd*
Nada Ratković Kovačević, *Visoka tehnička škola strukovnih studija, Požarevac*

Sadržaj: U radu se razmatraju izabrane problematike, uz primenu nekoliko softverskih alata u oblastima tehnike: kvantne elektronike, građevine, arhitekture, i dr. Različite oblasti imaju specifične zahteve, a odgovori na njih mogu biti i od opštijeg interesa. U primeni informacionih tehnologija, razvijenih za navedene oblasti, izabrani su problemi, koji su obrađeni postojećim softverskim alatima. Poseban osvrt je dat na unapređenje edukacije inženjera, primenom savremenih računarskih resursa i informacionih tehnologija.

Abstract: The paper discusses selected issues, with the use of several software tools in certain areas of technology: quantum electronics, civil engineering, architecture, etc. These areas have specific requirements and meeting these may be of more general interest. In applying information technologies, that were developed for areas mentioned, problems were selected, which have been treated using existing software tools. More attention was dedicated to improvements achieved in education of engineers using contemporary computer resources and information technologies.

1. UVOD

Savremenici smo prerastanja Informacionih tehnologija od pomoćne delatnosti u samostalnu, od specijalizovanih RT i IT smerova na višim godinama studija, do izučavanja u svim etapama obrazovanja, od vrtića do odseka na akademskim i strukovnim studijama i formiranja posebnih fakulteta. Jedan od ciljeva obrazovanja je da *danās* omogući sticanje znanja i veština, koje će *sutra* biti od koristi diplomiranim stručnjacima, kada se prijave na tržište rada. Brze promene u tehnologiji i okruženju, nameću, ali i omogućavaju, kontinualno (samo)učenje i prilagođavanje. U sredinama sa skromnim resursima i finansijama, od posebnog značaja mogu biti besplatno dostupni relevantni programi, softverski sistemi i alati [1].

Analizirane su savremene problematike u inženjerskoj praksi i obrazovanju, u bazičnim naučnim i tehničkim disciplinama: kvantnoj elektronici, konstruktivnoj geometriji, mernoj tehnici, obradi signala, itd., i uz izabrane postojeće softverske alate, urađene su pojedine simulacije. Razmotren je značaj primene softverskih alata u edukaciji inženjera u oblasti konstruktivne geometrije, kao i aspekti i problemi u vezi sa daljim praćenjem inovacija.

Rešenja u optici se danas ne mogu zamisliti bez primene softverskih paketa, razvijenih za probleme teorijske optike, matrične optike, kvantne optike, optičkih uređaja i komponenta, televizije, ali i za probleme osvetljenja, energetske probleme, napajanja optičkih senzora i sl. Za optičke probleme i dalje postoji dualizam u prilazu. Postoje razni formalizmi, zavisno od izbora procesa i opsega elektromagnetnog zračenja. U skladu s tim da li je zračenje spontano ili

koherentno, slede specijalizovani prilazi, koji su vezani za optiku uopšte, ali i za specifične koherentne generatore i pojačavače, ili za pojedine tipove lasera: na čvrstom telu, gasne lasere i sl. S obzirom na razmatranje sistema pumpe i procesa, razlike su znatne ako se pumpanje različito ostvaruje: sudarnim procesima, injekciono, egzotično sunčano ili pomoću nuklearnog zračenja i nuklearnih reaktora. Koriste se različite teorije, ali i različiti softverski sistemi. To uključuje upotrebu svih podrški iz oblasti plazme, gasnih pražnjenja, ali i propagacije neutrona ili dometa nuklearnih zračenja.

Postoje velike aktivnosti na razvoju softvera, za dizajniranje, simuliranje i konstrukciju tipova lasera (diodno-pumpanih i drugih). Pri laserskim toplotnim i optičkim efektima, interakcija je složenija. Jedan od važećih problema je i izobličenje oblika snopa zbog termalnih efekata (kao što je efekat termalnog sočiva, itd). Lascad ima mogućnost da analizira modalnu strukturu, ali i razne jednačine pumpanja, a radi pod Windows operativnim sistemom. Ovaj i drugi softveri su razvijeni i za istraživanja za dizajn mikročipa i za dizajn snažnijih lasera na čvrstom telu [2]-[6]. Tu su i diodni laseri kao pumpe za lasere na čvrstom telu. Ovo traži različite teorijske prilaze i osnovne stavove za dobijanje inverzije naseljenosti, formiranje rezonatora, strukture modova i dr.

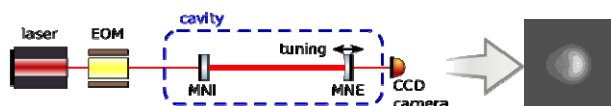
2. SIMULACIJE U PODRUČJU KVANTNE ELEKTRONIKE - MODALNA STRUKTURA IZLAZNIH SNOPOVA

Tehnički i merni aspekti rukovanja, oblikovanja i korekcije laserskog snopa predstavljaju široku oblast, obuhvataju i dijagnostiku procesa, i upravljanje tehnološkim operacijama,

pri čemu se zadaci dele na predajni deo, "radni" i prijemni. Oba ova dela, praćena su brojnim zadacima modelovanja i simulacija. Od izabranih komponenti (tipa lasera, prijemnika) zavisi složenost obrade podataka. Razmatranjem literature u polju dizajniranja lasera, primećuje se da postoji više desetina razvijenih programskih paketa, koji podržavaju razvoj i primenu lasera različitih tipova. Neki od njih su se svojim karakteristikama izdvojili i pokrivaju raznorodna polja, od medicine (hirurgija, biostimulacija), robotike, automatike, do istraživanja u vezi sa eksploatacijom nafte i gasa, ili primene u gradnji čudesnih arhitektonskih struktura. Lascad, Frog, Durango, Zemax i dr. su pokazali svoju operativnost [2]-[14].

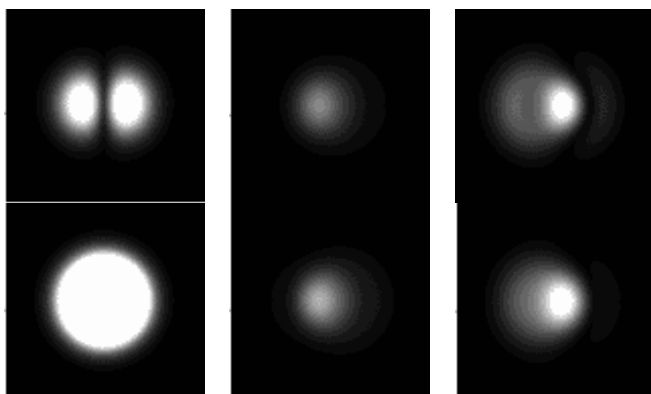
2.1. SOFTVER ZA SIMULACIJU FINESSE 2.0

Softverskim sistemom Finesse 2.0, analizirane su mogućnosti i ishod simulacija. *Frequency domain Interferometer Simulation SoftwarE* odn. Finesse 2.0 je softverski sistem [15], besplatno dostupan pod GPL3 licencom [16], u osnovi kreiran za interferometarske simulacije. Široka primena interferometrije uopšte, sa velikim i malim bazama (geodezija, mašinstvo) pruža velike mogućnosti u mnogim oblastima i naučnim disciplinama, uključujući i kvantne fenomene. Interesantno je da je ovaj softver primenljiv i za obradu signala detektora gravitacionih talasa.



Sl. 1 Dispozicija sa jednostavnom simulacijom strukture modova (*cavity* — rezonator, *tuning* - podešavanje)

Simulacija je vršena za dispoziciju na slici 1, čiji su glavni delovi laser, elektro-optički modulator (EOM), *Fabry-Perot* uređaj sa ravnim ogledalima i CCD kamerom. Za izabranu dispoziciju sa glavnim elementima kvantnog generatora, izvršena je analiza izlazne strukture modova i karakteristika preseka snopa u radnom prostoru fokusiranog (odn. nefokusiranog) snopa. Primenom simulacija se ubrzava izbor složenosti eksperimenta. Posebna pažnja se poklanja automatskom podešavanju rezonatora i problemima stabilizacije celokupne merno-deskripcione aparature.



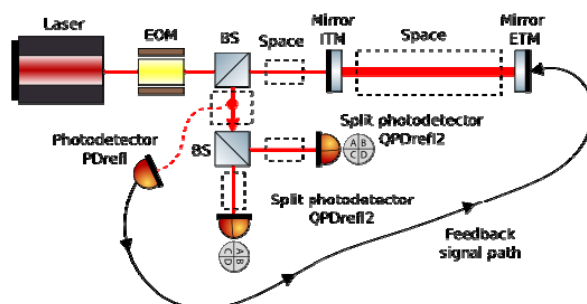
Slika 2. a-f Rezultati simulacija za različita podešavanja pri pomeranju jednog ogledala

Rezonator deluje kao prostorni filter za snop sa nepodešenom geometrijom (sa aberacijama), rastavljajući ga u sopstvene modove, određene dužinom rezonatora. Postav-

ljanjem ogledala na propisanu dužinu, vodeći računa o koracima reda veličine $\lambda/2$ (λ – talasna dužina) dobijaju se slike konfiguracije modova u poprečnom preseku snopa. Izlazne slike se dobijaju u željenom formatu, i dalje se primenjuje odgovarajući program za njihovu obradu. Izabrane simulacije su prikazane na slikama 2. a-f.

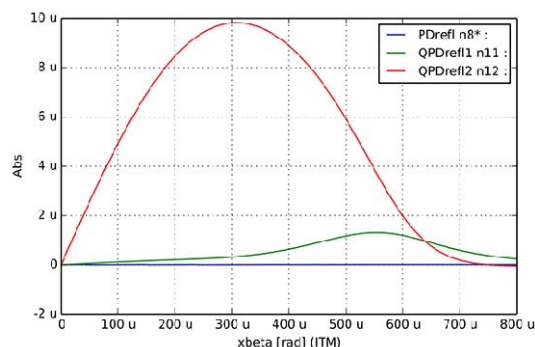
2.2. SLOŽENIJA DISPOZICIJA EKSPERIMENTA

Simulacija je vršena za dispoziciju na slici 3, čiji su glavni delovi: laser, elektro-optički modulator (EOM), *Fabry-Perot* uređaj sa ravnim ogledalima i povratnom spregom. Za izabranu dispoziciju, sa glavnim elementima kvantnog generatora, izvršene su analize mogućnosti programa za izlazne strukture modova i karakteristike preseka snopa u radnom prostoru. EOM modulise laserski snop na 15 MHz, primenom *Ward*, i *Pound-Drever-Hall* tehnike za postizanje rezonance putem povratne sprege. Karakteristične su HG00 i HG10 (*Hermite-Gauss*-ove strukture modova) koje nastaju kao posledica nepodešenosti paralelnosti ogledala.



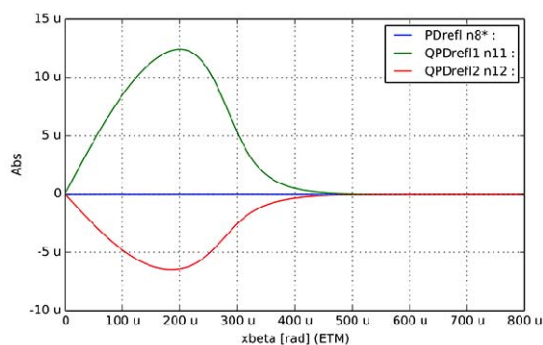
Slika 3. Dispozicija za simulaciju strukture modova: laser, elektro-optički modulator i interferometarska dispozicija potrebnih komponenta

Za simulaciju se koriste talasne dužine CW lasera tipa HeNe, Ar⁺ jon, poluprovodnički laseri u vidljivom spektru, kao i drugi tipovi harmonika u vidljivom području. Ovde su simulacije radene za $\lambda = 500$ nm. Karakteristični izlazi (slika 4. i slika 5.) pokazuju nepodešenost ITM i ETM ogledala.



Slika 4. Demodulisani signali PDrefl1, QPDrefl1, i QPDrefl2 za ulazno ogledalo ITM

S obzirom na složeniju aparaturu, programski kôd mora biti duži i detaljniji, jer mora da sadrži ulazne podatke o laseru, EOM, kao što su: frekvencija modulacije faze i modulacioni indeks, refleksija i transmisija za razdelnik snopa, refleksija i transmisija za ulazno ogledalo, dužina rezonatora, izlazno ogledalo, sopstveni modovi rezonatora, podaci o fotodetektoru i dr.



Slika 5 Demodulisani signali PDrefl1, QPDrefl1, i QPDrefl2 za izlazno ogledalo ETM

3. UTICAJ IT I RAČUNARSKIH RESURSA NA KVALITET EDUKACIJE INŽENJERA U OBLASTI KONSTRUKTIVNE GEOMETRIJE

Edukacija budućih inženjera građevine, geodezije, arhitekture, saobraćaja, rudarstva, šumarstva, itd. sa svojim posebnostima, sa akcentom na oblast konstruktivne geometrije, u uslovima razvoja novih tehnologija, je značajno kvalitativno unapređena u poslednjoj deceniji, zahvaljujući implementaciji i stalnom unapređivanju informacionih tehnologija i računarstva, u svetu, a i kod nas. Slobodan elektronski pristup obilju informacija, nastavnim materijalima, multimedijalnoj literaturi, blogovima, forumima i sl., preko Interneta/Intraneta, kao i dostupni softverski sistemi (edukativne licence za studente), promenili su klasične metode obrazovanja inženjera. Zahtevi ovog tipa edukacije su visokog nivoa i podrazumevaju: raspoloživost računarskih resursa, odgovarajuće obrazovanje nastavnika, tj. poznavanje IT uopšte i (u skladu sa specifičnostima struke) specijalizovanih softvera, opremljenost računarskih učionica računarskim adekvatnih performansi, licence za vlasnički softver i sl.

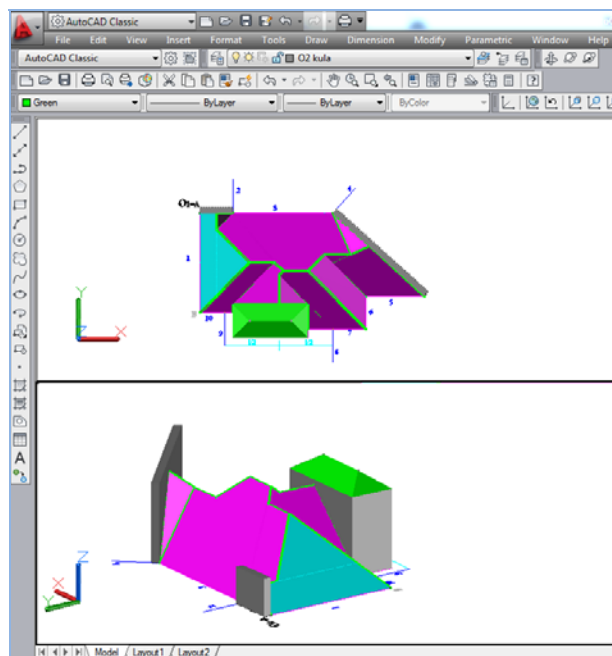
Ova bazična naučna disciplina za inženjere koristi grafički način izražavanja i njime prikazuje sve što ima dimenziju prostornosti. Savremeno okruženje diktira 3D prikaze i animacije i podržano je lepezom softverskih rešenja. Savremeni softveri za crtanje i 3D modelovanje (AutoCAD, Rhinoceros, 3D Max, SolidWorks, ArhiCAD, Sketchup i dr.) aktivno preuzimaju funkcije papira, olovke i ruke crtača. Tako, nauka koja je imala u bazi naziva "nacrtna geometrija" postaje računarska-inženjerska, jer koristi metode rada, prilagođene inženjerskim softverima i njihovim alatima. O prednostima računarske podrške u inženjerskoj struci u domenu preciznosti, efikasnosti crtanja, estetike, vizuelizacije (realističnog predstavljanja) i sl. je već mnogo govoreno. U skladu sa iskustvima primene u praksi, razvijene su nove metode rada u edukaciji budućeg inženjerskog kadra.

Ova metodologija kod nas, bazira na klasičnim teorijskim principima, modifikovanim prema softverskoj podršci i adekvatnom načinu prezentacije, uz specifičnosti kakve su:

- mogućnost prikaza geometrijskog postupka - rešenja, tj. modela zadatog problema sistemom "korak po korak" direktno iz crteža odn. *file*-a,
- simultani prikazi crteža u 2D i 3D (slika 6),
- pohranjivanje suvišnih konstruktivnih linija u skrivene

"fioke" - slojeve (*layers*) uz korišćenje više boja,

- pokretanje 3D animacije, sa realističnim prikazom geometrijskih entiteta, njihovih odnosa, ili transformacija,
- mogućnost materijalizacije,
- prikazi primera iz prakse (izvedenih objekata ili konkretnih geometrijskih problema) i sl. što podiže kvalitet edukacije na viši nivo aktuelnosti i primene.



Slika. 6 Prikaz rešenja krova, simultano u 2D i 3D

Materijali koji se koriste u nastavi, distribuiraju se putem interneta (ili i kroz interne fakultetske sajtove) do studenata, a u upotrebi je i savremena udžbenička literatura [17], kao i multimedijalni sadržaji: zbirke zadataka u formi zapisa na CD-u sa 3D modelima [18], DVD zapisi sa tutorijalima, internet tutorijali za korišćenje aktuelnih softvera za crtanje i modelovanje i video klipovi sa 3D prikazima [19].

3.1. REZULTATI PRIMENE NOVIH TEHNOLOGIJA

S obzirom na značajne investicije potrebne za implementaciju najnovijih tehnoloških mogućnosti, praktični deo nastave, na fakultetima sa većim brojem studenata se još uvek odvija na tradicionalni način (crtanje priborom na papiru), dok nastavnici koriste raspoložive tehnologije (računare opremljene projektorima i softverima) za prezentovanje nastavnih tema. Kako rad na računarskim podrazumeva i poznavanje softvera, planom i programom je predviđeno, tamo gde je to moguće, paralelno savlađivanje korišćenja specijalizovanog softvera i teorije geometrijskog konstruisanja, tj. modelovanja.

Positivni aspekti ovakvog načina rada, pokazuju se kroz već višegodišnje iskustvo u više nivoa:

- nastavni plan, prilično obimnog sadržaja i nivoa detaljnosti, moguće je uspešno ostvariti;
- moguće je prikazati mnoštvo primera, kako geometrijskih rešenja, tako i primenjenih rešenja-objekata zadate geometrije iz graditeljske prakse (posredstvom internet materijala);
- klasično crtanje je zamenjeno atraktivnijim i aktuelnijim

računarskim, pa su studenti više motivisani za učenje i rad;

- prostorno sagledavanje (3D) problema, od samog početka procesa učenja, čini materiju lakše razumljivom i prijemčivijom za studente;
- minimiziran je uticaj nesigurnosti ruke na kvalitet gotovog crteža, a računar daje i savršenu prostornu sliku – rešenja, koja se mnogo ne razlikuju od studenta do studenta;
- individualni studentski zadaci daju vrlo kreativna rešenja.

Negativni aspekti savremenih tokova u edukaciji su:

- visoka cena koštanja računarske opreme i neophodan visok nivo IT podrške za komunikaciju nastavnika i studenata;
- uslov za efikasan praktičan rad u nastavi je i poznavanje odgovarajućeg softvera i njegovih alata;
- sklonost studenata da poistovete poznavanje softverskih alata (komandi) sa poznavanjem principa geometrije;
- mogućnosti manipulacije sa elektronskom formom rešenja zadataka je veća u odnosu na klasično crtanje;
- uniformni zadaci imaju značajno manje lični pečat studenta.

4. ZAKLJUČAK

Rad je posvećen edukativnoj i aplikativnoj problematici u razvoju i primeni postojećih otvorenih, odn. slobodno dostupnih softverskih alata u izabranim oblastima kvantne elektronike, konstruktivne geometrije i merne tehnike.

Povezivanje nauka, koje se različito izražavaju, imaju zajedničke imenitelje i specifične metodologije je danas neophodnost savremenog pristupa istraživanju. Tako su laserske metode, koje se koriste u merenjima i ispitivanjima u širokoj paleti naučnih oblasti, povezane sa metodama predstavljanja terena i objekata (njihove geometrije), danas u formi 3D modela, dobijenih kombinovanjem primene skenera, fotogrametrije i odgovarajućeg softvera [20]. Unaprjeđivanje svakog pravca pojedinačno je od opšteg značaja.

LITERATURA

- [1] *Prezentacije sa skupa "Otvoreno obrazovanje i digitalne kompetencije nastavnika"*, Beograd, 17.07.-18.07. 2014. <http://arhiva.tempus.ac.rs/news/297/85/Prezentacije-sa-konferencije-Otvoreno-obrazovanje-i-digitalne-kompetencije-nastavnika/> 09. 01. 2015.
- [2] <https://www.las-cad.com/> 22. 01. 2015.
- [3] Л. В. Тарасов, *Физические основы квантовой электроники - Оптический диапазон*, Либроком, 2014.
- [4] A. Yariv, *Optical electronics*, New York: Wiley, 1989.
- [5] <http://www.crystalaser.com/> 11. 01. 2015.
- [6] <http://www.zemax.com/home> 15. 01. 2015.
- [7] TracePro <http://www.lambdare.com/> 20. 01. 2015.
- [8] X. R. Zhang and X. Xu, "Finite Element Analysis of Pulsed Laser Bending: The Effect of Melting and Solidification", *ASME Jour. of Appl. Mech.*, Vol. 71, pp. 321-326, 2004.
- [9] E. Rosencher and B. Vinter, *Optoelectronics*, Cambridge University Press, 2002.
- [10] R. Gospavić, S. Bojanić, et al., "Some Modelling in Laser Interaction Phenomena", *Proc. of Lasers*, 2001, Eds. V. J. Corcoran and T. A. Corcoran, STS Press, Mc Lean, pp. 188-193, 2002.
- [11] J. Mirčevski, B. Đokić, et al., "Software Tools and Technologies in Steganography", *Icest 2007*, Ohrid, pp. 543-546, 2007.
- [12] B. Đokić, M. Srećković, et al., "Upotreba programskih paketa za oblikovanje laserskog snopa i njihova uloga u edukaciji", *LI konf. ETRAN 2007*, Herceg Novi - Igalo, 2007.
- [13] B. Đokić, M. Srećković, et al., "Simulacije u polju eksplozivnih procesa", *Infoteh, Jahorina*, CD E-VII 12, pp. 658- 662, 2008.
- [14] M. Srećković, J. Ilić, et al., "Laser Interaction with Material - Theory, experiments and discrepancies", *Acta Phys. Polonica A.*, Vol. 116, No. 4, pp. 618-621, 2009.
- [15] <http://www.gwoptics.org/finesse/> 25. 01. 2015.
- [16] <http://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.html> 1. 02. 2015.
- [17] A. Čučaković, N. Teofilović, B. Jović, "Descriptive geometry education by using multimedia tools", *Proc. 16th ICGG Conf.*, pp. 262-265, 2014.
- [18] M. Obradović, S. Mišić, M. Dragović, *Zbirka rešenih zadataka iz računarske geometrije sa 3D modelovanjem*, Beograd: Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, 2011.
- [19] <https://www.youtube.com/user/gervalengar> 15.01.2015.
- [20] R. Linck, "Virtual reconstruction of a medieval monastery in Bavaria based on geophysical prospection and old copper engravings", *ISAP News* 37, pp. 5-7, 2013.

ENERGETSKI PROFIL POTROŠNJE ENERGIJE U SENZORSKOM ČVORU ENERGY PROFILE OF ENERGY CONSUMPTION IN SENSOR NODE

Mirko Kosanović, Miloš Kosanović, *Visoka tehnička škola u Nišu*

Sadržaj: *Jedan od važnijih zadataka pri projektovanju bilo koje aplikacije kod bežičnih senzorskih mreža (BSM), je da se unapred predvidi njen životni vek. Kako on zavisi od raspoloživog kapaciteta energije i njene potrošnje, osnovni cilj je da se obezbedi što efikasnije korišćenje raspoložive energije, čime bi se obezbedio duži rad BSM. Međutim, zbog ograničenih resursa kojima raspolažu senzorski čvorovi (SČ) u toj mreži, kao i otežanih uslova u kojima one rade, teško je precizno predvideti dužinu trajanja aplikacije koja se izvršava u BSM. Problem se još više komplikuje kada se tome doda i velika količina energije koja se nepotrebno izgubi za vreme "neaktivnog" rada SČ-ova. U radu je dat energetski profil potrošnje energije u SČ i ukazano na jedan deo te enerije koja se nepotrebno izgubi. Na bazi tog profila date su i neke preporuke kojih se treba držati prilikom projektovanja jedne energetski efikasne aplikacije u BSM.*

Abstract: *One of the most important tasks in the design of any application for Wireless Sensor Networks (WSN) is to predict its lifetime in advance. The main objective is to ensure a more efficient use of available energy, which would provide a longer work WSN, as it depends on the available sources of energy and its consumption,. However, due to the limited resources of sensor nodes (SN) in the network, as well as the difficult conditions in which they work, it is difficult to accurately predict the duration of an application running in the WSN. The problem is further increased when we add a large amount of energy which is lost in unnecessary "inactive" SN's work. In this paper the energy profile of energy consumption in the SN is presented and pointed to one part of the energy that is unnecessarily lost. On the basis of this profile are given some recommendations that must be followed when designing an energy efficient applications in WSN.*

1. UVOD

Uspešnost rada BSM-a sve više se meri dužinom njenog životnog veka. Racionalan utrošak energije postao je osnovni i neophodni zadatak koji treba da ispune gotovo sve aplikacije koje se izvršavaju u BSM-ma. Međutim zbog mnogih ograničavajućih faktora sredine u kojoj se te aplikacije izvršavaju, kao i ograničavajućih resursa SČ-ova, nije jednostavno pronaći efikasanu metodu koja će sve ovo zadovoljiti. U naučnim krugovima dugo se smatralo da je svaka ušteda u potrošnji električne energije direktno povezana sa odgovarajućim protokolima na mrežnom nivou tj. *routing* protokolima. O tome nam govori podatak da u prethodnim godinama imamo veoma veliki broj radova koji se bavi pronalaženjem optimalnih ruta između SČ-ova, sve sa ciljem da se omogući što duži životni vek BSM aplikacije [1]. Međutim, sagledavajući sva ova rešenja može se reći da se sva ona veoma malo bave realnim uslovima u kojima rade SČ-ovi u BSM. Naime, poznato je da BSM-e rade u jako otežanim uslovima u kojima je jako otežana komunikacija između SČ-ova, pa je samim tim i procenat loše primljenih paketa jako veliki. Ako tome dodamo i veoma veliki broj asimetričnih veza između SČ-ova, kao i problem usaglašavanja istovremenog "susreta" dva SČ-a zbog specifičnog načina rada (*Duty Cycle*), postavlja se pitanje efikasnosti rada svih ovih protokola sa gledišta potrošnje energije. Poznato je da je *Duty Cycle* tehnika u osnovi svakog energetski efikasnog rada SČ-ova u BSM-a, a ona je direktno povezana sa vremenskom sinhronizacijom SČ-ova kao i čestim menjanjem režima u kojima SČ radi, tj. uključivanja i isključivanja pojedinih komponenti u SČ [2]. Tom prilikom

deo energije nepovratno se izgubi da bi se postigao radni režim u kome SČ treba da obavi svoje funkcije. Samim tim od vitalnog interesa je da se ustanovi kolika je to količina energije koja se uzaludno potroši kao i kolika je isplativost frekvencije promene različitih režima rada SČ.

Osnovni cilj ovog rada je da identifikuje kako jedan deo te energije, koja se potroši u neaktivnom režimu rada SČ, utiče na performanse celokupne potrošnje energije u SČ. Nakon kratkog uvoda, date su osnovne karakteristike potrošnje energije u SČ. Prikazana je jedna od najčešće korišćenih tehnika *Duty Cycle* i nakon toga dat je energetski profil potrošnje na osnovu koga su date neke preporuke kojih se treba držati prilikom projektovanja energetski efikasne aplikacije u BSM.

2. UTROŠAK ENERGIJE U SENZORSKOM ČVORU

Generalno, primopredajna jedinica u svakom SČ-u je najveći potrošač energije u odnosu na sve ostale jedinice. O tome nam govori podatak da je za prenos 1 kB na rastojanju od 100 m, potrebna energija od oko 3 J, što je ekvivalentno energiji koju potroši procesor snage 100 MIPS/W za izvršavanje 3 miliona instrukcija [3]. Zato je sasvim logično da ukoliko želimo da smanjimo potrošnju u SČ, najviše pažnje treba usredsrediti na potrošnju te jedinice čak i po ceni znatnog povećavanja aktivnosti procesorske jedinice. Ali, zbog specifičnosti rada, vrlo je teško definisati prosečnu potrošnju komunikacione komponente u okviru SČ, jer na nju utiču mnogi parametri kao što su: vrsta modulacione šeme, brzina prenosa podataka, snaga emitovanja signala koji se

šalje, režim rada, dužina rada i td. [4]. Sigurno da na ovom nivou SČ troši najveći deo svoje energije, pa prema tome, pravilnim izborom parametara prenosa ovde se i mogu postići najveće uštede. Važno je napomenuti da kod određivanja ukupne potrošnje treba pored aktivne potrošnje, uzeti u obzir i inicijalnu potrošnju (*start-up power*) koja se odnosi na potrošnju električne energije koja je potrebna za uspostavljanje aktivnog režima rada pri uključanju SČ. Ta potrošnja nije velika ali ako se primopredajnom jedinicom šalju ili primaju mali paketi, tako da se primopredajnik više puta uključuje i isključuje, može se desiti da ukupna početna energija znatno premaši aktivnu energiju. Pronalaženje efikasnih algoritama koji će optimalno rešavati ove probleme je još jedno interesantno područje na kome mnogi istraživači danas rade. U radu [5] autori su dali formulu preko koje je moguće izračunati potrošnju električne energije, P_c :

$$P_c = N_T [P_T (T_{ON} + T_{st}) + P_{out} (T_{ON})] + N_R [P_R (R_{ON} + R_{st})] \quad (1)$$

Gde je: $P_T(P_R)$ potrošnja predajnika ili prijemnika, P_{out} izlazna snaga predajnika, $T_{ON}(R_{ON})$ aktivno vreme predajnika (prijemnika), $T_{st}(R_{st})$ inicijalno vreme predajnika(prijemnika) a $N_T(N_R)$ je broj uključenja/isključenja predajnika/prijemnika u jedinici vremena.

Navešćemo sada nekoliko karakteristika komunikacije između dva SČ-a koje bitno utiču na potrošnju električne energije koja je potrebna za razmenu podataka u jednoj BSM:

1. Komunikacija između SČ-ova u BSM odlikuje se da se prenos podataka obično vrši na relativno malim rastojanjima (max. 100 m), veličina paketa koji se prenose je takođe mala (64 B do 128 B) i obično su periode između slanja podataka dosta velike. Na osnovu toga jasno je da je potrošnja primopredajne jedinice, kada se ona nalazi u prijemnom režimu rada, znatno veća nego kada je u predajnom režimu rada. To proizilazi iz činjenice da, vremenski gledano, SČ veliki procenat svog radnog veka provede u prijemnom režimu rada. Iz toga proizilazi da je mnogo efikasnije smanjiti potrošnju primopredajne jedinice u prijemnom režimu rada u odnosu na predajni režim rada.

2. Kod većine primopredajnih jedinica potrošnja u *idle* režimu rada (kada primopredajnik nije ni u predajnom ni u prijemnom režimu rada) približno je ista kao i kada se nalazi u druga dva režima rada tj. na prijemu ili predaji. Samim tim sasvim je razumljivo da nema neke velike uštede ako SČ pređe u *idle* režim rada.

3. Potrošnja SČ-a mnogo zavisi od režima rada u kome se on nalazi. Kako je ta potrošnja najmanja u *sleep* režimu rada, sasvim je logično da ukoliko se želi znatno smanjenje potrošnje energije SČ-a, tada SČ treba da provede najveći deo svog životnog veka u tom režimu rada

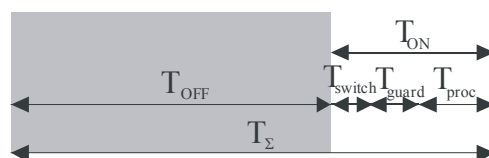
Imajući u vidu gore navedene činjenice, mogu se kreirati različiti profili rada SČ-a čiji će glavni cilj biti da minimizuju potrošnju električne energije u SČ-ima. Jedan od efikasnih metoda rada podrazumeva da se kod svih SČ-ova primopredajnik što više zadržava u režimu smanjene potrošnje (*sleep mode*). Normalno, idealno bi bilo da se primopredajnik uključi samo kada ima podataka za prijem/slanje, tj. kada ima potrebe za komunikacijom, a da sve ostalo vreme bude isključen. To bi podrazumevalo da SČ-ovi naizmenično prelaze iz jednog u drugi režim rada i to sve u zavisnosti od aktivnosti i potreba BSM-e. Ovakav metod rada u kome se ciklično menja režim rada SČ definiše

se kao radni ciklus (*Duty Cycle*), gde se pod *Duty Cycle*, DC, podrazumeva odnos dela vremena koji SČ-ovi provedu u aktivnom režimu rada u odnosu na ceo svoj životni vek rada u BSM. Sasvim je jasno da je potrebno da DC faktor bude što je moguće manji, sa gledišta efikasnosti uštede potrošene energije u SČ-u. Međutim, treba imati u vidu da SČ-ovi u BSM-a uvek izvršavaju jedan kooperativan zadatak u kome učestvuju više SČ-ova. To znači da je potrebno uskladiti njihov rad u pogledu aktivnih i neaktivnih perioda rada. Da bi se to postiglo koriste se odgovarajući *sleep/wakeup scheduling* algoritmi koji usklađuju periode aktivnosti SČ-ova u mreži i omogućuju nesmetanu komunikaciju između SČ-ova. Radi se o tipičnim distributivnim algoritmima baziranim na odlukama koje donose SČ-ovi kada će izabrati aktivni a kada neaktivni režim rada. Potrebno je da susedni SČ, koji se nalaze u domenu međusobne komunikacije, budu aktivni u isto vreme kako bi bili u mogućnosti da razmene pakete čak i u slučajima kada je DC faktor jako mali tj. kada se oni većinu vremena nalaze u neaktivnom režimu rada.

3. UŠTEDA ENERGIJE U SENZORSKOM ČVORU

Jedan od načina da se uštedi električna energija kod SČ-a je da se ograniči rad negovih komponenta: procesorske jedinice, RF primopredajnika i senzorske jedinice, u režimu rada kada je njegova potrošnja najveća. To može da se postigne naizmeničnim isključivanjem/uključivanjem nekih komponenta u SČ. Vremenski intervali tokom kojih su komponente SČ-a uključene ili isključene poznati su kao aktivna perioda (T_{ON}) i neaktivna (*sleep*) perioda (T_{OFF}), respektivno. Ukupan vremenski interval aktivnosti SČ-a, T_{Σ} , (vidi Sliku 1.) može se predstaviti kao:

$$T_{\Sigma} = T_{OFF} + T_{ON} \quad (2)$$



Slika 1. Perioda aktivnosti SČ-a

Deo vremena koji SČ provede u aktivnom režimu rada u odnosu na kompletnu periodu aktivnosti SČ, poznat je kao *Duty Cycle* (DC), i definiše se na sledeći način:

$$DC = \frac{T_{ON}}{T_{\Sigma}} = \frac{T_{proc} + T_{switch} + T_{guard}}{T_{proc} + T_{switch} + T_{guard} + T_{OFF}} \quad (3)$$

gde T_{proc} odgovara vremenu procesorske obrade koje je potrebno za prihvatanje podataka sa senzora, obradu i prenos podataka, T_{switch} je vreme koje protekne kod uključivanja/isključivanja SČ dok se ne postigne radni režim rada a T_{guard} predstavlja rezervno vreme koje se dodaje aktivnom vremenu kako bi obezbedili da dva SČ-a sigurno mogu da usklade svoje aktivne periode rada (T_{ON}). Tako, na primer, SČ koji je aktivan 10ms u periodu od 1s ima DC faktor od 1 % (10 ms/1s). SČ-ovi, kod kojih se primenjuje ova tehnika, moraju

da imaju sinhronizovane časovnike kako bi se njihovi periodi, T_{OFF} i T_{ON} , poklopili. Ukoliko ne dođe do poklapanja ovih perioda, komunikacija između tih SČ-ova neće moći da se uspostavi jer će doći do raskoraka, jedan SČ će biti aktivan (T_{ON}) dok je drugi neaktivan (T_{OFF}), ili obrnuto. Da bi se ovo izbeglo uvedeno je zaštitno vreme T_{guard} . Zaštitno vreme treba da kompenzira vremensku razliku u lokalnim časovnicima SČ-ova, do koje dolazi iz činjenice da postoji relativno odstupanje u frekvencijama dva SČ koji žele da komuniciraju. To odstupanje u frekvencijama doprinosi da postoje veoma male razlike u vremenima koje beleže ta dva SČ. Ta mala razlika može da dovede do nesinhronizacije tj. da jedan SČ počne da šalje poruke pre nego što drugi SČ uđe u aktivni režim rada i bude spreman da prihvati poslate podatke. Zaštitno vreme, T_{guard} , treba da proširi aktivni interval za period koji će kompenzovati maksimalno odstupanje frekvencije između dva kvarcna oscilatora u SČ. Ovo vreme je direktno proporcionalno dužini neaktivnog perioda i iskazano je na sledeći način: neka je s_x ($\Delta f/f$) relativna razlika u frekvencijama dva oscilatora u SČ, a T_{Σ} predstavlja period sinhronizacije između dva SČ. Zaštitno vreme T_{guard} možemo izraziti sledećom formulom:

$$T_{guard} = 2 * T_{\Sigma} * s_x \quad (4)$$

4. PROFIL ENERGETSKE POTROŠNJE

Zbog ograničene količine energije kojom raspolaže SČ, potrošnja energije u SČ-u mora biti strogo kontrolisana kako bi se obezbedio što duži životni vek SČ-a. Glavni potrošači te energije su mikrokontroler, radio primopredajnik i senzorska komponenta. Za samo jednu naredbu mikrokontrolera potroši se oko 1 nJ [6] a sa druge strane, veličina samog SČ diktira nam da zapremina baterija bude što manja, maksimalno oko 1 mm³. Prema trenutnom razvoju tehnologije u 1 mm³ moguće je smestiti maksimalno oko 1 J. To znači da ako bi SČ sa takvom baterijom radio ceo dan potrošnja tog SČ ne bi smela da bude više od $1/(24 \cdot 60 \cdot 60)$ Ws/s $\approx 11.5 \mu$ W. Nije teško zaključiti da danas ni jedan mikrokontroler, a kamoli ceo SČ može da radi sa ovako malom raspoloživom snagom.

Sasvim je jasno da kod projektovanja SČ moramo da koristimo komponente sa malom potrošnjom (*low-power*). Međutim, nijedna takva komponenta neće nam rešiti problem ako se raspoloživa energija ne troši racionalno. Ključna stvar za rešavanje ovog problema je činjenica da SČ najveći deo vremena ne radi ništa već samo osluškuje svoju okolinu. Prva pomisao je tada da se SČ isključi i da se na taj način maksimalno uštedi u potrošnji energije. Međutim, priroda rada BSM to ne dozvoljava, jer se može desiti da se propusti tj. ne registruje neki bitan događaj ili promena. Mnogo efikasnije je da se SČ uvede u neko stanje smanjene potrošnje u kome će aktivni biti samo neophodni njegovi delovi. Ukoliko dođe do promena u nadgledanom region, SČ će biti u stanju da se ponovo prebaci u aktivno stanje i tu promenu zabeleži. Korišćenje različitih stanja tj. režima rada sa smanjenom potrošnjom, na uštrb smanjene funkcionalnosti SČ, je jako efikasan način ka dobijanju energetski efikasnog SČ a samim tim energetski efikasne aplikacije u BSM. Ovo je dobro poznata tehnika još iz standardnih personalnih računara gde smo imali sličnu tehniku *Advanced Configuration and*

Power Interface (ACPI) koja je imala pet stanja: jedan aktivni režim i četiri režima smanjene potrošnje. Ovi režimi mogu se uvesti za sve komponente SČ, posebno za mikrokontroler, primopredajnik, memoriju i senzorsku komponentu. Različiti tipovi SČ-ova obično podržavaju različite režime rada sa različitim energetskim karakteristikama. Na primer: za mikrokontroler tipični režimi rada su aktivni (**active**), mirovanje (**idle**) i spavanje (**sleep**), za radio primopredajnik ti režimi mogu da budu: prijem, slanje, prijem i slanje, oba isključena, a za sensor i memoriju uključeni ili isključeni. Uobičajena terminologija je da se govori da je komponenta u dubljem (*deeper*) režimu smanjene potrošnje ako se manje energije troši. Izbor pravih stanja se komplikuje zato što u izboru režima rada utiču dve komponente: vreme i potrošnja. Uobičajeno je da dublji režim rada, koji ima manju potrošnju, zahteva više vremena da se sistem probudi i ponovo vrati u aktivni režim, od nekog drugog manje dubljeg režima rada. Dakle, kod izbora tih režima dobro treba voditi računa jer najdublji režim rada ne mora da znači i energetski efikasan način rada SČ. Shodno prethodno prikazanom sledeća dva pristupa koriste se za smanjenje potrošnje energije u SČ [7]:

1. ciklični (*Duty Cycle*) - sastoji se od periodičnog aktiviranja SČ u tačno određenim vremenskim intervalima u kojima SČ odradi sve zadatke i odmah nakon toga se vraća u stanje smanjene potrošnje,

2. adaptivni (*adaptive*) – ovde je SČ u stanju da dinamički menja svoj režim rada u zavisnosti od realnih događaja koje posmatra.

Kod projektovanja aplikacije koja će raditi u BSM, zbog velikog broja različitih režima rada kroz koje SČ prođe u toku svog rada, posebnu pažnju treba obratiti na izbor dva radna parametra koja u mnogome mogu da utiču na energetski efikasnu potrošnju u SČ:

1. kašnjenje (*wake-up latency*) – to je vremenski period koji je potrebno da protekne pre nego se pristupi očitavanju senzora (potrebno vreme za aktiviranje senzora kako bi on dao korektnu vrednost). Na primer, ukoliko se desi da pristupi očitavanju senzora pre nego što ovaj period kašnjenja prođe, tada ti podaci neće biti validni tj. neće prikazivati realnu sliku očitavanog događaja ili pojave.

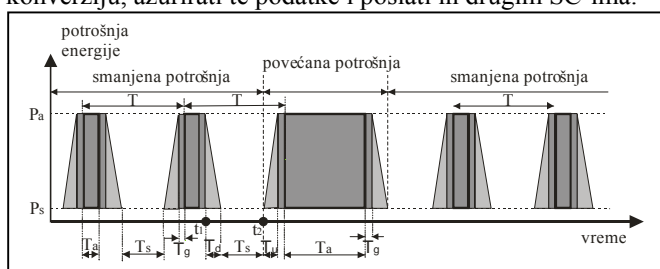
2. *break-even cycle* – predstavlja odnos potrošnje energije između SČ-a kod koga je aktivirana politika upravljanja napajanjem u odnosu na SČ koji tu politiku upravljanja nema.

Na Slici 2. prikazan je tipičan profil energetske potrošnje u SČ sa koje možemo da razlikujemo dve osnovne faze rada u kojima može da se nađe SČ [8]:

1. Faza smanjene potrošnje - predstavlja period u kome SČ provede najveći deo svog vremena jer nema nikakvih promena. SČ se periodično budi, proverava da li došlo do neke promene na sensorima, i ako nije došlo do promene, prelazi u neaktivni režim rada tj. režim smanjene potrošnje (**idle** ili **sleep**). Da bi obezbedio visoku energetsku efikasnost, SČ mora da izabere režim u kome ima najmanju potrošnju ali isto i da ima najkraće vreme "budenja" tj. prelaska iz neaktivnog u drugi aktivni režim rada, period T_u i obrnuto, iz aktivnog u neaktivni režim rada, period T_d .

2. Faza povećanje potrošnje – ovaj period karakterišu jako intenzivne operacije koje SČ treba da obavi. U tu fazu SČ ulazi ako detektuje promenu na sensorima. Tada je potrebno

očitati te podatke, izvršiti njihovu analognu/digitalnu konverziju, ažurirati te podatke i poslati ih drugim SČ-ima.



Slika 2. Dve faze rada SČ

Da bi izvršili izbor odgovarajuće faze, u pogledu efikasne potrošnje energije u SČ, potrebno je razmotriti neke karakteristike rada SČ jer se postavlja jednostavno pitanje: U kom trenutku da SČ promeni režim rada i da li je to energetski opravdano? Da bi dali odgovor na ovo pitanje pretpostavimo da je u trenutku t_1 potrebno doneti odluku o tome da li da SČ (tačnije komponente SČ: mikrokontroler i primopredajnik) pređe iz režima povećane potrošnje u režim smanjene potrošnje i tako smanji potrošnju energije u SČ od P_a do P_s , ili da SČ ostane i dalje u aktivnom režimu rada sa povećanom potrošnjom od P_a . Ako SČ ostane aktivan i sledeći događaj se desi u trenutku t_2 , onda je nepotrebno potrošena energija $E_a = P_a(t_2 - t_1)$ za ceo vremenski period dok se događaj nije dogodio. Ona se može prikazati kao:

$$E_a = T_d P_a + T_s P_a \quad (5)$$

Sa druge strane ako u trenutku t_1 SČ odluči da pređe u režim smanjene potrošnje to zahteva dodatni vremenski period T_a , koji je potreban da SČ pređe iz aktivnog u neaktivni režim rada. Pretpostavićemo da je prosečna potrošnja tokom ovog perioda približno jednaka $(P_a + P_s)/2$, i da je potrošnja SČ tokom neaktivnog režima rada, P_s , sve do trenutka t_2 kada se dogodi događaj koji se posmatra. Nakon toga potrebno je opet predvideti novi vremenski period, T_u , koji je potreban da se SČ iz neaktivnog režima rada vrati u aktivni režim rada. I u ovom slučaju važi ista pretpostavka kao i za period T_a , tj. da je prosečna potrošnja tokom ovog perioda $E_u = T_u * \frac{(P_a + P_s)}{2}$. Ovdje treba dodati i period T_g

koji je neophodan da bi se eliminisala nepodudarnost u vremenima do koje dolazi zbog frekventne nestabilnosti oscilatora na osnovu kojih se formira vreme, koje je ranije prikazano jednačinom (4). Tako sada imamo, da je energija koja je potrebna da bi se ostvario režim smanjene potrošnje (*switching mode*) jednaka:

$$\begin{aligned} E_s &= E_d + E_s + E_u + E_g \\ &= T_d \frac{P_a + P_s}{2} + T_s P_s + T_u \frac{P_a + P_s}{2} + 2s_x (T_a + T_d + T_s + T_u) P_a \end{aligned} \quad (6)$$

Jasno je da kada želimo da uštedimo energiju, tj. da uvođenjem DC tehnike postignemo smanjene potrošnje energije, potrebno je ispuniti uslov da je $E_a > E_s$. Prema tome, sada može da se izvede uslov koji treba da bude zadovoljen u pogledu minimalnog trajanja perioda smanjene potrošnje T_s , da bi se isplatilo da SČ menja svoje režime rada, i to je prikazano sledećom jednačinom:

$$T_s > \frac{2ks_x (T_a + 2T_{switch}) + T_{switch}}{k(1 - 2s_x) - 1} \quad (7)$$

gde je $k = P_a/P_s$, tj. predstavlja odnos potrošnje u aktivnom i neaktivnom režimu rada dok je $T_{switch} \approx T_d \approx T_u$. U idealnim uslovima kada je frekvencija oscilatora u oba SČ ista, $s_x = 0$, pa jednačina (7) postaje:

$$T_s > T_{switch} \frac{P_s}{P_a - P_s} \quad (8)$$

Da bi postigli što veću uštedu energije u SČ, potrebno je da period T_s bude što veći. Da bi se to ostvarilo, na osnovu jednačine (8) možemo da zaključimo da je potrebno da period koji je potreban da SČ pređe iz aktivnog u neaktivni režim rada, T_{du} , bude što kraći kao i da potrošnja energije u neaktivnom stanju bude što manja

5. ZAKLJUČAK

Primarni cilj kome se teži kod razvijanja aplikacije za BSM je efikasna energetska potrošnja. Kako postoje različiti nepotrebni odlivi energije u BSM, postoji i veliki broj tehnika koje nam pomažu da većinu ovih odliva svedemo na što manju meru. Namena ovog rada je da prikaže jednostavan energetski profil potrošnje električne energije u SČ i da na bazi njega predloži neke preporuke kojih se treba držati prilikom projektovanja energetski efikasne aplikacije u BSM. Neka dalja istraživanja trebalo bi da daju složeniji energetski profil koji bi obuhvatio i vremensku sinhronizaciju SČ-ova, izbor adaptivnog perioda T_{guard} , kao i optimalan izbor režima rada pojedinih komponenti u SČ.

LITERATURA

- [1] D.Medhi, K.Ramasamy "Network Routing, Algorithms, Protocols, and Architectures", by Elsever Inc, Morgan Kaufmann Publishers, 2007
- [2] M.Kosanović, M.Stojčev, "Energy efficiency of sensor nodes", In Proceedings of 22th Telecommunications Forum TELFOR 2014, 344-351, Beograd, 25-27.11.2014
- [3] G.J.Pottie, W.J.Kaiser, "Wireless Integrated Network Sensors", Communications of the ACM, vol.43, no.5, pp. 51-58, May 2000
- [4] S.Cui, A.J.Goldsmith, A.Bahai, "Energy-constrained modulation optimization", IEEE Transactions on Wireless Communication, vol.4, no.5, pp.2349-2360, 2005
- [5] E. Shih, S. H. Cho, N. Ickes, R. Min, A. Sinha, A. Wang, A. Chandrakasan, "Physical layer driven protocol and algorithm design for energy-efficient wireless sensor networks", ACM MobiCom'01, pp.272-287, Rome, 2001
- [6] J.M.Kahn, R.H.Katz, K.S.J.Pister, "Emerging Challenges: Mobile Networking for Smart Dust", Journal of Communications and Networks, 2(3): 188-196, 2000
- [7] Alippi C., Anastasi G., Di Francesco M., Roveri M., "Energy management in wireless sensor networks with energy-hungry sensors", IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, Vol. 12, No. 2, 2009, pp. 16-23
- [8] A.Sinha, A.Chandrakasan, "Dynamic Power Management in Wireless Sensor Networks", IEEE Design and Test of Computers, 18(2): 62-74, 2001

ANALIZA EFIKASNOSTI POLYA RACIONALNOG PARAMETARSKOG INTERPOLACIONOG JEZGARA KOD PROCENE FUNDAMENTALNE FREKVENCIJE ANALYSIS OF EFFICIENCY OF POLYA RATIONAL PARAMETRIC INTERPOLATION KERNEL IN THE ESTIMATION OF FUNDAMENTAL FREQUENCY

Nataša Savić, Zoran Milivojević, *Visoka tehnička škola, Niš, Srbija.*
Vidoje Moračanin, *Fakultet za matematiku i računarske nauke, Beograd, Srbija.*

Sadržaj: U prvom delu rada opisane su Polya frekventne funkcije i na osnovu njih konstruisano Polya racionalno parametarsko interpolaciono jezgro. U drugom delu rada prikazani su rezultati procene fundamentalne frekvencije signala dobijenih primenom konvoluciono interpolacionim algoritmom sa implementiranim Polya racionalnim parametarskim jezgrom. Primenom MSE kao mere kvaliteta procene određene su optimalne vrednosti parametra za slučaj primene nekih klasičnih prozorskih funkcija. Nakon toga izvršena je komparativna analiza sa rezultatima procene fundamentalne frekvencije primenom Kejsovog jednoparametarskog, kvadratnog i Polya kvazi-racionalnog jezgra.

Ključne reči: Polya funkcije, Interpolacija, Interpolaciono jezgro, Fundamentalna frekvencija.

Abstract: The first part of the paper gives a description of Polya frequency functions and, based on them, Polya rational parametric interpolation kernel is constructed. In the second part, the results of the fundamental frequency of signal obtained used the convolution interpolation algorithm with the implemented Polya rational parametric kernel are presented. The application of MSE as a measure for quality estimation determines the optimal parameter values in case of using some common window functions. Then, a comparative analysis between the results of the estimation of fundamental frequency and Keys one-parametric, quadratic and Polya quasi-rational kernel is performed.

Keywords: Polya function, Interpolation, Interpolation kernel, Fundamental frequency.

1. UVOD

U mnogim naučnim disciplinama javlja se potreba za analizom rasutih podataka (**eng. scattered data**). Rasuti podaci predstavljaju skup od n neregularno raspoređenih tačaka $P_i(x_i, y_i)$, $i=1, 2, \dots, n$ u xOy ravni. U odnosu na regularnu mrežu (**eng. regular grid**) tačke P_i su raspoređene neregularno, odnosno rasute su unutar ćelija regularne mreže. Procesom regularizacije mreže, odnosno gridingovanjem (**eng. griding**) sve tačke P_i se raspoređuju u temenima regularne mreže. Time se omogućava procesiranje podataka algoritmima razvijenim za podatke koji se predstavljaju regularnim mrežama. Ovaj problem rešava se interpolacionim ili aproksimacionim algoritmima. Analiza rasutih podataka obavlja se, pored ostalog, i radijalno baznim funkcijama (**eng. radial basis function, RBF**) [1-3]. Ove funkcije se intenzivno koriste za numeričko rešavanje parcijalnih diferencijalnih jednačina, kod mašinskog učenja, neuronskih mreža i dr. [4,5]. Osobina invarijantnosti **RBF** u odnosu na translaciju, rotaciju i refleksiju čini ih pogodnim za primenu kod digitalne obrade slike. Značajne rezultate u oblasti proučavanja **RBF**-a dali su Bochner i Schoenberg u svojim radovima [6-8]. Na osnovu njihovih teorema izvedeni su izrazi za interpolaciona jezgra koja su pogodna za interpolaciju rasutih podataka. Različita interpolaciona jezgra omogućavaju različitu preciznost i efikasnost interpolacionih algoritama.

Pored toga, različita jezgra imaju različitu numeričku složenost, kao i vreme izvršavanja. U radu [9] prikazana su parametarska interpolaciona jezgra dobijena na osnovu Polya frekventnih funkcija. Kod primene parametarskih jezgra moguće je promenom vrednosti parametra jezgra uticati na preciznost interpolacione funkcije, odnosno, moguće je jezgro adaptirati problematici saglasno nekom kriterijumu [10-13].

U ovom radu analizirana je primena Polya racionalnog parametarskog interpolacionog jezgra za procenu fundamentalne frekvencije sinusoidalnog signala i to u spektralnom domenu. Da bi se izvršila obrada u spektralnom domenu potrebno je najpre izvršiti diskretnu Furijeovu transformaciju (**eng. Discrete Fourier Transforms, DFT**). DFT kao rezultat daje aproksimaciju spektra signala. Osnovna frekvencija predstavlja energetski najveću komponentu u spektralnom domenu. Međutim, u slučaju kada je realna frekvencija različita od frekvencije izračunavanja DFT-a procena spektralnih komponentata biće pogrešna. Grešku dodatno povećava pojava curenja (**eng. leakage**) spektra. Problem estimacije tačne pozicije u spektralnom domenu izvršen je pomoću Polya racionalnog interpolacionog jezgara, koje su autori ovog rada formirali po ugledu na Polya jezgro [9]. Preciznost procene frekvencije merena je pomoću srednje kvadratne greške (**engl. Mean Square Error, MSE**). Pov-

ećanje preciznosti postignuto je obradom vremenskog diskretnog signala nekim klasičnim prozorskim funkcijama (Hann-ova, Hamming-ova, ...) i izborom optimalnog parametra konvolucionog jezgra. Na osnovu komparativne analize sa rezultatima primene Kejsovog jednoparametarskog [12], kvadratnog [13] i Polya kvazi-racionalnog jezgra [9] procenjena je efikasnost predloženog Polya racionalnog parametarskog interpolacionog jezgra za procenu fundamentalne frekvencije signala

Organizacija ovog rada je sledeća: U sekciji 2 opisane su Polya frekventne funkcije. U sekciji 3 prikazano je Polya racionalno parametarsko interpolaciono jezgro. U sekciji 4 opisan je eksperiment, dobijeni rezultati i analiza rezultata. Sekcija 5 je zaključak.

2. POLYA FREKVENTNE FUNKCIJE

U ovom radu analizira se efikasnost konvolucione interpolacije sa Polya interpolacionim jezgrom. U procesu stvaranja Polya jezgra kreće se od: a) pozitivno definitnih i b) radijalnih funkcija.

2.1 Pozitivno definitne funkcije

Definicija 1. Neprekidna kompleksno-vrednosna funkcija $f : R^d \rightarrow C$ je pozitivno definitna ako je :

$$\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N c_j c_k f(x_j - x_k) \geq 0, \quad (1)$$

za proizvoljan izbor $x_1, \dots, x_N \in R^d, c_1, \dots, c_N \in C$. Funkcija $f(x)$ naziva se striktno pozitivno definitna na R^d , ako je kvadratna forma iz (1) veća od 0 za $c_1, \dots, c_N \in C / \{0\}$.

Jedan od najznačajnijih rezultata o pozitivno definitnim funkcijama i njihovoj karakterizaciji u smislu Furijeove transformacije na skupu R , dao je Bochner 1932. a 1933. i na skupu R^d [6].

Teorema 1 (Bochner). Kompleksna funkcija $f(x)$ je pozitivno definitna funkcija na R^d ako i samo ako je $f(x)$ Furijeova transformacija konačne nenegativne Borelove mere μ na R^d , tj. važi $f(x) = \int_{R^d} e^{-ixy} d\mu(y)$. Osim toga, ako je μ nenegativna konačna Borelova mera na R^d čiji nosač nije skup Lebegove mere nula, onda je $f(x)$ striktno pozitivno definitna.

Dokaz ove teoreme može se videti u [6].

2.2 Radijalne funkcije

Definicija 2. Funkcija $f(x)$ je radijalna ako je $f(x) = F(\|x\|)$, gde je $\|x\|$ Euklidska norma na R^d .

U radu [7] Shoneberg daje karakterizaciju pozitivno definitnih radijalnih funkcija.

Teorema 2 (Schoenberg). Neprekidna funkcija $f(x) = F(\|x\|)$ je pozitivno definitna i radijalna na R^d za svako $d=1,2,\dots$ ako i samo ako se može predstaviti u obliku:

$$F(r) = \int_0^\infty e^{-r^2 t^2} d\mu(t), \quad (2)$$

gde je μ konačna nenegativna Borelova mera na $[0, \infty)$.

Dokaz ove teoreme može se videti u [7].

2.3 Polya frekventne funkcije

Definicija 3. Nenegativna merljiva funkcija $\Lambda(x)$, koja na R zadovoljava uslov $0 < \int_R \Lambda(x) dx < \infty$, naziva se Polya frekventna funkcija ako zadovoljava sledeći uslov: za svaka dva skupa striktno rastućih brojeva:

$$x_1 < x_2 < \dots < x_n \quad y_1 < y_2 < \dots < y_n \quad n=1,2,\dots \quad (3)$$

je:

$$\det \{ \Lambda(x_i - y_j) \}_{1,n} \geq 0. \quad (4)$$

Schoenberg daje potrebne i dovoljne uslove da integralna funkcija bude Polya frekventna funkcija.

Teorema 3 (Schoenberg). Dvostrana Laplasova transformacija Polya frekventne funkcije $\Lambda(x)$ konvergira na vertikalnoj oblasti i može se zapisati kao:

$$\int_{-\infty}^\infty e^{-sx} \Lambda(x) dx = \frac{1}{\Psi(s)}, \quad (5)$$

gde je $\Psi(s)$ cela funkcija oblika:

$$\Psi(s) = C e^{-\gamma s^2 - \delta_0 s} \prod_{m=1}^\infty (1 + s \delta_m)^{-s \delta_m}, \quad (6)$$

$$C > 0, \gamma \geq 0, \delta_m \in R, \quad 0 < \gamma + \sum_{m=1}^\infty \delta_m^2 < \infty. \quad (7)$$

Osim toga, kada je $\gamma > 0$, funkcija $\Lambda(x) > 0$ je klase $C^\infty(R)$ i njeni izvodi $\Lambda^{(n)}(x)$ imaju samo n prostih realnih nula za sve vrednosti n .

Dokaz ove teoreme može se videti u [8].

Interesantna posledica ove teoreme je egzistencija Polya frekventne funkcije $\Lambda(x)$ čija je dvostrana Laplasova transformacija kvaziracionalna funkcija (može se zapisati kao proizvod racionane i cele funkcije). Naime, zamenjujući u formuli (7) $\delta_m = 0$ pri $m > M_0 \geq 1$ dobija se:

$$\int_{-\infty}^\infty e^{-sx} \Lambda(x) dx = \frac{1}{C} e^{\gamma s^2 + \sum_{m=0}^{M_0} \delta_m s} \prod_{m=1}^{M_0} \frac{1}{1 + s \delta_m}. \quad (8)$$

Zamenom u (5) $s = i\omega$ dobija se:

$$\int_{-\infty}^\infty e^{-i\omega x} \Lambda(x) dx = \frac{1}{\Psi(i\omega)}, \quad (9)$$

Sa druge strane zamenom u (8) dobija se:

$$\int_{-\infty}^\infty e^{-i\omega x} \Lambda(x) dx = \frac{1}{C} e^{\gamma (i\omega)^2 + \sum_{m=0}^{M_0} \delta_m i\omega} \prod_{m=1}^{M_0} \frac{1}{1 + i\omega \delta_m}. \quad (10)$$

Zamenom $C=1, M_0=2, \gamma = \delta_0 = 0, 0 < c = \delta_1 = -\delta_2$ u (10) dobija se izraz za racionalno Polya jezgro:

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\alpha x} \Lambda(x) dx = \frac{1}{1+c^2\omega^2} = h(\omega), \quad (11)$$

gde je $\Lambda(x)$ Polya frekventna funkcija:

$$\Lambda(x) = \frac{1}{2c} e^{\left(\frac{-|x|}{c}\right)}. \quad (12)$$

Za $C=1$, $M_0=1$, $\gamma=0$, $0 < c = \delta_1 = -\delta_0$ u (10) dobija se izraz za Polya kvazi-racionalno interpolaciono jezgro:

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\alpha x} \Lambda(x) dx = \frac{1}{1+i\omega c} = h(\omega), \quad (13)$$

sa Polya frekventnom funkcijom:

$$\Lambda(x) = \frac{1}{c} e^{\left(\frac{-x}{c}\right)} \psi(x), \quad (14)$$

gde je $\psi(x)$ Hevisajdova funkcija.

3. POLYA RACIONALNO PARAMETARSKO INTERPOLACIONO JEZGRO

3.1 Jezgro

Uvodeći analogiju sa Polya frekventnom funkcijom, odnosno sa njenom Furijeovom transformacijom (11) konstruisano je parametarsko interpolaciono jezgro:

$$r(f) = \begin{cases} 1/(1+\alpha^2|f|^2), & k-1 \leq |f| \leq k, \quad k=1,2,\dots,L/2 \\ 0 & |f| > L/2 \end{cases}, \quad (15)$$

gde α predstavlja parametar jezgra. Ovaj parametar je moguće podešavati tako da se karakteristike jezgra prilagode odgovarajućem problemu, saglasno nekom kriterijumu. Interpolaciono jezgro (15) ne zadovoljava uslov $r(f_k) = 0$, što kao posledicu dovodi do toga da interpolirana funkcija ne prolazi kroz čvorove. Samim tim ovako generisana funkcija predstavlja aproksimaciju funkcije.

3.2 Algoritam određivanja parametra interpolacionog jezgra

U ovom radu analizirana je problematika procene fundamentalne frekvencije signala analizom u spektralnom domenu. Zbog toga će parametar α biti odabran tako da se minimizira greška procene fundamentalne frekvencije u spektralnom domenu. Algoritam određivanja parametra α interpolacionog jezgra sastoji se od sledećih koraka:

Ulaz: Signal $s(n)$, dužina sekvence N , realna fundamentalna frekvencija f_0 .

Izlaz: Parametar jezgra α_{opt} .

Korak 1: Modifikacija s prozorskom funkcijom w dužine N :

$$s_w = s \cdot w. \quad (16)$$

Korak 2: Primenom diskretne Furijeove transformacije izračunava se spektar X :

$$X = \text{DFT}(s_w, N). \quad (17)$$

Korak 3: Metodom pikovanja određuje se pozicija spektralne komponente sa najvećom amplitudom:

$$k_{max} = \text{peak_picking}(X).$$

Korak 4: Primenom konvolucione interpolacije u okolini k_{max} određuje se rekonstruisana funkcija $X_r(f)$.

Korak 5: Određivanje pozicije maksimuma od $X_r(f)$, odnosno procena fundamentalne frekvencije f_c .

Korak 6: Izračunavanje MSE između procenjene i realne fundamentalne frekvencije u zavisnosti od parametra α .

$$MSE(\alpha) = (f_o - f_e)^2. \quad (18)$$

Korak 7: Lociranje minimuma MSE i određivanje se optimalna vrednost parametra α_{opt} .

4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I ANALIZA

4.1 Eksperiment

Procena optimalnog parametra Polya racionalnog interpolacionog jezgra kao i izbor prozorske funkcije realizovan je primenom algoritama za procenu parametra (opisan u sekciji 3.2) nad test signalom. Test signal je složeni sinusoidni signal oblika:

$$s(t) = \sum_{i=1}^K \sum_{g=0}^M a_i \sin\left(2\pi\left(f_0 + g\frac{f_0}{KM}\right)t + \theta_i\right), \quad (19)$$

gde je f_0 fundamentalna frekvencija, a_i i θ_i amplituda i faza i -tog harmonika respektivno, K broj harmonika, a M broj tačaka između dva sempla. U ovom eksperimentu korišćeni su parametri $f_0=125-140$ Hz, frekvencija semplovanja $f_s=8$ kHz, dužina bloka $N=256$ (32 ms), $K=10$, $M=100$.

4.2. Rezultati

Primenom Polya racionalnog parametarskog jezgra dužine $L=4$ nad test signalom uz primenu Hamming-ovog, Hann-ovog, Blackman-ovog, pravougaonog, Kaiser-ovog i trougaonog prozora, dobijeni su rezultati za MSE_{min} i α_{opt} koji su prikazani u tabeli 1 i na sl.1. U cilju upoređivanja rezultata u tabeli 1 prikazani su i rezultati dobijeni primenom kvadratnog interpolacionog jezgra iz [13], a u tabeli 2 prikazani su rezultati Kejsovog jednoparametarskog interpolacionog jezgra iz [12] i Polya kvazi-racionalnog jezgra.

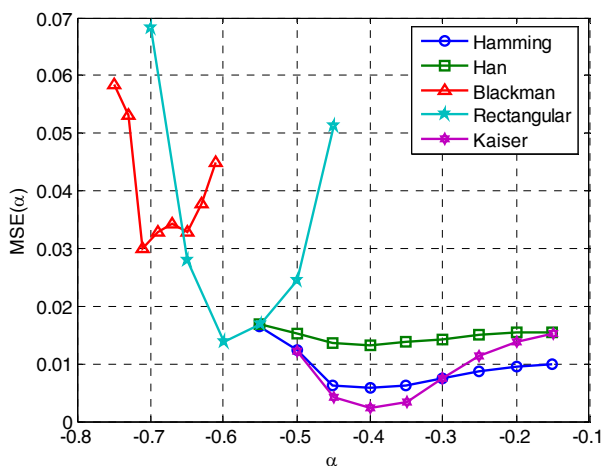
Tbl. 1 Minimalna vrednost MSE primenom predloženog Polya racionalnog i kvadratnog jezgra [13].

Prozor	Polya racionalno		Kvadratno	
	α_{opt}	MSE_{min}	α_{opt}	MSE_{min}
Hamming	-0.4000	0.0058	-1.125	0.8727
Hann	-0.4000	0.0133	-1.100	0.899
Blackman	-0.700	0.0300	-0.915	0.6014
Pravoug.	-0.0500	0.6712	-0.010	0.0726
Kaiser	-0.600	0.0138	-1.065	0.963
Trougaoni	-0.4000	0.0024	-1.140	1.0026

Tbl. 2 Minimalna vrednost MSE primenom Kejsovog jednoparametarskog [12] i Polya kvazi-racionalnog jezgra.

Prozor	Keysovo jednop.		Polya kvazi-rac.	
	α_{opt}	MSE_{min}	α_{opt}	MSE_{min}
Hamming	-1.01	0.0068	-0.45	0.0068
Hann	-0.88	$6.38 \cdot 10^{-4}$	-0.45	0.0138

Blackman	-0.80	$4.36 \cdot 10^{-4}$	-0.70	0.0300
Pravoug.	-2.64	0.1805	-0.06	0.6717
Kaiser	-1.13	0.0058	-0.70	0.0155
Trougaoni	-1.03	0.0015	-0.45	0.0044



Sl. 1. $MSE(\alpha)$ u zavisnosti od primenjene prozorske funkcije.

4.3 Analiza rezultata

Na osnovu rezultata iz Tbl. 1 i 2 zaključuje se da je:

a) najmanje MSE dobijeno za trougaonu prozorsku funkciju. U odnosu na druge prozorske funkcije trougaona je pokazala bolje rezultate: a) 59% (Hamming), b) 82% (Han), c) 92% (Blackman), d) 83% (Kaiser) i e) 99% (pravougaona),

b) u odnosu na Kejsovo jednaparametarsko kubno konvoluciono jezgro [12] kod kojeg su najbolji rezultati dobijeni primenom Blackman-ovog prozora, Polya jezgro je pokazalo $MSE_{\min \text{ troug. polya.}} / MSE_{\min \text{ Black. keys}} = 3.76$ puta veću grešku,

c) poređenjem sa rezultatima dobijenim primenom kvadratnog interpolacionog jezgra [13] gde je najmanje MSE za pravougaonu prozorsku funkciju, zaključuje se da racionalno Polya jezgro ima $MSE_{\min \text{ pravoug. kvadratno}} / MSE_{\min \text{ troug polya}} = 30.25$ puta manju srednje kvadratnu grešku,

d) u odnosu na kvazi racionalno Polya interpolaciono jezgro kod kojeg su najbolji rezultati dobijeni primenom trougaone prozorske funkcije predloženo jezgro je pokazalo $MSE_{\min \text{ troug kvazi polya}} / MSE_{\min \text{ troug polya}} = 1.83$ puta manju grešku.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu su prikazani rezultati primene Polya racionalnog parametarskog interpolacionog jezgra kod procene fundamentalne frekvencije signala. U cilju minimiziranja MSE-a implementirane su neke prozorske funkcije. Detaljna analiza pokazala je da je najbolji izbor trougaona prozorska funkcija. Poređenjem dobijenih rezultata sa rezultatima procene fundamentalne frekvencije primenom kvadratnog konvolucionog jezgra [13] i jezgra iz [12] dobijen je odnos minimalnih MSE-a, odakle se zaključuje da je predloženo Polya

jezgro efikasnije u odnosu na kvadratno konvoluciono jezgro i Polya kvazi-racionalno parametarsko jezgro, dok je pokazalo manju efikasnost u odnosu na jednaparametarsko Kejsovo kubno konvoluciono jezgro. Kako je odlika ovog jezgra mala numerička složenost može se primeniti za rad u realnom vremenu.

LITERATURA

- [1] M. D. Buhmann, *Radial Basis Functions*, Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press, 2003.
- [2] T. Blu and M. Unser, "Wavelets, fractals, and radial basis functions", *IEEE Trans. Signal Processing*, vol.50, no.3, pp. 543-553, Mar.2002.
- [3] Z. Wu, "Compactly supported positive definite radial functions", *Advances in Computational Mathematics*, vol.4, pp. 283-292, 1995.
- [4] C. Frank, R. Schaback, "Solving partial differential equations by collocation using radial basis functions", *Appl. Math. Comput.*, vol.93, pp.73-83, 1998.
- [5] T. Poggio and F. Girosi, "Networks for approximation and learning", *IEEE*, vol.78, pp. 1481-1497, 1990.
- [6] S. Bochner, "Monotone Funktionen, Stieltjes integrale und harmonische analyse", *Math. Ann*, vol.108, pp. 378-410, 1933.
- [7] I. J. Schoenberg, "Metric spaces and completely monotone functions", *IEEE, Ann. Math.*, vol.39, pp. 811-841, 1938.
- [8] I. J. Schoenberg, "On totally positive functions, Laplace integrals and entire functions of the Laguerre-Polya Schur type", *J.d. Ann. Math.*, vol.1, pp. 331-374, 1951.
- [9] L. Knockaert, D. D. Zutter and T. Dhaene "Adaptive Interpolation Based on Polya Frequency Functions", *IEEE Trans. On Signal Processing*, vol. 56, No.10, pp. 4683-4691, Oct. 2008.
- [10] R. G. Keys, "Cubic convolution interpolation for digital image processing", *IEEE Trans. Acoust. Speech & Signal Processing*, vol. ASSP-29, pp. 1153-1160, Dec. 1981.
- [11] K.S. Park and R.A. Schowengerdt, "Image reconstruction by parametric cubic convolution", *Computer Vision, Graphics & Image Processing*, Vol. 23, pp. 258-272, 1983.
- [12] Z. Milivojević, D. Brodić, "Estimation Of The Fundamental Frequency Of The Real Speech Signal Compressed By MP3 Algorithm", *Archives of Acoustics*, Vol. 38. No. 3, pp. 363-373, 2013.
- [13] N.Savić, Z.Milivojević and D. Brodić, " Estimation of frequency of a signal by means of interpolation with a quadratic convolution kernel", *ETF Journal of Electrical Engineering*, Vol. 20, pp. 40-49, 2014.

PRIMENA ITERATIVNOG ALGORITMA ZA POPRAVKU KVALITETA EKSTRAHOVANOG VODENOG ŽIGA IZ VIDEA STRIMOVANOG U BEŽIČNOM OKRUŽENJU

APPLICATION OF ITERATIVE ALGORITHM FOR ENHANCEMENT OF EXTRACTED WATERMARK FROM THE VIDEO STREAMED IN A WIRELESS ENVIRONMENT

Zoran Veličković, Zoran Milivojević, *Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš*
Milojko Jevtović, *Inženjerska akademija Srbije*

Sadržaj: *Dokazivanje vlasništva nad digitalnim video sadržajem je često skopčano sa nizom problema. Jedan od načina zaštite autorskih prava je ugradnja nevidljive informacije - vodenog žiga u sam video sadržaj. Izdvajanje ugrađenog vodenog žiga je posebno otežano u bežičnom mrežnom okruženju koje je podložno odbacivanju paketa. Iako su multimedijalne aplikacije tolerantne na gubitak paketa, to se ne može reći za algoritme njihove ekstrakcije. U ovom radu je pokazano da se iterativni algoritam za unapređenje kvaliteta ekstrahovanog vodenog žiga može uspešno primeniti i u bežičnom okruženju. Efikasnost algoritma je evaluirana u simuliranom bežičnom okruženju sa varijacijom procentom odbačenih paketa.*

Abstract: *Proving ownership of the digital video content is often fraught with problems. One of the ways of copyright protection is invisible installation information - the watermark in the video content. Separation of the embedded watermark is especially difficult in a wireless network that is surrounded subject to packet dropping. Although multimedia applications are tolerant to packet loss, it can not be said for their extraction algorithms. In this paper it is shown that the iterative algorithm to improve the quality of the extracted watermark can be successfully applied in the wireless environment. The efficiency of the algorithm is evaluated in simulated wireless environment with variations of the percentage of dropped packets.*

1. UVOD

Značajna tehnološka unapređenja digitalnih komunikacionih mreža su doprinela da razmena multimedijalnih sadržaja na Internetu postaje dominantni oblik mrežnog saobraćaja [1]. Laka dostupnost, kao i osobina digitalnih multimedijalnih sadržaja da se kopiranjem ne gubi na kvalitetu, doveli su do pojave nelegalnih kopija i njihove nelegalne distribucije. Nelegalno kopiranje i distribucija multimedijalnih sadržaja su posebno izraženi u muzičkoj i filmskoj industriju. O razmerama ove pojave najbolje govori podatak da na nelegalno filmsko tržište otpada oko 35.2% ukupno piratizovanih multimedijalnih sadržaja [2]. U piratizovanom okruženju, autori multimedijalnih sadržaja se često suočavaju sa problemom dokazivanja vlasništva pri pokušaju ostvarivanja svojih autorskih prava.

U cilju zaštite multimedijalnih sadržaja od nelegalnog kopiranja i distribucije, razvijene su brojne metode zasnovane na hardverskim i/ili softverskim rešenjima [3]. U zavisnosti od primene, koriste se specijalizovane kriptografske metode, odnosno, tehnike insertovanja nevidljive informacije - vodenog žiga u multimedijalni sadržaj. Kriptografske metode se primenjuju u zaštiti multimedijalnog sadržaja prilikom prenosa kroz komunikacioni kanal, dok se tehnike vodenog žiga koriste u zaštiti vlasništva, praćenju formiranja digitalnih kopija, kontroli pristupa i slično.

Proces insertovanja, odnosno, ekstrakcije vodenog žiga iz kodovanog videa je skopčan sa nizom problema. Sam proces kodovanja video sadržaja se bazira na zanemarivanju detalja iz frejmova u prostornom i vremenskom domenu. Zanemarivanje detalja iz videa će naravno negativno uticati

na algoritme ekstrakcije vodenog žiga iz kodovanog videa. Proces ekstrakcije vodenog žiga iz videa je još izazovniji kada se multimedijalne komunikacije odvijaju u okruženju sa smetnjama. Problemi varijabilnih karakteristika prenosnog medijuma i pojava smetnji su posebno izraženi kod bežičnih komunikacija. Pojava sporog i brzog fedinga u bežičnim komunikacijama može prouzrokovati ograničenja ili čak privremenu zabranu pristupa podacima. Posledica fedinga u bežičnim okruženju može biti smanjenje mrežnog protoka kao posledica gubljenja paketa, kašnjenja paketa i varijacije kašnjenja paketa.

Algoritmi kodovanja video sadržaja se zasnivaju na nesavršenosti ljudskog vizuelnog sistema HVS (engl. *Human Visual System*), tako da se kod multimedijalnih komunikacija može tolerisati izvestan gubitak paketa. Procenat izgubljenih paketa koji se može tolerisati zavisi od tipa multimedijane usluge i kreće se od 1% do 3% [4]. Iako su multimedijalne komunikacije tolerantne na gubitak paketa, one su veoma netolerantne na kašnjenje paketa. Dozvoljeno kašnjenje paketa takođe zavisi od tipa multimedijalne komunikacije i kreće se od 150 ms do 400 ms [4]. Paketi koji imaju veće kašnjenje od dozvoljenog biće odbačeni od strane same multimedijalne aplikacije. Širina propusnog opsega, gubitak paketa, kašnjenje paketa i varijacija kašnjenja paketa su osnovni parametri kojima se meri tehnički kvalitet multimedijalne usluge. Sa druge strane, poslovne aplikacije su netolerantne na gubak paketa, ali su tolerantne na kašnjenje paketa, tako da se u multimedijalnom mrežnom čvoru može obaviti raspodela resursa na način tako da se svakoj aplikaciji dodeli minimum zahtevanih resursa [5].

Pored toga što gubitak paketa nepovoljno utiče na zadovoljstvo korisnika radom mrežnih aplikacija QoE (engl.

Quality of Experience), on negativno utiče i na kvalitet ekstrahovanog vodenog žiga iz multimedijalnog sadržaja. Odbacivanje paketa u multimedijalnim aplikacijama se ne mora manifestovati u primetnoj degradaciji multimedijalnog sadržaja, ali ima značajan uticaj na algoritme ekstrakcije vodenog žiga iz multimedijalnog sadržaja. Jasno je da nedostajući paketi negativno utiču na kvalitet ekstrahovanog vodenog žiga. Ovaj problem je još izraženiji kod video aplikacija obzirom na činjenicu da su one tolerantne na gubitak paketa, što ne pogoduje algoritmima ekstrakcije.

U ovom radu je razmatran kvalitet ekstrahovanog vodenog žiga iz zaštićenog videa koji je kodovan H.264/AVC koderom. Pod zaštićenim videom se u ovom radu smatra nekodovan video u koji je insertovan vodeni žig. U radu je prikazan iterativni algoritam popravke kvaliteta vodenog žiga iz skupa ekstrahovanih žigova [6]. Rad iterativnog algoritma je evaluiran u bežičnom okruženju sa simuliranim gubitkom paketa. Pokazano je da iterativni algoritam može dostići kvalitet ekstrahovanog žiga u okruženju bez smetnji pod određenim uslovima.

U drugom poglavlju je prikazan H.264/AVC koder sa svojim specifičnostima kao i skupom alata (profilom) kojim se određuje kvalitet kodovanja. U trećem poglavlju su prikazani pouzdanimi algoritmi za utiskivanje i ekstrakciju vodenih žigova iz nekodovanog videa na bazi SVD dekompozicije. Takođe, u ovom poglavlju je prikazan algoritam za popravljavanje kvaliteta ekstrahovanog vodenog žiga bez obzira na izabrani kodni profil. U četvrtom poglavlju su prikazani dobijeni rezultati u simuliranom okruženju sa smetnjama. Kvalitet ekstrahovanih žigova je kompariran objektivnim parametrom kvaliteta SSIM. U petom poglavlju su izvedeni određeni zaključci bazirani na dobijenim rezultatima.

2. H.264/AVC KODEK

Po svojoj prirodi video predstavlja niz korelisanih slika u prostornom i vremenskom domenu [7]. Algoritmi kompresije primenjeni u H.264/AVC standardu su bazirani na uklanjanju redundansnih informacija iz videa. Predikcija sadržaja tekućeg frejma se obavlja na bazi jednog ili više prethodnih ili budućih frejmova koji se nazivaju referentnim frejmovima. Pouzdanost predikcije se postiže kompenzacijom pokreta između referentnog i tekućeg frejma. Tako se razlikuju frejmovi tipa I (intra), P (inter), B (bidirectional), SP i SI koji koriste jedan ili više (prethodnih ili budućih) referentnih frejmova. SP i SI frejmovi se koriste za prelazak sa jedne bitske brzine na drugu. U H.264/AVC se definiše makroblok kao region u slici određen sa 16×16 piksela koji predstavlja osnovnu jedinicu za kompenzaciju pokreta. Moćan mehanizam istraživanja sličnosti u tekućoj slici ili slikama koje prethode, odnosno, slede, predstavlja osnovu predikcionih modela H.264 koda. Predviđajući sadržaj pojedinih delova slike na osnovu uočenih sličnosti, moguće je formirati „residualni frejm“ sa znatno manje podataka. Posledica ovog pristupa može biti zanemarivanje finih detalja u frejmu što će imati negativan efekat na insertovani žig. Rezultat ovog pristupa je varijabilni kvalitet videa, samim tim i izdvojenog žiga, naročito na nižim bitskim brzinama i okruženjima sa smetnjama. U prethodnim radovima je opisan i testiran iterativni algoritam popravke

insertovanog vodenog žiga u video kodovanom H.264/AVC koderom u okruženju bez smetnji [6]. U ovom radu biće prikazani rezultati popravke vodenog žiga u okruženju sa smetnjama. Testiran je metod H.264 dekodera koji vrši zamenu nedostajućih delova tekućeg frejma sa odgovarajućim delovima iz frejmova koji su mu prethodili ili koji slede, a već su korektno dekodovani.

Da bi se omogućila primena H.264 standarda na što širem skupu uređaja (različitog kvaliteta i formata), formirani su *profili* (engl. *profiles*) kojima je determinisan skup alata za generisanje kompresovanog video strima [7]. H.264/AVC standardom su definisani sledeći profili: Baseline, Extended, Main, i High. Main profil podrazumeva I, P i B frejmove, kao i alate za pospešivanje otpornosti kodovanog strima na greške. Extended profil je nadskup Baseline profilu uz dodatak B, SP i SI frejmova. Otpornost na greške je unapređena formiranjem više particija podataka DP (engl. *Data Partition*) u jednom frejmu. Baseline profil uključuje I i P frejmove i neke osnovne alate za otpornosti na greške FMO (engl. *Flexible Macroblock Order*), ASO (engl. *Arbitrary Slice Order*) i RS (engl. *Redundant Slices*) kao i entropijsko kodovanje CAVLC (engl. *Context-Adaptive Variable-Length Coding*). Main profili su predviđeni za televiziju i zabavnu korisničku elektroniku. Extended profil je efikasno primenljiv u strimovanju videa. Za profesionalnu upotrebu, standardna verzija H.264/AVC koda je proširena dodavanjem novih kodnih alata. Ovako proširena verzija je poznata pod nazivom FRExt [8].

3. ALGORITMI ZA UGRADNJU/EKSTRAKCIJU VODENOG ŽIGA

U primeni su dve velike klase algoritama za ugradnju vodenih žigova u multimedijalni sadržaj. Jedna klasa algoritama se bazira na insertovanju vodenog žiga u prostornom domenu (engl. *spatial domain*), dok se druga klasa algoritama zasniva na modifikovanju koeficijenata u transformacionom domenu (engl. *transform domain*). U slučaju kada se prva klasa algoritama primenjuje na video, vodeni žig je sakriven u vrednostima lumentne komponente prostorno raspoređenih piksela slike. Druga klasa algoritama se bazira na modifikaciji (modulisanju) transformacionih koeficijenata video sadržaja na osnovu transformacionih koeficijenata vodenog žiga. Transformacioni koeficijenti se mogu izračunati primenom DCT-a (engl. *Discrete Cosine Transform*), FFT-a (engl. *Fast Fourier Transform*) ili SVD-a (engl. *Singular Value Decomposition*). Inverznim postupkom se iz modifikovanih transformacionih koeficijenata mogu ekstrahovati insertovane informacije. Na osnovu ekstrahovanih informacija se formira insertovana slika čime se dokazuje vlasništvo nad multimedijalnim sadržajem [6].

Pre kodovanja H.264 koderom, u svaki frejm nekompresovanog videa je insertovan vodeni žig. Insertovanje vodenog žiga u video zavisi od faktora insertovanja α (0,1), dok je kodni profil definisan skupom parametra H.264 koda.

Pouzdanost SVD algoritam

Za insertovanje vodenog žiga u sliku u ovom radu je korišćen algoritam baziran na SVD dekompoziciji koji

otklanja problem lažne detekcije žiga [3]. Primenom ovog algoritma insertovanja na svaki frejm iz nekodovane video sekvence, dobija se zaštićeni video. Ulazni, odnosno, izlazni parametri algoritma za ugradnju vodenog žiga su:

Ulaz:

- Niz matrica $A_{m \times n}$ koje predstavljaju nekodovane frejmove video sekvence.
- Matrica $W_{m \times n}$ koja predstavlja sliku - vodeni žig koji se ugrađuje u video.
- Faktor utiskivanja $0 < \alpha < 1$.

Izlaz:

- Niz matrica $A_{w_{m \times n}}$ koje predstavljaju zaštićeni video.

Detalji modifikovanog algoritma ugradnje i ekstrakcije vodenog žiga se mogu naći u prethodnim radovima autora.

Algoritam za unapređenje kvaliteta vodenog žiga

Varijacije kvaliteta dekodovanog videa su posledice varijabilnog multimedijalnog sadržaja, numeričkih zaokruživanja u algoritmima ugradnje vodenog žiga kao i smetnji nastalih na prenosnom putu. Posledica varijabilnog kvaliteta videa je i varijabilni kvalitet ekstrahovanog vodenog žiga, tako da je u nekim situacijama neophodno primeniti algoritme za popravku kvaliteta ekstrahovanih vodenog žiga [6]. Algoritmima za poboljšanje kvaliteta vodenog žiga je na raspolaganju veliki broj žigova relativno lošeg kvaliteta. Osnovna ideja iterativnog algoritma za popravku kvaliteta ekstrahovanog žiga se sastoji u usrednjavanju luminiscentne komponente vodenih žigova na odabranom podskupu ekstrahovanih žigova. Kao kandidati za usrednjavanje koriste se žigovi sa najvećim SSIM (engl. *Structural SIMilarity Index*) indeksom kvaliteta. SSIM indeks se određuje na sledeći način:

$$SSIM = \frac{(2\mu_x\mu_y + C_1) \cdot (2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1) \cdot (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)}, \quad (1)$$

gde su μ , σ su srednja vrednost, odnosno, standardna devijacija luminiscencije originalnog (x), odnosno, ekstrahovanog žiga (y), dok su C_1 i C_2 pozitivne stabilizacione konstante.

Prvo usrednjavanje luminiscentne komponente vodenog žiga se obavlja između žigova sa najvećim faktorom kvaliteta SSIM. Ako je vrednost SSIM-a dobijenog žiga veća od vodenog žiga sa najvećim kvalitetom, tako dobijeni žig se prihvata kao najbolji, i on dalje učestvuje u procesu usrednjavanja. Pseudo algoritam poboljšanja kvaliteta video žiga je prikazan sledećom procedurom:

1. Određivanje SSIM faktora svih ekstrahovanih žigova i formiranje opadajućeg niza žigova sa najvećim SSIM faktorima.
2. Formiranje novog video žiga od srednjih vrednosti luminiscentnih komponenti od dva vodena žiga sa najvećim SSIM parametrima.
3. Odrediti parametar SSIM za novoformirani vodeni žig.

4. Ako je SSIM novoformiranog žiga veći od SSIM-ova žigova od kojih je nastao, koristiti ga u daljim izračunavanjima, inače odbaciti ga.
5. Ako nisu obrađeni svi vodeni žigovi pređi na korak 2, inače idi na korak 6.
6. Poboļjšani video žig je novoformirani – usrednjeni video žig.

4. PRIKAZ I ANALIZA REZULTATA

Kao vodeni žig u ovom radu korišćen je centralni deo poznate slike „Lena“ u rezoluciji 352×288 piksela. U prikazanim eksperimentima korišćeno je prvih 50 frejmova nekodovanog video strima „Foreman.cif“ u istoj rezoluciji, dok je izabran konstantan faktor utiskivanja $\alpha=0.05$. Za kodovanje i dekodovanje video sekvenci u ovom radu korišćen je JM referentni softver koji predstavlja oficijelno izdanje ITU-a (engl. *International Telecommunication Union*) u verziji 18.4 FRExt [7]. Kodovanje zaštićenog videa obavljeno je alatima iz *Main* profila, sa GoP-om od 12 frejma, jednim referentnim frejmom i jednim B frejmom. Testiranje algoritma za popravku kvaliteta ekstrahovanog vodenog žiga iz kodovanog videa je vršeno u bežičnom okruženju. Obavljena su dva testa. U prvom testu simulirano je bežično okruženje u kome je odbačeno 1% paketa, i drugi, u kome je odbačeno 2% paketa iz H.264 video strima.

Na slikama od 1 do 4 su prikazani fremovi dekodovanog zaštićenog videa u okruženju sa smetnjama. Radi očitavanja osnovnih podataka za dekodovanje video strima, sprečeno je odbacivanje paketa sa početka video strima. Kod frejmova čiji su paketi odbačeni, H.264 dekodirer je izvršio zamenu nedostajućih delova u oštećenim frejmovima iz frejmova koji mu prethode ili koji slede, a korektno su primljeni. Korigovani i korektno primljeni frejmovi čine dekodovani video na prijemu. Na slici 1 je prikazan izgled dekodovanih zaštićenih frejmova sa rednim brojem 31 i 32 dobijenih u bežičnom okruženju u kome je odbačeno 1% paketa. Sa slike 1 se može uočiti da nema uočljivih artefakata u prikazanim frejmovima. Na slici 2 prikazan je izgled dekodovanih zaštićenih frejmova sa rednim brojem 33 i 34 dobijenih u bežičnom okruženju u kome je odbačeno 1% paketa. Na slikama se zapažaju artefakti nastali kao posledica zamene odbačenih paketa. Na slici 3 prikazani su frejmovi 31 i 32 dekodovani u bežičnom okruženju u kome je odbačeno 2% paketa. Sada su primentni artefakti na oba prikazana frejma za razliku od onih prikazanih na slici 1. Ovo je posledica dupliranja broja odbačenih paketa. Na slici 4 prikazani su frejmovi 34 i 35 dekodovani u istom bežičnom okruženju. Na ovim frejmovima se može uočiti značajno narušavanje sadržaja slike što se može pripisati progresivnom prostiranju grešaka kroz frejmove. Na slikama 5 i 6 su prikazane vrednosti SSIM parametra za okruženje sa 1% (levo), odnosno 2% odbačenih paketa (desno) za svaki frejm. Na slici 5 je prikazana progresivna popravka SSIM parametra primenom iterativnog algoritma za popravku kvaliteta vodenog žiga. Na slici 6 su prikazani SSIM parametri ekstrahovanih vodenih žigova koji čine skup nad kojim je primenjen iterativni algoritam. Drastično snižavanje SSIM parametra se jasno može uočiti počevši od 24. frejma što je posledica odbacivanja paketa u bežičnom okruženju.



Slika 1. Frejmovi 31 (levo) i 32 (desno) dekodovane video sekvence sa 1% odbačenih paketa.



Slika 2. Frejmovi 34 (levo) i 35 (desno) dekodovane video sekvence sa 1% odbačenih paketa.

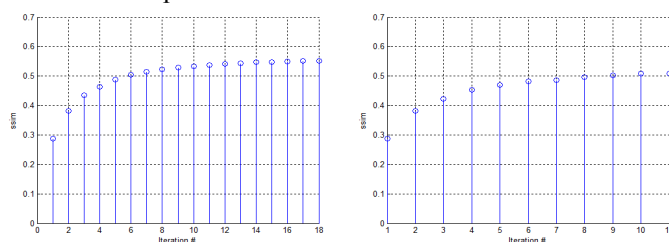


Slika 3. Frejmovi 31 (levo) i 32 (desno) dekodovane video sekvence sa 2% odbačenih paketa.

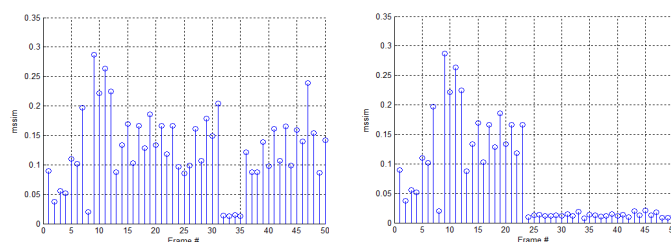


Slika 4. Frejmovi 34 (levo) i 35 (desno) dekodovane video sekvence sa 2% odbačenih paketa.

U okruženju sa 1% odbačenih paketa iterativni algoritam unapređenja kvaliteta je realizovao SSIM faktor 0.55182, dok je u okruženju sa 2% odbačenih realizovao SSIM faktor 0.508. Na slici 7 je prikazan izgled unapređenog vodenog žiga u okruženju sa 1% odbačenih paketa (levo), odnosno, 2% odbačenih paketa.



Slika 5. Iterativne vrednosti SSIM parametra ekstrahovanog vodenog žiga za video sekvence sa 1% (levo), odnosno, 2% (desno) odbačenih paketa.



Slika 6. Vrednost SSIM parametra za okruženje sa 1% (levo), odnosno 2% odbačenih paketa (desno).

Iteration #17, ssim =0.55182, DCT-SVD: Extr. watermark, $\alpha=0.05$ Iteration #10, ssim =0.508, DCT-SVD: Extr. watermark, $\alpha=0.05$



Slika 7. Unapređeni kvalitet ekstrahovanog vodenog žiga sa 1% (levo), odnosno, 2% (desno) odbačenih paketa.

5. ZAKLJUČAK

U cilju dokazivanja vlasništva nad video sadržajem razvijeni su pouzdani algoritmi ugradnje, odnosno, ekstrakcije vodenih žigova iz videa. Kako u procesu kodovanja zaštićenog videa dolazi do degradacije kvaliteta samog videa, to ima uticaja i na ekstrakciju insertovanog vodenog žiga. Proces ekstrakcije vodenog žiga se još više usložnjava u bežičnom okruženju, gde je odbacivanja paketa česta pojava. U radu je pokazano da se kvalitet ekstrahovanog vodenog žiga iz videa u okruženju sa smetnjama može unaprediti primenom iterativnog algoritma. Tako je SSIM parametar unapređenog vodenog žiga u okruženju sa 1% odbačenih paketa iznosio 0.55182, dok je u okruženju sa 2% odbačenih paketa iznosio 0.508. Nivo unapređenja kvaliteta vodenog žiga zavisi od broja i kvaliteta ekstrahovanih žigova.

LITERATURA

- [1] M. Jevtović, Z. Veličković, "Kvalitet usluga digitalnih mreža", Akademska misao, Beograd, 2014.
- [2] <http://www.go-gulf.com/blog/online-piracy/>
- [3] C. Jain, S. Arora, P. Panigrahi, "A Reliable SVD based Watermarking Scheme", Journal CoRR, vol. abs/0808.0309, 2008, <http://dbpl.uni-trier.de>.
- [4] ITU-T Recommendation G. 1010: End-user multimedia QoS categories – ITU-T, 2001.
- [5] Z. Veličković, M. Jevtović, V. Pavlović, "Throughput Cross-layer Optimization in Slow Wireless Fading Channel", International Journal Elektronika Ir Electrotehnika, Vol. 19, No 6, pp. 131-137, 2013.
- [6] Z. Veličković, Z. Milivojević, M. Jevtović, „Iterative Algorithm for improvements of the quality of the watermark in the H.264 encoded video“, Vol. 2, pp. 112-117, UNITECH, 2014.
- [7] ITU-T, Recommendation H.264, Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services, ITU-T, 2011.
- [8] JM reference software version 16.0, <http://iphone.hhi.de/suehring/tml/>, July 2009.

PREGLED MATEMATIČKIH MODELA MORSKIH STRUJA REVIEW OF MARINE CURRENT MATHEMATICAL MODELS

Martin Čalasan, Vladan Vujičić, Gojko Joksimović, *Faculty of Electrical Engineering, University of Montenegro, Podgorica*
Nikola Šoć, *Montenegrin Electric Enterprise AD Niksic*
Chen Hao, *China University of Mining and Technology*

Sadržaj – Modelovanje generatorskih sistema pokretanih snagom morskih struja zahtijeva poznavanje matematičkog modela morskih struja. Pregled matematičkih modela morskih struja predstavlja predmet analize ovoga rada. Za svaki navedeni matematički model prikazani su simulacioni rezultati brzine morske struje u funkciji vremena. Takođe, koristeći matematički model morskih struja baziran na Stockesovim modelu prvog reda, prikazana je vremenska zavisnost brzine morskih struja u funkciji dubine mora. Svi navedeni modeli su implementirani, a prikazani simulacioni rezultati dobijeni, u programskom paketu MATLAB.

Ključne riječi - morske struje, matematički model, simulacioni rezultati

Abstract – Marine current generator systems modeling requires knowledge of mathematical models of ocean currents. Review of mathematical models of ocean currents is the topic of this paper. For any of listed marine current mathematical models simulation results of marine current velocity as a function of time is presented. Also, using the mathematical model of ocean currents based on the first order Stockes model, the time-dependence of the marine current speed, as a function of the ocean depth, is presented. All mentioned mathematical models are implemented, and simulation results obtained, using the software package MATLAB.

Key words – marine current, mathematical models, simulation results

1. INTRODUCTION

The rate of using of the fossil fuels becomes unsustainable, which causes all the countries of the world to start looking for a new ways to address the lack of the energy. This primarily refers to the development of new renewable energy technologies, such as the use of solar energy, wind energy, ocean currents and similar [1].

The oceans cover more than 70% of the Earth's surface, which represents very interesting source of energy. Currently, energy of ocean, as an energy source, is very rarely used because there are a small number of power plants which use its energy. However, since the renewable sector is gaining importance, the use of energy of the ocean will have a growth trend.

The main potential sources of ocean energy are waves, ocean currents and ocean thermal energy. The energy of ocean winds is also the energy of the ocean, although it does not come directly from the sea (ocean). In the future, the energy of the ocean, expressed through any type of energy, must surely be used [2-3]. Currently, the most interesting form of ocean energy is the energy of the ocean currents [4-13].

Mathematical model of the marine current speed is necessary for analysing complete marine generator system. In literature one can found different mathematical models of the marine current speed. Some of them are based on the spectral analysis of the marine current (JONSWAP spectar [9-11], Pierson-Moskowitz [9-10]), while others are based on the applications of the Stockes models of the swell [12-13].

In this paper, the detailed review of the most important mathematical models of the marine current speed will be given. Also, the simulation waveforms of total marine current

speed, represented by different mathematical model will be given and compared. The special attention will be given on the vertical distibution of the marine current speed, which is not a subject of the papers [10-13].

The paper is organized as follows. The mathematical models of the marine current speed, represented by JONSWAP and Pierson-Moskowitz spectrum, are given in Section II. In Section III are given the same mathematical model represented by Stockes models of swells. The simulation results of the marine current speed, represented by using different mathematical models, are given in Section IV.

2. MARINE CURRENT SPEED MATHEMATICAL MODEL BASED ON THE JONSWAP I PIERSON-MOSKOWITZ SPECTRUM

Mathematical model of the marine current speed can be represented by the following formula:

$$V(t) = V_{tide} + \sum_i \frac{2\pi a_i}{T_i} \frac{\cosh\left(2\pi \frac{z+d}{L_i}\right)}{\sinh\left(2\pi \frac{d}{L_i}\right)} \cos 2\pi \left(\frac{t}{T_i} - \frac{x}{L_i} + \phi_i \right). \quad (1)$$

Eq. (1) contains two parts: the first term V_{tide} represents the predicted tidal speed, which can be regarded as a constant during a period less than an hour; the second term represents the current speed oscillation caused by the swell. Each swell frequency component is calculated based on the swell spectrum and ocean wave theories. The angle ϕ_i represents the initial phase angle of each frequency component which is given randomly. The swell characteristics d , L , T_i , y , and

x are given in Fig. 1. In the mentioned paper [11], for mathematical representation of the marine current speed, JONSWAP spectar is used. Its mathematical representation is:

$$S(f) = \beta_i \frac{H_s}{T_p^4} \frac{1}{f^5} \exp\left(-\frac{4}{5} \frac{1}{T_p^4} \frac{1}{f^5}\right) \gamma^y \quad (2)$$

where, $Y = \exp\left[-\frac{(T_p f - 1)^2}{2\sigma^2}\right]$, $\sigma = \begin{cases} 0.07, f \leq 1/T_p \\ 0.09, f \geq 1/T_p \end{cases}$,

and

$$\beta_i = -\frac{0.0624(1.094 - 0.0295 \ln \gamma)}{0.22 + 0.0338 \gamma - 0.185(1.9 + \gamma)}$$

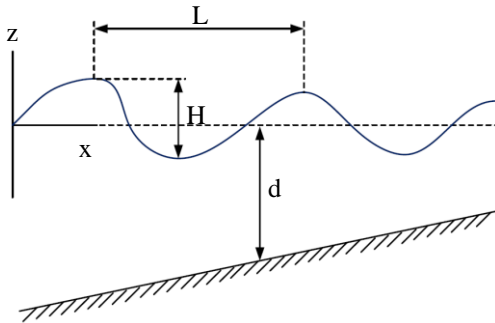


Figure 1. Swell characteristics

The parameter γ , which controls the sharpness of the spectral peak, is called peak enhancement factor. T_p is dominant period of the swell spectar, while f represent any spectral frequency. In [11] is noted that the amplitude of each frequency components a_i can be calculated by

$$a_i = \sqrt{2S(f_i) \Delta f_i} \quad (3)$$

The marine current swell spectrum can be represented also by using Pierson-Moskowitz spectrum. The Pierson-Moskowitz spectrum, in comparison with JONSWAP spectrum, has smaller values in the frequency range around the dominant frequency. The mathematical model of the Pierson-Moskowitz spectrum, presented in [9, 10], is:

$$S_{PM}(f) = \frac{5}{16} H_s \frac{f_P}{2\pi f^5} \exp\left(-\frac{5}{4} \left(\frac{f_P}{f}\right)^4\right) \quad (4)$$

As it is noted, in [11] the predicted tidal speed is assumed to be constant (Zhou model). However, in [12] this component of the marine current speed is presented by the following equation

$$V_{tide} = V_0 + A \cos \omega_1 t + B \cos \omega_2 t \quad (5)$$

where A , B , V_0 , ω_1 and ω_2 are constant (Benelghali model).

3. STOCKES MODELS OF THE MARINE CURRENT SPEED

For marine current speed representation one can use Stockes models from the fluid theory [12, 13]. In [14], for

mathematical representation of the marine current speed, the first order Stockes model is used. It can be presented as follows:

$$V_{(x)} = -\frac{H}{2} \frac{gk}{\omega} \frac{\cosh[k(z+d)]}{\cosh(kd)} \sin(kx - \omega t) \quad (6)$$

In the above paper, the second order Stockes model is also given,

$$V_{2(x)} = V_{(x)} - \left(\frac{H}{2}\right)^2 \frac{gk}{\omega} \frac{3 \cosh[2k(z+d)]}{4 \sinh^2(kd) \cosh(kd)} \sin(2(kx - \omega t)), \quad (7)$$

Also, in [12] the third order Stockes model can be found:

$$V_{3(x)} = V_{2(x)} - \left(\frac{H}{2}\right)^3 \frac{gk^2}{\omega} \frac{33 - 6 \cosh(2kd) \cosh[3k(z+d)]}{64 \cosh(kd) \sinh^8(kd)} \sin(3(kx - \omega t)). \quad (8)$$

4. SIMULATION RESULTS

In order to compare different mathematical models of the marine current speed, the implementation of Eq. (1-8) is done in program package MATLAB.

Figure 2 shows the simulation waveform of total marine current speed, represented by JONSWAP (SJS) i Pierson-Moskowitz (SPMS) spectrum, and its difference, under the swell effect $V_{tide} = \text{const} = 2\text{m/s}$ (Zhou model). The tidal speed is assumed as 2m/s, while $H_s = 3\text{m}$, $T_p = 13.2\text{s}$, $\gamma = 7$. $d = 30\text{m}$, $L = 250$, $x = z = 0$ [11]. As it can be seen, and as it is expected, the marine current speed presented by the JONSWAP spectrum is greater than in the case when Pierson-Moskowitz (SPMS) spectrum is used.

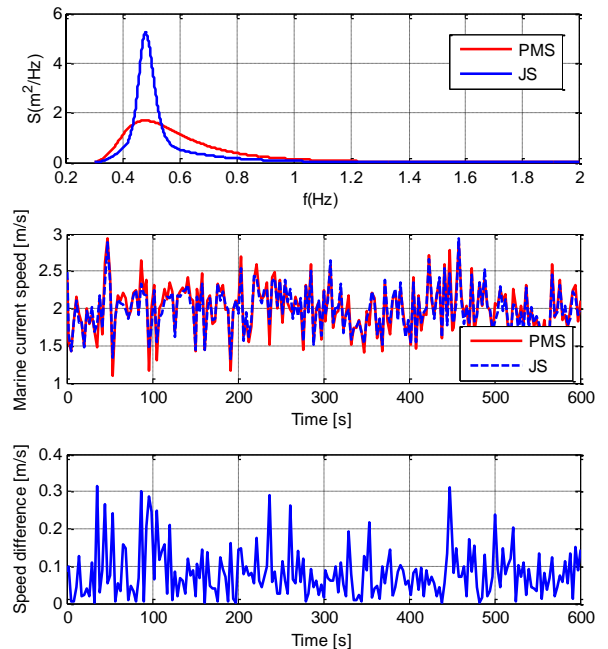


Figure 2. JONSWAP (SJS) i Pierson-Moskowitz (SPMS) spectrum as well as the simulation waveform of total marine current speed, represented by JONSWAP (SJS) i Pierson-Moskowitz (SPMS) spectrum, and its difference

Figure 3 shows the simulation waveforms of total marine current speed, represented by JONSWAP (SJS) i Pierson-

Moskowitz (SPMS) spectrum for Benelghali [12] i Zhou [11] model. For Benelghali model the following parameters are used: $V_0 = 2m/s$, $A = 0.3252m/s$, $B = 0.2749m/s$, $\omega_1 = 0.4189s^{-1}$ i $\omega_2 = 0.6283s^{-1}$. As it can be seen, the use of the Belghali model prevents the sudden changes of the marine current speed. In [12] it is noted that Benelghali model is suitable for mathematical description of the marine current speed in areas where they are more „calm“.

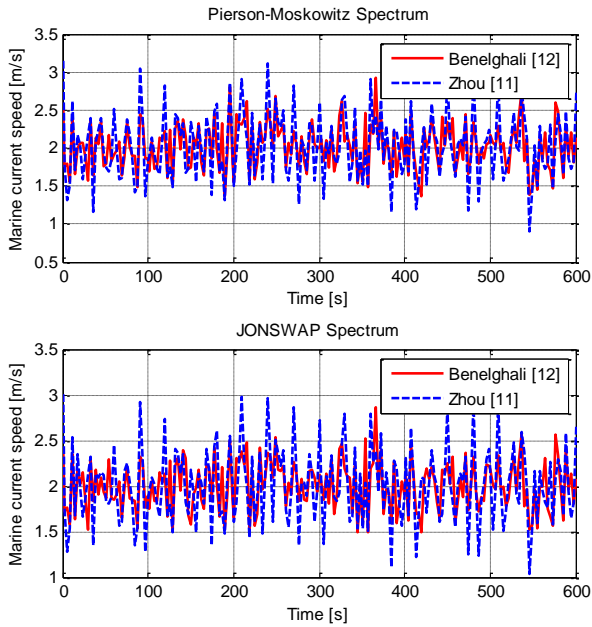
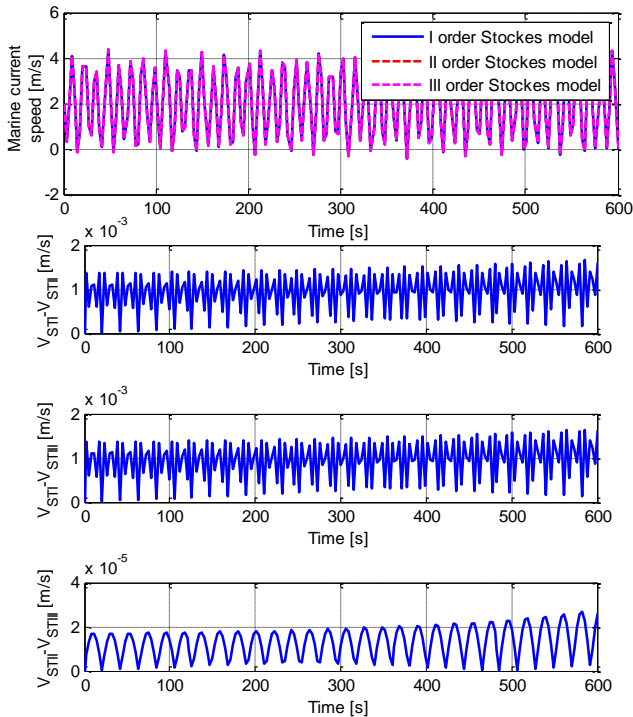


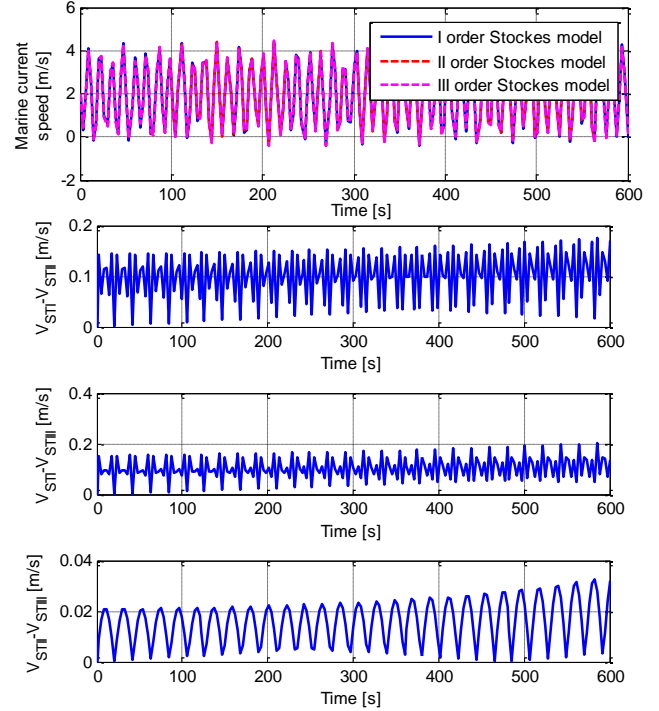
Figure 3. The simulation waveforms of total marine current speed, represented by JONSWAP i Pierson-Moskowitz spectrum for Benelghali [12] i Zhou [11] model



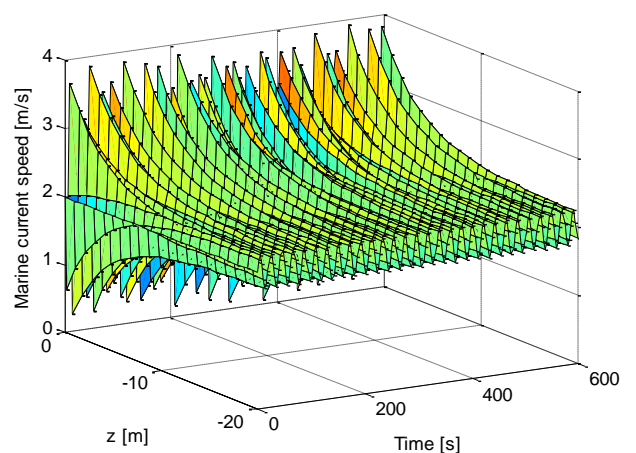
Picture 4. The simulation waveforms of total marine current

speed, represented by first, second and third order Stokes model, and its difference, for ocean depth $d = 200m$.

The simulation waveforms of total marine current speed, represented by first, second and third order Stokes model, as well as its difference, for ocean depth $d = 200m$, are presented in Figure 4. The same waveforms for $d = 40m$ are presented in Figure 5. In simulations we used values: $g = 9.81m/s^2$, $H = 5m$, $x = z = 0$.



Picture 5. The simulation waveforms of total marine current speed, represented by first, second and third order Stokes model, and its difference, for ocean depth $d = 40m$.



Picture 6. The simulation waveforms of total marine current speed, represented by first order Stokes model, for different value of variable z , for ocean depth $d = 200m$.

From Fig. 4 can be seen that difference between marine current speed represented by first, second and third Stokes model is very small (ocean depth is high). Namely, for high ocean depth the first order Stokes model can be used, as it is

noted in [12, 13]. However, for lower ocean depths, the difference between marine current speed presented by first and second, as well as first and third order Stockes model is more then 10 times higher then difference between marine current speed represented by second and third order Stockes model. So, it can be concluded, that for the lower ocean depths the usage of second order Stockes model is preferable.

In all cosidered cases the marine current speed is taken for $z = 0m$ (water surface). The impact of the ocean depths on the marine current speed is presented in Fig. 6. As it can be seen, for higher ocean depths, the marine current speed is lower. In this simulation we used first order Stockes model, for $d = 200m$.

The impact of the variable x , in all considered papers is not analysed, because it is assumed that the ocean depth is constant. If the ocean depth is not constant this must be taken into account by using different values of variable x .

5. CONCLUSION

This paper presents a review of the mathematical models of the marine current speed. Also, the simulation results of the marine current speed, represented by different mathematical models are given.

The special contribution of this investigation is an analysis of the JONSWAP and Pierson-Moskowitz impact as well as the impact of the used first, second and third order Stockes model, on the marine current speed. Another important contribution is an analysis of the impact of the ocean depth on the marine current speed value.

In the future investigation, mathematical model of the marine generator system will be analysed.

ACKNOWLEDGEMENTS

The results shown in this paper represent the product activity in the actual bilateral project „*Research on Novel Switched Reluctance Ocean Current Generator System*“, between University of Montenegro, Faculty of Electrical Engineering and China University of Mining and Technology.

REFERENCES

[1] M. R. Patel: „*Wind and Solar Power Systems*“, CRC press, New York, 1999.

[2] P.L Fraenkel: „Power from marine currents“, *Proc. Instn.Mech. Engrs.*, Vol 216, Part A: J. Power and Energy, 2001.

[3] P.L. Fraenkel: „Marine current turbines: pioneering the development of marine kinetic energy converters“, *Proc. ImechE.*, Vol. 221, Part A: J. Power and Energy, 2006.

[4] Z. Zhou, et.al “Power Limitation Control for a PMSG-Based Marine Current Turbine at High Tidal Speed and Strong Sea State”, *IEEE IEMDC*, Chicago, United States, pp.1-7, 2013

[5] S. Benelghali, et al. “Modeling and MPPT Sensorless Control of a DFIG-Based Marine Current Turbine“, *IEEE ICEM'08*, Vilamoura, Portugal. pp. ID 1435, Sep 2008

[6] S. Djebbari, J. F.Charpentier, F. Scullier, M. Benbouzid, “A Systemic Design Methodology of PM Generators for Fixed-Pitch Marine Current Turbines“, *IEEE ICGE 2014*, Sfax, Tunisia. pp.32-37., March 2014.

[7] F. Mekri, S. Ben Elghali and M. Benbouzid, “Fault-Tolerant Control Performance Comparison of 3- and 5-Phase PMSG for Marine Current Turbine Applications”, *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, Vol. 4, No. 2, pp. 425-433, 2013.

[8] S. Benelghali, M. Benbouzid, and J.F. Charpentier, “DFIG versus PMSG for marine current turbine applications”, *Revue des Energies Renouvelables*, Vol. 15, N°1, pp. 29–41, 2012.

[9] Recommended Practice DNV-RP-H103, “Modelling and analysis of marine operations”, pp.11-14., april 2011.

[10]M. Perić, “Advances in Simulation for Marine And Offshore Applications”, *STAR European Conference 2010*, 2010.

[11]Z. Zhou, et.al. “Power Smoothing Control in a Grid-Connected Marine Current Turbine System for Compensating Swell Effect”, *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, Vol. 4, No. 3, pp.816-826, 2013.

[12]S.Benelghali, M. Benbouzid, J. F. Charpentier “Modelling and control of a marine current turbine-driven doubly fed induction generator” *IET Renewable Power Generation*, Vol. 4, No. 1, pp.1-11, 2010.

[13]<http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD0001/travaux/optsee/hy m/7/rapport.htm>

ULOGA MODELA SPIRALNE DINAMIKE U RAZVOJU IT SISTEMA THE ROLE OF SPIRAL DYNAMICS MODEL IN IT SYSTEMS DEVELOPMENT

Risto Bojović, *Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica,*
Ivana Milošević, *Visoka škola elektrotehnike i računarstva, Beograd*
Hristina Bojović, *Prirodno-matematički fakultet, Kosovska Mitrovica*

Sadržaj: *U ovom radu data je originalna analiza procesa razvoja IT sistema sa stanovišta teorije spiralne dinamike. Posebna pažnja posvećena je procesu razvoja mobilnih komunikacionih sistema.*

Abstract: *In this paper the original analysis of IT systems developing process based on Spiral Dynamics theory is given. Especially, mobile communication systems development process is analysed.*

1. UVOD

Spiralni oblik, u svim svojim varijantama, je jedan od najčešćih oblika u prirodi. Primera ima bezbroj i nije ih teško uočiti: puževa kućica, oblici cvetova i plodova mnogih biljaka, oblici galaksija i sl. To je verovatno i razlog zašto ga ljudi koriste pri stvaranju različitih umetničkih, zanatskih i drugih dela. Štaviše, u poslednje vreme, spiralni oblik počinje da se upotrebljava i za opisivanje, analizu i predviđanje društvenih pojava.

Postavlja se pitanje: zašto je to tako? Smatramo da razlog leži u činjenici da se spiralni oblik u prirodi uvek javlja kao rezultat nekog razvojnog procesa. Posebno onih procesa koji u sebi imaju nelinearnu karakteristiku dinamike i koji podrazumevaju, sa jedne strane viši stepen dinamičnosti, a sa druge stabilnost i predvidivost sa jasno definisanim ishodom. I to ishodom koji se jasno diferencira i ka kome spirala nepogrešivo teži. Zato možemo reći da spiralni oblik, imanentan ogromnom broju procesa u prirodi, u suštini opisuje životni ciklus nekog procesa u više dimenzija na način koji se može smatrati „prirodnim“.

Model spiralne dinamike (SD) koji su razvili dr Don Beck i Chris Cowan, na osnovu istraživanja koja je sprovodio profesor Clare W Graves, ima za cilj, pre svega, razumevanje procesa razvoja čoveka kao individue, ali i razvoja organizacija i društva u celini.^[1] On na najbolji mogući način, po mišljenju mnogih autora, otkriva i objašnjava „skriveni kod“^[2], odnosno temeljne obrasce koji utiču na to kako se i zašto menjaju i evoluiraju pojedinci, organizacije i društvo. Suštinu ovog modela čini 8-stepeni vrednosni sistem koji se u svojoj osnovi bazira na analizi uticaja koji na naše razmišljanje imaju prošlost (uključujući i onu vrlo daleku),

sadašnji uslovi života i izazovi pred kojima se nalazimo. Sve to određuje rezultantu koja definiše pravac i smer našeg sveukupnog delovanja, a posebno našu motivaciju. Time se na direktan način utiče i na našu stvaralačko-kreativnu delatnost.

Budući da predmet ovog rada nije sam model spiralne dinamike, prezentovaćemo ga samo ilustrativno i navesti njegove osnovne karakteristike.^[3] Najjednostavnije je, svakako, uraditi to u obliku tabelarnog prikaza (Tabela 1). Pri tome, treba imati u vidu sledeće najvažnije pretpostavke:^[2]

- a) SD polazi od toga da na formiranje pogleda na svet pojedinca, organizacije i društva najviše utiču uslovi u kojima se oni nalaze;
- b) SD razlikuje tipove razmišljanja kod ljudi, a ne tipove ljudi;
- c) SD ne favorizuje ni jedan vrednosni sistem u odnosu na druge;
- d) SD opisuje način razmišljanja, a ne njegovu uspešnost;
- e) SD posmatra vrednosne sisteme kao promenljivu kategoriju koja se menja u skladu sa uslovima egzistencije;
- f) SD vidi svakog pojedinca kao jedinstvenu kombinaciju vrednosnih sistema formiranu tokom njegovog razvoja;
- g) SD smatra da je svaki pojedinac motivisan, ali na poseban, jedinstven način.

Tabela 1. Prikaz modela spiralne dinamike.

Slojevi vrednosnih sistema			
Sloj	Boja	Naziv	Način razmišljanja
8	Tirkizna	Holistički	O globalnim kretanjima i aktivnostima
7	Žuta	Sistemska	O prirodnim sistemima, ličnom viđenju sveta
6	Zelena	Relativistički	O zajednici, odnosima sa drugima
5	Narandž-asta	Strateški	O uspehu, stususu, napredovanju
4	Plava	Apsolutistički	O disciplini, pravilima, moralnosti
3	Crvena	Egocentrični	O zadovoljavanju ličnih potreba
2	Ljubičasta	Animistički	O običajima, verovanjima, tradiciji
1	Bež	Instinktivni	O elementarnoj egzistenciji

Ono što je, međutim, za nas posebno bitno, jeste spiralni oblik ovog modela. Njegov značaj ogleda se u tome što unosi:

- 1) međuzavisnost slojeva i dinamiku u model i
- 2) obezbeđuje usredsređivanje na željeni cilj uz dovoljno veliku širinu zahvata svih mogućih faktora uticaja.

Ovo se ogleda i u sledećim postulatima:^[2]

- Svaki vrednosni sistem ima tendenciju da se pojavi u podsvesti kao prethodni nivo kada se suoči sa situacijama u kojima nema adekvatan odgovor.
- Kod uzastopnih vrednosnih sistema postoji stalna varijacija između interesa pojedinca i interesa kolektiva.
- Pojedinac i kolektiv teže da im centar gravitacije bude unutar jednog vrednosnog sistema.
- Prethodni vrednosni sistemi ne iščezavaju prelaskom u viši vrednosni sistem. Štaviše, u slučaju pojave problema oni se pozivaju u pomoć.
- Sistematski i holistički vrednosni sistemi predstavljaju viši nivo razmišljanja i oni su u stanju da upravljaju celom spiralom.
- Svako ljudsko biće ima kapacitet da evoluiru u bilo koji nivo na spirali.

2. RAZLOZI PRIMENE SD MODELA U IT SEKTORU

Iako je SD model nastao kao rezultat želje da se objasne sve složenosti ljudskog razmišljanja i poimanja stvarnosti, kako bi se ta saznanja primenila u poslovima organizovanja i rukovođenja, on je u suštini proizveo algoritam koji se može slediti i u procesu razvoja proizvoda bilo koje vrste. Budući da u sebi integriše praktično sve faktore koji utiču na formiranje načina razmišljanja, on nam omogućuje da na direktan i relativno jednostavan način sagledamo potrebe potencijalnih korisnika. Ovo je posebno bitno u IT industriji jer su IT proizvodi oni koji najviše i najdirektnije utiču na način života i rada korisnika.

Objedinjujući uticaje u rasponu od intuitivnih, preko egocentričnih i strateških, do holističkih, moguće je snimiti približno tačan način razmišljanja i interesovanja korisnika IT uređaja. To, dalje, dozvoljava skiciranje njegovog načina života, a samim tim i njegovih najvažnijih potreba koje treba zadovoljiti. A to je upravo ono što treba da prethodi projektovanju hardversko-softverskih karakteristika uređaja koji se proizvode.

Jer, danas smo svedoci ponašanja koje u osnovi ima shvatanje da treba proizvoditi sve što je tehnološki moguće, a da tržište odredi šta je stvarno potrebno, a šta ne. Sa stanovišta proizvođača ovakvo ponašanje može uzrokovati niz investicionih promašaja, koji kao najmanju posledicu imaju prebacivanje tih troškova na kupce preko proizvoda koji su postigli uspeh na tržištu i koji zbog toga postaju nepotrebno skuplji.

Kupci dobijaju, pored onog što im je stvarno potrebno, i ono što im nije potrebno. Uz to, troše i znatno više vremena na ovladavanje rukovanjem i izvršavanje rutinskih i njima bitnih operacija jer su uređaji nepotrebno komplikovaniji.

Ovo nije problem isključivo tehničko-tehnološke prirode. Slično je i kada se radi o tarifiranju usluga. U ovoj sferi su problemi možda i izraženiji nego u hardversko-softverskoj. Iako se u poslednje vreme može primetiti da se stvari polako menjaju, nije teško uočiti da iza ponuda koje srećemo na tržištu ne postoje preciznije analize u pogledu potreba korisnika. One su uglavnom unificirane i u suštini imaju za cilj da korisnicima uz ono što im je stvarno potrebno prodaju i ono što im nije potrebno.

Ako se osvrnemo i pogledamo unazad, videćemo da se u poslednje dve decenije pojavio veliki broj IT proizvoda. Uspeh su, naravno, postigli samo oni čije su karakteristike „pogodile“ potrebe korisnika. Svi ostali su jednostavno iščezli jer ih tržište nije prihvatilo.

Pored toga, razlozi primene SD modela leže i u značaju koji IT proizvodi imaju danas u životu savremenog čoveka. O tome je sigurno nepotrebno uopšte govoriti. Podsetimo se samo sledećih činjenica:

- Vreme koje prosečni korisnik tokom dana provodi koristeći IT uređaje je sve duže. Već danas je veoma dugo i apsolutno je sigurno da će u budućnosti ono može biti samo znatno duže.

- Raznovrsnost primene IT uređaja je, takođe, velika. Praktično ne postoji oblast rada, zabave, komunikacija i informisanja u kojoj nisu zastupljeni. Zbog ovoga praktično i ne postoje osobe u civilizovanom svetu koje ih na neki način i u nekom obimu ne koriste.

- Pod uticajem mogućnosti koje pružaju i opsega njihovog korišćenja, IT uređaji ne samo da menjaju način života, već i utiču na način razmišljanja korisnika.

- Kod korisnika se, štaviše, javlja zavisnost od njihove upotrebe, koja može imati i negativnu konotaciju, i što posebno treba imati u vidu.

Zašto je još bitan spiralni model? Možemo reći da postoje bar još dva velika razloga. Prvi je taj što on unosi dinamiku u proces sagledavanja potreba korisnika. To se ogleda u tome da se pomoću ovog modela relativno lako uočavaju međuzavisnosti u potrebama koje pripadaju različitim slojevima. Odnosno, jasno dolazi do izražaja proces proizilaženja jedne potrebe iz druge i usmeravanje ka sledećoj.

Drugi važan razlog je taj što je spiralni oblik usvojen i u modelima koji se koriste pri projektovanju i razvoju IT sistema.^{[4],[5],[6],[7]} To, sa jedne strane, nedvosmisleno pokazuje istu prirodu procesa dok, sa druge, omogućuje da se psihološko-socijalni SD model ugradi u tehničko-tehnološke razvojne modele (i to u njihovom prvom stadijumu u kome se razmatraju zahtevi koje treba da zadovolji sistem koji se razvija). Ova razmatranja, međutim, izlaze iz okvira ovog rada.

3. PRIMER PRIMENE ALGORITMA SD MODELA

Da bismo ilustrovali moguć način primene SD modela prilikom procesa razvoja IT uređaja, poslužićemo se kratkom analizom uređaja koji je danas u masovnoj upotrebi, a to je mobilni telefon. Mogućnosti mobilnih telefona su dobro poznate, kao i njihov razvoj u poslednje dve decenije. Pokušajmo u nastavku da, razmišljajući na način koji prati strukturu SD modela, ukratko sagledamo neke od potencijalnih mogućnosti mobilnih telefona. Govorićemo o onome što je već zastupljeno, ali i o onome što je tehnološki relativno lako ostvariti, ali se korisnicima ne pruža upravo zato jer se ne radi pravilna analiza njihovih potreba.

Podimo od prvog, instinktivnog sloja SD modela. On odslikava želju čoveka da preživi i da obezbedi za to sebi neophodne uslove (hrana, voda, toplota, zaštita, rađanje i sl.). Naravno, pitanje je da li bi se u mobilni telefon moglo ugraditi nešto što bi moglo da u izvesnoj meri zadovolji ovu čovekovu potrebu za preživljavanjem? Odgovor je, svakako, da. To bi na primer, moglo da bude dugme za alarm (panic button) koje bi trebalo da bude standardni deo opreme svih mobilnih telefona i čijim bi se samo jednim pritiskom automatski pozivala željena služba ili osoba (hitna pomoć, policija, obezbeđenje i slično) u zavisnosti od potreba korisnika. Ono bi moralo da ima i mogućnost aktiviranja i deaktiviranja.

U prilog ovome govori i činjenica da kada „padne mreža“ i nestane signala mobilne telefonije, većinu ljudi obuzme neka vrsta nelagodnosti, čak i onda kada ne postoji neposredna potreba za upotrebom mobilnog telefona. Slično se dešava i u slučaju njegovog gubitka ili krađe. To dovoljno jasno pokazuje da se korisnici instinktivno i u sigurnosno-bezbednosnom smislu itekako oslanjaju na korišćenje ovog uređaja.

Animističko rezonovanje (drugi sloj SD modela) koje je usađeno u čoveku, a vezano je za tradiciju, običaje i razna verovanja, takođe, može i treba da bude zastupljeno. Primer su različiti kalendari, podsetnici i sl. kojih već ima, ali bi to mogli biti i posebni oblici telefona, paketi usluga, formati poruka, na primer.

Treći, egocentrični, sloj odnosi se na zadovoljavanje trenutnih ličnih potreba. To bi, otprilike, i bio sloj u kome se nalaze današnji mobilni telefoni. Ove potrebe su u prvom planu i može se reći da je njihovo zadovoljavanje, sigurno ne bez razloga, postavljeno kao imperativ. Mobilni telefon je postao neizostavni deo lične opreme i sve se više tretira kao svojevrsni simbol ličnog identiteta. Ovo je prepoznato od strane proizvođača koji se trude da maksimalno obezbede zadovoljavanje potreba ove vrste.

Četvrti, apsolutistički, sloj koji se odnosi na disciplinu, pravila, moralnost i sl. podrazumeva da mobilni telefon bude od pomoći i u toj sferi. Primer za ovo bila bi mogućnost njegovog automatskog uključivanja i isključivanja u određeno doba dana (ujutru, noću, u vreme popodnevnog odmora i sl.) ili tokom nekih aktivnosti kao što je vožnja. Takođe, bilo bi interesantno imati verzije komercijalnih modela mobilnih telefona za specijalne službe (npr. policija, vojska, verske organizacije i sl.) koje bi nesumnjivo bile od pomoći njihovim pripadnicima.

Peti (strateški) sloj u sebi sadrži težnju čoveka ka uspehu, napredovanju, višem društvenom statusu. Ovo je vrlo bitna potreba savremenog čoveka. Danas se zadovoljavanje ove potrebe uglavnom manifestuje u vidu posedovanja najnovijih modela telefona. Moguće je, naravno, obezbediti i još neke druge pogodnosti kao što su: dostupnost informacija posebnih službi, šifrovanje razgovora, pristup zatvorenim društvenim mrežama i slično.

Šesti, relativistički, sloj predstavlja čovekovu potrebu za komuniciranjem sa članovima zajednice kojoj pripada. Trenutno je to prepoznato kroz umrežavanje više korisnika, obično unutar kompanije ili porodice, što svakako, nije dovoljno. Trebalo bi omogućiti korisnicima istovremeno višestruka umrežavanja (sa zaposlenima u kompaniji, članovima porodice, prijateljima, članovima različitih klubova i sl.) koji ne bi morali biti pretplatnici istog provajdera. Najzad, zašto ne bi umrežavanje moglo da se obezbedi i sa jednim brojem pretplatnika u inostranstvu.

Kada se radi o sedmom i osmom tipu potreba, odnosno o sistemskom i holističkom načinu razmišljanja, treba reći da po teoriji spiralne dinamike oni pripadaju drugom rangu, tj. predstavljaju više nivoje razmišljanja. Na prvi pogled, reklo

bi se da mobilni telefon možda nije najbolji izbor za ilustraciju zadovoljavanja ovih potreba. Međutim, vidimo da je sve više aplikacija koje korisnicima stoje na raspolaganju upravo u ove svrhe: pristup Internetu, pre svega, GPS, odometri, kompas i druge aplikacije.

4. ZAKLJUČAK

Iz prethodno izloženog može se, nadamo se, bar naslutiti kakve su prednosti primene SD-a u praksi. Ona na jedan lak i jednostavan način, ali koji je, istovremeno i sistematičan, pruža velike mogućnosti u pogledu otkrivanja stvarnih čovekovih potreba.

Posebno je važno što se primena njenih načela može vršiti za potrebe analiza sa različitim aspektata i u različite svrhe. Spiralna dinamika, kao celovita i prirodnim procesima podudarna metoda, predstavlja univerzalno primenljiv alat za analizu potreba ljudi različitih kultura i nivoa obrazovanja i njihovog mogućeg reagovanja u različitim situacijama (npr. kriznim). Njenom pravilnom upotrebom moguće je ne samo otkriti suštinu potreba ljudi u određenoj oblasti, već i vršiti vrednosne procene onoga što se planira da uradi. Moguće su, naravno, i multidisciplinarne analize.

Najveći značaj SD ima u tome što omogućavanje boljeg shvatanja čovekovih potreba stvara preduslov za humanije karakteristike tehničkih uređaja. Rečju, da njihova upotreba kod čoveka indukuje osećaj da su u njegovoj službi, a ne obratno. Ovo je naročito bitno u IT sektoru gde je dobro poznat osećaj korisnika da im pojedini uređaji „krađu vreme“ (mobilni telefon, kompjuter).

Najzad, ovakav pristup može „dati dušu“ proizvodno-procesnim algoritmima i još više podstaći tehnološki razvoj i pokrenuti spiralu uspeha za dobro svih. Jer, poštovanjem potreba korisnika, povećavamo potrošnju, prihode i investicije u nove projekte.

LITERATURA

- [1] Dr Don Beck, „Spiral Dynamics“, An Interview to Enlightenment Magazine, Fall/Winter 2002, pp. 105-126.
- [2] Aubyn Howard, „Spiral Dynamics Value Systems Introduction“, 2006.
- [3] S. Veršić, „Teorija holarhijske evolucije Kozmosa ili holističko obgrljivanje fragmentiranih svijesti“, Filozofska istraživanja 110, Sv. 2, pp. 415-434, Zagreb, 2008.
- [4] Margaret Rouse, „Spiral Model (Spiral lifecycle model)“, Whatis.com.
- [5] Nazmul Siddique and Hojatt Adeli, „Spiral Dynamics Algorithm“, International Journal on Artificial Intelligence Tools, Vol. 23, No. 06, December 2014.
- [6] „What is Spiral Model“, Operational and Technical Issues, Ianswer4u.com.
- [7] Kenichi Tamura, Keiichiro Yasuda, „Spiral Dynamics Inspired Optimization“, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 15, No. 8, pp. 1116-1122, 2011.

PREGLED INTEGRISANE ŠEME PO ELIPTIČKOJ KIRIVULJI OVERVIEW OF ELLIPTIC CURVE INTEGRATED SCHEME

Maja Kukuševa Paneva, Biljana Čitkuševa Dimitrovska, Goce Stefanov, Faculty of Electrical Engineering, UGD - Štip, R.Macedonia

Sadržaj: U ovom radu je data integrirana šema za enkripciju po eliptičkoj krivi (ECIES). ECIES je hibridna šema bazirana na eliptičkim krivama koja uključuju u sebe kriptiranje i dekriptiranje, izračunavanje haš funkcije i autentifikaciju. U ovom radu će biti prikazana analiza potrošene energije i upotrebljene RAM i ROM memorije.

Abstract: This paper gives overview of integrated encryption scheme over elliptic curve (ECIES). ECIES is hybrid scheme based on elliptic curve that includes encryption and decryption algorithm, hash computation and authentication. Analysis of simulation scenarios about energy and RAM and ROM memory consumption will be represented in this paper.

1. INTRODUCTION

Elliptic Curve Cryptography is public key cryptography proposed independently by N. Koblitz and V. Miller in 1985. Implementation of ECC include elliptic curve digital signature algorithm, Integrated Scheme and Diffie- Hellman. Elliptic Curve Integrated Scheme (ECIES) is hybrid scheme that uses public key system to transport the session key for usage in symmetric chipper. Also, ECIES provides semantic security against chosen plaintext and chosen chiphertext attacks.

ECIES [1, 2] is based on elliptic curve discrete logarithm problem [3]. The difficulty of ECDLP is based on finding integer $l \in [0, n-1]$ such that for given elliptic curve E , $P \in E(K)$ and $Q \in \langle P \rangle$ defined over finite fields F_p , $Q = lP$. The integer l must be large prime in order to avoid Pohling- Hellman [4] and Pollard's rho attacks [5, 6]. The method for solving ECDLP is fully exponential which results in decreasing key size needed to achieve same level of security when using conventional public key schemes. Comparing to 1034-bit RSA the same level of security is achieved using 160 bit key [7].

In this paper analysis about memory and energy consumption of ECIES will be represented. The analysis is done using software package TinyECC in TinyOS. In sector 2 the background of ECIES is represented. In sector 3 is given description of simulation scenario (grid and random topology), measured parameters (CPU Total, Radio Total and Total Energy), obtained results and their analysis. Sector 4 concludes this paper.

2. BACKGROUND

ECIES is standard encryption algorithm a variant of ElGamal encryption scheme proposed by Rogaway and Bellare [8]. This scheme is standardized in ANSI X9.63, ISO/IEC 15946-3 and IEEE P1363a. Based on shared secret obtained by Diffie- Hellman, ECIES derives two symmetrical keys. The first is used for encryption of the plaintext while

the second is used for authentication of the received encrypted message. The functional diagram of ECIES is represented in Figure 1 and includes key derivation function (KDF), encryption and decryption and message authentication. Key derivation function KDF is constructed from hash function H . For l - bits key KDF(S) is defined as concatenation of the hash values $H(S, i)$, where i is counter incremented for each hash function until l bits of hash values have been generated. ENC is symmetric key encryption scheme while DES is decryption function. MAC is message authentication code algorithm.

First step in using ECIES is selection of elliptic curve and domain parameters agreement between nodes Alice and Bob. Alice and Bob secretly choose random integer primes k_{rA} and k_{rB} so that $0 < k_{rA}$ and $k_{rB} < n$ (private keys). At the beginning Alice generates key pair which is consist of public key (point from the elliptic curve) obtained as multiplication of Alice's private key and the base point G . After that Alice uses key agreement function in order to obtain the shared secret. This is performed by multiplication of Alice's private key and Bob's public key:

$$Q_{uA} = k_{rA}G \quad (1)$$

Then the value obtained from Equation 1 is used as an input in key derivation function. The output of KDF is concatenation of symmetric encryption key k_{ENC} and MAC key k_{MAC} . Alice uses the encryption key k_{ENC} to encrypt the plaintext m and thus to obtain the encrypted message c . The value tag is generated from the encrypted message c and k_{MAC} . At the end Alice sends the values of Q_{uA} , tag and c to Bob. On the other side, Bob in order to decrypts the received message multiplies its private key k_{rB} with Alice's public key and obtains the shared secret. From the shared secret Bob derives the same k_{ENC} and k_{MAC} as Alice. Using the MAC key k_{MAC} and encrypted message Bob generates tag^*

value. If the values of tag and tag^* are not the same, Bob rejects the received message due to invalid verification.

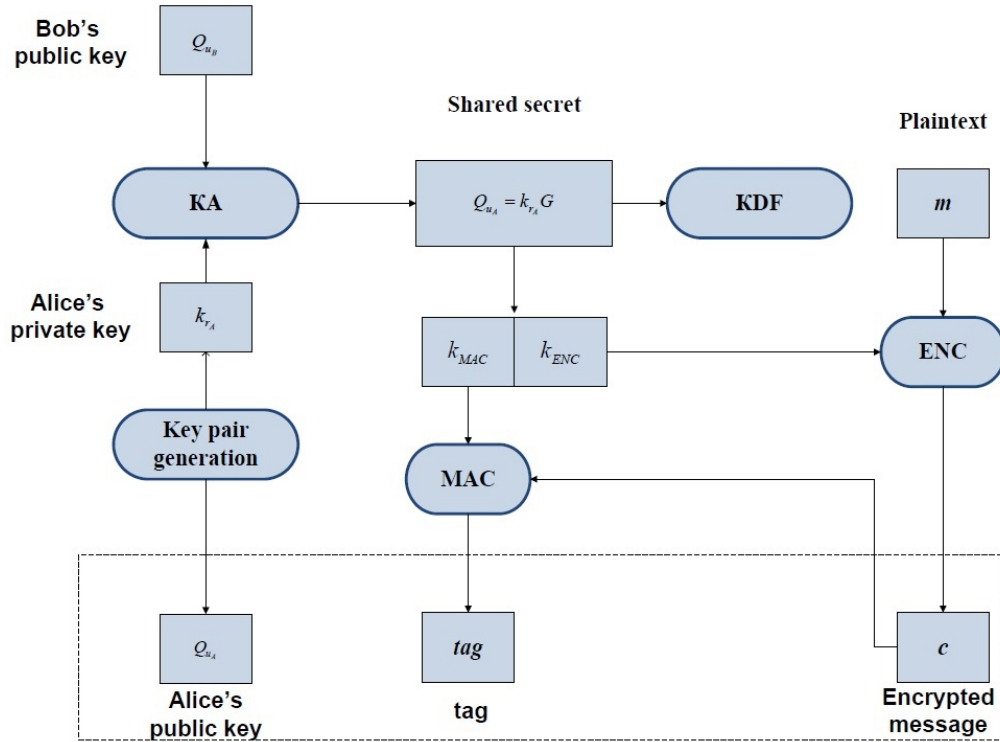


Figure 1. ECIES functional diagram

If the tag values are same, Bob decrypts the message using k_{ENC} and obtains the plaintext.

3. SIMULATION AND RESULTS

TinyOS [9] is an open source operating system for low power and limited resource applications that utilize wireless sensor networks. TinyOS has specially designed simulator TOSSIM [10] that allows debugging, testing and analyze of code written in nesC. TOSSIM has extension that provides per node estimation of power consumption and power management. The power analyze is done using the software package TinyECC1.0. TinyECC1.0 includes three elliptic curve cryptography schemes Elliptic Curve Integrated Scheme, Elliptic Curve Diffie- Hellman (ECDH) and Elliptic Curve Digital Signature Algorithm (ECDSA) which are not scope of this paper. The simulations are performed according NIST recommendation [11] for domain parameters $T = (p, a, b, G, n, h)$. Two curves have been analyzed secp128r1 and secp192k1 with affine coordinates. According to NIST recommendation the key size for the curve secp128r1 is 128-bits from which 64- bits are for security, while the key size for secp192k1 is 192-bits from which 96-bits are for security. Number of nodes are integer from square root from 4 up to 100 nodes. Two types of topology were deployed, random and grid as shown on Figure 2. In random topology nodes are randomly placed in working environment, unlike grid topology were nodes are placed in regular square were the distance between neighbor nodes is same. The duration of every simulation is 20 seconds.

The consumption of RAM and ROM memory after compiling IEC algorithm for both curves are represented in Table 1.

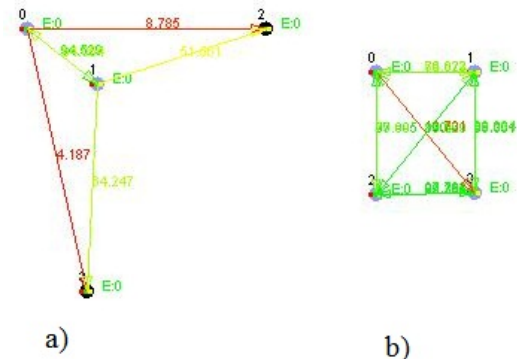


Figure 2. Simulation topology a) random b) grid

Table 1. ROM and RAM consumption

ECIES 128-bit key		ECIES 192-bits key	
1051	Bytes in ROM	1763	Bytes in ROM
28138	Bytes in RAM	28850	Bytes in RAM

The key parameters that were analyzed in term of energy consumptions are CPU Total, Radio Total and Total Energy. The parameter CPU total gives the mean energy (mJ) used for key pair derivation and generation and processing of messages. The parameter Radio Total gives the mean energy (mJ) used for transmission of the public key and communication with the other nodes in the network.

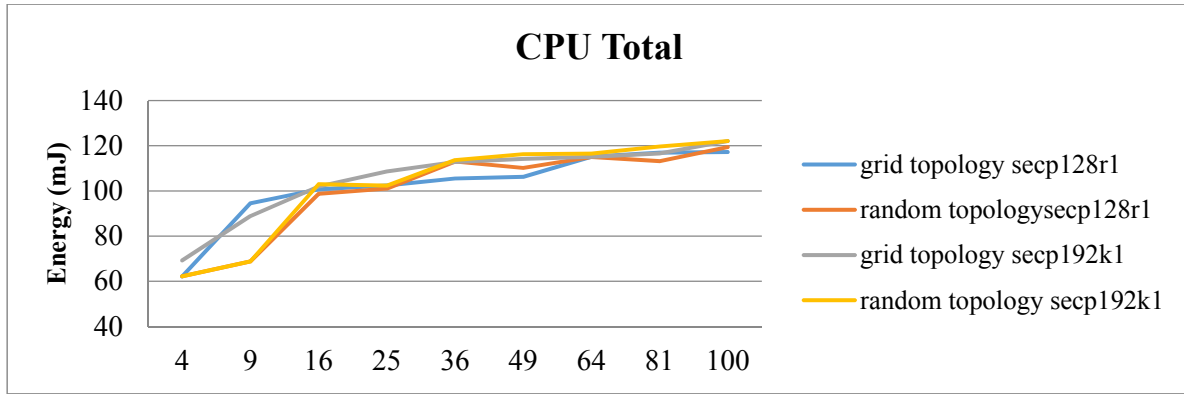


Figure 3. Parameter CPU Total

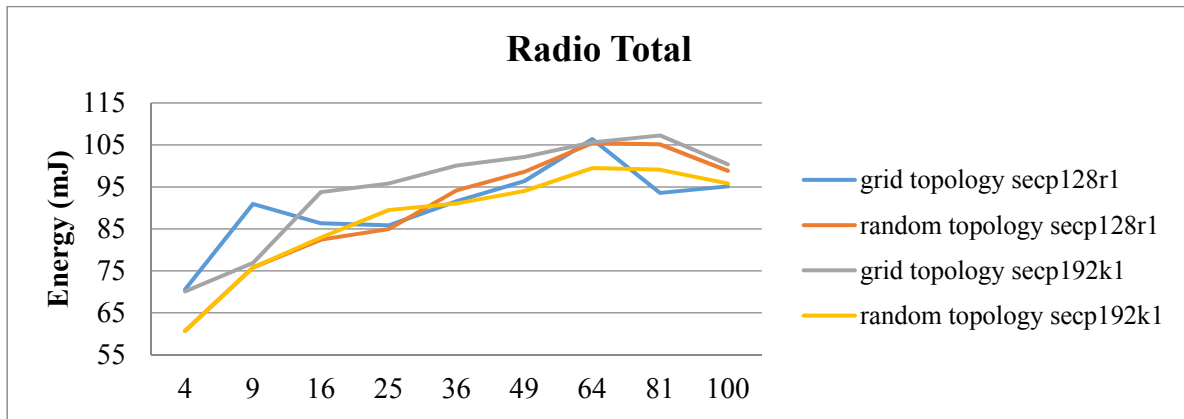


Figure 4. Parameter Radio total

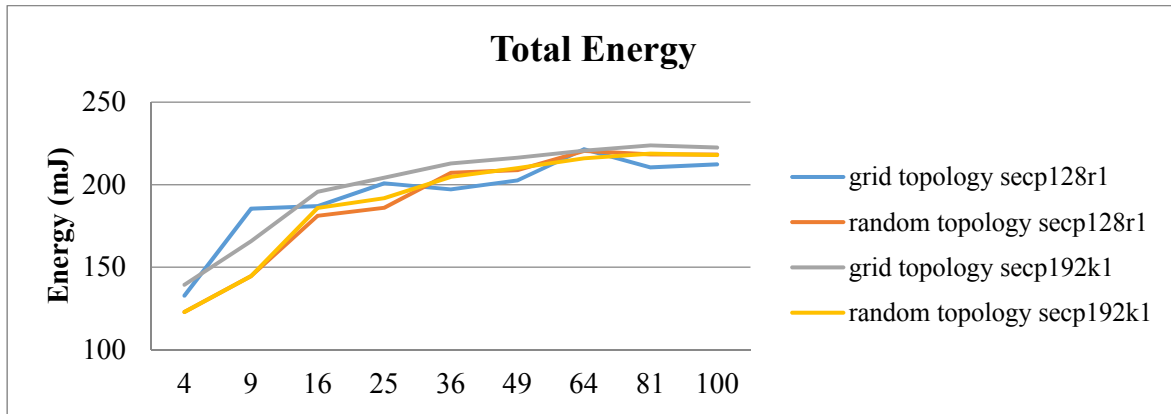


Figure 5. Parameter Total Energy

The parameter Total Energy gives the total mean energy (mJ) used and is sum of parameter CPU Total and Radio Total. The results from measurement of these parameters are shown in Figure 3, 4 and 5, appropriately.

4. CONCLUSION

ECIES is public key encryption scheme that includes public key derivation, encryption, decryption and authentication. In this paper was represented memory consumption and energy analysis in term of energy used for derivation of public key, communication with other nodes in the network,

message processing and encryption and decryption process. From the obtained results can be concluded that the RAM and ROM memory consumptions depends on the key size. For longer key size the consumption of RAM and ROM memory increases. Also by increasing the number of nodes the energy consumption increases due to more mathematical operation that have to be performed for every node. But, the energy consumption does not depend on used curve or network topology.

Future work will involve optimization of energy consumption by introduction of projective coordinates and optimization algorithms about mathematical operation (multiplication, reduction, inversion etc.).

REFERENCES

- [1] M. Abdalla, M. Bellare, P. Rogway, DHIES: An Encryption Scheme Based on the Diffie- Hellman Problem, *Contribution on IEEE P1363a*, 1998.
- [2] M. Abdalla, M. Bellare, P. Rogway, DHIES: An Encryption Scheme Based on the Diffie- Hellman Problem, *Contribution on IEEE P1363a*, 1998.
- [3] M. Abdalla, M. Bellare, P. Rogway, The oracle Diffie-Hellman assumptions and an analysis of DHIES, *Lecture Notes in Computer Science* 2020, 201 pp. 143-158.
- [4] C. Diem, On the discrete logarithm problem in elliptic curves II, *Algebra & Number Theory* 7, pp. 1281-1323, 2013.
- [5] S. Pohing, M. Hellman, An improved algorithm for computing logarithm over $GF(p)$ and its cryptographic significance", *IEEE Transactions on Information Theory*, pp.106-110, 1978.
- [6] P. van Oorshot, M. Wiener, Parallel collision search with cryptanalytic applications, *Journal of Cryptology*, 1-28, 1999.
- [7] J. Pollard, Monte Carlo methods for index computation mod p , *Mathematics of Computation*, pp. 918-924, 1978.
- [8] N. Gura, A. Patel, A. Wander, Comparing Elliptic Curve Cryptography and RSA on 8-bit CPUs, *In Proceedings of the 2004 Workshop on Cryptographic Hardware and Embedded Systems (CHES 2004)*, pp 119-132, August 2004.
- [9] Bellare, Rogaway, Minimizing the use of random oracles in authenticated encryption schemes, *Information and Communication Security '97 (INCS 1334)*, 1-16, 1997.
- [10] Philip Levis, Sam Madden, Joseph Polastre, Robert Szewczyk, Kamin Whitehouse, Alec Woo, David Gay, Jason Hill, Matt Welsh, Eric Brewer, David Culler, TinyOS: An Operating System for Sensor Networks, *In Ambient Intelligence*, Springer- Verlag 2004.
- [11] Philip Levis, Nelson Lee, Matt Welsh, David Culler, TOSSIM: Accurate and Scalable Simulation of Entire TinyOS Application, *Proceedings of SenSys' 03 First ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems*, 2003.
- [12] National Institute of Standards. Recommended Elliptic Curves for Federal Government Use, July 1999.

PCS7 VREMENSKA SINHRONIZACIJA U HE PERUĆICA PCS7 TIME SYNCHRONIZATION IN HPP PERUĆICA

Ana Grbović, Bojan Đordan, HE Perućica, EPCG

Sadržaj: HE “Perućica” je najstarija velika hidroelektrana u Crnoj Gori, puštena u pogon 1960. godine. Njena instalirana snaga je 307 MW, a moguća godišnja proizvodnja oko 1.300 GWh. U ovom radu prikazana je implementacija PCS7 vremenske sinhronizacije u HE Perućica. Sva podešavanja su realizovana u skladu sa proizvodnim procesom i konfiguracijom sistema, tako da sve komponente sistema imaju tačno vrijeme. Takođe, navedeni su i drugi koncepti podešavanja sinhronizacije u PCS7.

Abstract: HPP “Perućica” is the oldest large hydropower plant in Montenegro, which was put into operation in 1960. Its installed capacity is 307 MW, and a potential annual production is about 1,300 GWh. This paper describes the implementation of PCS7 time synchronization in HPP Perućica. All settings are implemented in accordance with the production process and configuration of the system, so that all system components have the correct time. Also, other concepts of synchronization in PCS7 are mentioned.

1. UVOD

HE Perućica je najstarija velika hidroelektrana u Crnoj Gori, puštena u pogon 1960. godine. Njena instalirana snaga je 307 MW, a moguća godišnja proizvodnja oko 1.300 GWh.

SIMATIC PCS7 (Process control system) sistem za vođenje procesa je posebno koncipiran za fleksibilno korišćenje u području elektrana na temelju komponenti iz SIMATIC S7 proizvodnog spektra. Zavisno od opsega naloga, sistem za vođenje procesa je sposoban za obavljanje svih funkcija potrebnih za svrhu automatizacije u elektrani. U mnogim područjima inženjeringa automatizacije elektrana, postoje sve veći i veći zahtjevi u dostupnosti, a samim tim i toleranciji kvara sistema automatizacije. Samo redundantni i visoko pouzdani sistemi automatizacije sa tolerancijom greške mogu zadovoljiti te zahtjeve. Oni nastavljaju raditi čak i kada jedna ili više grešaka utiče na zastoj u radu pojedinih dijelova sistema.

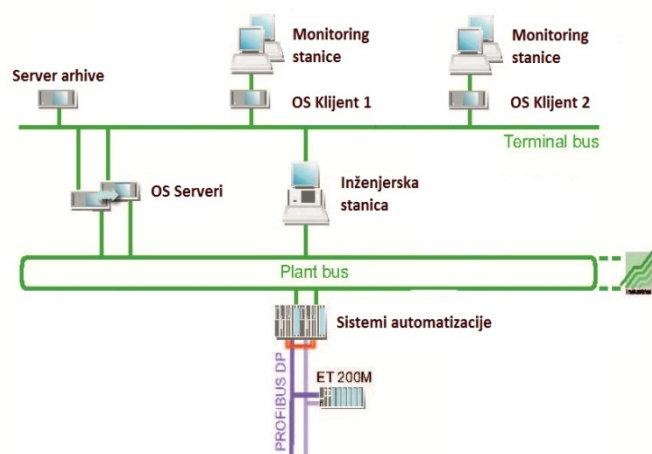
Ukoliko se procesni sistem kontroliše samo od strane procesne stanice, onda vrijeme nije problem:

- Poruke se uvijek navode u hronološkom redosledu. Potpuno je irelevantno da li njihova vremena odgovaraju realnom vremenu kada su stvorene. Jedinstvena alokacija zasnovana na hronologiji je neophodna samo kod rješavanja problema.
- Koraci projekta se realizuju zadatim redosledom.

Ipak, savremeni procesni sistemi se sastoje od različitih komponenti. Na slici 1 je prikazana principijelna arhitektura sistema koja se sastoji od sistema automatizacije, servera, klijenata i distribuiranih I/O [1].

Jedna kompleksna elektrana može uspješno izvršavati sve korake procesa samo ukoliko sve komponente sistema imaju precizno vrijeme, pa je potrebno imati tačno vrijeme u cijeloj elektrani. Iz tog razloga je, nakon prihvatanja projekta rekonstrukcije sistema automatizacije od strane investitora,

kompanija Siemens u saradnji sa Službama iz HE Perućica uspješno implementirala i ovaj dio sistema.



Slika 1 – Principijelna arhitektura sistema

Vremenska sinhronizacija u PCS 7 je neophodna gdje god je potrebno precizno vrijeme za planirane procese, ili gdje se mora obezbijediti uniformnost vremena:

- Sinhronizacija procesa
- Sljedljivost, na primer neispravnih procesa
- Dokumentacija i arhiviranje vremenski kritične sekvence

Ukoliko specifične komponente sistema nemaju identično vrijeme, ili ako se pod-komponente nalaze u različitim vremenskim zonama, vrijeme će biti sinhronizovano za cijelu elektranu. To je jedini način da se bez problema obezbijedi izvršenje svih procesa[1].

U referatu je razmotrena vremenska sinhronizacija u međusobno usklađenom i tehnološki jedinstvenom sistemu upravljanja HE Perućica, zajedno sa opisom funkcija i načinom izvođenja.

2. VREMENSKA SINHRONIZACIJA

PCS 7 sistem za vođenje procesa koristi funkciju vremenske sinhronizacije da bi sinhronizovao vrijeme za sve pojedinačne komponente sistema. Vremenska sinhronizacija znači da se sve vremenski zavisne PCS7 komponente snabdijevaju sa identičnim datumom i vremenima od vremenskog mastera. Na taj način je omogućena sinhronizacija za sve konfiguracije sistema, na primjer, za one u kojima je sistem automatizacije u različitoj vremenskoj zoni od zone rukovaoca. Neusklađena vremena sistema koji se nalazi u jednoj vremenskoj zoni takođe mogu biti sinhronizovana.

Sljedeća slika ilustruje kako PCS7 elektrane generišu vremenske skokove, na primjer, u listama poruka, kada ne postoji vremenska sinhronizacija. Procesi se ne odvijaju sinhrono:



Slika 2 – Primjer generisanja vremenskih skokova u listama poruka kada ne postoji vremenska sinhronizacija



Slika 3 – Primjer generisanja poruka kada postoji vremenska sinhronizacija

Ako postoji vremenska sinhronizacija svih komponenti distribuiranog postrojenja, tada su svi procesi hronološki ispravni i arhiviraju se ispravno.

Svaki računar ima svoj lokalni hardverski sat i ti satovi nisu globalno sinhronizovani. Oni nastavljaju raditi preko baterije i kada su računari isključeni. Hardverski sat omogućava mjerenje lokalnog vremena sa poznatom tačnošću. Preko Interneta (Network Time Protocol - NTP) može se uporediti sa vremenom jednog NTP servera, tj. sa vremenom atomskog sata, i na taj način se podešava na tačno, redovno vrijeme. Atomski sat je vrsta sata koji koristi standardnu rezonantnu frekvenciju atoma kao brojač protoka vremena i predstavlja najtačniju vrsta sata na svijetu.

Vremenska sinhronizacija omogućava sljedeće :

- Precizno uzajamno dejstvo svih komponenti sistema upravljanja
- Analizu procesnih podataka u hronološki jedinstvenoj sekvenci

Postoji veliki broj zadataka za koje je PCS 7 vremenska sinhronizacija relevantna u okviru određene vremenske zone:

- Vremenski pečat
- Batch podaci
- Upoređivanje redudanse
- Obrada poruka u ispravnom redosljedu
- Vremenski prekidi
- Tumačenje uzročnih odnosa

Ukoliko dođe do greške u sinhronizaciji, generiše se odgovarajuća poruka sistema kontrole procesa, npr. "LAN - Sync: Vremenska sinhronizacija sa PC "XXX" je poremećena".

2.1 Vremenski formati u PCS7 elektranama

Od verzije V6.0 PCS 7 radi isključivo sa koordinisanim svjetskim vremenom (UTC = Universal Time Coordinated). UTC je međunarodna vremenska osnovica određena prema atomskim časovnicama. UTC ne uzima letnje računanje vremena u obzir. UTC vrijeme se odnosi na nulti meridijan koji prolazi kroz Greenwich u blizini Londona. Istočno od nultog meridijana jedan ili više sati se dodaje u zavisnosti od udaljenosti, dok se ka zapadu oduzima.

Na korisničkoj stanici prikazuju se obrađeni podaci u lokalnom vremenu, uključujući i ljetnje računanje vremena. Za lokalno vrijeme u Centralnoj Evropi za UTC zimi (MET) obračunava se vremenska razlika plus 1, a za ljetnje vrijeme (MEDST) obračunava se vremenska razlika plus 2 [2].

2.2 Režim rada – master/slave princip

Jedna komponenta sistema mora biti centralni sat za sve druge komponente, tako da sve komponente sistema kontrole procesa rade sa identičnim vremenom. PCS 7 komponenta koja funkcioniše kao sat naziva se vremenski master. Komponente koje primaju vrijeme su vremenski slave-ovi. Vremenski master distribuira vremenski signal ka svim komponentama sistema koje se sinhronišu. Vremenski master dobija vrijeme preko GPS-a sa DCF 77 servisom prijema. Postoje i drugi servisi za vremensku sinhronizaciju u

PCS7 (GPS servis prijema, SICLOCK TS/TM, Domain controller) i oni se koriste u drugim konfiguracijama. DCF77 servis prijema zadržava vremensku razliku između sistemskog vremena na računaru i pravog vremena u okviru unapred definisanih granica. Dakle, snimljena vremena se mogu pouzdano porediti sa evidencijama drugih sistema i mjernih uređaja (i na kraju je moguće podesiti digitalni časovnik prema sistemskom vremenu vašeg računara, umjesto obrnuto) [3].

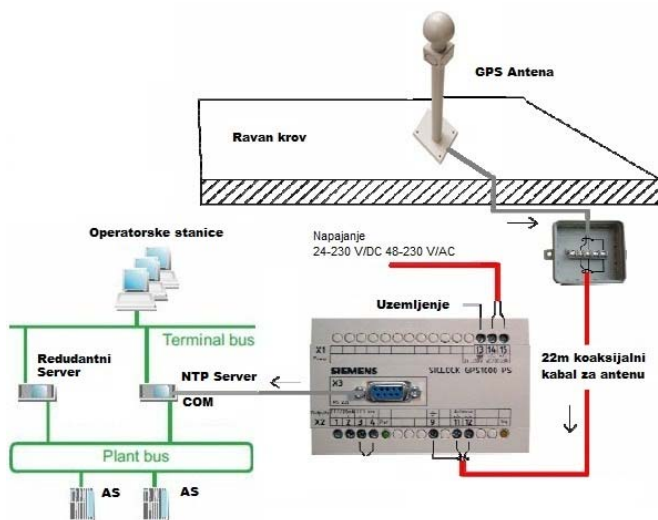
2.3 Interakcija vremenskog mastera i slave-a u redundansi

U redundantnom sistemu prisutna su dva OS vremenska mastera. Dva OS servera su konfigurisana kao vremenski masteri sa konekcijom ka centralnom časovniku SICLOCK u elektrani. OS klijenti i sistemi automatizacije su vremenski slavovi koji primaju vrijeme od aktivnog vremenskog mastera.

3. OSNOVNI DJELOVI

3.1 Povezivanje SICLOCK WINGPS sa NTP serverom

Na Slici 4 prikazana je konfiguracija sistema vremenske sinhronizacije kao dijela PCS7 sistema u HE Perucica.



Slika 4 – Šematski dijagram povezivanja SICLOCK WINGPS sa NTP serverom.

Za sinhronizaciju sa računarem pomoću GPS vremenskog signala, koristi se proizvod SICLOCK WINGPS. SICLOCK WINGPS za Windows (2KSV9450 - 1AR13) je pogodan za vremensku sinhronizaciju u industrijskim okruženjima sa teškim smetnjama. GPS antena i dekoderni kutija SICLOCK WINGPS za ovaj proizvod međusobno su povezani preko koaksijalnog kabla standardne dužine 20m. Dekoder SICLOCK WINGPS je povezan sa serijskog interfejsa na COM port računara.

3.2 Servis prijema DCF77 za Windows

SICLOCK DCF77 servis za Windows instaliran je na NTP serveru na kom dekodira vremenski signal primljen preko

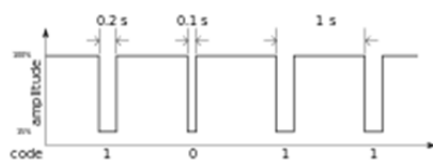
serijskog interfejsa. Nakon savršenog prijema vremenskih telegrama vrijeme računara je sinhronizovano sa referentnim vremenom u skladu sa odabranim postavkama. Softver radi pod svim aktuelnim operativnim sistemima.

SICLOCK DCF77 servis prijema je pogodan i za sinhronizaciju SIMATIC S7-300/400 programabilnih logičkih kontrolera. DCF77 signal može biti prihvaćen sa DCF77 radio sata, GPS-a ili centralnog časovnika postavljenog u samoj elektrani. DCF 77, dugotalasni radio signal, koji nosi informaciju o vremenu je ograničen na opseg od 800 km od Frankfurta na Majni. Na mjestima bez prijema DCF 77 radio signala, preporučuje se upotreba GPS prijemnika. GPS prijemnik određuje UTC preko satelitski baziranog GPS sistema. U zavisnosti od specifične instalacije Windowsa na operatorskim stanicama za određenu državu, poslani UTC se konvertuje u vrijeme koje važi u toj državi. DCF77 servis prijema zadržava vremensku razliku između sistemskog vremena na računaru i pravog vremena u okviru unaprijed definisanih granica. Dakle, snimljena vremena se mogu pouzdano porediti sa evidencijama drugih sistema i mjernih uređaja (i na kraju je moguće podesiti digitalni časovnik prema sistemskom vremenu vašeg računara, umjesto obrnuto).

Preciznost apsolutnog vremena za DCF izlazni interfejs RS232 je maksimum 10 μ S. Relativna preciznost je bolja od 3 μ S. Relativna preciznost određuje maksimalnu devijaciju između dva uzastopna impulsa. Apsolutna preciznost je pomjeraj u odnosu na atomski sat koji snabdjeva cio GPS sistem. Ako se signali primaju sa četiri ili manje satelita, vremenski interval od 20ms do 50ms koji proizilazi iz kašnjenja signala od satelita do zemlje se mora dodati apsolutnim vremenima i u ovom slučaju se ne može ispraviti od strane prijemnika. Za prijem signala sa četiri ili više satelita netačnost prijemnika je maksimalno 1 μ s.

4. VREMENSKI TELEGRAM

DCF77 vremenski telegram se očitava preko SIMATIC S7 binarnog ulaza. Kompletna vremenska informacija se prenosi preko sekvence impulsa, gdje dužina impulsa od 100ms ili 200ms odgovara binarnim vrijednostima 0 ili 1 iz koda. U 59toj sekundi impuls se ne prenosi u cilju maskiranja novog minuta.



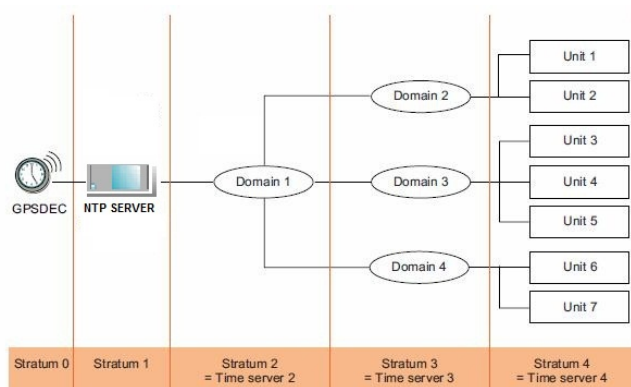
Slika 5 – DCF77 amplitudski modulirani signal u funkciji vremena

SICLOCK DCF77 servis prijema uzorkuje signale sa binarnih ulaza svakih 10 ms, prati dužinu impulsa i pauze, dekodira vrijeme i sinhronizuje S7-CPU (Central process unit) s tačnošću od 10ms nakon provjere dosljednosti dva uzastopna vremena [3].

5. VREMENSKI NIVOI

5.1 Vremenski nivoi za PCS7 u elektranama

Kod vremenske sinhronizacije sistema jedna komponenta sinhroniše drugu komponentu tako što joj prosljeđuje vremenski okvir. Kako prosleđivanje vremenskog okvira samo po sebi traje neko vrijeme, do vremenskog kašnjenja će ipak doći. Sljedeća slika prikazuje strukturu postrojenja sa nekoliko domena :



Slika 6 – Vremenski nivoi

NTP koristi hijerarhijski, polu-slojeviti sistem vremenskih izvora. Svaki nivo ove hijerarhije naziva se "sloj" i njemu se dodeljuje broj počevši od nule na vrhu. Broj predstavlja rastojanje od referentnog časovnika i koristi se da spriječi ciklične zavisnosti u hijerarhiji. Sloj nije uvijek indikacija kvaliteta i pouzdanosti, pa je uobičajeno da se pronađe vremenski izvor sloja 3 koji je većeg kvaliteta od vremenskih izvora sloja 2.

Sloj 0

To su uređaji sa visokom preciznošću mjerenja vremena kao što su atomski (cezijum, rubidijum) satovi, GPS satovi ili drugi radio časovnici. Oni stvaraju veoma precizan signal pulsa u sekundi koji izaziva prekid i vremenski pečat na povezanom računaru. Stratum 0 uređaji su takođe poznati kao referentni satovi.

Sloj 1 – NTP Serveri

To su računari čiji su sistemski satovi sinhronizovani na nekoliko mikrosekundi u odnosu na priključene uređaje iz sloja 0. Stratum 1 serveri mogu komunicirati sa drugim serverima stratuma 1 za provjeru ispravnosti i backup. Oni se takođe pominju kao primarni vremenski serveri.

Sloj 2 - Klijenti

To su računari koji se sinhronizuju preko mreže sa serverima iz stratuma 1. Često će računar iz sloja 2 poslati upit ka svim serverima stratuma 1. Računari iz stratuma 2 mogu takođe komunicirati sa drugim računarima sloja 2 da bi se obezbedilo stabilnije i robustnije vrijeme za sve uređaje u grupi.

Sloj 3 – Operatorske stanice

To su računari koji se sinhronizuju sa serverima iz sloja 2. Oni koriste potpuno iste algoritme za peer i uzorkovanje podataka kao u sloju 2, a mogu se koristiti kao serveri za računare iz stratuma 4, i tako dalje.

5.2 Algoritam vremenske sinhronizacije

Tipičan NTP klijent će redovno udružiti tri ili više servera na različitim mrežama. Da bi sinhronizovao svoj sat sa udaljenim serverom, klijent mora izračunati povratno kašnjenje vremena i pomjeraj. Povratno kašnjenje δ se računa kao [1]:

$$\delta = (t_3 - t_0) - (t_2 - t_1) \quad (1)$$

gdje je,

t_0 vremenski pečat klijenta pri prenosu zahtijevanog paketa,
 t_1 vremenski pečat servera pri prijemu zahtijevanog paketa,
 t_2 vremenski pečat servera pri prenosu paketa odgovora i
 t_3 vremenski pečat klijenta pri prijemu paketa odgovora.

Stoga,

$t_3 - t_0$ je vrijeme koje je na strani klijenta proteklo između slanja zahtijevanog paketa i prijema paketa odgovora i
 $t_2 - t_1$ je vrijeme čekanja servera prije slanja odgovora.

Pomjeraj θ je dat formulom [2]:

$$\theta = \frac{(t_1 - t_0) + (t_2 - t_3)}{2} \quad (2)$$

Proračunati δ i θ su propušteni kroz filtere i podvrgnuti statističkoj analizi. Na taj način je procijenjen vremenski pomjeraj. Frekvencija sata se zatim prilagođava da bi se smanjio pomjeraj, pri čemu se stvara povratna sprega [4].

Sinhronizacija je ispravna kada dolazne i odlazne rute između klijenta i servera imaju simetričano nominalno kašnjenje. Ukoliko rute nemaju zajedničko nominalno kašnjenje, sinhronizacija ima sistematsku pristrasnost polovine razlike između dolaznih i odlaznih vremena putovanja.

6. ZAKLJUČAK

Na efikasnost vremenske sinhronizacije u velikoj mjeri utiče vrsta i mogućnosti tehnologije koja se koristi. Struktura PCS7 u elektranama sa vremenskom sinhronizacijom zahtijeva pažljivo planiranje u cilju zaštite od neočekivanih posljedica. Iz tog razloga su sva podešavanja realizovana u skladu sa proizvodnim procesom i konfiguracijom sistema. Takođe, navedeni su i drugi koncepti podešavanja sinhronizacije u PCS7.

LITERATURA

- [1] Siemens, "Process Control System PCS 7 Time synchronization (V8.0 SP1)", User manual, 2013
- [2] Siemens, "SICLOCK DCF77 Reception Service for SIMATIC S7-300/400", User manual, 2005
- [3] Hans Berger, "Automating with SIMATIC", 2013
- [4] Mills, David L., "NTP Clock Discipline Modelling and Analysis", 2005

SISTEM ZA KONTROLU AMBIJENTA U STAKLENIKU AMBIENT CONTROL SYSTEM IN GREENHOUSE

Tomče Velkov, Ace Panev, Roman Golubovski, Sašo Gelev, Vlatko Čingoski, Goce Stefanov, Maja Kukuseva Paneva
Faculty of Electrical Engineering, UGD - Stip, R.Macedonia

Sadržaj: *Za postizanje dobrog rasta useva zasadenih u staklenik, neophodno je iskoristiti sva znanja o tome koje uslove moramo zadovoljiti da bi dobili očekivanu žetvu. Nekoliko klimatskih faktora su važni da bi se razvio održivi ambijent unutar staklenika, a to su temperatura, vlažnost vazduha, vlažnost zemljišta, cirkulacija vazduha kao i njihov međusobni odnos. Ovaj rad objašnjava kako se savremena tehnologija može iskoristiti u jednom automatizovanom računarskom sistemu za kontrolu stanja u unutrašnjosti staklenika, upotrebljavajući određeni hardver (senzore, aktuatore, embeded upravljač i personalni računar za SCADA interfejs). Prikazano rešenje upravlja klimatskim faktorima na efikasan način, koristeći asinhroni komunikaciski protocol između LabVIEW bazirane SCADA na host strani i C bazirane akvizicije podataka i pokrenuti sistem na embedded PIC platformi.*

Abstract: *In order to achieve a good growth of crops planted in a greenhouse, it is essential to implement the knowledge concerning specific conditions that need to be fulfilled to support expected harvest. In general several climate factors are important to be developed for sustainable ambient inside a greenhouse - temperature, air humidity, soil moisture, air circulation and also the relations between these factors. This paper depicts how contemporary technologies can be employed in an application of an automatic computerized system for controlling a stable environment inside a greenhouse, using affordable hardware (sensors, actuators, embedded controller and personal computer for SCADA interface). The presented solution controls the climate factors in an efficient way using an asynchronous communication protocol between a LabVIEW based SCADA on the host side, and a C based data acquisition and actuation system running on an embedded PIC platform.*

1. INTRODUCTION

Greenhouses Environment Control Systems form an important part of the agriculture and horticulture sectors in our country as they can be used to grow plants under controlled climatic conditions for optimal harvest (production). Appropriate environmental conditions are necessary to support plant growth, improved crop yields, and efficient use of water and other resources. The soil moisture, the air temperature and humidity govern the plant growth [1], [2].

Automating the control of the named three parameters ensures a reliable environment avoiding constant presence of human factor. The automation of the process variables relies on data acquisition for constant monitoring of all three with sufficient frequency compatible to the real dynamics of their fluctuations over time or in cases of abrupt disturbances, as well as on the proper actuation of the control variables having impact on the environment.

The technical focus of this article is a simple, yet powerful solution for achieving the goal using an affordable PIC based process controller, equipped with cheap sensors for monitoring temperature and humidity, as well as affordable laptop/desktop host PC running a "homemade" LabVIEW based user interface in a form of SCADA, that is used to set the control variables and perform all necessary processing, calculations and logging of important data.

2. THE CONCEPT

The concept of the working solution is given in figure 1.

The process controller is a PIC, equipped with analog and digital I/O. Through its multiplexed A/D converter it acquires three sensors for monitoring the corresponding process variables (PVs) - the air temperature and humidity, and the soil moisture.

The PIC packs and transmits the acquired data for asynchronous serial communication with the SCADA host. It also listens for commands from the host for actuation of the control variables (CVs).

Through the D/A converters the PIC controls a pump for water irrigation; a motor for opening/closing a window for air conditioning against the outside temperature and humidity; a heater for increasing the inside temperature; and a ventilator for air circulation when humidity regulation (in combination with the window) is needed.

The SCADA host receives the acquired PVs via RS232 serial link, presents them in their user interface (UI) gages and indicators, calculates commands for the actuators to modify/sustain appropriate values of the corresponding CVs, and transmits them via the serial link to the embedded PIC.

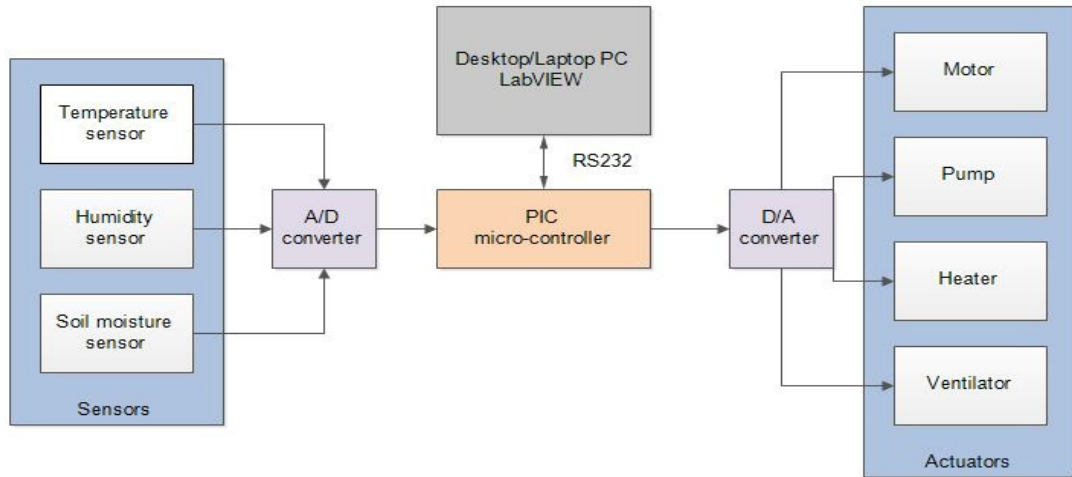


Figure 1: Block-diagram of the ambient control system in greenhouse

3. THE HARDWARE PLATFORM

The hardware platform organized around the embedded controller is given on figure 2.

The microprocessor is a low-cost 8-bit PIC16F877A equipped with 10-bit analog inputs multiplexed to a single ADC, digital I/O lines and an UART for serial communication.

The soil moisture sensor is SEN92355P, an affordable resistance based one (figure 3). The wetter the soil, the less resistive it is and the voltage transducer provides higher

output. Being an analog sensor, it is connected to the A/D converter via the pin RA0/AN0.

The air temperature & humidity transducer DHT11 is also a low-cost combination of a thermistor and a capacitive humidity sensor [3]. It has its own ADC and outputs digital signal for both measurements. It is therefore connected to the bi-directional DIO pin RD2/PSP2.

All of the actuators are controlled in a ON/OFF manner, so they are connected to the digital outputs RB7/PGD (the irrigation pump), RB5 (the window motor), RB4 (the airflow ventilator) and RB2 (the air heater).

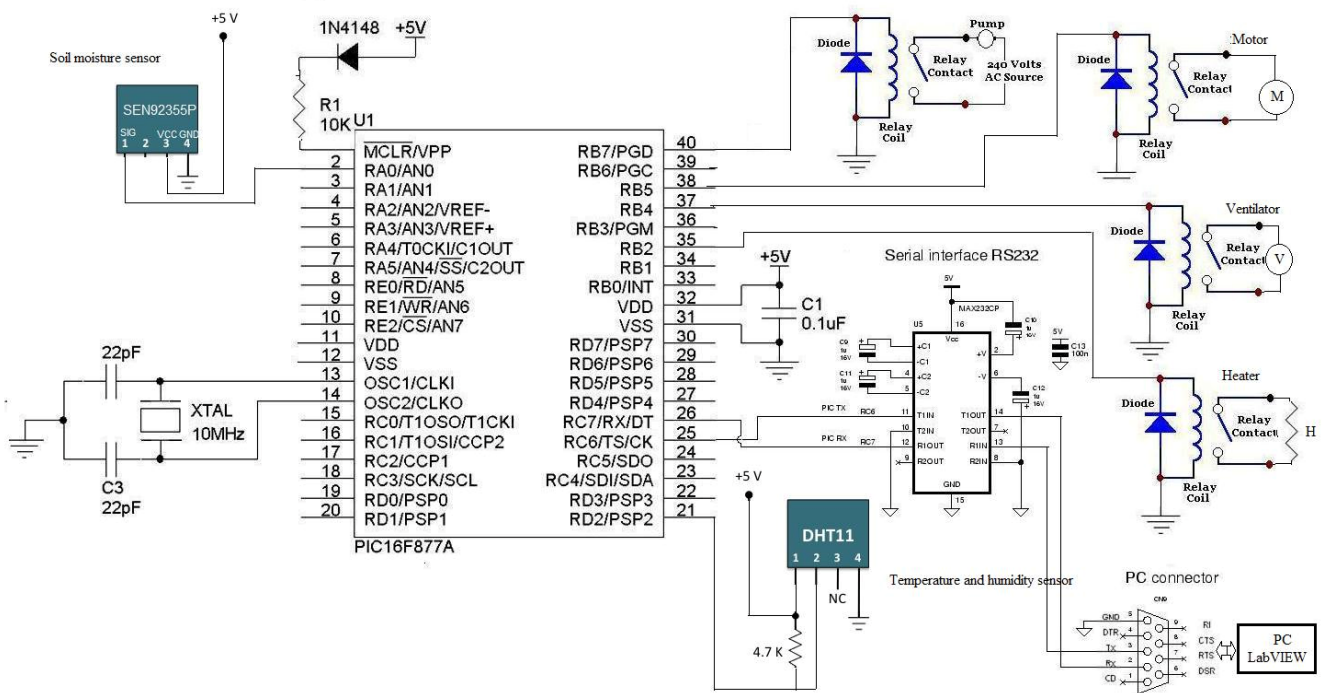


Figure 2: Circuit diagram of the ambient control system

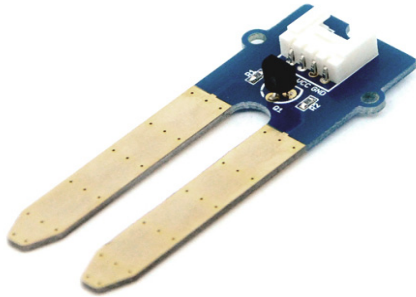


Figure 3: Soil moisture sensor (SEN92355P)

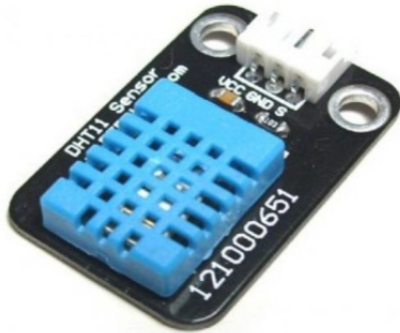


Figure 4: Temperature and humidity sensor (DHT11)

Understandable, all the digital outputs are conditioned toward the actuators via protective relays. The RS232 serial communication interface is realized with the MAX232 driver.

4. THE SOFTWARE SOLUTION

The SCADA concept based on an asynchronous serial communication protocol is given on figure 5.

It depicts the complete data loop formed by the on-field PIC based process controller and its supervising PC Host running the graphical user interface (GUI) of the SCADA.

The upper and lower parts of the block diagram show the C coded algorithm executing on the PIC. It performs continuous cyclic reading from and writing to the COM port. It reads the next ON/OFF statuses of the actuators, calculated by the process control algorithm on the Host. It writes the latest acquired values of the sensors for the Host to calculate next actuators' statuses.

The PIC executes as fast as possible. After receiving the new (ON/OFF) statuses for the actuators it immediately updates the corresponding digital outputs (DOs) with 1/0s accordingly.

After every read of the COM port buffer and update on its DOs it performs an acquisition of the current sensor values. The soil moisture sensor is acquired through its analog input (AI) in a form of 10bit integer (binary level representation), and the air temperature and humidity are read by a digital input (DI) to which their transducer is connected, in a form of two 8bit integers (one for each of the sensors).

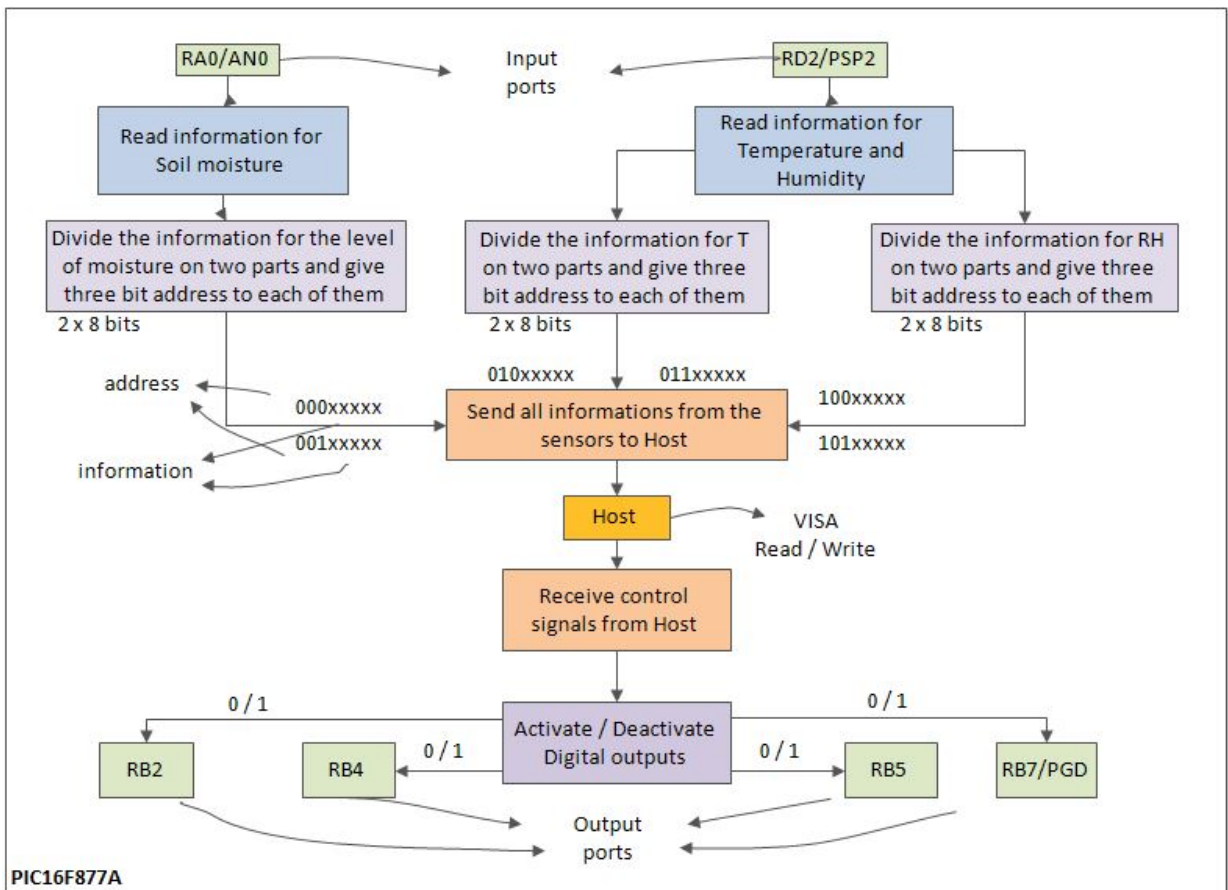


Figure 5: The SCADA concept

After all three sensors are read they are packed for sending to the Host. Due to the nature of the asynchronous protocol (no handshaking) the packing process assures the correct order for receiving on the Host side by the following framing scheme:

- divide the soil moisture 10bit integer into two halves
- frame the upper 5 bits with 000 in front into the MSB1 (00=1st sensor + 0=MSB)
- frame the lower 5 bits with 001 in front into the LSB1 (00=1st sensor + 1=LSB)
- divide the air temperature 8bit integer into 3+5 bits
- frame the upper 3 bits with 01000 in front into the MSB2 (01=2nd sensor + 0=MSB + 00 as data)
- frame the lower 5 bits with 011 in front into the LSB2 (01=2nd sensor + 1=LSB)
- frame the upper 3 bits with 10000 in front into the MSB3 (10=3rd sensor + 0=MSB + 00 as data)
- frame the lower 5 bits with 101 in front into the LSB3 (10=3rd sensor + 1=LSB)

After all data is packed for sending (string of 6 bytes), it is sent to the COM port FIFO buffer.

On the Host side the LabVIEW based control algorithm [4] constantly listens for incoming data on the COM port, whenever possible, while not processing sensors data and calculating next actuators statuses. The processing loop reads every incoming byte, looking at its first three bits, searching for the combination 000 (MSB1) and the next five bytes up to LSB3 (figure 6).

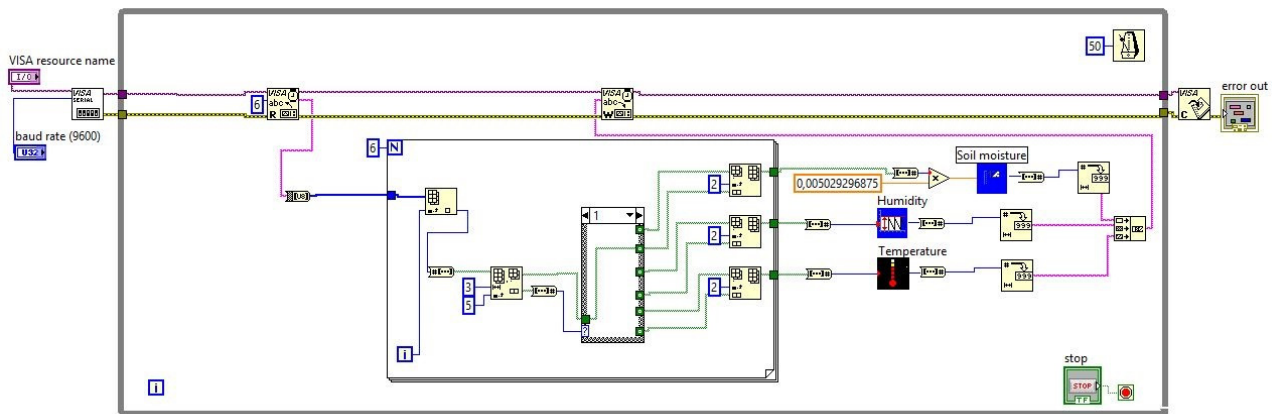


Figure 6: The main control loop coded in LabVIEW

After sensors data is consolidated it is used by SCADA's control algorithm to compare PVs values against the corresponding set points (SPs) and determine new statuses for each of the actuators, having in mind their hysteresis.

Figure 7 shows the GUI panel where the user/operator can adjust all the environmental set points that define the greenhouse ambient.

5. CONCLUSION

This paper is a prominent example of how modern technologies can easily and affordably be employed in-house

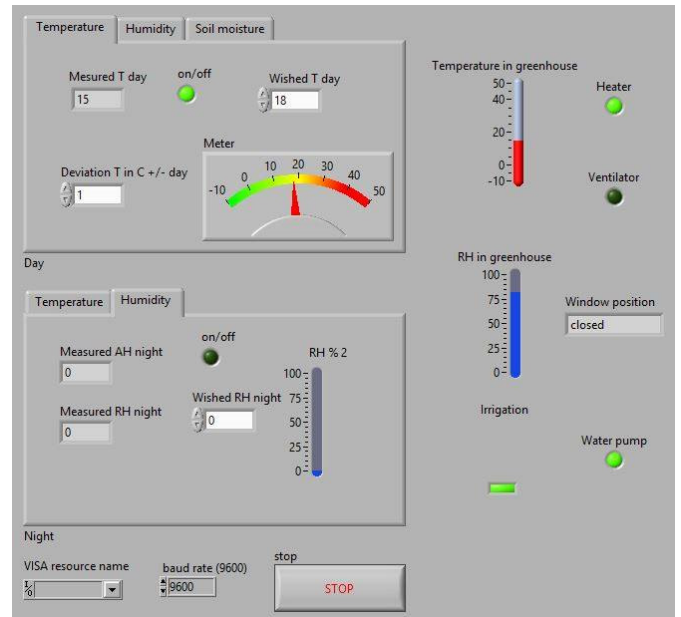


Figure 7: The SCADA GUI

for solving real life problems and challenges. It depicts a straight forward implementation of a simple SCADA for automated control of a greenhouse inside climate, using conventional strategy for process variables comparison to their respective set points, and actuating the control variables by the means of standard motors, heaters, irrigation pumps. It also employs some affordable electronics (the embedded PIC), and "proprietary" serial communication protocol between the PIC and the PC based Host.

Exploitation is expected to show increased productivity!

REFERENCES

[1] Peter Kamp, Gert Jan Timmerman, "Computerised Environmental Control in Greenhouses", a step by step approach, PTC+, The Netherlands, 2002
 [2] Y. Hashimoto, G.P.A. Bot, W. Day, H.-J. Tantau, H. Nonami, „The Computerized Greenhouse: Automatic Control Application in Plant Production”, February 1993
 [3] Jacob Fraden, „Nandbook of modern sensors:Physics, Designs and Applications”, September 2010
 [4] Jeffrey Travis, Jim Kring, „LabVIEW for everyone: Graphical programming made easy and fun”, Third edition, August 2006

POVEĆANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI VODOVODNIH SISTEMA POBOLJŠANJEM FAKTORA SNAGE PUMPNIH POSTROJENJA INCREASING ENERGY EFFICIENCY OF WATER SUPPLY SYSTEMS WITH PUMP SYSTEMS POWER FACTOR IMPROVEMENT

Slavica Kostadinova, Vlatko Cingoski, Roman Golubovski and Saso Gelev, *Faculty of Electrical Engineering, "Goce Delcev" University - Štip, Republic of Macedonia*

Sadržaj: *Gde god se koristi električna energija postoje mogućnosti za povećanje efikasnosti njenog korišćenja. U većini slučajeva, primenjene mere energetske efikasnosti otplaćuju se kroz niže račune (troškova). Vodovodni sistemi su veliki potrošači električne energije. Investicije u povećanje energetske efikasnosti ovih sistema ne samo da ima ekonomsku dimenziju, već takođe ima i pozitivan efekat na okolinu jer sa smanjenom potrošnjom fosilnih goriva smanjuje se i emisija štetnih gasova. Ovaj rad predlaže suvremeni način povećanje energetske efikasnosti vodovodnih sistema sa poboljšanjem faktora snage pumpnih postrojenja i analizu njegove dobrobit.*

Abstract: *Wherever the energy is used, there are the opportunities for increasing its effectiveness. In most cases, the energy efficiency solutions are repaid through the lower energy bills (expenses). There is large electrical energy consumption in the water supply systems. Investments in the increasing of their energy efficiency will not only have an economic dimension, but also they could have large positive effect on environment because along with reduced consumption of fossil fuels, there will be reduction of the greenhouse gases. This paper proposes one modern method for increasing energy efficiency of water supply pump stations and an analysis of the potential benefits of this method.*

1. INTRODUCTION

Water supply systems are large energy consumers. These systems consume electric power at each of the stages of the water production and supply chain: starting from pumping the water to the water treatment plant, along the water treatment process and during distribution of the water via the water supply network. Energy is lost due to various reasons: inefficient pump stations, poor system design, installation and/or maintenance, old pipes with high network losses, bottlenecks in the supply network as well as inefficient operation strategies of the various supply facilities [1].

The major portion of the total energy spendings of the water supply systems are the cost for electricity in the process of the water pumping. Changes of the operation mode and manner of pumping can be quite effective. Some methods that could reduce electricity consumption in the process of pumping the water have already been investigated, such as, optimization of the pumps operation mode depending on the needs and the peak and off-peak electricity prices, starting of the motors in the right sequence for adequate propulsion of the motor pumps and/or reduction of the maximum power, reactive power management by applying appropriate capacitor banks [1], etc.

This paper deals with the method for increasing the energy efficiency of a typical water supply system by improvements of the reactive power management of the existing power supply system. Special attention is paid to the

analysis of the expected economic advantages which the proposed method could bring to the water supply company.

2. ANALYSIS OF THE EXISTING WATER SUPPLY SYSTEM

The high amount of the electricity bills, large number of dissatisfied consumers and poor quality of the water supply services, put the water supply company PC "Plavaja" from Radovish, into a inevitable position to look for immediate, quick and proven technical and especially economical proposals for overcoming the above mentioned drawbacks and improving the energy efficiency of its operations.

To select suitable methods for increasing the energy efficiency in this particular water supply system, analysis and research of the existing operations and costs initially had to be done. The existing energy supply concept was investigated and the so-called reference annual electricity consumption was determined. Analysis of the type, suitability and age of the major water supply equipment and its advantages and disadvantages was also done.

Based on these information, several methods for optimization of the operations, including savings and benefits were analysed and officially proposed to the company's management, giving them an opportunity to decide which of them are technically and economically affordable.

The investigated water supply system operates through mixed gravitational/pumping mode, where gravitational

system is used from three existing water catchments: “Ambari”, “Stara kaptaza” and “Filter stanica”, on one side, and water pumping system from the two pumping systems: “Industrija” and “Raklish”, on the other side. Both pumping systems are connected with drawn pool which is filled with water from ten existing water wells [2].

It was proven that the water consumption is a time-variable with the amounts that significantly varies annually, monthly, daily and even hourly. These variations are generally implied from climate condition changes, the work of the major industrial plants, the number of inhabitants, the standard of the population, etc. According to the analyzed data, larger water consumption occurs during the summer period compared to the winter period. The average daily consumption during winter was 89 l/s, while in the summer the water consumption goes as high as 122 l/s [2]. The difference indicates a possibility of introducing two separate operational modes for the water supply system, the summer operational mode and the winter operational mode. This was the firstly suggested activity among the others for increasing the energy efficiency of the whole water supply system [2].

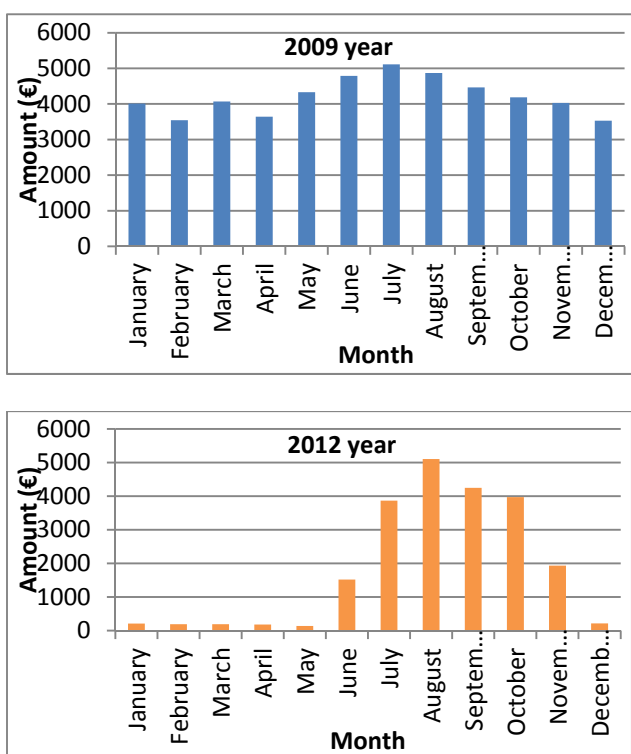


Fig. 1: Electricity cost for consumed power paid for 2009 and 2012 year.

Based on the collected data from the electricity bills, as well as the amount of the consumed power per month, a significant decrease of the cost has been achieved. Figure 1 shows the comparison between monthly electricity bills paid before and after the implementation of these two seasonal operation modes for the water supply system, i.e. in 2009 and in 2012. One can notice significant drop in the total electricity consumption and electricity bills, especially in the winter period, where the needed water amount could be provided only by means of gravitational method, therefore,

the needs for water pumping was significantly reduced. In total, for the whole year the achieved cost reduction was about 67.5%. The reduced energy consumption was primarily due to the disconnection (*turning off*) of the pump stations during the winter period as obsolete and improvements in the operational mode of the whole company by implementing zoning water supply system.

Although the implementation of these changes provided a significant reduction in the electricity costs, due to some additional and mainly technical disadvantages in the existing electrical system supply, the company still have continued to pay relatively high costs, especially for excessive utilization of the reactive power taken from the electric power supply grid. The crucial approach to solve this was to improve the power factor of the pumping systems, i.e. to decrease the amount of reactive power taken from the grid and replace it with locally generated one. This task required proper reactive power compensation, i.e. installation of adequately designed and properly installed reactive power compensation [3].

3. REACTIVE POWER COMPENSATION

In the most cases the electrical devices, despite taking the active power from the electric power grid, they are also take the reactive power as well. If this reactive power is not produced locally at the place where it is spent, in order for the device to operate normally, needed reactive power must be taken from the supplying electric power grid. This implies additional money payments i.e. additional operational costs. There are multiple ways to generate reactive power, but for this kind of local usage, appropriately dimensioned capacitor banks are commonly used [4]. From technical viewpoint, if the requested reactive power is less than 15% of the total installed capacity of the supply transformer, a fixed value of compensation is more suitable. Above the 15% level, it is advisable to install an automatically-controlled bank of capacitors. As can be seen later in the paper, our system is on the edge having about 16% of the installed transformer’s capacity, therefore, the major decision point was financial one – the cheaper solution was preferred, therefore a capacitor banks with fixed compensation value were selected.

Figure 2 shows power comparison scheme for an electric motor that uses reactive power from the electric power network and an electric motor that uses reactive power generated from a local capacitor banks. It is obviously what kind of benefits for energy efficiency improvements could provides local reactive power compensation. Observing Figure 2-a leads to a conclusion that an inductive load having a low power factor (*the electric motor*) requires generators and transmission/distribution substations to provide needed reactive power. If a bank of capacitors is added next to the load (Figure 2-b), there will be no reactive power flow from the electricity grid towards the load (*the electric motor*) [3].

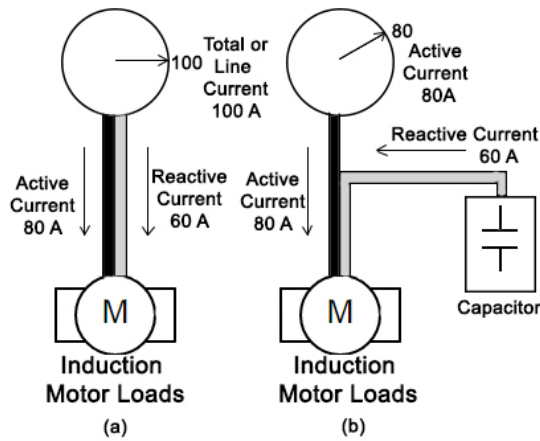


Fig. 2: Power supply of electric motor without (a), and with (b) local reactive power compensation.

The investigated water supply system uses two types of electric AC motors which use reactive power directly from the electric power grid. Accordingly, with the application of adequate reactive power compensation generated locally by installed capacitor banks, additional increase of the energy efficiency of the whole system could be expected. In such case, the installed capacitor banks, could provide only a part of the requested reactive power, leading to a reasonable increased value of the power factor at least to a level of 0.96. This is because only a power systems that have power factor less than 0.95 are required to pay additional cost for taking the excessive reactive power from the electric power grid.

4. DESIGN AND CALCULATION OF THE REACTIVE POWER COMPENSATOR BANKS

Calculation of the required reactive energy for compensation and selection of the compensation type are two most important steps to achieve optimal cost-benefit of the proposed activity. The existing pumping systems consists of two pumping stations with three electric motors with installed capacity of 45 [kW], and two electric motors with installed capacity of 22 [kW] (Figure 3). Both pumping stations are located next to each other and adjoint to the supplying transformer substation. Respectively, the best solution for installation of capacitor banks, was that they should be located within the transformer substation and that they should operate in parallel with both existing pumping stations.

At full power, the total load amounts $3 \cdot 45 \text{ kW} + 2 \cdot 22 \text{ kW} = 179 \text{ [kW]}$. Table 1 shows the power factors, $\cos\phi$ at rated load for each electric motor which is used in the analysed pumping system. The existing power factors for both motors from 0.89 and 0.88, should be improved and increased at least to the minimal accepted value of 0.96 by locally generated reactive power. The amount of added reactive power should be calculated using well-known formula:

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = P \cdot (\tan\phi_1 - \tan\phi_2) \text{ [VAr]}$$

where Q_1 , and Q_2 , are the values of the reactive power needed to achieve existing, undesired low power factors and new improved and desired power factors. The values of the angles between the voltage and the current before and after the correction (*improvement*) of the power factor $\cos\phi$ for the both pumping stations for calculating the amount of the reactive power that needs to be generated from the capacitor bank (Q_c), are given in Table 1, respectively.

Table 1: Power factors and angles between the voltages and the currents.

Power factor ($\cos\phi$)		Angle between voltage and current (ϕ)
electric motor I	0.89	27°
electric motor II	0.88	28°
after correction	0.96	16°

Thus, the calculated amount of reactive power that should be additionally provided by the capacitor banks is 4.9 [VAr], and 12.9 [VAr] for electric motor I and for electric motor II, respectively. Therefore, full reactive power compensation for the whole electricity supply system (*both pumping stations and all five motors*) to the desired value of $\cos\phi=0.96$, a total amount of 40.5 [kVAr] reactive power is required.

Because of the power supply stability and continuous load factor, as well as the short distance between the pumping stations and the the supply transformer substation (*less than 10 meters*), the central compensation system is proposed. The capacitor banks should be installed at the same busbar as the pumping stations next to the power transformer, to provide enough reactive power for the whole installation. Using this layout, one could eliminate tariff penalties for excessive consumption of reactive power from the grid on one side, and on the other, the supply transformer will be further relieved from unnecessary load, increase its efficiency and prolong its operational life [3]. The main disadvantage of central compensation mode is the fact that the reactive current generated by the capacitor banks still would flow in the supply cables towards the pumping stations, generating additional power losses. However, due to the very short distance between the power transformer and the pumping stations, increase of the power losses should be insignificant.

As mentioned in the introduction of this paper, the total amount of reactive power for full reactive power compensation in this particular case amounts at 16%, because the total installed capacity of the power transformer is 250 kVA. Having into consideration the investment cost and the expected benefits, we expect that for this particular system, fixed compensation system should be more appropriate because of small performance requirements and low control complexity. The use of automatically-controlled capacitor banks is not necessary and would be too costly for this system [3].

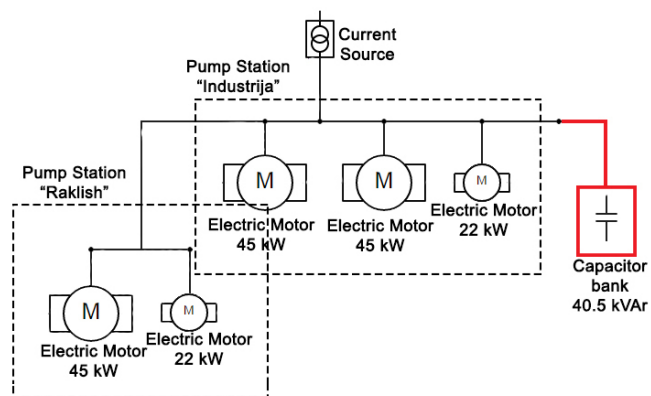


Fig. 3: PC "Plavaja" pump stations with central fixed reactive power compensation system.

Figure 4 shows the correlation between the price for reactive power compensation equipment for each [kVAr] installed, provided from large amount of producers of such type of equipment [5]. According to this data, one could estimate the necessary cost for installation of capacity banks with exactly known amount of reactive power.

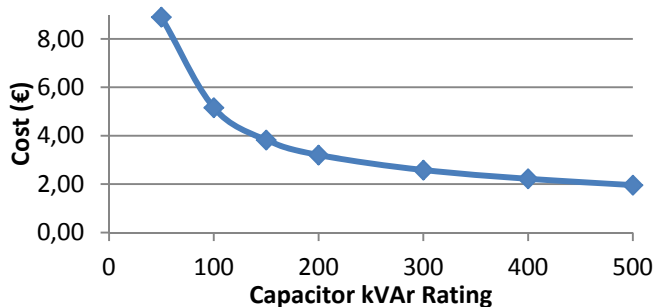


Fig. 4: Average cost per [kVAr] for compensation equipment from different manufacturers [5]

According to Figure 4, for the required reactive power of 40,5 [kVAr], the cost of the needed equipment for the installed reactive power of about 50 [kVAr] should be considered, which means that the unit price of 8.89 € per [kVAr] reactive power should be used.

5. COST-EFFECTIVENESS OF THE PROPOSED METHOD

Optimized management of reactive power brings economic and technical advantages. The impact of this method on the quality of the electricity (*flickers, harmonics, etc.*), and possible negative repercussions back into the electricity grid have to be further investigated, however only in case of acceptance of the proposed method by the company's management.

As for the economic benefits, the total financial resources spent for the reactive power for the period between 2008 and 2013, as presented in Figure 5, were estimates at 1,559€, i.e. an average of 259.83€ per year, while the total investment for purchase of the proposed compensation equipment and the

realization of this improvement method is estimated at 326.5€.

These numbers are only one indicator of the significant profitability of this investment, which according to the data given above, the full investment in the capacitor banks would be paid off for approximately 1 year and 3 months. If a comparative analysis of the cost paid for the reactive power is made in terms of total electricity cost paid per year, one can noted that only with the implementation of the proposed measure the enterprise would save at least 1.7% from the existing electricity bills.

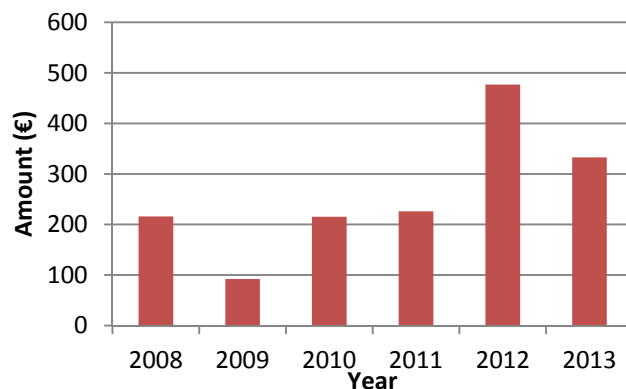


Fig. 5: Cost paid for taken reactive power from power grid for the period between 2008 and 2013 year.

6. CONCLUSION

In this paper the economic benefit of the power factor compensation method is given. The proposed method that allows elimination of the excessive reactive power from the electric grid taken by pumping motors is given. For reactive power compensation utilizing capacitor banks is proposed enabling additional cost reduction that the company pays for electricity. Additional advantage of the proposed measure is the fact that it has very low investment costs for its implementation and realization, and provides energy efficiency improvements and energy savings with very short-term payback.

REFERENCES

- [1] M. Feldman, *Aspects of Energy Efficiency in Water Supply*, Proceedings of the 5th IWA Water Loss Reduction Specialist Conference 26-30 April Cape Town South Africa pp. 85-89, 2009
- [2] ЈП "Плаваја, *Снабдување со вода за пиење и одведување на урбани и отпадни води во Општина Радовиш 2010 година*, Април, 2011
- [3] Schneider Electric, *Reactive Energy Management – Low Voltage components*, Catalogue 2013
- [4] ABB, *Power factor correction and harmonic filtering in electrical plants*, Tchnkical Application Papers No. 8, December, 2010
- [5] NEPSI, *The Fallacy of Cost per kVAr*, Northeast Power Systems, 2012.

NOVI METOD UPRAVLJANJA ASINHRONIH MOTORA SA INTERMITIRANIM REŽIMOM RADA U NAPAJANJU ARTISTIČKIH (MUZIČKIH) FONTANA A NEW CONTROL METHOD FOR INDUCTION MOTORS IN INTERMITTED WORKING REGIME FOR ARTISTIC (MUSIC-DRIVEN) FOUNTAINS

Goran Klepov, *Imperial Tobacco TKS, Skopje*

Vlatko Cingoski, Roman Golubovski, Saso Gelev, Goce Stefanov, *Faculty of Electrical Engineering - UGD, Stip*

Sadržaj: *Sa svremenim načinom života, sve je veća potražnja turistima za atraktivnim lokacijama za posetu. Zato stalno se grade ili modificiraju postojeće fontane u tzv umetničkim atraktivnim fontanama čiji je rad zasnovan na muzičku podlogu sa potpuno montiranom koreografijom vizuelnih efekata između vode i svetla, tako da što je duže moguće zadržati pažnju posetilaca. Ovaj rad daje novi način i pristup problemu upravljanja električnih pogona kod takvih modernih fontana. Metod predstavlja tehno-ekonomski kompromis koristeći nezavisnu od muzike koreografiju za svaku pumpnu stanicu pojedinačno bez upotrebe dodatnih skupih servo ventila, da biste dobili potpunu sliku o kompletnom pozorišnom predstavljanju fontane u ritmu i melodiji muzike sa atraktivnom scenskom i vizuelnom interpretacijom na muzike fontane.*

Abstract: *The modern way of living increases requirement for attractive sites for tourists to visit. Usually artistic fountains are attractive, performing visual and spraying effects synchronized to musical pieces, thus getting tourists attention. This paper proposes a new method and approach to the problem of controlling the electric drive of the pumps. The method is a techno-economic compromise achieving coordinated performance of the individual pump without the use of additional expensive servo valves, for the purpose of their synchronization with the choreography following the music.*

1. INTRODUCTION

The modern way of life, increases demands for attractive tourist sites to visit. Therefore, constantly are built new or modified existing fountains into attractive artistic show, based on music background with fully staged performance of visual effects, with water and lights to keep visitor's attention. However, from a technical point of view, the choreography that follows the dynamics of musical rhythm and melody requires instant response, therefore advanced level of control of pumps, between minimal and maximal load, in order to achieve different heights, directions and quantity of water columns is needed. This causes the need for modern, energy powerful pumps, hydraulic servo valves, modern control systems and protection from defective conditions.

The practice shows that this challenge is not always easy and quick to implement. Almost as a rule, renovation or upgrade of existing fountains with relatively old infrastructure (*inadequate pumps and motors*), becomes a serious challenge which often requires additional expenses for servo valves to regulate water spray appropriately according to the imagined project. Direct application of frequency controllers by the rhythm of the music almost always exceeds the dynamic capabilities of already existing motors (size of torque and motor dynamics, slip, overheating due to excessive current in the windings, etc.). This can often lead to damage of the motor or of the pump.

As a result, it is necessary, according to the technical capabilities of the existing drives, to perform control of their

acceleration and deceleration regardless of the musical background, so the viewer will get a visual illusion and perception of dynamic alignment between water spray, music and light effects of the fountain.

In this paper, authors are presenting a new method of transformation of the already built fountain with existing infrastructure into artistic musical fountain, without replacing the major existing hydraulic components, with minimal technical activities and under economically affordable expenses. The method was successfully applied to a real object and showed its advantages and disadvantages.

2. THE FORMER SITUATION

The starting point in the development and application of the proposed method were the problems faced by owners of one of the existing musical fountains in the town of Svilengrad, Bulgaria. Namely, the situation met was such that the existing musical fountain had constantly experienced defects and relegation from the normal operation of the motors driving the hydraulic pumps. Those failures had frequently caused unexpected defects of the motors entailing additional activities, thus unnecessary and unforeseen significant increase of financial costs for the operation of the fountain, such as: full discharge of water from a fountain, dismantling the motor and pump service performed after installation of defective motor and pump, re-cleaning of the entire installation, and complete cleaning or replacement of the water filter (*halted circulation of water allows for bacteria and fungi to grow in the filter*). However, the biggest

loss is the disappointment of the tourists due to not functional fountain which is the main attraction in the city, leading to additional financial losses of the municipality and the owner of the fountain.

The analysis of the technical features of the equipment on site determined that it is a system composed of six induction motors with rated output of 4 [KW], properly dimensioned pumps, two of which directly powered and four operated through frequency controllers type Moeller DF51, controlled by Microchip PIC18F 258-I/SP, which separates frequencies of the audio signal to control the dynamics of the motors driving the pumps. The actual variable speed drives were obviously intensively worn-out due to the visibly enlarged dimensions of electrolytic capacitors of the rectifier. Table 1 provides main data of the motors and pumps [2].

Table 1: Nominal data for motor and pump.

Rated Power P_n	4 kW (5,5 HP)
Height of water jet H (<i>max/min</i>)	24 / 10 m
Amount of water Q (<i>max/min</i>)	30 / 70 m ³ /h
Nominal Voltage U_n	3F ~ 380 - 415 (Δ) V 3F ~ 660 - 720 (Y) V
Rated Frequency f	50Hz
Rated Current I_n	9,6 / 5,5 A
Rated Speed n	2900 min ⁻¹
Rated Power Factor cos ϕ	0,85
Nominal Mode (IEC)	S1, incl. F

From the data provided in the Table 1, one could conclude that:

1. They are properly dimensioned for the purpose, and
2. They are not appropriate for the actual operation mode of this type of load requiring alternating working features.

Namely, according to the available data, the installed induction motors are designed to operate in mode of operation S1, which is actually a permanent operation mode with constant torque load and rare transitional regimes such as startings or stoppings, made with thermal insulation class F with max allowed over-temperature of 155°C.

Therefore, we can immediately notice two main problems using these motors for driving the pumps in artistic fountain:

1. These pumps will not work permanently, but intermittently according to the needs of the artistic requirements, and
2. These pumps will have frequent starts and/or stops, as well as continuous regulation of the jet height and amount of water, which means significant and complex requirements for the drive for the pumps, that these motors are not able to perform.

Used motors are designed to work under constant voltage and constant frequency. Considering that the magnetic field of the the motor depends on the relationship between the input voltage and frequency, when this ratio is disturbed, it leads to the appearance of overmagnetisation (saturation) or undermagnetisation of the electric motor [1]. When the motor

is in undermagnetized state (*i.e. insufficient excitement*), it generates torque which is too small, thus the motor is no longer able to run normally, it loads larger current during the startup causing significant thermal overload. Additionally, in case of abrupt break, part of its energy is converted into extra heat again resulting into thermal overload and overheating of the windings and the core, leading to defects in both the windings and the rest of the induction motor. The actual motors are of wrong type for the required operation mode since they are driven by permanent variation of shafts' rotation frequency (*acceleration and deceleration*) for the purpose of desired artistic effect according to which the height and amount of water jets in the fountain should "follow" the music. This constant change of supplied voltage and frequency of the induction motors in accordance with the rhythm of the music leads to frequent acceleration and deceleration with constant current overload. Due to the short acceleration times (*the constant frequency variations*) and the continuous variation of the stator current for the purpose of rotor speed variations in order to obtain variations in height and the amount of water spray, installed induction motors are forced into a situation that they are not able to reach the nominal mode of operation, which is improper for their design.

Required operation mode instead of the actually applied motors provided for operation mode S1, demands application of other types of motors which are at least designed for extended operation with starts and stops and with additional dynamics (S7). Moreover, even better for overcoming the problems resulting from the continuous dynamically changed loads of the motor as a result of the application requirements, it is desirable to use specially designed motors for operation mode S8 - continuous drive with periodic changes of speed and dynamics, or even mode S9 - where changes have aperiodic properties. These motor types are specially designed for such complex and fast-changing conditions of work, yet significantly more expensive than induction motors implemented in the existing fountain. Additionally, these motors require modern devices to control them (*regulation of supplied voltage, frequency, and obtained torque and speed*) which would put additional financial burden on the project.

3. PROPOSED SOLUTION

The basic purpose of this research was to find a way and methodology for achieving the requested performance of the artistic fountain without modification of its existing infrastructure (*existing induction motors and control system*), that would assure safe operation of the system on one hand, and realize requested visual effects that follow the musical rhythm, on the other hand.

The following technical requirements were set in front of the research team::

1. Motors need to be prevented from driving the pumps in heavy loads operation mode, i.e. their work to be as close as possible to regime S1 - permanent mode without major speed variations due to start and stop;
2. In order to achieve the necessary dynamics (*torque, speed*), it is necessary to implement soft acceleration

(rump up) and mild slowdown (rump down) to prevent overheating of the motors due to improper mode of operation;

- It is necessary to define a suitable time with no operation (pause in the motors operation), to allow motor to cool down at least closely to the ambient temperature - each motor should have its runtime, without significant variations in speed and with sufficient time to avoid its overheating.

Given these requirements, the solution was built based on the following main assumptions:

- Operation mode of the asynchronous motors should be as close as possible to that for which they are intended, or as close to the regime S1, yet still to support limited dynamics in the operation. Therefore, the chosen mode of operation is aperiodic variable mode with time breaks, closely corresponding to IEC mode S9.
- It is necessary to program time diagram of the work for each induction motor separately in accordance with the dynamics, rhythm and melody of each song that needs to be visually simulated by the artistic fountain. Figure 1, is an example of such time diagram.
- Prior to programming the pump system operation, it is imperative to plan the theatrical choreography of the "game of the water and light" of the the fountain, i.e. to predict each pump's operation at any point of time during the song (capacity of operation, pauses, etc.).

This choreography requires four analog outputs (0÷10VDC) to command four separate variable speed drives that independently control the four pump motors. In this case, for the control system, we are using relatively simple and cheap solution composed of two PLCs LOGO OBA7 each having two analog outputs. These four analog outputs control four frequency controllers of type ABB - ACS150 used for regulation of the operation of the induction motors.

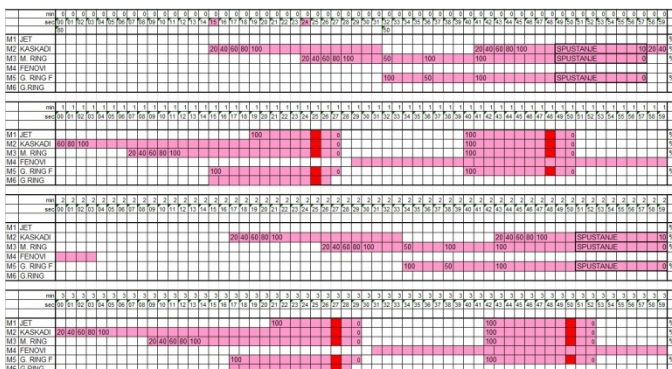


Figure 1: Example of a time diagram of the operation of the system consisted of four motors.

The total cost for management of all four variable speed drives was €448.2, which is much less than the cost of replacement for any of the existing four induction motors with more appropriate ones for the purpose.

The next challenge was to design a suitable software that would support the proposed hardware solution. For this purpose, our team used the software compatible with the proposed hardware Logo! Soft Comfort V7.1 [3], which enables network connection between the PLC to support the needed communication for timely and synchronized start of all four motors. Since it was necessary to command four independent motors, independent code (functional block) was written for each of them, controlling its speed acceleration and deceleration specifically and within the proper operation's boundaries. In Figure 2, an example of a functional block for a single induction motor is given. In this case this induction motor drives the pump on the little inner ring of the fountain. In this diagram noticeable are separate timings for work and break of the motor as a percentage of the load for any given time interval.

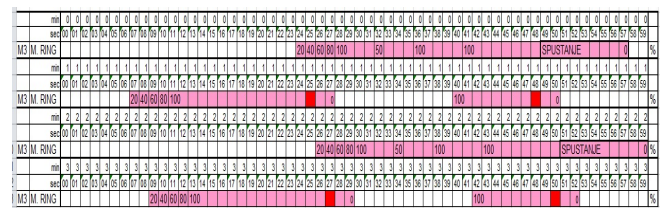


Figure 2: Functional diagram of the operation of the asynchronous motor pump on the little inner ring.

Although at first sight this looks like a complicated procedure, using the advantages provided by the used software package Logo! Soft Comfort V7.1, the process of coding is rather simplified, thanks to the use of a specific programming language FDB, which is quite simple and more acceptable for the developers compared to other programming languages like LAD or STL. FDB works with built-in math functions, binary operations, timers, analog multiplexers, real clock, etc. And in our case, allows for customized functions to be built (UDF - User Defined Function). These functions are used for definition of each pump's operation separately, and they all get executed simultaneously synchronized to the start of the music. Figure 3, is an example of a user function UDF, made in Logo! Soft Comfort V7.1 to control a single induction motor.

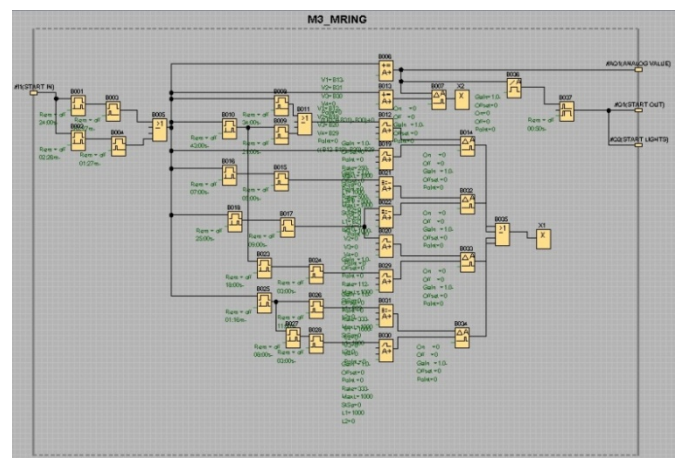


Figure 3: Example of user function (UDF) developed in Logo! Soft Comfort V7.1.

4. CONCLUSION

The proposed method for controlling the system of four induction motors as drive for the pumps is successfully implemented to apply the scenic-visual program on the artistic fountain in the town of Svilengrad in Bulgaria (Figure 4).



Figure 4: Fountain Svilengrad in operation

Since the implementation of the new control system of this fountain on 28.08.2012, there have been no reports of significant defects or problems for more than two years. This clearly shows that the proposed method had proven itself as a reliable one, such that allows simple and cheap implementation of upgrade and modernization of existing classical fountains into modern artistic type fountains in which the system of running water and light effects can be harmonized with pre-set background music.

The only disadvantage of the proposed solution methodology is the fact that each new song requires development of entirely new choreography (scenic and visual). This means that it is necessary to develop new user functions (*new UDF*) for all four pumps separately for the different music background. This disadvantage could be easily resolved with saving of all developed UDF functions for each melody and keep them for any future use on any memory media (SD card, USB, etc.)

The hardware complexity of the solution is also acceptable, as shown in Figure 5 (*finished electrical cabinet*).



Figure 5: The electrical cabinet for automation of the fountain.

REFERENCES

- [1] Berislav Jurković, "Elektromotorni pogoni" Izdavčko poduzeće "Školska knjiga Zagreb", april 1978.
- [2] Calpeda NM50/12AE
http://www.calpeda.com/system/products/catalogue_50hz/s/53/en/catalogue_50hz_NM-NMS.pdf?1418237715
- [3] Logo! Software, Logic module Logo!
<http://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/logo-software/pages/default.aspx>.

ODREĐIVANJE IZLAZNIH KARAKTERISTIKA KVAZI-REZONANTNOG KONVERTORA POMOĆU KOMPJUTERSKIH SIMULACIJA

DETERMINATION OF OUTPUT CHARACTERISTICS OF QUASI-RESONANT POWER CONVERTER WITH COMPUTER SIMULATION

Goce Stefanov, Saso Gelev, Vlatko Cingoski, Vasilija Sarac and Roman Golubovski, Faculty of Electrical Engineering-Radovis, R.Macedonia

Sadržaj: U ovaj rad je analiziran kvazi-rezonanten konvertor. Pomoću kompjuterskih simulacija u programu PowerSim, određene su izlazne karakteristike ovog konvertora, odnosno zavisnosti snage i energetske efikasnosti od odstupanja radne od rezonantne frekvencije.

Abstract: In this paper the quasi-resonant power converter is analyzed. By computer simulations in PowerSim program are determined its output characteristics, ie the output power and efficiency from deviation of the operating from resonant frequency.

1. INTRODUCTION

Generally, semiconductor switching devices operate in Hard Switch Mode in various types of PWM DC-DC converters and DC-AC inverter topology employed in a power system. In this mode, a specific current is turned on or off at a specific level of voltage whenever switching occurs, [1], [2], [3]. This process results in switching loss. The higher the frequency the more the switching loss, which obstructs efforts to raise the frequency. Switching also causes an EMI problem, because a large amount of di/dt and dv/dt is generated in the process.

Higher energy conversion efficiency at high frequency switching can be obtained by manipulating the voltage or current at the moment of switching to become zero. This is called “Soft Switching”, which can be subcategorized into two methods: Zero-voltage switching and Zero-current switching. Zero-voltage switching refers to eliminating the turn-on switching loss by having the voltage of the switching circuit set to zero right before the circuit is turned on. Zero-current switching is to avoid the turn-off switching loss by allowing no current to flow through the circuit right before turn-ing it off. The voltage or current administered to the switching circuit can be made zero by using the resonance created by an L-C resonant circuit. This topology is named a resonant converter [1], [2].

In power electronics, according to the type of resonant circuit, mainly used three topologies of resonant converters, serial resonant converter, parallel resonant converter and quasi-resonant converter .

The resonant circular frequency ω_0 , damping circular frequency ω_d and damping constant α of the resonant circuit with inductance L , resistance R and capacitance C , powered by converter is:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \alpha = \frac{R}{2L}, \omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2} \quad (1)$$

In the serial and parallel resonant converter when switching frequency f_s of the converter is same by the resonant frequency f_0 of the resonant circuit, transferred energy from the converter to the load is maximum, Fig. 1 [1], [4]. In the Fig.1a can be seen that the output power P_o and

efficiency η at serial and parallel resonant converter is greatest when switching frequency f_s is same with resonant frequency f_0 , ie. $f_s = f_0$.

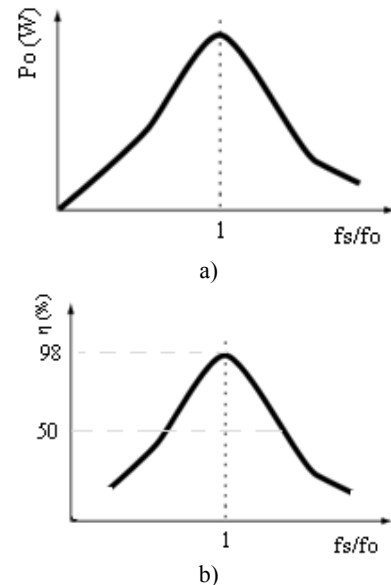


Fig.1 Output characteristics in power converter: a) depending on the output power P_o of the deviation of the switching f_s of the resonant frequency f_0 (normalized switching frequency f_s/f_0), b) depending on the efficiency η of the deviation of the switching f_s of the resonant frequency f_0

At quasi-resonant, although basic operating concept is similar to that of a series resonant converter, controlling the gate in the switching circuit is totally different. Purpose in this paper is for values of RCL elements obtained from the design of device for induction heating [4], to determine the power output and efficiency in this the topology of converter.

2. OPERATION MODE IN QUASI-RESONANT POWER CONVERTER

In the Fig. 2 is show equivalent circuit of the quasi-resonant power converter.

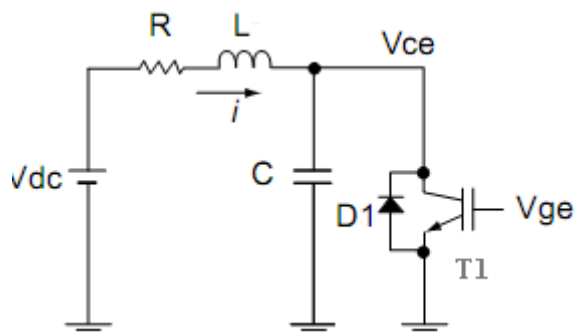


Fig. 2 Equivalent circuit of the quasi-resonant converter

In the Fig. 2, V_{dc} is voltage of DC-LINK circuit, R , L , and C are elements of the resonant circuit, $T1$ is IGBT transistor with his antiparallel diode $D1$, V_{ce} is voltage collector emitter and V_{ge} is voltage gate emitter of IGBT. In the Fig. 3 is shown waveforms of the current and voltage obtained with simulations on the circuit of Fig. 2 in PowerSim program [5].

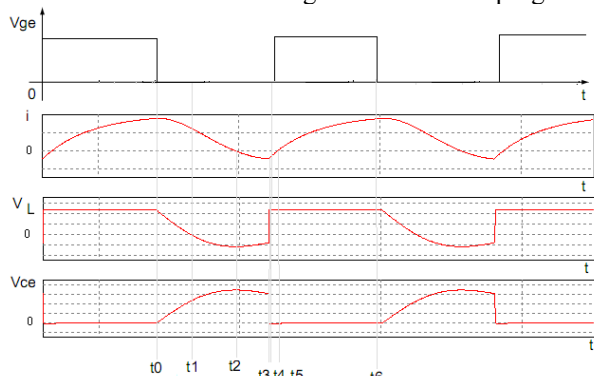


Fig. 3 Wave forms of the current and voltage in the circuit of Fig. 2.

Time interval $t0-t1$ (mode 1): As mentioned earlier, the switching circuit is turned off when the resonant current flowing through the circuit is at its peak, i.e. at $t0$. In this process, a turn-off switching loss occurs. The V_{ce} level is rapidly increased by the capacitor (C_r) to become DC-LINK (V_{dc}) at $t1$. Even when the switch is turned off at $t0$, the current keeps incrementing to reach its peak at $t1$, when V_{ce} becomes equal to V_{dc} , as DC-LINK is higher than the resonant voltage. At this point, the energy stored in the inductor begins to be transferred to the capacitor.

Time interval $t1-t4$ (mode 2): As V_{dc} is lower than V_{ce} after $t1$, the current decreases to zero at $t2$, when the resonant voltage reaches its maximum. This is also the point where the transfer of the energy stored in the inductor to the capacitor is completed. The peak level of the resonant voltage has a direct relationship with the turn-on time of the switch ($t5-t6$). After $t2$, the capacitor starts discharging the energy to the inductor, which causes the voltage and the current flowing in inverse to decrement and reach its minimum level at $t3$, i.e. $V_{ce}=V_{dc}$, respectively. Passing $t3$, the resonant current increases as $V_{ce}<V_{dc}$ and the discharge is completed at $t4$.

Time interval $t4-t5$ (mode 3): After $t4$, the energy sent by the capacitor and stored in the inductor, is converted to DC-LINK as the $D1$ diode is forward biased. The resonant current is flowing through $D1$ during the time $S1$ is turned on.

Time interval $t5-t6$ (mode 1): As the switching circuit remains turned on while the current is freewheeling through $D1$, the current flows in the right direction through the circuit and the inductor starts to store the energy, which makes it possible to do a zero voltage turn-on switching.

In $t6$, the switching circuit is turned off, returning to time $t0$. The peak level of the voltage is in direct relationship with the duty cycle D . So by adding or reducing on duty cycle or change of the frequency can manipulate transfer of the output energy.

3. DETERMINATION OF OUTPUT CHARACTERISTICS

The parameters of the resonant circuit $L = 23.93 \mu\text{H}$, $R = 1.14 \Omega$, $C = 10.6 \mu\text{F}$; switching frequency $f_s = 10000 \text{ Hz}$ and requirements power $P_o = 58 \text{ kW}$ are obtained with simulations of direct induction heatings on work piece iron in the computer program ELTA, product of the FluxControl [4]. In the Fig. 4 is show the circuit to simulation of quasi-resonant converter in the PowerSim program, which is used for determination of output characteristics [5].

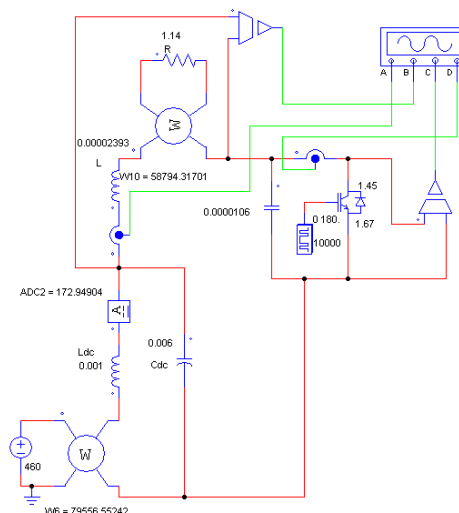


Fig. 4 Circuit to simulation of quasi-resonant converter in the PowerSim program, which is used for determination of output characteristics

In simulations is used model on IGBT transistor with voltage in conduct state $V_{ceSAST} = 1.67 \text{ V}$ and diode with forward voltage $V_F = 1.45 \text{ V}$. The DC-LINK voltage V_{dc} is set on the beginning on value 460 V so as to output power of the converter is $P_o = 58 \text{ kW}$ at switching frequency $f_s = f_0 = 10000 \text{ Hz}$.

3.1 Operation of quasi-resonant converter with constant output power

In the Table 1 is given values of the voltage, current, power and efficiency on the circuit on Fig. 4, obtained with simulations in PowerSim program. Values in the Table 1 are obtained so that to different switching frequency, DC-LINK voltage V_{dc} is changes until the output power get value 58 kW. Duty cycle D , all the time in simulations are holding on the value 0.5.

Table 1 Values of the voltage, current, power, efficiency, resonant and switching frequency obtained with simulations on the circuit on Fig. 4, when the output power of the converter is constant $P_o \approx 58$ kW.

U_{dc} (V)	I_{dc} (A)	P_{dc} (kW)	P_o (kW)	f_0 (kHz)	f_s (kHz)	η (%)
438	213	93.29	58.70	9.98	16.00	62.9
446	209	93.21	58.60	9.98	15.00	62.9
454	204	92.62	58.68	9.98	14.00	63.4
460	198	91.08	58.63	9.98	13.00	64.4
464	191	88.52	58.73	9.98	12.00	66.3
464	182	84.44	58.70	9.98	11.00	69.5
460	173	79.58	58.79	9.98	10.00	73.9
450	164	73.80	58.54	9.98	9.00	79.3
438	157	68.76	58.80	9.98	8.00	85.5
422	154	64.99	58.63	9.98	7.00	90.2
406	154	62.52	58.44	9.98	6.00	93.5
395	157	62.00	58.77	9.98	5.00	94.8
388	159	61.69	58.25	9.98	4.00	94.4
384	159	61.06	58.30	9.98	3.00	95.5
378	159	60.10	58.50	9.98	2.00	97.3
372	160	59.52	58.45	9.98	1.00	98.2

In the Fig. 5 is shown output characteristics in quasi-resonant converter depending on the deviation of the switching f_s of the resonant frequency f_0 , ie normalized switching frequency f_s/f_0 , when the output power of the converter is constant $P_o \approx 58$ kW. In the Fig. 5a is show dependence of the efficiency η and in the Fig. 5b is show dependence of the DC-LINK voltage V_{dc} .

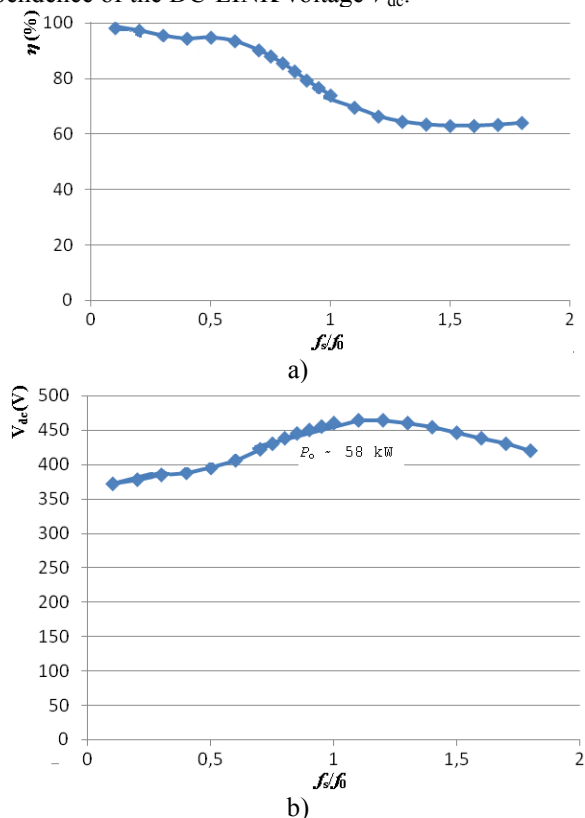


Fig. 5 Output characteristics of the converter dependend from normalized switching frequency f_s/f_0 when the output power

is constant $P_o \approx 58$ kW a) efficiency η and b) DC-LINK voltage V_{dc}

3.2 Operation of quasi-resonant converter with constant DC-LINK voltage

In the Table 2 is given values of the parameters obtained with simulations on the circuit on Fig. 4 on different switching frequency, but so that DC-LINK voltage V_{dc} is constant. And here, duty cycle D for all the time are holding on the value 0.5.

Table 2 Values of the voltage, current, power, efficiency resonant and switching frequency obtained with simulations on the circuit on Fig. 4 when DC-LINK voltage is constant $V_{dc} = 460$ V

U_{dc} (V)	I_{dc} (A)	P_{dc} (kW)	P_o (kW)	f_0 (kHz)	f_s (kHz)	η (%)
460	223	102.8	64.74	9.98	16.00	63.1
460	215	98.9	62.34	9.98	15.00	63.0
460	207	95.22	60.25	9.98	14.00	63.3
460	198	91.08	58.62	9.98	13.00	64.4
460	189	86.94	57.71	9.98	12.00	66.4
460	181	83.26	57.69	9.98	11.00	69.3
460	173	79.58	58.79	9.98	10.00	73.9
460	167	76.82	61.18	9.98	9.00	79.6
460	165	75.9	64.87	9.98	8.00	85.5
460	167	76.82	69.70	9.98	7.00	90.7
460	174	80.04	75.12	9.98	6.00	93.9
460	183	84.18	79.8	9.98	5.00	94.8
460	189	86.94	81.98	9.98	4.00	94.3
460	190	87.4	83.78	9.98	3.00	95.9
460	194	89.24	86.78	9.98	2.00	97.2
460	198	91.08	89.54	9.98	1.00	98.3

In the Fig. 6 is shown output characteristics in quasi-resonant converter in case when DC-LINK voltage is constant $V_{dc} = 460$ V.

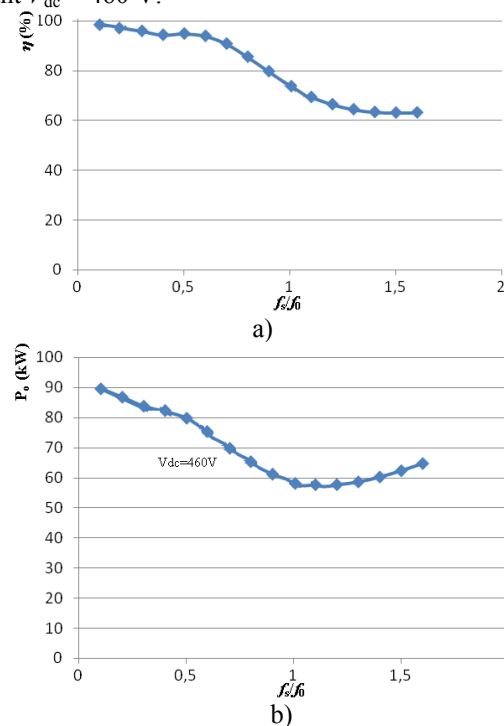


Fig. 6 Output characteristics of the converter depend from normalized switching frequency f_s/f_0 when DC-LINK voltage V_{dc} is constant a) efficiency η and b) the output power P_o . In the Fig. 6a is show dependence of the efficiency η of the deviation of the switching f_s of the resonant frequency f_0 , ie normalized switching frequency f_s/f_0 , and in the Fig. 6b is show dependence of the output power P_o of the converter (also of normalized switching frequency f_s/f_0).

In the Fig. 7 is shown waveforms of the current $i(t)$, as and voltages $V_L(t)$ and $V_{ce}(t)$ when the switching frequency is same by resonant, ie $f_s = f_0$.

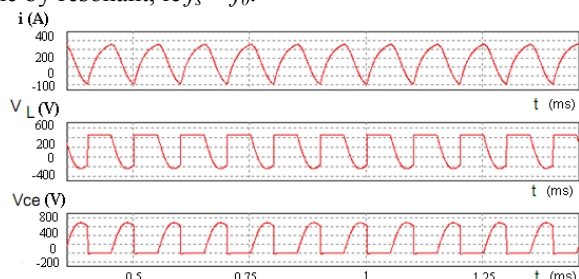


Fig. 7 Waveforms of the current $i(t)$, as and voltages $V_L(t)$ and $V_{ce}(t)$ when the switching frequency is same by resonant, ie $f_s = f_0 = 9.98$ kHz.

In the Fig. 8 is shown waveforms of the current $i(t)$, as and voltages $V_L(t)$ and $V_{ce}(t)$ when the switching frequency is greater from resonant, ie $f_s = 16$ kHz $> f_0 = 9.98$ kHz.

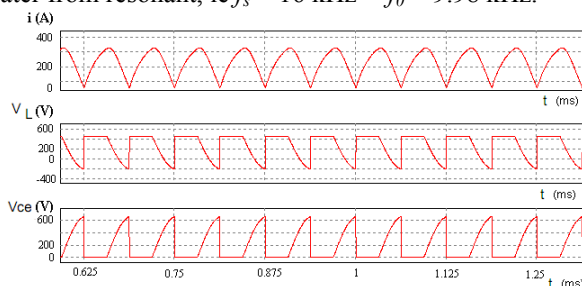


Fig. 8 Waveforms of the current $i(t)$, as and voltages $V_L(t)$ and voltages $V_{ce}(t)$ when the switching frequency is greater from resonant, ie $f_s = 16$ kHz $> f_0 = 9.98$ kHz.

In the Fig. 9 is show waveforms of the current $i(t)$, as and voltages $V_L(t)$ and $V_{ce}(t)$ when the switching frequency is less from resonant, ie $f_s = 1$ kHz $< f_0 = 9.98$ kHz.

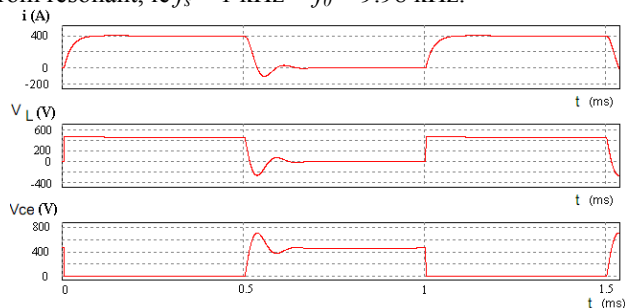


Fig. 9 Waveforms of the current $i(t)$, as and voltages $V_L(t)$ and $V_{ce}(t)$ when the switching frequency is less from resonant, ie $f_s = 1$ kHz $< f_0 = 9.98$ kHz

3.3 Analysis of the results

From the table 1 and 2, as and the Fig. 5, 6, 7, 8 and 9 can be concluded:

1)At quasi-resonant converter the output power is not maximal on the resonant frequency as which is case in the serial and parallel converters.

2)The output power and the efficiency of the converter is greates to low switching frequency. In table 2, to frequency 1 kHz the output power is $P_o = 89.54$ kW, and efficiency is 98.3 %.

3)For high frequencies (13 kHz, 14 kHz, 15 kHz, 16 kHz), it can be considered that the converter operate with constant efficiency (though small).

4)For higher frequencies (11 kHz, 12 kHz, 13 kHz), but close to the resonant the converter operate with a constant output power $P_o \approx 58$ kW.

5)In the operation of the quasi-resonant converter special attention should be paid IGBT transistor to turn on in conditions of ZVS, moment t_4 in the Fig. 3. i.e. transistor turn on when the voltage collector-emitter is low. (diode is turn on in the time of inclusion of the transistor). This decrease switching losses and improves the efficiency of the converter.

6)In the Fig. 8, when the switching frequency is greater from resonant, can be seen that the IGBT transistor not turn on in conditions on ZVS, ie diode not is turn on when IGBT are turn on, and because in this time generate switching losses.

7)In the Fig. 9, when the switching frequency is less from resonant, can be seen that when IGBT is turn off and the voltage of coil passes through zero, appear oscillations by damping circular frequency ω_d . The appearance of these oscillations is limits lower frequency to what can be applied the quasi-resonant converter.

4. CONCLUSION

In the paper is analyzed the operation of the quasi-resonant converter. By the computer simulations in PowerSim program are determined output characteristics of this converter. Determined is frequencies band in which the converter operate with maximum power, frequencies band in which operate with constant power, as and frequencies band in which the converter operate with constant efficiency.

REFERENCES

- [1] N. Mohan, T. M. Undeland, W. P. Robbins, *Power Electronics: Converters, Applications, and Design*, John Wiley & Sons, 2003V.
- [2] W. B. Williams, *Principles and Elements of Power Electronics*, University of Strathclyde, Glasgow, 2006.
- [3] Application Note AN9012, Induction Heating System Topology Review, *Fairchild*, July, 2000.
- [4] Goce G. Stefanov, Vasilija J. Sarac, Ljupco V. Karadinov, Analysis of Power Converter with Computer Simulation, *Journal of International Scientific Publication: Materials, Methods & Technologies*, Volume 4, Part 2, pp. 30–47, June 2010.
- [5] WWW.PowerSim. Simulation program for power electronic 8.0. 2009.

PRIMENA FAZI LOGIKE U SISTEMU UPRAVLJANJA TOPLOTNIM PODSTANICAMA APPLICATION OF FUZZY LOGIC IN CONTROL SYSTEMS ARE HEAT SUBSTATIONS

Temelkovski Ordan, *Snabdevanje toplotom Balkan Enerđi, Skopje, Makedonija*;
Saso Gelev, Roman Golubovski. Vlatko Čingoski i Goce Stefanov, *Elektrotehnički fakultet Radoviš, Univerzitet
Goce Delčev, Štip, Makedonija*

Sadržaj: *Automatska regulacija toplotne podstanice kao sastavni deo toplifikacionog sistema sa daljinskim grejanjem opisan u ovom radu svodi se na regulaciju temperature sekundarne grejne instalacije (radijatora) u zavisnosti od spoljašnje temperature. Glavni cilj automatske regulacije je postizanje željene temperature objekta (stambeni prostor). U ovom radu prezentovan je način automatske regulacije u celini upotrebom dva tipa regulatora sa potpuno različitim načinom(logikom) upravljanja. Upotrebljeni su grafički dijagrami 3 objekta, t.j. realne vrednosti pročitane u realnom vremenu. Ovi dijagrami daju kompletnu vizuelnu predstavu šta u suštini predstavlja automatska regulacija toplotne podstanice upotrebom Simensovog regulatora RVD 230. Dat je detaljan opis kreiranja fazi logičkog regulatora za automatsku regulaciju toplotne podstanice. Ovo je novi pogled u postizanju željene temperature na ulazu u grejno telo, odnosno regulacija kako maksimalno iskoristite toplotnu energiju.*

Abstract: *Automatic control of substations as part of the heating system with central heating systems described in this working paper, is set down as regulation of the temperature in the secondary heating installation (radiators) depending on the outside temperature. The main purpose of the automatic control of heating substation is to achieve the desired temperature heated building (housing). In this working paper is presented how the automatic regulation of substations fully functional as a whole, using two types of regulators with completely different way of logic. Graphical diagrams of 3's facilities, which are considered real values measured in real giving time, complete the visual representation of how it performs and what is essentially an automatic regulation of substations achieved by using the regulator Siemens RVD 230. Detailed description of the stages of creating fuzzy logical regulator used for automatic control of the substations, created a new look in achieving the desired temperature that is entering the heating element, or regulation for maximum exploitation of the heat energy.*

1. UVOD

Sistem daljinskog centralnog grejanja predstavlja sistem koji ima vitalnu ulogu u optimalnoj upotrebi i zaštedi toplotne energije. Sistem toplotne energije je celina sastavljena od objekta, postrojki, uređaja i instalacije koji su međusobno povezani u jedinstveni tehnički sistem koji treba efikasno i racionalno da koristi toplotnu energiju.

Proizvodnja toplotne energije je prvi segment sistema toplotne energije. Po definiciji proizvodnja toplotne energije predstavlja energija u obliku tople vode ili pare dobijene u postrojci (toplani) upotrebom drugog vida goriva (mazut, gas). U ovom delu sistema vrši se primarna regulacija proizvedene i distribuirane toplotne energije.[3]

Distribucija toplotne energije je drugi segment sistema koji se sastoji od više međusobno povezanih objekta, uređaja i postrojki za prenos toplotne energije i namenjen je da prenese proizvedenu toplotnu energiju do krajnjih korisnika-potrošača. [3]

Snabdevanje toplotnom energijom je treći segment sistema koji snabdeva potrošače toplotnom energijom i ujedno u njoj se vrši i prodaje toplotnu energiju krajnjim potrošačima. [4]

Cilj upravljanja distribucijom toplotne energije je zadovoljavanje različitih potreba potrošača u svakom vremenu, uz minimalne moguće zagube (hidraulične i toplotne).

2. TOPLOTNA PODSTANICA

Toplotna podstanica je namenjena za predaju odnosno za reguliranu razmenu toplotne energije između distributivne mreže i instalaciju za grejanje krajnjih korisnika.[1]

Postoje dva tipa toplotnih podstanica u zavisnosti od načina isporuke toplotne energije:

1. Toplotna podstanica sa direktnim sistemom, regulacija se realizuje mešanjem povratne vode iz grejnih tela i dovodne vode iz distributivne mreže na ulazu toplotne podstanice.

2. Toplotna podstanica sa indirektnim sistemom, razmena toplote iz mreže do korisnika je putem izmenjivača toplote. U toplotnim podstanicama se vrši i merenje potrošnje toplotne energije, reguliše se pritisak, protok i temperatura nosača toplote, tj tople vode koja prenosi toplotnu energiju od toplane do krajnjih potrošača.

Glavni elementi toplotne podstanice su:

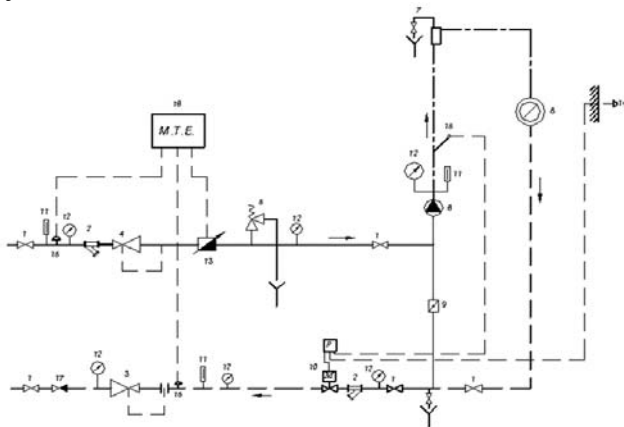
1. **Regulator pritiska**, smanjuje i održava pritisak vode ispod

6 bari (to je i radni pritisak) u unutrašnjoj instalaciji (slika 1 označen brojem 4).

2. **Limiter protoka**, ne dozvoljava da jedna toplotna podstanica primi više od maksimalno potrebnog protoka i time da ugrozi balansiranu isporuku toplote u distributivnoj mreže za snabdevanje toplotnom energijom drugih korisnika (slika 1 označen brojem 3)

3. **Elektromotorni ventil**, vrši drugostepenu regulaciju isporuke toplote na osnovu potrebe objekta u zavisnosti od spoljašnje temperature fasade objekta (slika 1 označen brojem 10).

4. **Cirkulaciona pumpa-pumpe**, koja se koristi da savlada otpor unutrašnje instalacije gde struji voda (slika 1 označen brojem 6)



Slika 1 Šema toplotne podstanice - Direktn sistem

Toplotne podstanice su opremljene modernom opremom za regulaciju koja se može upravljati i kontrolisati sa daljine, putem monitoring sistem. Automatska regulacija isporuke toplotne energije omogućava zaštedu i postojanost kvaliteta grejanja.

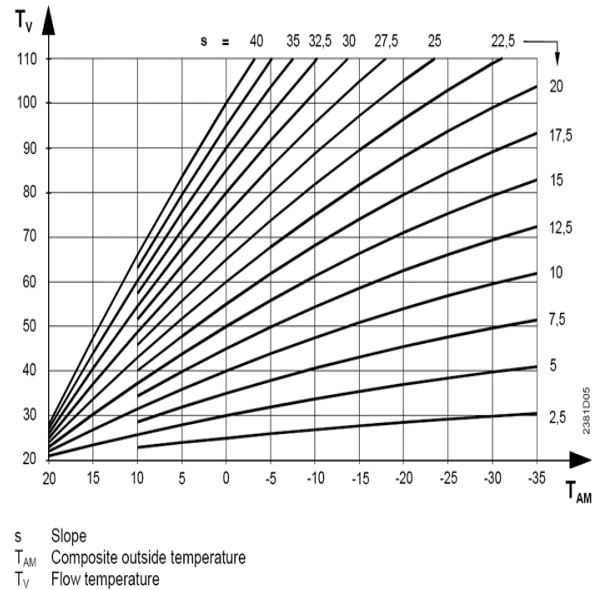
Cilj regulacije je određenu fizičku veličinu održavati konstantnom ili da se ona menja u skladu sa nekim programom. U sisteme grejanja ova fizička veličina najčešće je temperatura prostorije ili temperatura toplotnog medijuma. Pomoću regulacije dotur-slabdevanje toplotnom energijom, može se prilagoditi toplota u zavisnosti od trenutne potražnje.

3. MATEMATIČKI MODEL UPRAVLJANA TOPLOTNIM PODSTANICAMA

Upravljanjem toplotnim stanicama realizuje se na osnovu parametara grejne krive, koja se može menjati. Svi ostali parametri samo se očitavaju radi kontrole.

Grejna kriva predstavlja zavisnost temperature nosača toplote na ulazu u grejna tela od spoljasne temperature (slika 2), a u kontekstu energetske potrebe objekata.

Proizvođač Siemens je označio grejne krive brojevima od 2,5 do 40 i korakom 0,5. (slika 2) Što je kriva veća, veća je i temperatura na ulazu grejnih tela za istu spoljašnju temperaturu. [2]



Slika 2 Grejne krive regulatora RVD 230 i RVD 240. Deo tehničke dokumentacije Siemens.

Za svaku spoljašnju temperaturu (T_n), u zavisnosti od krive, elektronski regulator održava određenu temperaturu nosača toplote na ulazu u grejna tela. Koja će se grejna kriva primeniti na konkretan objekt, najlakše se utvrđuje ekeperimentalno merenjem temperature nekoliko prostorija. Matematički model svake grejne krive je ugrađen u elektronskim regulatorima:

$$t_m = t_{vp} + \Delta t_0 \cdot \left(\frac{t_v - t_n}{t_v - t_{np}} \right)^{\left(\frac{1}{1+n} \right)} + 0.5 \cdot \left(\frac{t_v - t_n}{t_{vp} - t_{np}} \right) \cdot \theta$$

$$t_m = t_{vp} + (t_{dp} - t_{pp}) \cdot \left(\frac{t_v - t_n}{t_{vp} - t_{np}} \right)^{\left(\frac{1}{1+n} \right)} + 0.5 \cdot \left(\frac{t_v - t_n}{t_{vp} - t_{np}} \right) \cdot (t_{mp} - t_{pp})$$

t_m – tempereatura mešanja t.j. temperatura na ulazu u grejna tela,

t_{mp} – projektovana temperatura mešanja,

Δt_0 – projektovana temperaturna razlika nosača toplote za dovod i povratak od toplotnih podstanica,

t_{dp} – projektovana dovodna temperatura u podstanicama,

t_{rp} – projektovana povratna temperatura grejnih tela,

t_{vp} – projektovana unutrašnja temperatura,

t_v – unutrašnja temperatura,

t_{np} – projektovana spoljašnja temperatura,

t_n – spoljašnja temperatura,

θ – projekovana temperaturna razlika nosača toplote za dovod i povrat od grejnih tela,

n – koeficijent zračenja toplote grejnih tela = 0.33 za radiator.

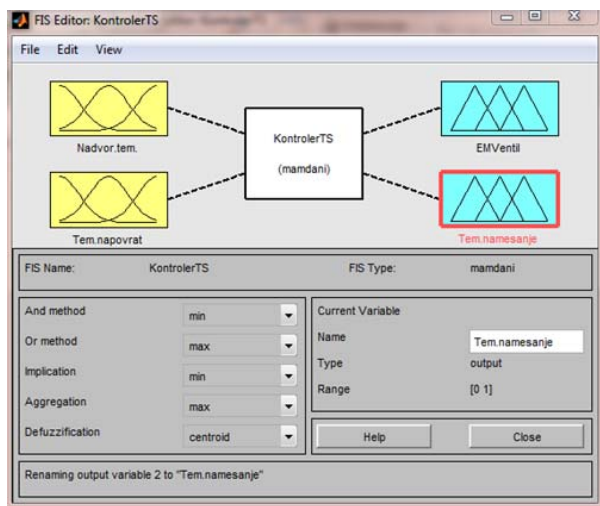
4. FAZI LOGIČKI REGULATOR

Pomoću softverskog programa za automatsku kontrolu i snimanje podataka toplotnih podstanica uzeti su izveštaji 3 toplotne podstanice. Ove podstanice će biti monitorirani na osnovu ranije zadatog vremenskog intervala, bez učešće operatora jednokratnim ili periodičnim zapisom ili očitavanjem podataka iz datoteke. [5]

Nameće se pitanje dali promenom drugog tipa regulatora možemo poboljšati automatsku regulaciju toplotne podstanice čime bi obezbedili bolji kvalitet zatopljanja, ujedno i smanjiti potrošnju toplotne energije.

Ovde smo zamenili elektronski regulator Siemens RVD 230 fazi logičkim regulatorot, a pritom smo koristili parametre grejne krive 15.5.

Fazi logički regulator realizovan je programskim paketom Matlab i moze se videti na slici br.3.

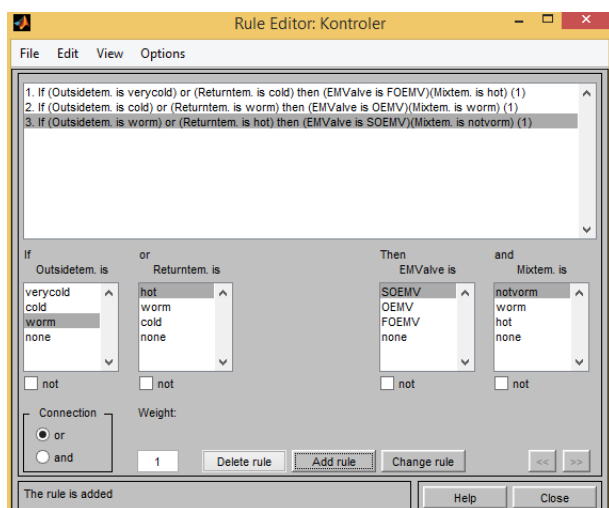


Slika 3 Fazi logički kontroler

Fazi kontroler koristi “AKO je uslov ispunjen ONDA izvrši” lingvistička pravila gde uslov i izvršavanje predstavljaju fazi sklop.

Jednostavnim izborom promenljivih i njihovom kombinacijom pomoću operatora **I**, **ILI** i **NE** Bulove logike definišu se pravila rada fazi kontrolera. [6]

U konkretnom slučaju koriste se tri pravila:



Slika 4 Fuzzy logička pravila definisana u MATLAB-u

1. **AKO** je spoljna temperatura **vrlo hladno** ili temperatura povratka je **hladno**, **ONDA** Elektromotorni ventil je **skroz otvoren** i temperature mešanja je **vrela**.

2. **AKO** je spoljna temperatura **hladno** ili temperatura povratka je **mlaka**, **ONDA** Elektromotorni ventil je **otvoren**

i temperature mešanja je **topla**.

3. **AKO** je spoljna temperatura **toplo** ili temperature povratka je **toplo**, **ONDA** Elektromotorni ventil je **priotvoren** i temperature mešanja je **mlaka**.

Pravila su ovako izbrana zato što izlazna promenljiva “temperature mešanja”, zavisi od:

1.Spoljne temperature izmerena spoljnim temperaturnim senzorom kao ulazna promenljiva,

2.Temperatur povratka kao “izlazna” promenljiva, zato što fazi kontroler kao svoj ulaz ima izlazne podatke procesa, promenljiva koja kaže koliko toplotne energije je potrošeno u objektu koji se greje na osnovu smanjenja (hlađenja) temperature povratne vode iz grejnih tela.

3.Otvorenost elektromotornog ventila kojim se reguliše protok tople vode od nosača topline (90°C) u m³, koja se meša sa povratnom vodom grejnih tela i time se reguliše temperature mešanja vode na ulaz u grejna tela.

Tabela 1. Prikaz rezultata upotrebom RMD 230 regulatora i fuzzy logičkog regulatora

Spoljna temp. (Tn) [°C]	-15	-10	-5	0	5	10	15
Temp. povrata(Tp) [°C]	54	52	48	44	39	35	32
Otvor. EM ventila (RVD 230) [%]	61,2	56	51,3	45,9	40,5	34	31,5
Otvor. EM ventila (Fuzzy) [%]	54,9	54,9	52,3	45,6	41	36,4	36,4
Temp.meš. (RVD 230) (Tm) [°C]	68	63	57	51	45	38	35
Temp.meš. (Fuzzy) (Tm) [°C]	61	61	58	50,7	45,7	40,2	40,2

Iz date tabele možemo izvući sledeće zaključke za performanse fuzzy logičkog regulatora za sledeće temperaturne intervale:

1.Za ulaznu promenljivu “spoljna temperatura” u intervalu od -10°C do -5°C, fazi logički regulator na izlazu daje za nijansu slabije rezultate u smislu kvaliteta grejanja zato što temperatura mešanja, kao i otvorenost ventila daju smanjenu temperaturu objekta (prostorije). Ali i potrošnja toplotne energije će biti smanjena jer je smanjen protok tople vode od predviđene otvorenosti EM ventila, i shodno tome odnos cena-kvalitet bi trebao da bude na zadovoljavajućem nivou.

2.Za ulaznu promenljivu “spoljna temperatura” u intervalu od -5°C do 5°C, fazi logički regulator daje za nijansu bolje rezultate grejanja u smislu kvaliteta grejanja, ali u kontekstu cena-kvalitet rezultati su odlični, zato jer za samo 1% veće otvorenosti EM ventila dobija se jedan stepen veća temperatura mešanja kada je spoljna temperatura od -5°C .

3.Za ulaznu promenljivu “spoljna temperatura” u intervalu od 5°C do 10°C, fazi logički kontroler daje slabije rezultate, jer

bi trebalo temperatura mešanja da bude niža od realne, kao i otvorenost EM ventila da bi se smanjila potrošnja t.j da se uštedi toplotna energija i time obezbedi maksimalan odnos cena-kvalitet koji u ovom intervali je na najnižem nivou.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu objašnjena je regulacija toplotne podstanice korištenjem dva tipa regulacije, odnosno upotrebom dva vida regulatora:

- Siemens-ov regulator RVD 230

Dato je objašnjenje primenu regulatora RVD 230 u kombinaciji sa grejnim krivama, u procesu automatskoj regulaciji toplotne podstanice sa direktnim sistemom zatopljavanja i osiguravanje optimalan kvalitet grejanja.

- Dato je objašnjenje primene i implementacije fazi logike, upotrebom fazi logičkog kontrolera za automatsku regulaciju toplotne podstanice.

Na osnovu dobivenih rezultata može se zaključiti:

- fazi logički regulator daje približno iste rezultate kao i Siemensov regulator RMD 230 u temperaturnom dijapazonu od -10°C do -5°C

- fazi logički regulator daje daleko bolji rezultate od Siemensovog regulatora RMD 230 u temperaturnom dijapazonu od -5°C do 5°C

- fazi logički regulator daje slabije rezultate od Siemensovog regulatora RMD 230 u temperaturnom dijapazonu od 5°C do 10°C

Na osnovu ovoga možemo slobodno preporučiti ako je spoljašnja temperatura u dijapaznu od -5°C do 5°C da se koristi fazi logički kontroler, a u ostalim situacijama klasični

Siemensov regulator RMD 230.

U današnje vreme kada se energija i te kako važan resurs u sistemima za daljinsko grejanje se ide dotle da se maksimalno racionalizuje potrošnja, koja se postiže kompletnom opremljenosti toplotnih podstanica opremom za daljinsko upravljanje, a time dobijamo:

- 1.Ujednačenu isporuku toplotne energije koja u celosti odgovara potrebama potrošača, nezavisno od nestacionarnosti parametara nosača topote.

- 2.Jednostavna i brza kontrola i upravljanje toplotnom podstanicom, čime bi se smanjila mogućnost neprimećenih kvarova (koji bi povećali potrošnju), a uštedeli bi u vremenu i upotrebi terenskog osoblja.

LITERATURA

- [1] Vladimir Šuković, dipl.inž. Danfoss (2009), Individualna toplotna podstanica - principi rada, koncepti regulacije, mogućnosti primene.
- [2] Danfoss (2006), 8 koraka – Upravljanje sistema grejanja,
- [3] Zakon energetike Republike Makedonije (2012),
- [4] Pravila snabdevanja toplotnom energijom (2012), Regulatorna komisija energetike Republike Makegonije,
- [5] Primena fazi logike u analizi funkcionalnih zavisnosti u relacionim bazama podataka, Miljan.M.Vucetic, doktorska disertacija,2013, Univerzitet u Beogradu
- [6] Sašo Gelev „UVOĐENJE FAZI LOGIKE U SISTEM UPRAVLJANJA VATROM“ 18 naučno stručni skup Informacione tehnologije IT'13 25.02-01.03.2013, Žabljak, Crna Gora

PREGLED 6LOWPAN STANDARDA ZA POVEZIVANJE IOT OVERVIEW OF 6LOWPAN STANDARD FOR CONNECTING IOT

Blažo Popović, Srđan Jovanovski, *Fakultet za informacione tehnologije*

Sadržaj: Cilj ovog rada je da se da pregled jednog od najpopularnijih standarda za povezivanje Internet of Things (IoT) uređaja pod nazivom 6LoWPAN, kroz opis njegove arhitekture, formata, bootstrappinga, sigurnosti, tipova mobilnosti i rutiranja, pregleda gotovih rješenja na čipovima i protokol stekova. Rezultati simulacije će pokazati da koncepti koji su opisani u radu zaista funkcionišu i u praksi.

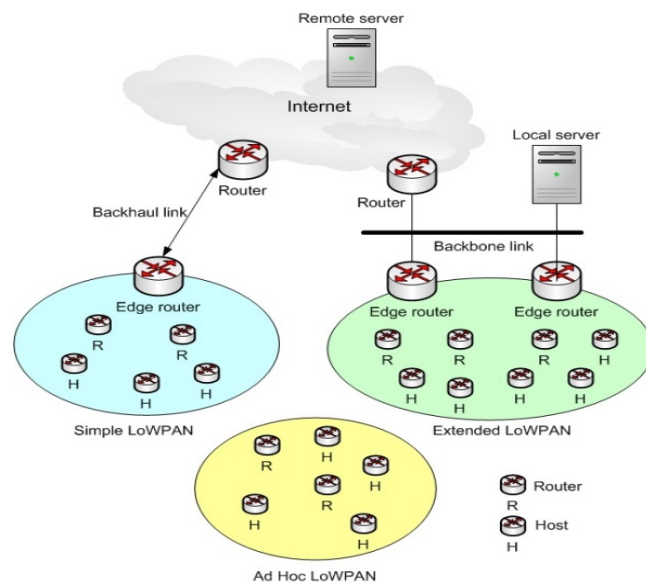
Abstract: Objective of this paper is to provide an overview of one of the most popular standard for connecting IoT devices called 6LoWPAN, through a description of its architecture, format, bootstrapping and safety, types of mobility and routing, review of solutions on chips and protocol stacks. Simulation results will show that the concepts described in this paper actually work in practice.

1. UVOD

Narednih godina bićemo svjedoci sve većeg oživljavanja i rasta broja uređaja na Internetu koji će uključivati razne tipove senzora i uređaja koji će obavljati razne funkcije i rješavati probleme za ljude. Svi ovi uređaji će biti povezani u jednu veliku mrežu pod nazivom IoT. Kako bi bila omogućena komunikacija ovakvih uređaja sa postojećim IP mrežama, bilo bi jako zgodno kada bi im se mogla dodijeliti IP adresa. Time bi bili u stanju komunicirati sa serverima i računarima u pozadini, koji bi prikupljali podatke sa njih i vršili adekvatnu obradu. Za ovu svrhu Internet Engineering Task Force (IETF) je kreirao 6LoWPAN standard, koji omogućava korišćenje IPv6 protokola preko low-power, low-rate bežičnih uređaja u Personal Area Networks (PAN) mrežama (*eng. LoWPAN - Low-Power Personal Area Network*). 6LoWPAN standard omogućava efikasno korišćenje IPv6 protokola preko pomenutih bežičnih mreža na embedded uređajima kroz jedan adaptacioni sloj i optimizaciju drugih uključenih protokola. U radu je dat pregled 6LoWPAN standarda za povezivanje na IoT mrežu.

2. PREGLED 6LOWPAN ARHITEKTURE

6LoWPAN arhitektura je sastavljena od low-power bežičnih mreža (LoWPAN-ovi) koje predstavljaju IPv6 stub mreže. Na slici 1 su pokazane tri različite vrste LoWPAN mreža, Simple LoWPAN, Extended LoWPAN i Ad hoc LoWPAN. Sama LoWPAN mreža je sastavljena od 6LoWPAN nodova koji dijele isti IPv6 adresni prefiks tj. prva 64 bita IPv6 adrese, što znači da bez obzira gdje se nalazi nod u LoWPAN mreži njegova IPv6 adresa ostaje ista. Simple LoWPAN mreža je povezana kroz LoWPAN Edge ruter na drugu IP mrežu. Backhaul link može predstavljati point-to-point link, kao na primjer GPRS, ali ovo takođe može biti i backbone link. Extended LoWPAN mreža obuhvata LoWPAN-ove sa više edge rutera zajedno sa backbone linkom koji ih povezuje.



Slika 1. 6LoWPAN arhitektura

Ad hoc LoWPAN mreža nije povezana na Internet i operiše bez infrastrukture [1]. LoWPAN mreže su povezane sa drugom IP mrežom preko edge rutera. Ovaj ruter igra važnu ulogu zato što rutira saobraćaj u, i iz LoWPAN mreže. On istovremeno upravlja 6LoWPAN kompresijom i Neighbour Discovery-ijem za LoWPAN. Ukoliko je potrebno da se LoWPAN poveže i sa IPv4 mrežom, edge ruter takođe obavlja interkonektivnost. Podržana je opcija višestrukih edge rutera ukoliko dijele isti backbone link [1]. Nodovi u 6LoWPAN mreži koji mogu imati uloge hosta ili rutera dijele isti IPv6 prefiks na svojim interfejsima koji se distribuira od strane edge rutera ili rutera kroz cijelu LoWPAN mrežu. Nodovi su dužni da se registruju sa edge ruterom kroz operaciju koja se naziva Neighbour Discovery. Nodovi se mogu slobodno samostalno kretati kroz LoWPAN mrežu, pozicionirati se između edge rutera, ili se pozicionirati između samih LoWPAN-ova, što automatski izaziva promjene u topologiji. Multihop mesh topologija unutar LoWPAN mreže se postiže kroz link-layer prosljeđivanje koje se još naziva 'Mesh-Under', ili korišćenjem IP rutiranja,

nazvanog 'Route-Over'. Obije tehnike su podržane u 6LoWPAN.

2.1. Protokol stek i link layer u 6LoWPAN standardu

Za razliku od klasičnog IP steka protokola, 6LoWPAN protokol stek podržava samo IPv6, pri čemu 6LoWPAN ima mali adaptacioni sloj (LoWPAN) koji služi da optimizuje IPv6 preko IEEE 802.15.4 link-layera [1]. Transportni protokol koji se upotrebljava u 6LoWPAN je UDP [1].

Standard IEEE 802.15.4 je najčešća link-layer tehnologija koja se koristi u 6LoWPAN mrežama [2]. Osnovni zahtjevi za link-layer da podrži 6LoWPAN su framing, unicast transmisija i adresiranje [1]. IEEE 802.15.4 standard definiše low-power bežične embedded radio komunikacije na 2.4GHz, 915MHz i 868MHz i obezbjeđuje brzine od 20-250Kbps zavisno od frekvencije. Dijeljenje kanala se postiže sa CSMA, i obezbjeđene su potvrde (ACK) zbog pouzdanosti. Link-layer sigurnost se obezbjeđuje sa 128-bitnom AES enkripcijom. Nosivost (payload) fizičkog sloja je do 127 bajtova sa 72-116 bajtova od payload-a dostupno nakon link-layer framing-a, adresiranja i opcione sigurnosti [1].

2.2. Adresiranje

IP adresiranje u 6LoWPAN standardu funkcioniše isto kao u bilo kojoj drugoj IPv6 mreži i slično je adresiranju u Ethernet mrežama. IPv6 adrese se tipično formiraju automatski od prefiksa LoWPAN-a i link-layer adrese bežičnog interfejsa. Low-power bežični radio linkovi koriste flat link-layer adresiranje za sve uređaje i podržavaju jedinstvene dugačke EUI-64 i konfigurabilne kratke adrese od 8-16 bitova dužine. IEEE 802.15.4 podržava EUI-64 adrese u svim čipovima zajedno sa konfigurabilnim kratkim adresama. IPv6 adrese su dugačke 128 bitova i sastoje se od 64-bitnog prefiksa i 64-bitnog identifikatora interfejsa IID. IPv6 prefiks se dobija kroz poruke u vidu Neighbour Discovery Router Advertisement kao na standardnim IPv6 linkovima.

2.3. Format zaglavlja

Glavna funkcionalnost 6LoWPAN standarda je u njegovom LoWPAN adaptacionom sloju koji omogućava kompresiju IPv6 i slijedećih zaglavlja kao što je UDP, zajedno sa karakteristikama za mesh adresiranje i fragmentaciju. 6LoWPAN kompresija se vrši bez održavanja stanja (*eng. stateless*), i zbog toga veoma jednostavna i pouzdana. LoWPAN zaglavlje se sastoji od jednobajtnje vrijednosti (sva IPv6 polja preko IEEE 802.15.4) ili dvobajtnje vrijednosti (sva IPv6 polja komprimovana) koja identifikuje tip zaglavlja, prati je IPv6 bajt za kompresiju zaglavlja koji pokazuje koja polja su komprimovana, i nakon toga dolaze bilo koja polja do kraja frejma [1].

2.4. Bootstrapping i sigurnost

Podizanje 6LoWPAN mreže i autokonfigurisanje mora prvo biti odradeno na link-layer-u kako bi se omogućila osnovna komunikacija između nodova unutar radio opsega.

Osnovna link-layer konfiguracija uključuje setovanje kanala, podrazumijevanog sigurnosnog ključa i adrese. Onog trenutka kad je setovana single-hop komunikacija između nodova, 6LoWPAN Neighbour Discovery (6LoWPAN-ND) se koristi kako bi se podigla cijela LoWPAN mreža. Registar nodova u svakom LoWPAN-u se čuva u odgovarajućem edge ruteru koji pojednostavljuje IPv6 operacije kroz mrežu i smanjuje količinu multicast plavljenja (*eng. flooding*).

IEEE 802.15.4 zahtijeva podršku snažnih kriptografskih algoritama na svakom nodu, a to je zahtjev koji danas zadovoljava većina IEEE 802.15.4 čipova. Enkripcioni algoritam koji koristi IEEE 802.15.4 je AES/CCM (Advanced Encryption Standard with Cipher Block Chaining Message Authentication Code) koji obezbjeđuje ne samo enkripciju već i mehanizam za provjeru integriteta. LoWPAN nodovi imaju hardver za AES/CCM end-to-end enkripciju, dekripciju i procesiranje provjere integriteta/autentifikacije. [1].

2.5. IP konektivnost

6LoWPAN standard podržava IPv6, ali to ne znači da neće biti potrebno povezati ovu mrežu sa IPv4 mrežama. Postoji nekoliko načina i mehanizama na koji se ovo rješava, a oni uključuju IPv6-in-IPv4 tunelovanje i translaciju adresa. Oba mehanizma se obično nalaze na LoWPAN *edge* ruterima ili na lokalnom *gateway* ruteru. Tunelovanje je uobičajena tehnika za obezbjeđivanje IPv6 konektivnosti preko IPv4 infrastrukture.

Postoje i druge šeme enkapsulacije za IPv6 kao što je na primjer UDP enkapsulacija koja se koristi za prelaženje (*eng. traversing*) NAT-ovanja koji blokira saobraćaj na protokolu 41. Određivanje veličine MTU za tunel je jako bitna zato što IPv4 zaglavlje dodaje 20-bajtno opterećenje, tako da se MTU za tunel podešava da bude između 1280 i 1480 bajtova [1]. Krajnje tačke tunela mogu biti ruteri kod *konfigurisanog* tunelovanja, ili ruteri i hostovi kod *automatskog* tunelovanja. Kada se primjenjuje tunelovanje u 6LoWPAN standardu uvijek je potrebno da krajnje tačke budu ruteri, pri čemu se vodi računa da tunel završava na LoWPAN ruteru ili na IPv6 ruteru u lokalnom domenu [1].

2.6. Mobilnost i rutiranje

U 6LoWPAN mreži, navode se dvije vrste mobilnosti nodova i to *roaming* i *handover* [1]. *Roaming* je proces u kojem se mobilni nod premješta iz jedne mreže u drugu bez postojećih tokova podataka. U slučaju *handover-a* govori se o procesu u kojem se mobilni nod diskonektuje sa postojećim tačkama povezivanja i konektuje se na novu tačku povezivanja pri čemu ga prati jedan ili više tokova aplikacionih podataka [1]. *Mikro-mobilnošću* noda se smatra kada on prelazi kroz isti LoWPAN i njegov IPv6 prefiks se pritom ne mijenja, dok se *makro-mobilnošću* smatra kada se nod premješta iz jednog LoWPAN-a u drugi, i pritom mijenja svoj IPv6 prefiks [1]. Rješenja za mobilnost uključuju: aplikacioni metodi, Mobile IPv6, Proxy Home Agent, Proxy MIPv6, i NEMO [1].

Postoje dva tipa IP rutiranja u 6LoWPAN standardu, a to su: rutiranje unutar LoWPAN mreže, i rutiranje između

LoWPAN i druge IP mreže. Rutiranje je izazov za 6LoWPAN mreže koje rade na low-power i radio linkovima sa slabljenjem signala, nodovima koji se napajaju preko baterija, multihop mesh topologijama, i čestim promjenama topologije zbog mobilnosti [1]. Ruting protokoli za rutiranje unutar LoWPAN mreže su: AODV, DYMO, OLSR i ROLL, dok u 6LoWPAN mrežama postoje nekoliko slučajeva border rutiranja i to: Simple LoWPAN, Extended LoWPAN, i route redistribution [1], zavisno od broja edge rutera.

2.7. Rješenja na čipovima i protokol stekovi

Pošto je 6LoWPAN mrežna tehnologija koja treba da se koristi na embedded uređajima, njen stek protokola je ugrađen na mikrokontroleru samog uređaja. Postoje tri različita načina implementacije takvog rješenja za bežični protokol, a to su: single-chip, two-chip i network-processor rješenje. Prvo rješenje koristi system-on-chip radio sa ugrađenim mikrokontrolerom, dok sa druge strane two-chip rješenje koristi odvojeni mikrokontroler sa radio transiverom. Treće rješenje koristi radio-transiver koji uključuje stek protokola i upotrijebljen je od posebnog aplikacionog procesora.

Protokol stek za 6LoWPAN standard sadrži sljedeće osnovne komponente [1]: radio drajvere, medium access control (IEEE 802.15.4), IPv6 sa 6LoWPAN, UDP, ICMPv6, Neighbour Discovery, socket-like ili API na steku. Embedded 6LoWPAN stekovi su veoma kompaktni i zauzimaju svega oko 15-20KB u flash-u. Najpoznatiji protokol stekovi su: Contiki uIPv6, TinyOS i BLIP, Sensinode Nanostack, Jennic 6LoWPAN, i Nivis ISA 100.

3. SIMULACIJA FORMIRANJA 6LOWPAN MREŽE

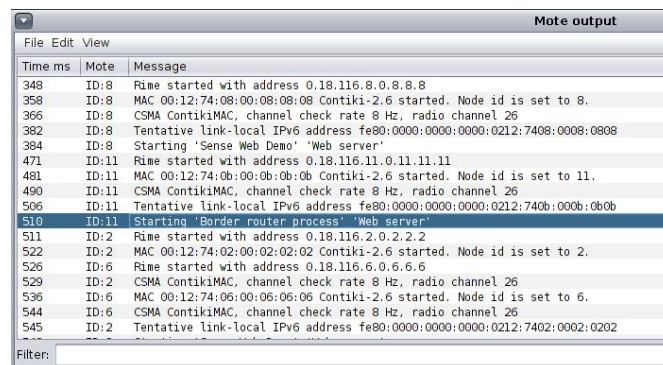
Za potrebe simulacije koristeće se Contiki Cooja 2.6 simulator [4]. Cilj simulacije je pokazivanje koncepta predstavljenih u radu kroz formiranje IPv6 konektivnosti između LoWPAN i IP mreže. U simulaciji će se koristiti LoWPAN mreža sastavljena od 11 Tmote Sky mote-ova. Deset mote-ova na sebi će imati kompajliranu *sky-websense* aplikaciju koja im omogućava generisanje podataka sa senzora i pristup najsvježijim podacima putem ugrađenog web servera. Preostali mote/senzor će na sebi imati kompajliranu verziju RPL *border rutera*. Border rutiranje koje će se koristiti u simulaciji na edge rutera je RPL rutiranje [3, 6] (*eng. Routing Protocol for Low Power and Lossy Networks*), kojeg je razvila IETF ROLL radna grupa, i moguće ga je koristiti u Simple LoWPAN mrežama. RPL omogućava *route-over* arhitekturu, gdje se funkcije rutiranja smještaju na mrežni sloj [6]. IPv6 host koji će koristiti informacije sa LoWPAN senzora je Linux mašina.

Kao RPL border ruter između dvije mreže koristeće se emulirani Tmote Sky mote [5], koji će setovati svoj IPv6 prefiks i podijeliti ga mreži LoWPAN uređaja. Tmote Sky [5] je ultra low-power bežični modul za korišćenje u senzorskim mrežama, monitoring aplikacijama, i brzom prototipovanju aplikacija. On koristi industrijski standard IEEE 802.15.4 kako bi nesmetano funkcionisao sa ostalim uređajima. Informacije koje pruža sa svojih senzora uključuju vlažnost,

temperaturu i osvjetljenje [5]. Nakon što mote-ovi oforme svoje IPv6 adrese koristeći prefiks border rutera, počće da komuniciraju među sobom i oformiće LoWPAN mrežu. Slanje informacija border ruteru odrađivaće se kontaktiranjem web servera koji je pokrenut na Sky mote-ovima na nivou iznad IPv6 steka. Korišćena testna IPv6 adresa za simulaciju će biti dddd::1/64. Pokretanjem RPL border rutera i startovanjem 'tunslip6' programa koji setuje virtuelni tunnel interfejs na Linux-ovom IP steku, simulacija je povezana sa spoljnim IP svijetom, čime se stiču uslovi za prikupljanje podataka sa LoWPAN mote-ova iz simulacije.

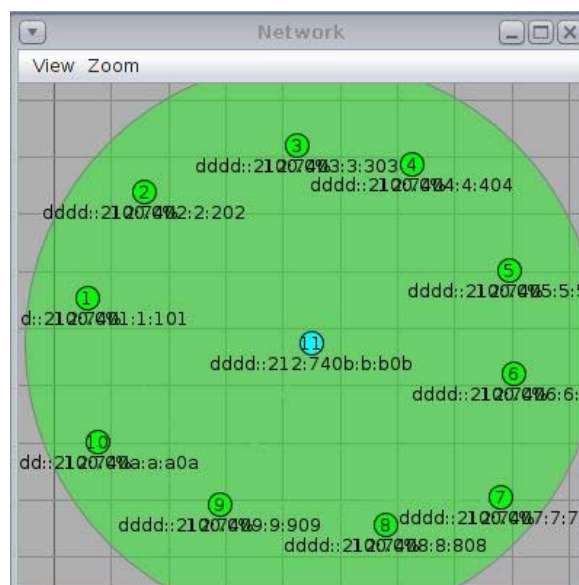
4. REZULTATI SIMULACIJE

Nakon ručnog kompajliranja fajlova, formiranja mote-ova i pokretanja simulacije, u Network prozoru se vide svi mote-ovi sa oformljenim link-lokalnim IPv6 adresama. U prozoru simulacije za Mote output vidi se da je mote pod rednim brojem 11 započeo border ruter proces, što znači da će se sve informacije sa svih mote-ova koje budu tražene od spolja prvo slati njemu (slika 2):



Slika 2. RPL border ruter proces startovan na mote-u 11

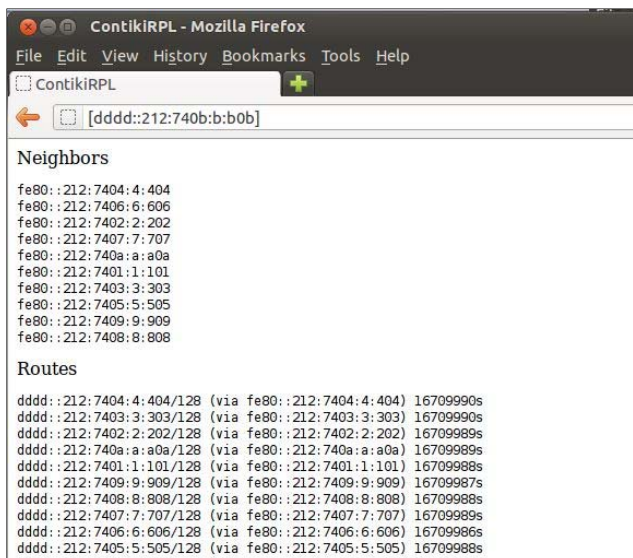
Rezultati simulacije na slici 3 prikazuju Network prozor simulacije, u kojem se primjećuje da je RPL border ruter svim mote-ovima u LoWPAN mreži podijelio testni dddd::1/64 IPv6 prefiks:



Slika 3. Globalne IPv6 adrese mote-ova u LoWPAN mreži

Prikupljanje rezultata mjerenja sa senzora mote-ova unutar simulacije izvršeno je upućivanjem web pretraživača iz Linux korisničkog okruženja na IPv6 adresu RPL border rutera (slika 4):

[http://\[dddd::212:740b:b:b0b\]](http://[dddd::212:740b:b:b0b])



Slika 4. Informacije RPL border rutera vidljive u web browseru

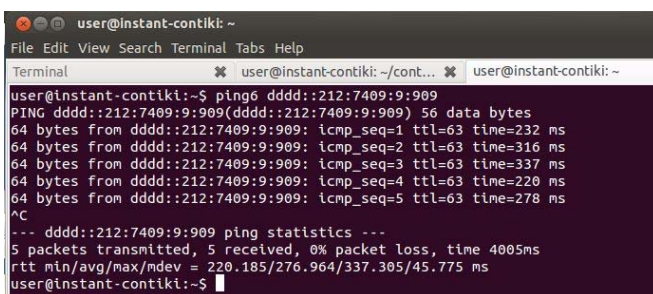
Rezultati simulacije pokazuju da je uvid u očitavanja bilo kojeg senzora na mote-ovima/nodovima sada nesmetan. Kao ilustrativan primjer rezultata simulacije naveden je mote/node broj 9 u LoWPAN mreži, a informacije koje pruža sa svojih senzora moguće je provjeriti unošenjem njegove IPv6 adrese u address bar pretraživača (slika 5):



Slika 5. Informacije sa LoWPAN mote-a 9

Simulacija pokazuje da je moguće provjeriti IP konektivnost LoWPAN mreže i IP mreže. Provjera je urađena pingovanjem IPv6 adrese LoWPAN mote-a 9 iz Linux terminal prozora (slika 6):

ping6 dddd::212:7409:9:909



Slika 6. Provjeravanje IP konektivnosti

Ovom serijom prikupljenih podataka sa senzora unutar LoWPAN mreže simulirane u Contiki Cooja simulatoru, završava se prikazivanje koncepta formiranja 6LoWPAN mreže. Rezultati simulacije pokazuju da LoWPAN nodovi mogu komunicirati sa IP mrežama koristeći IPv6 adresiranje, odnosno 6LoWPAN standard.

5. ZAKLJUČAK

6LoWPAN standard omogućava efikasno korišćenje IPv6 protokola preko LoWPAN bežičnih mreža na embedded uređajima kroz jedan adaptacioni sloj i optimizaciju drugih uključenih protokola.

Dat je pregled 6LoWPAN standarda za povezivanje IoT kroz njegov protokol stek, link-layer tehnologiju, adresiranje, format zaglavlja, bootstrapping i sigurnost, način povezivanja sa Internetom, tipovima mobilnosti i rutiranja, gotovim industrijskim rješenjima na čipovima, i protokol stekovima koji ga koriste.

Rezultati simulacije su pokazali da koncepti opisani u ovom radu zaista funkcionišu u praksi. 6LoWPAN standard zaista omogućava komunikaciju između IPv6 i LoWPAN mreža.

LITERATURA

- [1] Z. Shelby, C. Bormann, „6LoWPAN The Wireless Embedded Internet“, Wiley Series in Communications Networking & Distributed Systems, 2009.
- [2] A. J. Albarakati, J. Qayyum, Dr. K. A. Fakeeh, „A survey on 6LowPAN & its Future Research Challenges“, IJCSMC, Vol. 3, Issue. 10, October 2014, pg. 558-570.
- [3] T. Tsvetkov, IPv6 Routing Protocol for Low Power and Lossy Networks, Seminar SN 2011, Network Architectures and Services, July 2011.
- [4] Contiki OS: <http://www.contiki-os.org/>
- [5] Moteiv Tmote Sky Low Power Wireless Sensor Module: http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.eecs.harvard.edu%2F~konrad%2Fprojects%2Fshimmer%2Fpreferences%2Ftmote-sky-datasheet.pdf&ei=A2TKVLDkDoqtabH_gPgK&usg=AFQjCNGG__gbvdrmasvUiDREWDAjXM3ihA&sig2=6PPeLhk5K5r6-CZSqRCZ1w&bvm=bv.84607526,d.d2s
- [6] JP Vasseur, N. Agarwal, J. Hui, Z. Shelby, P. Bertrand, C. Chauvenet, RPL: The IP routing protocol designed for low power and lossy networks, IPSO Alliance, April 2011.

MOBILNI OPERATIVNI SISTEMI I BEZBJEDNOST. KAKO SE ZAŠTITITI? MOBILE OPERATING SYSTEMS AND SECURITY. HOW TO PROTECT YOURSELF?

Mirko Jovović, Budimir Bukilić, *Fakultet za informacione tehnologije – Podgorica*

Sadržaj: *Pametni telefoni su donijeli novi način na koji komuniciramo. Više to nije samo komunikacija glasom nego prenos različitih vrsta podataka. Velika internet penetracija na mobilnim uređajima, korišćenje širokog spektra servisa putem pametnih telefona i interneta doveli su do naglog povećanja zlonamjernih napada, krađe i zloupotrebe indentiteta. U članku je dat pregled trenutno tri vodeća operativna sistema na pametnim uređajima, kao i koje su to potencijalne opasnosti i kako se od njih zaštititi.*

Abstract: *Smart phones have brought a new way we communicate. Not only did smart phones are used for voice communication, but mobile devices are being used for different data transfers. A large internet penetration on smart phones, the use of wide range of different services and the Internet on mobile devices have led to increasing in malicious attacks, identity thefts and misuse. The article provides an overview of currently three leading operating systems for smart devices and what are the potential dangers and how to protect them.*

1. UVOD

Kada je 1996. godine predstavljen PALM OS prvi mobilni operativni sistem na uređaju PALM 1000 to je označilo prekretnicu u upotrebi mobilnih telefona kakvu je svijet do tada poznao.

Do tada su mobilni telefoni koristili ugrađene sisteme za kontrolu rada. Iste godine Microsoft je izdao Windows CE operativni sistem namijenjen uređajima sa minimalnom memorijom, a 1998. godine formirano je partnerstvo između svjetski poznatih proizvođača mobilnih telefona i pocket PC – a, Ericsson, Nokia, Motorola i Psion Software, nazvano SYMBIAN LTD u cilju ispitivanja približnosti PDA računara i mobilnih telefona.

Sljedeća značajna godina u razvoju operativnih sistema za mobilne uređaje je 2003. kada je osnovana kompanija Android inc. Već poslije dvije godine kompaniju kupuje Google.

Na tržište “pametnih uređaja” se uključuje Apple 2007. godine sa svojim prvim iPhone uređajem, što je dovelo do još dinamičnijeg razvoja na ovom polju.

2. MOBILNI OPERATIVNI SISTEMI

Preko operativnog sistema uređaj komunicira sa hardverom uređaja. Mobilni operativni sistemi su specijalno dizajnirani da rade na uređajima kao što su mobilni telefoni, tablet računari i drugi „ručni“ uređaji. Mobilni operativni sistemi imaju različite platforme ali svaka od njih daje programerima mogućnost da razvijaju željene aplikacije.

Mobilni operativni sistem definiše karakteristike i funkcije mobilnog uređaja. On je sličan desktop operativnim sistemima ali jednostavniji i lakši za upravljanje (npr.

multimedijalnim sadržajem, bežičnim i širokopojasnim pristupom, različitim načini unosa i komunikacije).

Novi korisnički orjentisani sistemi doveli su do toga da primarna funkcija telefona ne bude razgovor nego prenos svih vrsta podataka.

Prema procjenama ITU-a [1] penetracija mobilnog interneta u 2014. godini dostigla 32 procenta od ukupnog pristupa internetu, što je dvostruko više nego 2011. ili četiri puta više nego 2009. godine.

Uporedo sa brzinom rasta pristupa internetu rastao je i broj malicioznih napada na njih. U 2013. godini ukupan broj malicioznih napada je bio 62 odsto veći nego u 2012. godini [2] tako da su kompanije koje se bave bezbjednosti na internetu ovu godinu proglasili godinom “Mega Breach-a”.

Kada je riječ o zlonamjernom softveru on je u 98,05 odsto slučajeva namijenjen korisnicima Androida [3]. Ovaj podatak proizilazi iz činjenice da je ova platforma ubjedljivo zastupljena na tržištu sa udjelom od 84,4 odsto [4].

Danas na svakom koraku možemo pristupiti otvorenim WiFi mrežama koje predstavljaju potencijalnu opasnost jer se one mogu koristiti za presrijetanje i otvaranje mrežne komunikacije na pametnom telefonu.

Pametni telefoni sve više preuzimaju preko raznih aplikacija mnoštvo ličnih podataka (kontakti, sms poruke, privatne fotografije, informacije o bankovnim računima) njihovih vlasnika, što ih čini veoma poželjnom metom cyber kriminalaca.

Plaćanje roba i usluga preko pametnih telefona je u uzlaznoj putanji. Tako je 2010. godine servise mobilnog bankarstva koristilo 29,9 odsto a prema predviđanjima u 2015. godini taj procenat će biti 62,3 odsto [5].

Korisnici prilikom korišćenja ove usluge moraju biti oprezni, koristeći samo provjerene aplikacije (najčešće one koje nudi banka) koje u sebi sadrže niz bezbjedonosnih koraka i provjera identiteta korisnika, kao što je npr. sPIN (Secure personal identification number).

Tabela 1. Zastupljenost OS na mobilnim telefonima.

Period	Android	iOS	Windows Phone	BlackBerry OS	Ostali
Q3 2014	84.4 %	11.7 %	2.9%	0.5%	0.6%
Q3 2013	81.2 %	12.8 %	3.6%	1.7%	0.6%
Q3 2012	74.9 %	14.4 %	2.0%	4.1%	4.5%
Q3 2011	57.4 %	13.8 %	1.2%	9.6%	18.0%

U nastavku dajemo pregled tri trenutno najveće mobilne platforme koje su u upotrebi.

2.1 ANDROID OPERATIVNI SISTEM

Iz Tabele 1. vidi se da je Android ubjedljivo najzastupljeniji operativni sistem, iz čega se može izvući zaključak da su njegovi korisnici i najviše izloženi malicioznima napadima.

Android je osim što je najrasprostranjenija i najotvorenija platforma. Ovaj operativni sistem ima rastuću sekciju aplikacija koje se instaliraju sa Google Play-a. Aplikacije je moguće instalirati i sa drugih nezavisnih sajtova preuzimanjem APK fajla. U ovom slučaju postoji bezbjedonosni rizik jer na ovim mjestima postoje modifikovane i prepakovane aplikacije.

Osnovu bezbjednosti Androida čine sljedeći mehanizmi koji su inkorporirani u sistem:

- Zaštita na nivou operativnog sistema preko Linux kernel-a
- Obavezna izolacija pri pokretanju svih aplikacija (sandbox)
- Sigurna komunikacija između aktivnih procesa i definisanje permisija od strane korisnika ili same aplikacije.

Kernel upravlja hardverom i softverom, dodjeljuje hardver kada je potrebno te izvršava softver kada zatreba. Kernel je primarno odgovoran za četiri osnovne funkcije:

- Software memory management
- Software program management
- Hardware management
- Filesystem management

Instalirane aplikacije rade u sandbox-u, dijelu sistema koji nema pristup ostatku resursa osim ako korisnik nije dodijelio tu mogućnost prilikom instaliranja. Sandbox i dozvole koje sistem traži prilikom instaliranja smanjuju mogućnost pojave zlonamjernog koda. Skoro sve aplikacije prilikom instalacije

traže dozvole koje su nepotrebne tako da smanjuju njihovu efikasnost.

Nekoliko firmi za proizvodnju antivirusnog softvera proizvelo je neefikasan antivirus jer sandbox se odnosi i na ove aplikacije, čime ih ograničava da skeniraju dublje u sistem.

Na uređajima koji rade pod Android operativnim sistemom podrazumijevano nije dozvoljen "root" pristup (pristup skrivenim sistemskim folderima) što daje sigurnost korisniku da sistemu ne može da pristupi ništa bez njegovog odobrenja.

Ukoliko se korisnik odluči da odradi rutinng telefona mora da bude svjestan da ovo sa sobom nosi i određene siguronosne rizike.

Najnovija verzija Androida Lollipop 5.0 donosi i nove načine zaštite podataka. Tu su između ostalog Smart Lock koja omogućava da otključate svoj uređaj korišćenjem Bluetooth ili NFC omogućenog uređaja, kao što je Android Wear časovnik. Sa druge strane SELinux opcija će smanjiti šanse da lažne zlonamjerne aplikacije oštete i kompromituju čitav sistem.

2.2 IOS OPERATIVNI SISTEM

iOS operativni sistem za mobilne uređaje razvijen je od strane kompanije Apple. Za razliku od ostalih operativnih sistema ova kompanija ne dozvoljava njegovo instaliranje na hardveru ostalih proizvođača.

Korisnici iOS-a mogu preuzimati aplikacije samo iz Apple-ove prodavnice aplikacija koja je strogo kontrolisana.

iOS je kao i Android baziran na Linux-u. Takođe i kod iOS-a aplikacije se pokreću u sandbox-u izolovanom dijelu sistema.

Na kernel iOS-a su izgrađeni dodatni slojevi za implementaciju aplikacija. Na nižim slojevima su postavljene osnovne a na višim specijaliziranije funkcije (zaštita i podrška za kriptovanje osjetljivih podataka)

Kod iOS-a imamo četiri apstraktna sloja:

- Core OS
- Core services
- Media services
- Cocoa Touch

Na sloju Core services se u operativnom sistemu iOS vrši zaštita podataka. Njegove servise aplikacije koriste direktno kao i aplikacije koje koriste servise za sigurnu mrežnu komunikaciju.

iOS ima pozadinski proces (Security Server) koji ima podršku za nekoliko vrsta siguronosnih protokola. On koristi siguronose servise iOS-a kao što su:

- Keychain Services (čuvanje lozinki, digitalnih sertifikata)
- Certificate, Key and Trust Services (funkcije za upravljanje sertifikatima, potpisivanjem, šifriranje)
- Randomization Services - sistem za stvaranje pseudoslučajnih brojeva.

Apple je u iOS-u definisao ograničenja pristupa root-u uređaja pomoću prilagođenih jezgara. Uklanjanje ovog ograničenja omogućuje korisniku potpuni pristup operativnom sistemu a samim tim i korišćenje sumnjivih aplikacija, što isto kada su u pitanju telefoni sa Android operativnim sistemom sa sobom nosi siguronosni rizik. Ovaj process otključavanja iOS-a zove se Jailbreak.

Posljednja verzija iOS operativnog sistema je iOS 8 koja je dobila i svoju prvu reviziju koja nosi oznaku 8.1.

Najnovija verzija donosi poboljšanu enkripciju gdje su poruke, fotografije, kontakti i istorija poziva zaštićeni korisnikovom lozinkom. Takođe verzija 8 donosi opciju koja se zove "Send Last Location" koja vam šalje posljednju lokaciju prije isteka baterije izgubljenog telefona.

2.3 WINDOWS PHONE OPERATIVNI SISTEM

Operativni sistem Windows Phone je proizvod kompanije Microsoft. On je nasljednik Windows Mobile operativnog sistema mada i ne kompatibilan sa njim.

Windows Phone je izašao 2010. Godine namijenjen potrošačkom tržištu za razliku od Windows Mobile-a koji je bio namijenjen za poslovne korisnike.

Najnovija verzija Windows Phone 8 je zasnovana isto kao i verzija Windows 8 operativnog sistema za PC računare i u tome se razlikuje od predhodne verzije 7.5 čija je osnova bila Windows Mobile platforma.

Kada su u pitanju aplikacije za ovaj operativni sistem one se preuzimaju iz Windows App Store. Windows Phone se isto kao i iOS mora otključati ukoliko želite da instalirate aplikacije koje se ne nalaze na službenom respozitorijumu. Za sada je ovo operativni sistem koji je najteže otključati. Jedan od razloga je u činjenici da je za njega razvijen mnogo manji broj aplikacija za razliku od Android i iOS operativnih sistema.

Windows Phone 8 se sastoji od tri glavna bloka koje čine:

- NT jezgro
- Mobilno jezgro i
- Operativni sistem

NT jezgro je najosnovnije jezgro Windows Phone 8 operativnog sistema i ono se sastoji od skupa procesa za pristup hardveru uređaja. Njegov glavni zadatak je hardverska kontrola.

Mobilno jezgro je smanjena verzija operativnog sistema Windows 8 za PC računare. Njega čine programske biblioteke DirectX, programske biblioteke za multimediju i

sistem Trident koji se koristi za implementaciju XAML koda u CRC kompajleru.

Operativni sistem je dio koji je dostupan krajnjem korisniku gdje on pristupa instaliranim ili instalira željene aplikacije. Pored aplikacija tu su i alatke za upravljanje samim sistemom.

Windows Phone 8 u sebi sardži novi Internet Explorer 10, koji u sebi ima integrisan phishing filter i SmartScreen servis koji će spriječiti maliciozne web stranice od krađe identiteta i ličnih podataka, kao što su informacije o kreditnim karticama i slično.

3. SAVJETI ZA ZAŠTITU

Zaštita pametnog uređaja je neophodna ukoliko korisnik želi da zaštiti sebe od krađe podataka. Neke od bitnijih preporuka za zaštitu koje bi korisnici trebalo da usvoje su:

- Koristiti lozinke za pristup koje se postavljaju u podešavanjima telefona.
- Instaliranje ažuriranja operativnih sistema jer one u sebi nose poboljšanja od ranijih sistemskih ranjivosti.
- Instaliranje antivirus aplikacije kako bi se spriječila infekciju uređaja sa sumnjivih web sajtova i zlonamjernih aplikacija.
- Obazrivost prilikom skidanja i instalacije aplikacija. Preuzimati ih samo sa pouzdanih izvora. Čitati utiske korisnika koji su ih instalirali.
- Izbjegavati davanje dozvola aplikacijama da automatski rade ažuriranja.
- U raznim podsjetnicima i bilješkama telefona ne čuvati brojeve platnih kartica, PIN kodove, pristupne podatke za naloge.
- Izbjegavati korišćenje javnih WiFi mreža, posebno kada je internet potreban za online plaćanje ili mobilno bankarstvo.
- Ne otvarati sumnjive e-mail i SMS poruke mogu biti zamka za neoprezne korisnike čiji podaci mogu dospjeti u posjed nekome ko je zlonamjerman.
- Isključiti Bluetooth kada nije potreban i izbegavati korišćenje ove funkcije kada ste na javnim mestima.
- Koristiti SSL ili HTTPS konekciju za enkripciju prenosa podataka kada pristupate email nalogu.
- Rutovanje telefona radite na sopstvenu odgovornost.
- Omogućiti daljinsko praćenje uređaja kao i brisanje podataka u slučaju gubitka uređaja.
- Redovno pravljenje backup podataka.
- Zabilježiti IMEI broj uređaja kako bi u slučaju krađe ili gubitka prilikom prijave pružalac usluga mobilne telefonije mogao da reaguje na brz način.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu izvršen je pregled tri trenutne najveće platforme za pametne telefone (Android, iOS i Windows Phone) sa posebnim osvrtom na njihove posljednje verzije, problemi sa kojima se srijeću korisnici i savjete kako se

zaštiti i koje korake preduzeti da bi smanjili mogućnost da budemo meta malicioznih napada.

Korisnici moraju da više obrate pažnju na sigurnost svojih pametnih telefona jer broj zlonamjernih napada na mobilne uređaje rapidno raste iz godine u godinu.

Takođe, korisnici pametnih telefona najčešće propuste u bezbjednosti svog uređaja prave što njihov odnos prema njemu nije isti kao kod bezbjednosti personalnog računara.

Podaci o korisniku dospiju u ruke zlonamjernih napadača veoma brzo, međutim potrebno je vrijeme da se saniraju posljedice.

Stoga je sa korisničke strane potrebno razviti svijest o svim ovim problemima sa kojima se sriječemo.

LITERATURA

- [1] International Telecommunication Union, Geneva, April 2014, The World in 2014, ICT facts and figures
- [2] Symantec Corporation, Internet security threat report 2014, Volume 19
- [3] IDC (International Data Corporation), Smartphone OS Market Share, Q3 2014
- [4] Mobile cyber treats, Kaspersky Lab & Interpol Joint Report, octobar 2014.
- [5] Capgemini Analysis, 2012; 2012 Retail Banking Voice of the Customer Survey, Capgemini; and World Retail Banking Report 2012.

OPORTUNISTIČKI PRISTUP SPEKTU U KOGNITIVNIM RADIO MREŽAMA OPPORTUNISTIC SPECTRUM ACCESS IN COGNITIVE RADIO NETWORKS

Bogdan Krivokapić, Uglješa Urošević, Zoran Veljović, Milica Pejanović-Đurišić, *Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore*

Sadržaj: *Kako se u spektru mogu primjetiti značajni neiskorišćeni djelovi može se zaključiti da je trenutna fiksna raspodjela spektra neefikasna. Stoga su potrebne nove, efikasnije tehnike koje bi iskoristile ove slobodne prostore poznate još i kao "spektralne rupe" ili "bijeli prostori", u cilju rješavanja problema sve većih zahtjeva u pogledu spektra. S druge strane tehnologija kognitivnog radija se pojavila kao ključno rješenje za omogućavanje dodatnih resursa u pogledu spektra za bežične komunikacije (3G, celularni sistemi, Wi-Fi, Bežični Internet itd.) kroz implementaciju oportunističkog pristupa spektru koji predstavlja tehniku u kojoj kognitivni radio primopredajnici identifikuju neiskorišćene dijelove licenciranog dijela spektra i koriste dati spektar bez neželjenog uticaja na primarne licencirane korisnike. U ovom radu se razmatraju problemi implementacije oportunističkog pristupa spektru kao i tehnologiji koja omogućava njegovu realizaciju. Na kraju je predstavljena moguća implementacija testbed-a u distribuiranim kognitivnim radio mrežama koja uzima u obzir limitiranost realnih kognitivnih radio primopredajnika.*

Abstract: *The current fixed Spectrum management approach is inefficient since it leaves many unused portions on it. New and more efficient management techniques are needed to make use of these free portions of the spectrum, also known as "Spectrum holes" or "white spaces", in order to solve the problem of the increasing demand on an already scarce spectrum. Cognitive Radio technology has emerged as the key solution to support the increasing of spectrum for wireless communications (3G cellular systems, Wi-Fi, Wireless Internet, etc.), through the implementation of the Opportunistic Spectrum Access (OSA) which is a paradigm whereby radios identify unused portions of licensed spectrum, and utilize that spectrum without adverse impact on the primary licensees. In this paper we discuss Opportunistic Spectrum Access challenges and it's enabling technology cognitive radio alongside it's possible testbed implementation in distributed cognitive radio networks with focus on practical limitations of cognitive radio transceivers.*

1. UVOD

Brz razvoj bežičnih komunikacija i aplikacija je učinio da danas prenos podataka i sveprisutni multimedijalni servisi postanu izuzetno značajni i sve više potrebni. S druge strane, mnogobrojni problemi kao što su veliki intenzitet saobraćaja, nedostatak raspoloživog spektra, neefikasnost u iskorišćenju energije, interferencija između sve većeg broja korisnika kao i fading predstavljaju prepreku na putu širokopojasnog korišćenja bežične tehnologije. Zbog toga mnogi elementi u bežičnim mrežama uključujući uređaje i protokole ne omogućavaju da se napravi iskorak ka značajnijem povećanju brzine prenosa u trenutnim sistemima ili omogućavanjem novih multimedijalnih servisa. Jedan od glavnih razloga koji limitiraju mogućnost pomenutih elemenata da pruže nove mogućnosti je upravo nedostatak raspoloživog spektra iako je značajan dio spektra neiskorišćen u datom trenutku.

Ovo je posledica toga da je spektar u poslednjih nekoliko decenija tretiran kao statička veličina podijeljena u blokove. Obično se svakom sistemu daju ekskluzivna prava pristupa određenom dijelu spektra kako bi se izbjegla interferencija između susjednih sistema. Za ovaj proces alokacije su obično zadužena regulatorna tijela koja prodaju spektar najvećem ponuđaču što postavlja efikasno iskorišćenje spektra u drugi

plan. S druge strane, ove regulatorne organizacije operedjeljuju određeni dio spektra za slobodno korišćenje uz nisku predajnu snagu. Jedan primjer je ISM opseg (*the industrial, scientific and medical bands*) u opsegu 2.4 GHz i 5 GHz. Ovi nelicencirani opsezi postaju sve "natrani" iako se prenos u njima vrši u skladu sa standardima kao što su *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) 802.15.4 i IEEE 802.11 standardi. Ipak istovremeno koegzistiranje ogromnog broja geografski-kolociranih mreža sa istim ili sličnim bežičnim servisima stvara značajnu interferenciju koja limitira raspoloživi opseg za nove servise. Iako određene tehnologije bežičnog prenosa kao što je *Multiple-Input Multiple-Output* (MIMO) mogu postići velike brzine prenosa i u isto vrijeme biti otporne na interferenciju, ove šeme ne mogu uvijek biti primijenjene zbog prostornih ograničenja.

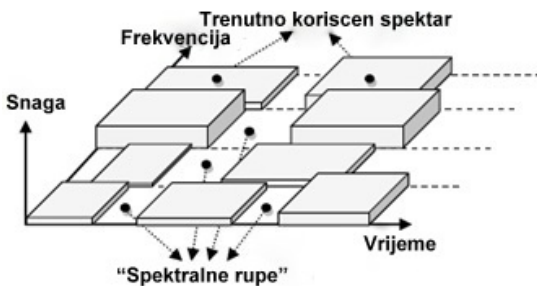
Nedovoljna iskorišćenost licenciranog dijela spektra zajedno sa "prenatpanošću" nelicenciranih opsega je stvorila potrebu za novom tehnikom raspodjele spektra koja može poboljšati efikasnost iskorišćenja licenciranih opsega dozvoljavajući bežičnim terminalima da iskoriste vremenske i prostorne varijacije različitih djelova spektra, što bi kao rezultat imalo omogućavanje dodatnog kapaciteta za nove bežične servise. Ova nova tehnika se naziva oportunistički pristup spektru (OPS).

Naš cilj je implementacija testbed-a za OPS korišćenjem treće generacije WARP (*Wireless Open-Access Research Platform*) hardvera [1] sa fokusom na praktične limitiranosti u tehnologijama radio primopredajnika. Testbed će biti korišćen za implementaciju i karakterizaciju raznih OPS MAC (*Medium Access Control*) algoritama. Osim demonstracije performansi raznih algoritama svrha testbed-a je i poboljšanje postojećih MAC protokola u dijelu strategije odabira kanala za prenos

2. IZAZOVI OPORUNISTIČKOG PRISTUPA SPEKTRU

Oportunistički pristup spektru

Osnovna ideja OPS-a je sledeća: uređaj prvo analizira spektar koji želi da koristi u cilju određivanja prisutnosti primarnih korisnika. Na osnovu te informacije kao i svih politika prenosa, ukoliko one postoje, uređaj identifikuje takozvane "spektralne rupe", Sl.1, u frekvensijskom i vremenskom domenu i vrši prenos koristeći detektovani dio spektra na takav način da interferencija prema primarnim korisnicima bude minimalna moguća. To znači da uređaj koji je sposoban da oportunistički pristupa spektru mora napušiti trenutni spektar u trenutku kada se pojavi primarni korisnik sa namjerom da koristi spektar za koji posjeduje licencu. U tom slučaju obje strane koje učestvuju u komunikaciji će potražiti drugi neiskorišteni dio spektra koji će iskoristiti tokom odsutnosti aktivnosti primarnih korisnika.



Sl. 1 Spektralne rupe u OPS

OPS izazovi

Iako konceptualno jednostavan realizacija i implementacija OPS-a je izazovna. Nekoliko problema je potrebno uzeti u obzir vodeći računa o praktičnim limitacijama radio primopredajnika. Ovi uređaji bi trebalo da su u stanju da analiziraju izuzetno širok opseg u jednom trenutku a u isto vrijeme da održe nizak nivo disipacije snage dok procesiraju dobijene podatke u cilju donošenja odluke o pristupu spektru u najkraćem mogućem vremenu. Međutim, prethodno navedeni zahtjevi ne mogu biti ispunjeni od strane trenutno dostupnih tehnologija hardvera. Dalje, tačnost određivanja zauzetosti spektra je smanjena usled ograničenog vremena dostupnog za analizu. S druge strane, duže vrijeme za analizu spektra nije poželjno zbog dinamičke prirode okoline a ujedno unosi i dodatno kašnjenje.

Jos jedan značajan izazov predstavlja ispravna identifikacija "spektralnih rupa" jer se zahtjeva da se one koriste na način koji ne unosi interferenciju prema primarnim korisnicima. Treba naglasiti da se analizom spektra ne može u potpunosti odrediti stanje na kanalu jer se interferencija dešava na prijemniku a jedino je moguće "osjetiti"

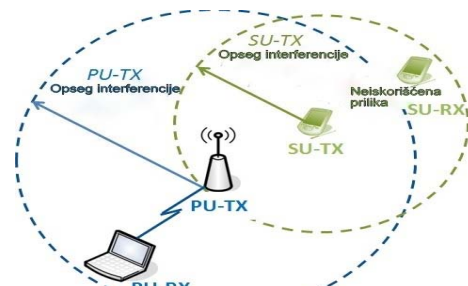
predajnike. Tako, ako uređaj nije predajnik ne postoji način da se on detektuje osim na indirektnan način detektovanjem primarnog signala. Takođe, nakon detektovanja pomenutog signala teško je odlučiti da li pokušati sa transmisijom ili ne, dok konzervativni pristup koji podrazumijeva izbjegavanje svakog kanala u kojem se detektuje bilo kakav signal nije poželjan.

Dodatni problem predstavljaju situacije poznate pod nazivom "sakriveno" i "otkriveno" čvorište. Naime, u ovim situacijama moguće je identifikovati "spektralnu rupu" iako ona u stvari ne postoji kao i propustiti povoljnu priliku za komunikaciju što je prikazano na Sl.2.

Slika 2a opisuje „sakriveno“ čvorište u kojem sekundarni uređaj odlučuje da je kanal slobodan zbog lokacije primarnog predajnika koja je takva da on ostaje neprimijećen. Kao posledica javlja se kolizija između primarne i sekundarne mreže. Problem „otkrivenog“ čvorišta prikazan na Sl. 2b opisuje situaciju u kojoj pogrešno zaključivanje na osnovu mjerenja interferencije može dovesti do propuštanja povoljne prilike.



(a) Problem sakrivenog čvorišta



(b) Problem otkrivenog čvorišta

Sl. 2 Problemi sakrivenog i otkrivenog čvorišta

Ključna tehnologija koja omogućava OPS je kognitivni radio.

3. KOGNITIVNI RADIO

Pojam kognitivni radio je definisao Joseph Mitola [2,3]. Kognitivni radio je radio primopredajnik koji je dizajniran tako da inteligentno detektuje da li je određeni segment radio spektra trenutno u upotrebi, i da "uskoči" (ukoliko je to potrebno) u trenutno neiskorišteni dio spektra veoma brzo, ne interferirajući sa transmisijama autorizovanih korisnika. Kasnije je dodato da kognitivni radio treba da bude svjestan svoje okoline i da prilagođava svoja interna stanja u skladu sa statističkim varijacijama RF okoline prilagođavajući svoje transmisionne parametre (npr. izabrani kanal, modulacioni

postupak, predajnu snagu) u realnom vremenu. Iz ovoga se može zaključiti da su glavne karakteristike kognitivnog radija sledeće:

- **Kognitivna sposobnost:** Kognitivna sposobnost se ogleda u mogućnosti radio tehnologije da osjeti trenutne vremenske i prostorne varijacije u svojoj radio okolini. Ova mogućnost dozvoljava kognitivnom radiju da kontinualno posmatra svoju dinamički promjenjivu radio okolinu u cilju donošenja odgovarajućih transmisionih planova interaktivno.
- **Re-konfigurabilnost:** Dok kognitivna sposobnost pruža uređaju svjesnost o svojoj okolini, re-konfigurabilnost omogućava da radio bude dinamički programiran u skladu sa radio okolinom. Tačnije, kognitivni radio može biti programiran da vrši predaju i prijem koristeći niz različitih frekvencija kao i da koristi različite transmisione tehnologije podržane od strane njegovog hardverskog dizajna.

Softverski definisan radio (SDR) je definisan kao idealno okruženje za implementaciju kognitivnog radija zbog svoje mogućnosti da pravi konfiguracione promjene kroz softver. Naš testbed je baziran na FPGA (*Field Programmable Gate Array*) platformi koja pruža fleksibilnost platformi baziranih na SDR-u i performanse hardverski baziranih platformi.

4. OSA MAC ALGORITMI

MAC (*Medium Access Control*) protokol igra važnu ulogu u kognitivnim radio mrežama jer dozvoljava uređajima da se koordinišu sa ostalim uređajima u cilju efikasnijeg korišćenja kanala. Takođe ima važnu ulogu u nekoliko funkcija kognitivnog radija kao što su spektralna mobilnost, analiza kanala, alokacija resursa i dijeljenje spektra. Funkcije MAC nivoa u kognitivnom radiju su sledeće:

- Sakupljanje informacija o zauzetosti kanala. Ove informacije se koriste od strane sekundarnih korisnika u cilju odlučivanja da li vršiti prenos ili ne kao i da li preći na neki drugi kanal ili ne.
- "Pregovaranje" između sekundarnih korisnika u cilju alokacije spektra, kao i analiza spektra i pristup spektru bez eksplicitne koordinacije sa primarnim korisnicima
- Sinhronizacija transmisionih parametara (npr. kanal, vremenski slot) između predajnika i prijemnika

Međutim, prisustvo primarnih licenciranih mreža u radio okolini kognitivnih radio mreža čini OPS fundamentalno različitim od tradicionalnih algoritama za pristup medijumu. OPS pristup zahtjeva od terminala da ne ugrožavaju transmisijske primarnih korisnika. Dodatno, OPS mora vratiti prava pristupa spektru primarnim vlasnicima u trenutku kad oni postanu aktivni. Na kraju, kognitivni radio terminali u okviru kognitivne radio mreže moraju koordinisati svoje transmisijske međusobno u cilju ravnopravnog dijeljenja raspoloživih spektralnih prilika. Ove karakteristike OPS-a se ne zahtjevaju kod konvencionalnih algoritama za pristup u kojem bežični terminali funkcionišu na jednom ili više unaprijed definisanih frekvencijskih opsega i koji koriste te

opsege bez potrebe da napuštaju trenutno zauzeti kanal. Stoga, konvencionalni algoritmi za pristup medijumu razvijeni za tradicionalne bežične mreže nisu pogodni za korišćenje u OPS-u.

Naš cilj jeste implementacija testbeda koji će koristiti za demonstraciju performansi i karakterizaciju različitih OPS MAC algoritama za distribuirane kognitivne radio mreže. Ovi algoritmi mogu biti:

- **Algoritmi sa slučajnim pristupom:** za koje nije potrebna sinhronizacija na nivou mreže i obično su bazirani na principu višestrukog pristupa sa izbjegavanjem kolizije (CSMA/CA)
- **Algoritmi sa vremenskom raspodjelom:** koji zahtjevaju sinhronizaciju. Vrijeme je podijeljeno na slotove i za kontrolne informacije i za prenos podataka
- **Hibridni algoritmi:** koji baziraju prenos na podijeli vremena u slotove dok se kanali biraju na slučajan način.

Takođe, potrebno je razmotriti realizacije koje uzimaju u obzir praktične limitiranosti realnih radio primopredajnika. Jedan od takvih algoritama je *Random Access Probability Medium Access Control* protokol (RAP-MAC) čija je strategija za pristup medijumu predstavljena u [4]. U ovom algoritmu biranje spektra za analizu se vrši na slučajan način kombinovano sa probablističkom transmisionom politikom koja ne bira uvijek maksimalnu brzinu prenosa već koristi princip baziran na slučajnom izboru kako bi se izbjegle nepreciznosti u odabiru kanala i spriječila situacija u kojoj bi jedan kognitivni komunikacioni par čvorišta ekskluzivno iskorišćavao spektralnu priliku. Međutim, RAP-MAC definiše da kognitivni par predajnik-prijemnik razmjenjuju *request* i *grant* pakete (što u stvari predstavlja *handshake* mehanizam prije slanja podataka) prije slanja svakog *data* paketa. Moguće poboljšanje jeste praćenje istorije korišćenja spektra u cilju preciznije selekcije kanala i minimizacije frekvencije razmjene kontrolnih podataka. U cilju smanjenja *overhead*-a (zaglavljaja) što za rezultat ima povećanje *goodput*-a (propusnost na nivou aplikacije) kognitivne radio mreže, svako čvorište može pratiti istoriju svojih predhodnih pokušaja za ostvarivanje komunikacije preko različitih kanala. Ova informacija se može koristiti u cilju određivanja koji kanal koristiti i tako smanjiti degradacije performansi usled pogrešnih odluka nakon slučajnog biranja spektra, kao i u cilju odlučivanja da li vršiti razmjenu kontrolnih podataka.

To znači da na primjer ako je određen kanal slobodan duži vremenski period prema podacima sakupljenim tokom predhodnih transmisijskih on onda može biti korišćen za slanje više *data* paketa jedan za drugim nakon jednog *handshake*-a. Dodatno, prije biranja kanala za prenos, moguće je smanjiti broj kanala koji su u opticaju i koristiti samo one koji imaju veću šansu za ostvarivanje uspješne transmisijske i staviti na *blacklist*-u one koji su često ili stalno zauzeti. Na ovaj način se poboljšavaju performanse kognitivne radio mreže čak i za one algoritme koji koriste sekvencijalni ali i slučajni pristup pri odabiru kanala pri bilo kojoj transmisionoj politici. U sekciji V opisana je jedna moguća implementacija testbeda za oportunistički pristup spektru.

5. IMPLEMENTACIJA TESTBEDA

Planirano je da se kognitivna radio mreža sastoji od dvije ili više primarnih radio mreža (PRM) koje koegzistiraju u istom geografskom području kao i jedna kognitivna radio mreža (koja se još i zove sekundarna mreža). Primarna mreža je već postojeća mreža koja je licencirana za funkcionisanje u određenom opsegu. Stoga se primarna mreža još zove i licencirana mreža.

Implementacija primarnih mreža

U svrhe testbeda primarne mreže se mogu implementirati koristeći računare sa svojim bežičnim interfejsima koji mogu biti konfigurisani da prenose koristeći tačno određeni kanal sa predajnom snagom od 18dBm, u cilju fer poređenja, koja je ista kao i maksimalna snaga WARP čvorišta.

Implementacija sekundarne mreže

Sekundarne mreže testbeda će se implementirati koristeći WARP ploče. WARP platforma je dizajnirana da omogući razvoj i evaluaciju performansi velikog broja protokola dizajniranih na *cross-layer* principu, koristeći fleksibilni interfejs na bazi *interrupt*-a između fizičkog i MAC (kontrola pristupa medijumu) nivoa. WARP ploče se sastoje od Virtex-6 FPGA čipa koji služe kao centralna procesorska jedinica, dva radio interfejsa koji omogućavaju implementiranim terminalima da komuniciraju koristeći opsege na 2.4GHz kao i 5GHz i dva Ethernet porta koja omogućavaju povezivanje ploča sa računarima koji služe kao generatori saobraćaja.

U WARP *open-access* repositoriјumu se može pronaći OFDM referentni dizajn koji implementira MIMO OFDM fizički nivo i fleksibilni MAC interfejs za razvoj protokola. Čitavo procesiranje (kontrola hardvera, procesiranje signala, MAC protokol) se izvršava u realnom vremenu od strane svakog čvorišta. Računari mogu biti povezani sa WARP čvorištima preko Ethernet ali se koriste samo za generisanje saobraćaja i analizu rezultata kao što je i ranije rečeno. Protokoli viših nivoa, kao što je protokol kontrole pristupa medijumu, realizuju se u C/C++ jeziku i download-uju na jedan od FPGA PowerPC core-ova koji direktno komuniciraju sa fizičkim nivoom implementiranim na FPGA čipu. WARP ploče posjeduju dvije odlike koje su potrebne za realizaciju Oportunističkog Pristupa Spektu:

- **Kognitivna sposobnost:** koja omogućava platformi da definiše trenutnu zauzetost spektra kroz analizu kanala
- **Re-konfigurabilnost** RF modula platforme koji dozvoljava da se operacioni parametri primopredajnika konfiguriraju u realnom vremenu. WARP čvorišta mogu da koriste BPSK, QPSK i 16-QAM modulacione šeme sa predajnim snagama od 12dBm, 15dBm i 18dBm, respektivno.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu data je diskusija o kognitivnim radio mrežama i oportunističkom pristupu spektru, tačnije oportunističkom pristupu spektru u distribuiranim *ad-hoc* kognitivnim radio mrežama. Kako većina trenutnih teoretskih rješenja u ovoj oblasti nailazi na poteškoće pri implementaciji koristeći realne primopredajnike naš fokus je

realizacija testbeda koji će uzeti u obzir pomenute limitiranosti realnih tehnologija. Najvažniju ulogu u ovim mežama imaju MAC protokoli čije su glavne funkcionalnosti pronalaženje informacija o "spektralnim rupama" u kanalu, koordinisanje primarnih i sekundarnih korisnika u cilju alokacije spektra kao i sinhronizovanje transmisionih parametara. U ovom radu predstavljeni su MAC algoritmi za distribuirane kognitivne radio mreže, mogući način realizacije testbeda za njihovu implementaciju, *state-of-the-art* RAP-MAC algoritam kao i moguće unapređenje datog algoritma u oblasti strategije izbora kanala i smanjenja *overhead*-a koji unose kontrolne informacije. Naši budući planovi obuhvataju implementaciju nekoliko OPS MAC algoritama, njihovo unapređenje i evaluaciju performansi korišćenjem pomenutog testbeda sa WARP pločama. Takođe, imajući u vidu značaj senzorskih mreža dalji pravci istraživanja obuhvatiće primjenu CR-a u senzorskim mrežama tj. CRSN mreže, kao i određivanje benefita koji će se ostvariti u odnosu na tradicionalne senzorske mreže.

ZAHVALNICA

Rezultati prezentovani u ovom radu su dio MIMO-CELL istraživačkog projekta finansiranog od strane Ministarstva nauke Crne Gore i Fore-Mont projekta finansiranog od strane EU (Grant Agreement No. 315970 FP7-REGPOT-CT-2013). Takođe, ovaj rad je podržan od strane Ministarstva nauke Crne Gore i HERIC projekta kroz BIO-ICT Centar uspješnosti (Contract No. 01-1001).

LITERATURA

- [1] "Rice University WARP Project." Available: <http://warp.rice.edu>
- [2] J. Mitola III, "Cognitive radio: an integrated agent architecture for software defined radio," Ph.D. dissertation, KTH Royal Institute of Technology, 2000.
- [3] Mitola III, J.: Cognitive radio for flexible mobile multimedia communication. In: Proceedings of IEEE International Workshop on Mble Multimedia Communications (MoMuC), San Diego, CA (1999)
- [4] A. Khatib, D. Perkins, and M. A. Bayoumi, "Experimental evaluation of opportunistic spectrum access in distributed cognitive radio networks, IEEE 2013
- [5] Prakash Prasain*, Dong-You Choi** "MAC Protocols for Opportunistic Spectrum Access in Cognitive Radio Networks: A Survey" Conference: Korea Institute of Information Technology Summer Conference 2013
- [6] C. Santivanez, R. Ramanathan, C. Partridge, R. Krishnan, M. Condell, S. Polit "Opportunistic Spectrum Access: Challenges, Architecture, Protocols" 2nd Annual International Wireless Internet Conference (WICON) 2006
- [7] A. Delfino, L. Goratti, R. Giuliani, F. Oliveri, and G. Baldini, "A software radio implementation of centralized MAC protocol for cognitive radio networks," *Wireless Personal Commun.*, vol. 68, no. 3, pp. 1147–1175, 2013.

DINAMIČKO TESTIRANJE I ANALIZA KLIJET-SERVER KOMUNIKACIJE U ANDROID APLIKACIJAMA

DYNAMIC SECURITY TESTING AND ANALYSIS OF CLIENT-SERVER COMMUNICATION IN ANDROID APPLICATIONS

Branko Džakula, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: U ovom radu su prezentovane metode dinamičkog testiranja Android aplikacija na sigurnosne propuste koristeći se Android SDK virtuelnom platformom i Burp Suite softverom za detekciju i analizu mrežnog saobraćaja. Rad opisuje korake konfiguracije alata za testiranje, načine njihove upotrebe i analizu rezultata testiranja.

Abstract: This paper presents methods of dynamic testing of Android applications on security vulnerabilities using Android SDK virtual machine and Burp Suite software used for network traffic detection and analysis. The paper describes steps necessary to configure tools for testing, potential use of such tools and analysis of testing results.

1. UVOD

Od pojavljivanja prvih smartphon-a (pametnih telefona) na tržištu razvila se i nova branša programiranja u vidu proširivanja mogućnosti smartphone uređaja pomoću aplikacija. Razvijanje aplikacija za smartphone uređaje je otvorila vrata svjetskim kompanijama u vidu promovisanja njihovih usluga putem aplikacija kao i omogućavanju lakšeg pružanja usluga korisnicima putem istih. Da bi zadovoljili te potrebe i ostali kompetentni, softverske firme i pojedinci jako brzo mijenjaju tehnologije, alate, uče nove programske jezike i platforme. Pritisak tržišta koji diktira kratke rokove ostavlja jake posljedice na kvalitet softverskih proizvoda, a pri određivanju prioriteta, testiranje i zaštita redovno odlaze na dno ljestvice.

U scenarijima kada se telefoni koriste za privatne i poslovne mejlove, društvene mreže i elektronsko poslovanje, posljednje šta je u interesu korisnika da neko drugi ima pristup privatnim korisničkim podacima, a upravo to je ono što se dešava na ovom mladom tržištu. Pogođene su sve platforme, a Android nikako nije izuzetak. Postoji veliki broj metoda kojima se mogu poslužiti iskusni programeri u krađi korisničkih podataka, a propusti u zaštiti aplikacija koje se svakodnevno koriste predstavljaju najčešću metu za eksploataciju korisničkih podataka.

U svijetu informacione bezbjednosti idealnog rješenja i garantovane sigurnosti nema. Sigurnosni propusti u sistemima su svakako ozbiljna tematika kojoj je neophodno posvetiti punu pažnju, ali novi problemi mogu nastati i pretjeranom implementacijom sigurnosnih mjera koje mogu ugroziti rad sistema i stvoriti nove, ponekad i neriješive probleme.

Ključ uspješne implementacije sigurnosnih mjera u svakom sistemu, platformi, softveru ili čitavoj kompaniji su pravilno i detaljno definisane procedure, standardni i polise, praćenje trendova i napredaka u tehnologiji, ali možda i najbitniji korak je konstantno podizanje svijesti o informacionoj bezbjednosti i česta obuka zaposlenih jer

današnja statistika diktira da su ljudske greške ipak vodeći faktor čestih upada u zaštićene sisteme i kompromitovanja korisničkih podataka.

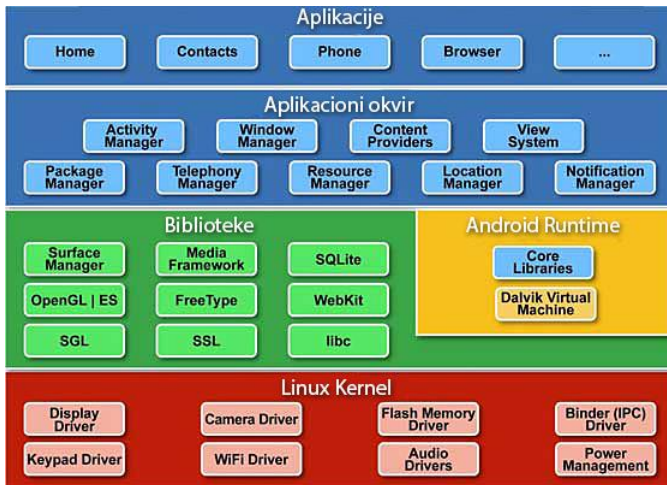
U radu će biti obrađena postavka alata za dinamičko testiranje koje je sastavni dio svakog sigurnosnog testiranja aplikacija. Pored dinamičkog testiranja vrše se statička i funkcionalna testiranja aplikacije. Funkcionalni testovi podrazumijevaju provjeru aplikacije iz korisničke perspektive, odziv aplikacije, performanse i lakoću korištenja, dok statička analiza zalazi u source kod same aplikacije koji se može dobiti metodom reverznog inženjeringa ili uz pomoć razvojnog tima. Statička analiza provjerava logiku, hard coding, implementaciju OWASP standarda sigurnosnog programiranja itd. Dinamičko testiranje koje je opisano u ovom radu zalazi u dublju analizu interakcije aplikacije sa drugim aplikacijama, serverima i/ili bazama podataka (najčešći primjer je SQL Lite).

2. ANDROID PLATFORMA

Android™ operativni sistem, zasnovan je na Linux kernelu i trenutno razvijen od strane Google-a. Primarno je namijenjen uređajima sa touchscreen-om (ekranom na dodir) ali se razvija i za posebne modele pametnih TV uređaja, automobilskih računara i ručnih pametnih satova.

Android aplikacije pri instalaciji dobijaju samo predefinisane resurse sistema, što predstavlja i prvi nivo zaštite gdje je sam korisnik u mogućnosti da prije instalacije ima uvid u resurse koje će aplikacija da koristi i uoči potencijalno štetne aplikacije i obustavi njihovu instalaciju prije nego dođe do neželjenih posljedica.

Sa tehničke strane Android predstavlja Linux operativni sistem razvijen za ARM i x86 arhitekturu i sastoji se od modifikovanog monolitnog Linux kernela. Android operativni sistem je sačinjen od softverskih komponenti koje se mogu podijeliti na pet sekcija i četiri glavna sloja, kao što je prikazano na Slici 1.



Slika 1. Arhitektura Android platforme [3]

Ovakva arhitektura sistema nije iznenađujuća jer predstavlja standardnu arhitekturu Linux sistema gdje su segmenti sistema razdvojeni po nivoima na kojim rade. Za crtanje 3D grafike Android koristi biblioteku zasnovanu na OpenGL ES 2.0 specifikaciji, što ovom sistemu daje mnoge napredne grafičke sposobnosti.

3. EMULATOR ANDROID PLATFORME (ANDROID SDK)

AppSec Labs [2] je nedavno razvila AppUse Virtuelnu Linux mašinu, unikatnu platformu za bezbjednosno testiranje Android aplikacija u Android okruženju. Eksperti iz oblasti zaštite informacija ga često nazivaju sljedećim "Back Track-om", inače poznatom sistemu za testiranje aplikacija na sigurnosne propuste. U ovom radu su svi primjeri testiranja vršeni na AppUse platformi pokrenutoj na VM Ware Player softveru.

Android SDK, emulator Android operativnog sistema, koji je sastavni dio AppUse platforme, omogućuje skoro sve funkcionalnosti standardnog Android pametnog telefona. Drugim riječima, Android SDK predstavlja i Virtuelni Android smartphone uređaj na kojem se bezbjedno mogu testirati aplikacije bez brige o posljedicama na OS prilikom korišćenja. Slični emulatori se koriste i prilikom testiranja antivirus softvera kako bi u bezbjednom okruženju eksperti iz oblasti informacione bezbjednosti mogli da barataju sa malware-om, trojancima i sličnim malicioznim softverom. Emulatori ovog tipa se drugačije nazivaju i sandbox emulatori i predstavljaju ključni alat prilikom izvršavanja svih tipova testiranja Android aplikacija.

Android emulator reprodukuje sve hardverske i softverske komponente standardnog smartphone uređaja, osim uspostavljanja stvarnih poziva poziva i slanja SMS/MMS poruka. Sadrži varijacije tastera za navigaciju kroz emulator kojima možemo upravljati kompjuterskim mišem ili tastaturom. Takođe sadrži i ekran za prikazivanje Android home ekrana ili aplikacija.

Emulator uključuje različite debug sposobnosti, kao što je konzola iz koje je moguće logovanje izlazne poruke kernela, simuliranje prekida aplikacije (kao što su dolazne SMS poruke ili telefonski pozivi) , i simuliranje latency efekta i prekide u mreži.

Emulator posjeduje širok spektar mogućnosti konfigurisanja prema potrebama korisnika. Od osnovnih funkcionalnosti kao što su instalacija testnih aplikacija i bogat interfejs, moguće je konfigurisati hardversku akceleraciju, emulaciju umrežavanja, uspostavljanje poziva i slatnje SMS poruka drugoj instance emulatora, konfigurisanje brzine prenosa podataka itd.

Pored mnogobrojnih mogućnosti koje posjeduje Android SDK tu su i neka funkcionalna ograničenja. Android SDK nema podršku sljedećih servisa: upravljanje i primanja stvarnih poziva, USB konektivnost, konektivnost eksternih slušalica, određivanje stanja mreže, određivanje stanja baterije, određivanje stanja SD kartice i Bluetooth-a

Dodatna ograničenja prilikom vršenja dinamičkog testiranja mogu biti problemi sa SSL saobraćajem koji se uspostavlja putem SSL sertifikata i ovom metodom testiranja nije moguće imati uvid u saobraćaj enkriptovan HTTPS protokolom. Postoje rješenja [1] koristeći se hakerskim metodama simulacije direktnog presretanja saobraćaja između korisnika mreže i gateway-a, napad poznat kao „Man in the middle“. Ovom metodom je uz pomoć dodatnih alata (Cain & Abel) moguće generisati lažni SSL sertifikat prilikom svakog HTTPS zahtjeva korisnika i omogućiti uvid u kompletan saobraćaj. Prepoznata su i ograničenja poput nemogućnosti testiranja aplikacija koje koriste resurse specifične mobilne mreže za razmjenu saobraćaja. Rješenje se može dobiti primjenom statičkog testiranja softvera metodom reverznog inženjeringa gdje bi u samom source kodu izmijeniti ciljane adrese i parametre mrežne komunikacije, te ponovili dinamičko testiranje.

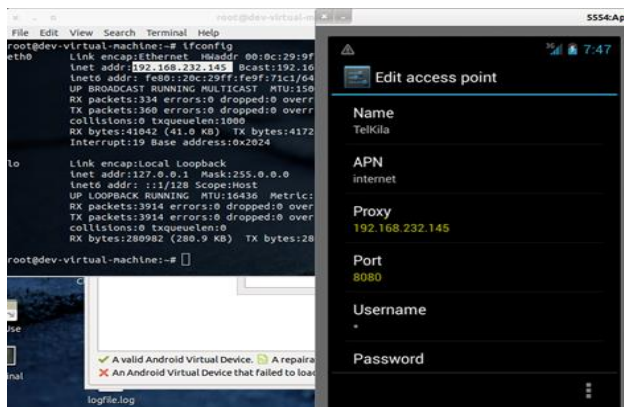
4. PREUSMJERAVANJE SAOBRAĆAJA I IMPLEMENTACIJA WEB PROXY APLIKACIJE

Kao što je i ranije navedeno, u dinamičkom testiranju je fokus isključivo na način na koji aplikacija obrađuje zahtjeve sa strane servera. Kako bi se preuzela kontrola nad zahtjevima i odgovorima između aplikacije i servera, potrebno je implementirati proxy koji će na omogućiti da se prikuplja odlazeći i dolazeći saobraćaj od i ka serveru u trenutku generisanja istog saobraćaja. Za vršenje ove operacije će se koristiti Burp Suite softver.

U prethodnom poglavlju je opisan rad i konfiguracija AppUse Android emulatora. Kako bi emulator bio u mogućnosti da komunicira sa proxy serverom neophodno je izvršiti par izmjena u konfiguraciji. Za konfiguraciju proxy-ja na emulatoru koristeći se GUI-jem neopodno je izmijeniti IP adresu u Access Point Names panelu na samom emulatoru, tj. IP adresu koja je dodijeljena u Burp Suite softveru.

Slijedi konfiguracija IP adrese proxy-ja. U polje Proxy se unosi IP adresa preko koje će Burp Suite „prislušivati“

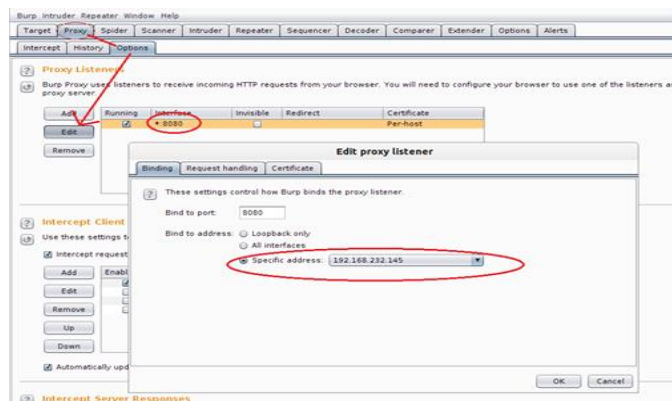
saobraćaj. IP adresa i broj porta moraju da se poklapaju u prozoru emulatora i konfiguraciji Burp Suite aplikacije kao što je prikazano na slici 2.



Slika 2. Postavke emuliranog uređaja i Burp Suite softvera

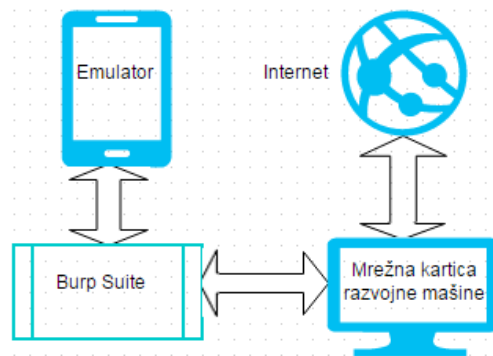
Nakon prihvatanja svih izmjena uspješno je konfigurisan emulator da preusmjerava saobraćaj preko navedene adrese i porta, tj. ka web proxy-ju. Sljedeći korak je podizanje web proxy-ja i njegova konfiguracija. Za demonstrativne svrhe koristiće se popularan Burp Suite softver koji je moguće preuzeti potpuno besplatno sa oficijelne stranice Portswiggera. AppUse platforma već posjeduje besplatnu verziju u svom arsenalu preinstaliranih aplikacija. Za podizanje nove instance možemo se koristiti komandnom linijom ili pokretanjem izvršnog fajla iz direktorijuma emulatora.

Za konfiguraciju Web proxy-ja treba obratiti pažnju da identična IP adresa i broj porta budu dodijeljeni emuliranom uređaju i Burp Suite softveru kao što je prikazano na slici 3.



Slika 3. Konfiguracija Burp Suite softvera

U polju "Specific address" se nalazi IP adresa na kojoj se prisluškuje saobraćaj. Primjer: Ukoliko je emulator na jednom uređaju (A) i BurpSuite na drugom (B), u proxy podešavanja emulatora je potrebno unijeti IP adresu B uređaja. Takođe, na B mašini u konfiguraciji BurpSuite treba unijeti specifičnu adresu sa koje se prisluškuje saobraćaj. Dijagram ovog procesa je prikazan na slici 4.

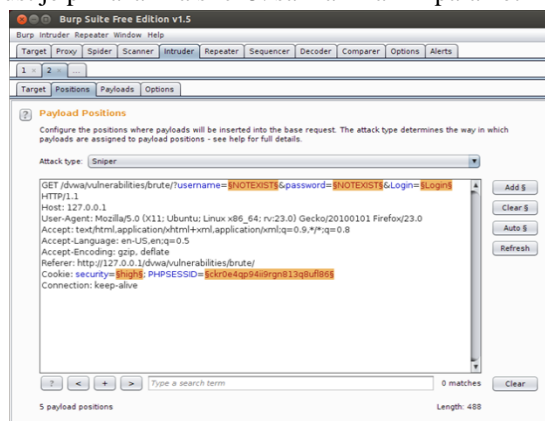


Slika 4. Dijagram toka saobraćaja

Postoji još jedna interesantna opcija, a to je „All interfaces” radio dugme gdje će se saobraćaj prisluškivati na svim vidljivim interfejsima od strane B mašine. Ovo može da generiše izuzetno veliku količinu saobraćaja i teško je filtrirati zahtjeve i odgovore ka i od servera koji bitni za analizu ukoliko postoji veći broj interfejsa preko kojih se saobraćaj transportuje.

Nakon konfiguracije svih alata za testiranje, slijedi aktivacija "presretača" (Proxy/Intercept "Intercept is on") i analiza rezultata. Sa opisanim postavkama softvera za testiranje moguće je analizirati kompletan saobraćaj koji je razmijenjen između pokrenute aplikacije na emulaturom i servera sa kojim aplikacija komunicira. Cilj analize je identifikacija maliciozne komunikacije ka neželjenoj adresi ili uvid u korisničke podatke u transport koji nisu adekvatno zaštićeni. Primjer zabilježene komunikacije od strane Burp Suite softvera je opisan u nastavku.

Uz pomoć Web pretraživača na emulaturom moguće je poslati zahtjev ka odabranoj adresi, u primjeru je korištena adresa <http://3ncrypt0r.blogspot.com>. S obzirom da proxy predstavlja posrednika u klijent server komunikaciji, odgovor od <http://3ncrypt0r.blogspot.com> se neće upisati dok korisnik ne prosljedi inicijalni zahtjev sa „Forward” opcijom. Na pomenutoj adresi je odrađen log in sa slučajnim kredencijalima, dok se u Burp Suite softveru registrovao saobraćaj koji otkriva parameter tog log in-a. Sa ovim parametrima je moguće izvršiti "Dictionary" napad [5] brute force metodom i pristupiti portal sa administratorskim privilegijama. Rješenje je maskiranje log in parametara. Propust je prikazan na slici 5. sa markiranim parametrima.



Slika 5. Jasno vidljiv saobraćaj u Raw formatu

5. ZAKLJUČAK

Opisanom metodom se najčešće koriste eksperti iz oblasti informacione bezbjednosti za izvršavanje penetracijskih testova, tj. testova za otkrivanje ranjivosti sistema. U zavisnosti za koju svrhu se koriste, alati poput Burp Suite softvera mogu postati izuzetno maliciozni alati za kompromitovanje korisničkih podataka. Uz par izmjena u konfiguraciji i povezivanja na javnoj Wi-Fi mreži sa Burp Suite softverom je moguće izvesti jednostavan i izuzetno maliciozan "Man in The Middle" napad, "Evil Twin" napad i sl.

Proces dinamičke analize će pokazati moguće propuste (hard code kredencijali korisnika, komunikacija sa neželjenim servisima, upis malicioznih podataka u samoj aplikaciji, itd.) u sistemu i identifikovati potencijalne rizike (kompromitovanje korisničkih podataka, prisluškivanje saobraćaja, generisanje suvišnog saobraćaja, itd.) ali nakon implementacije sigurnosih mjera i dalje potpuna sigurnost ne može biti zagarantovana. Zero Day ranjivosti u samom Android operativnom sistemu mogu ugroziti sigurnost svih

aplikacija i korisničkih podataka na uređaju i time zaobići sva rješenja koja su uslijedila nakon uspješnog dinamičkog i statičkog testiranja aplikacija.

LITERATURA

- [1] InfoSec Institute (2014). Android Application Security. Web, January 2015
- [2] AppSec Labs (2014). Android Pentest Platform Unified Standalone Environment. Software, Web, December 2014
- [3] Google, Android Developers official (2014). ADB Tools. Web, December 2015
- [4] Infigo, Information Security Bootcamp seminar (2015). Seminar, January 2015
- [5] InfoSec Institute, Dictionary attack (2014). Web, December 2014

UPOTREBA WEB I MOBILNIH APLIKACIJA U AGRIKULTURI WEB AND MOBILE APPLICATIONS IN AGRICULTURE

Stefan Vujović, Miloš Brajović, Slobodan Đukanović, Faculty of Electrical Engineering, University of Montenegro

Sadržaj: *U radu je razmatrana upotreba Web platformi/servisa i mobilnih aplikacija u poljoprivredi. Analizirano je postojeće stanje u ovoj oblasti i dat je pregled postojećih rješenja. U zavisnosti od svrhe primjene, napravljena je klasifikacija Web platformi i mobilnih aplikacija. Takođe, navedeni su reprezentativni primjeri korišćenja informacionih tehnologija u oblasti poljoprivrede u svijetu.*

Abstract: *The paper considers the use of Web platforms/services and mobile applications in agriculture. The state-of-the art in this area has been analyzed and an overview of the existing solutions has been given. Based on the application, a rough classification of web platforms and mobile applications has been made. Also, representative examples of the use of information technologies in agriculture in the world have been given.*

1. INTRODUCTION

Sustainable agriculture, monitoring of crops, analysis of food products and the control of land quality are one of basic aims of the BIO-ICT project. Development of sustainable and smart agriculture is deeply based on synergy between ICT and life sciences. Numerous aspects of agricultural development have been recognized in using information and communication technologies, including the increase in smallholder productivity, transparency and efficiency of agricultural markets, connection among the farmers, improving the availability of services and knowledge, resource and risk management, addressing the environmental pressure [1], [2],[3], 0.

Although the benefits from the ICT appliance in the agriculture can be recognized through several different and complex aspects, basic focus of this review paper is to present fundamental ideas behind the potential of the usage of mobile and web platforms in the context of smart and sustainable agriculture, through the presentation of some representative solutions currently in use.

The knowledge obtained through scientific research in agriculture, as well as modern agricultural approaches should be provided to producers. Also, practical experience of farmers has to be disseminated to wider farmer community and agricultural researchers [1], [3]. One possible category of applications may include the one with e-learning or general advice based assignments, while the other may include issues regarding to the mentioned possibilities of communication. The expertise of agricultural researchers can be disseminated to farmers using this kind of applications. Since the appliance of concrete agricultural techniques or trends might provide different results in crops, a feedback from farmers to experts, or among farmers, can also be provided using web and/or mobile applications [1]. This category could also include applications which provide some specific, one way information particularly important for farmers, such as weather forecast, specific crop information, information available in different types of databases. All these possible usages of applications may increase the level of agricultural production [1].

Another category, recognized within the framework of the BIO-ICT project as a very important one, includes the applications and services which are based on localized contextual information, such as microclimatic patterns, soil and water conditions in specific seasons and for specific crops, automatic diagnose of diseases using expert systems or remote diagnose by experts [1]. Development of such applications assumes high-level intensive research in both agriculture and ICT areas. Such applications may include complex expert systems and artificial intelligence approaches as their integrate parts. It is expected that intensive research in this area can also impose the use of complex data mining techniques developed for this specific purpose.

Third, but not less important category include applications developed for management, planning and financial purposes. Some authors distinguish several subcategories of these applications, such as the classification regarding to markets and trading systems, quality issues, specific planning issues, logistics, finances etc. [1].

Since the development of new ICT services and particular applications in the considered context of smart agriculture may highly depend on the knowledge about existing solutions and approaches, the aim of this paper is to give a short review of some selected, already implemented applications, along with their classification. Through this review, several possible aspects of the ICT application in the agriculture are addressed. Section 2 gives a brief review of some mobile applications. Section 3 addresses an example of a GIS web platform developed for the purpose of smart agriculture in Ghana, which could be considered as an example of applications from the first and third categories, which enables one way knowledge transfer to farmers, as well as some financial and commerce services.

2. MOBILE APPLICATIONS

Various smartphone applications for agriculture exist. They can be divided into several groups, however with no sharp limits separating them. One possible classification is into the following three groups:

- Management applications

- Stock applications
- Tools

As already said, this is just one possible way to classify applications in agriculture. Similar but more general classification has been given in the Introduction section. A brief description of each of groups follows.

Management applications in agriculture are created in order to improve yields and facilitate monitoring of conditions at the field. Most of them allow us to record and report farm activities. In this way, farmer may stay in touch with all relevant parameters from the field and maximize yields. The applications from this class generally allow us to perform numerous actions:

- plan finances and production
- plan practical activities like driving tractors, operating machineries, spraying fields
- keeping financial records up to date
- buying supplies, such as fertilizers and seeds
- track market in order to maximize profit.

One of the applications that is used in USA is Optimizer, developed by “Advanced Ag Solutions, LLC” [1]. Mathematical models for describing plant growth and stress tolerance have been developed in Optimizer. This method is patent pending. Other very interesting thing that they have developed is an algorithm to calculate the most limiting crop yield. This algorithm makes all parameters (aspects) relative to each other. Some screenshots of website are presented at Fig. 1. Also many other applications for managing farm like Farm Manager [7], Mobile Farm Manager [8] exist.

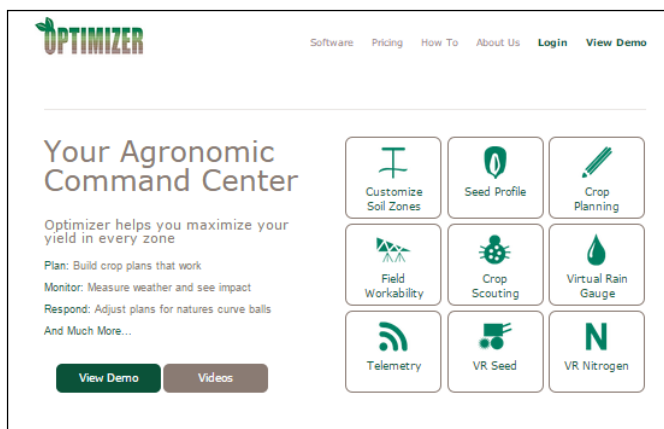


Figure 1. Optimizer website (<http://www.optmzr.co/>).

Stock applications are one of the most interesting applications since they are related to market and profit. The overall idea behind these applications is to track market and maximize profit. One of the applications which is used in USA is Cash Grain Bids [9] which provides information about what local elevators are paying. In Fig. 2, screenshots of this application are presented. There are many similar applications from this group like Commodity Prices [10].

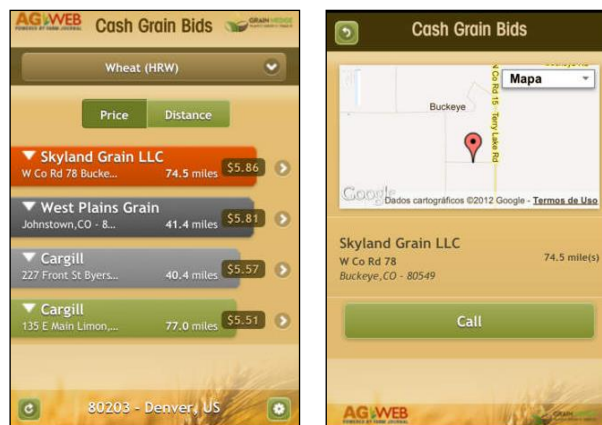


Figure 2. Screenshots for “Cash Grain Bids” application.

The third comprises tools. This is the most general group, which includes various application types not belonging to any of the previous groups. Here, we will just mention some interesting of them, but it is important to note that there are many other applications in agriculture which are not mentioned here. First application is Spray Guide [11], which allow us to properly mix order of crop protection products. This application, also, provides recording of product use rates. The next application is AGCommand [13] which provides complete control to machinery fleet. SoilWeb is also a very interesting application. It is GPS based real-time access to soil survey databases. Results are formatted for mobile devices. Based on the user current location, this application retrieves graphical illustration of soil types, with images linked to the named soils.

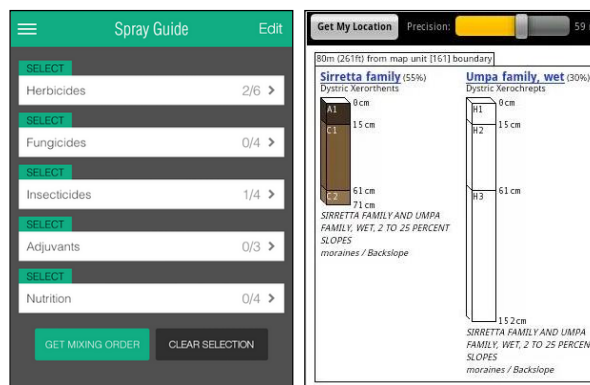


Figure 3. Screenshots of “Spray Guide” (left) and “SoilWeb” (right) applications.

3. EXAMPLE OF A COMPLEX WEB PLATFORM FOR AGRICULTURE

In the Introduction section, we have categorized applications by their specific assignment in the area of agriculture. In Section 2, we have described some agricultural applications with specific purposes. Sometimes, combining research conducted in several areas may result in applications with a wide range of possibilities and with a large set of provided services. It is expected that one of the final products of the comprehensive research conducted within the BIO-ICT

project will be an ICT platform with at least such a complexity. That is the main reason for introducing a web platform within this section, in order to get inspired by its background ideas and representation of results conducted in several research areas. In the context of categorization from the Introduction section, we may say that it has elements of the first and third application categories.

Ghana Agricultural GIS online Platform has been launched by the Ghana Ministry of Food and Agriculture, and it gives cross-sectional data and GIS data obtained by several large projects implemented in Ghana [15]. The platform provides numerous agricultural related data regarding to several plant cultures, along with agricultural commodity prices, crop production, agricultural imports and exports figures and Ghana's agricultural budget. In this way, it pulls together agricultural, financial and factual data along with interactive maps. This user-friendly ICT platform provides information through several different segments.

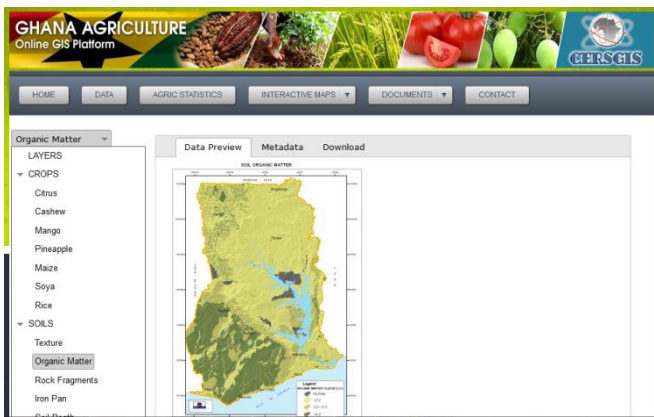


Figure 4. Screenshot of the Data Segment of the Ghana Agricultural GIS online Platform.

First segment (Fig. 4) provides graphical representation (along with metadata) of several layers of data, including crops, soils, climate, land use, topography, facilities (including agrochemical shops, irrigation sites, Ministry of food and agriculture offices, weather stations, market centers etc.) and crop suitability. The data regarding the crops and crops suitability are given for seven cultures selected by the platform authors.



Figure 5. Screenshot of the production sustainability segment of the Ghana Agricultural GIS online Platform.

The second layer we have identified in the platform (Fig. 5) provides the data regarding several production and financial aspects of the crops, including annual and monthly prices, annual production, imports and export and the area of crops. All data are presented graphically, and might be used for sustainable production. This layer provides very important information that could be used by farmers in order to achieve best profit, and to make decision on cultures which are most payable and optimal for production.

Third and the most important layer (Fig. 6) includes the interactive GIS maps which pool together all data relevant for production of general and/or specific cultures, including data about farms, facilities, climate, commerce, land issues and important economic indicators. We have to emphasize that all relevant data can be even pulled together graphically, and their intersection could give farmers possibility to choose which cultures are optimal and payable for production, based on all aspects of the provided information.

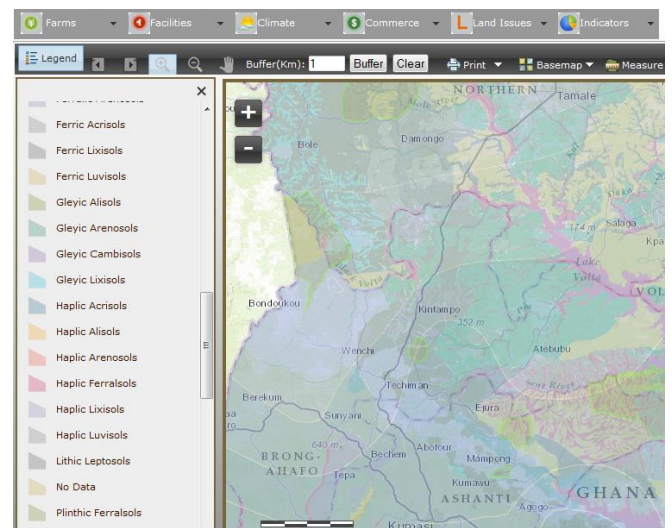


Figure 6. Screenshot of the main GIS platform.

Several tools are provided through the GIS platform. Tools include the one for the navigation and zoom, which are similar as in other geographic information systems. These tools include the possibility to measure distance between selected points on maps. For example, it could be important for a farmer to measure the distance of his location from important markets, mechanization or irrigation systems etc. Also, these tools could be used for several general analyses, especially important for possible scientific contributions in the area of agriculture. The platform gives the possibility to select different base maps for each considered area.

Data chosen to be shown graphically are provided with adequate legend. Selection of a single point or an area on the map gives available data about the selected point, including data about farmers, farms, crops, facilities, institutions and other relevant facts (Fig. 7). Legend can provide important information about climate, rainfall, land structure and all other information directly relevant for the cultures chosen for the production. A system for search of specific data is also implemented within the platform. The maps of farms which produce specific cultures are also provided, which can be

especially important in the process of making decisions about the production of specific cultures.

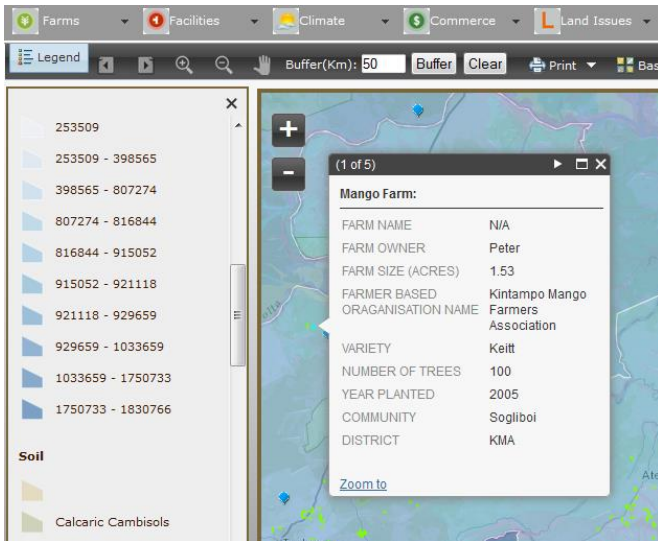


Figure 7. Selection of a single point on the GIS platform map and the view of available data.

In order to achieve a significant development impact, this platform provides information important to various agricultural stakeholders. Collection of the data as well as the ability for the data integration and a suitable way of their presentation provided through this platform might have a key role in the development of sustainable agriculture. On the other side, we must emphasize that it does not include some other previously mentioned capabilities, such as contextual information provision, for example, of microclimatic patterns, soil and water conditions in specific seasons and for specific crops. It also does not provide subsystems for farm management, automatic decision making subsystems, systems for online communication of farmers etc. Clearly, services provided by the analyzed platform could also be integrated with such extensions, as well as with possible applications for mobile devices.

4. CONCLUSION

The paper considers the use of mobile and web applications in agriculture. Analysis of several solutions currently in use in this field has been made. The paper considers two classes of applications, namely applications for smartphones and web oriented applications. A rough classification of each of these two groups has been done. Representative examples of each of the groups have been provided. An overview of mobile and web applications used in agriculture presented in this paper can facilitate other researches in the field and make valuable insights about this aspect of use of ICT in agriculture.

ACKNOWLEDGEMENT

This work has been supported by the Ministry of Science of Montenegro and the HERIC project through the BIO-ICT Centre of Excellence (Contract No. 01-1001).

REFERENCES

- [1] Brugger, Fritz, "Mobile Applications in Agriculture", *Syngenta Foundation*, 2011.
- [2] McNamara, Kerry S. (2009), 'Mobile Applications in Agriculture and Rural Development – Framing the Topic, and Learning from Experience', *World Bank Workshop on Mobile Innovations for Social and Economic Transformation*, 2009
- [3] Parikh, Tapan S., Neil Patel, and Yael Schwartzman , "A Survey of Information Systems Reaching Small Producers in Global Agricultural Value Chains", 2008 *Agriculture and Rural Development, ICT in Agriculture Sourcebook*: <http://www.ictinagriculture.org/content/ict-agriculture-sourcebook>
- [4] Optimizer, <http://www.optmzr.co/>
- [5] BrunaLab <http://brunalab.org/apps/>
- [6] Phenome-networks <http://phenome-networks.com/>
- [7] Farm Manager: <https://itunes.apple.com/us/app/farm-manager/id433835168?mt=8>
- [8] Mobile Farm Manager: <https://itunes.apple.com/us/app/mobile-farm-manager/id557933250?mt=8>
- [9] Cash Grain Bids: <https://itunes.apple.com/us/app/cash-grain-bids/id524814040?mt=8>
- [10] Commodity Prices: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Jaybus.app.Commodities&hl=en>
- [11] Spray Guide : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lht.simplot.sprayguide&hl=en>
- [12] MRTN/Nitrogen Application Calculator: <https://itunes.apple.com/us/app/mrtn-nitrogen-application/id560788301?mt=8>
- [13] AgCommand: <https://itunes.apple.com/us/app/agcommand/id577910649?mt=8>
- [14] SoilWeb: <https://play.google.com/store/apps/details?id=casoilresource.apps.soilweb&hl=en>
- [15] Ghana Agricultural GIS online Platform <http://gis4ghagric.net/>

REVERZNI INŽENJERING I METODE ZAŠTITE ANDROID APLIKACIJA REVERSE ENGINEERING AND ANDROID APPLICATION SECURITY

Branko Džakula, Slobodan Đukanović, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: *Proces reverznog inženjeringa kod Android aplikacija je, usljed činjenice da se Android aplikacije interpretiraju, značajno olakšan. U radu je ilustrovana lakoća otkrivanja resursnih fajlova, kao i metode zaobilaznja ograničenja enkriptovanog izvornog koda. Na primjeru konkretne Android aplikacije, predstavljene su metode reverznog inženjeringa koristeći se alatima za dekompajliranje zatvorenih binarnih fajlova aplikacije. Opisane su najčešće prijetnje realizovane primjenom neke od metoda reverznog inženjeringa, kao i metode zaštite.*

Abstract: *Reverse engineering process in Android applications is, due to the fact that Android applications are interpreted, significantly simplified. The paper illustrates the ease of extraction of the resource files, as well as methods to circumvent the limitations of the encrypted source code. On the example of one Android application, presented are methods for reverse engineering using tools to decompile closed application binaries. The most common threats using some of the methods of reverse engineering are described, as well as methods of protection against such threats.*

1. UVOD

U scenarijima kada telefone koristimo za privatne i poslovne mejlove, društvene mreže i elektronsko poslovanje, poslednje šta želimo je da neko drugi ima pristup našim podacima, a upravo to je ono što se dešava na ovom mladom tržištu. Pogođene su sve platforme, a Android nikako nije izuzetak. Postoji jako veliki broj metoda kojima se mogu poslužiti iskusni programeri u krađi naših podataka, a reverzni inženjering je samo jedna od njih.

Glavni cilj ovog rada je pronalaženje dobrih inženjerskih praksi na polju zaštite Android softvera. Kroz rad će to biti realizovano boljim razumijevanjem tehnika reverznog inženjeringa, predstavljanjem realnih scenarija i konkretnih alata.

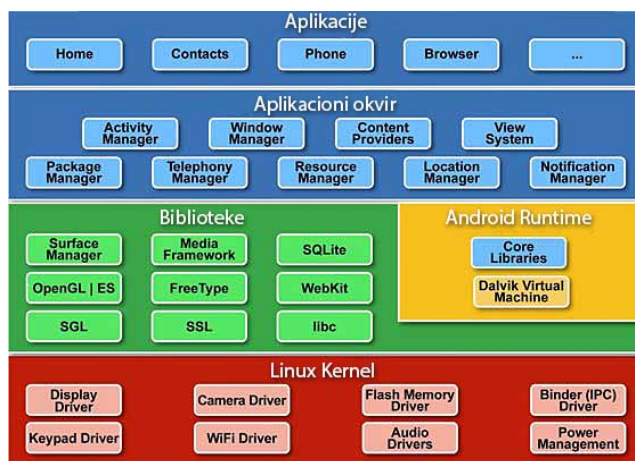
Reverzni inženjering je proces analiziranja, rastavljanja i otkrivanja tehničkih karakteristika proizvoda ili servisa, kao i sigurnosnih propusta sa ciljem da se otkrije način na koji funkcioniše, često da bi se kasnije modifikovao, kopirao ili napravio sličan, ali i u pronalaženju boljeg načina zaštite [1]. Reverzni inženjering u svijetu softvera je proces otkrivanja izvornog koda aplikacija iz izvršnog fajla, a najčešće se analizira u bajtkodu.

2. ANDROID PLATFORMA

Iako se Android aplikacije programiraju u Javi, SDK (Software Development Kit) koji se može javno preuzeti, pretvara svaki Java kod u Android izvršni paket (APK). Ovi APK fajlovi izvršavaju se na Dalvik virtualnoj mašini (DVM) napravljenoj isključivo za potrebe Android sistema. U startu je važno napomenuti da se Android aplikacije interpretiraju, tj. da nema .exe koda, te je mnogo lakše izvršiti operaciju reverznog inženjeringa.

Android aplikacije interaguju sa sistemom, ali i među sobom raznim međuprocenim komunikacijama. Svaka komponenta APK fajla igra drugačiju ulogu u ponašanju aplikacije i može biti aktivirana posebno.

Android operativni sistem je sačinjen od softverskih komponenti koje se ugrubo mogu podijeliti na pet sekcija i četiri glavna sloja, kao što je prikazano na slici 1.



Slika 1. Dijagram arhitekture Android platforme [5]

3. PREGLED ALATA ZA ANALIZU ANDROID KODA

AppSec [4] Labs je nedavno razvila AppUse Virtualnu mašinu, unikatnu platformu za bezbjednosno testiranje Android aplikacija u Android okruženju. Eksperti iz oblasti zaštite informacija ga zovu sledećim "Back Track-om", inače poznatom sistemu za testiranje aplikacija na sigurnosne propuste. U ovom radu su svi primjeri testiranja vršeni na AppUse platformi pokrenutoj na VM Ware Player softveru.

Emulator Android operativnog sistema je virtuelni Android smartphone uređaj na kojem se bezbjedno mogu testirati aplikacije bez brige o posljedicama na OS prilikom korišćenja. Slični emulatori se koriste i prilikom testiranja antivirus softvera kako bi u bezbjednom okruženju eksperti iz oblasti informacione bezbjednosti mogli da barataju sa malware-om, trojancima i sličnim opasnim softverom. U [5] je demonstrirana procedura konfiguracije emulatora.

Pregled alata za analizu:

Dedexer je alternativa alatu dexdump. On je takođe disassembler DEX fajlova, ali svoj izlaz pakuje u manje DDX fajlove čime poboljšava čitljivost.

Apktool je alat [2] za reverzni inženjering zatvorenih, binarnih fajlova Android aplikacija. On može dekodovati resurse do skoro originalne forme i ponovo ih izgraditi nakon modifikovanja. Koristi se i za dekodiranje *smali* (*assembler za dex format*) koda korak po korak. Lak je za korišćenje pri radu sa aplikacijama zbog strukture fajlova koja je slična projektnoj. U nastavku ovog rada će biti detaljnije objašnjena funkcionalnost ovog alata na konkretnoj aplikaciji.

Dex2jar alat otvorenog koda se sastoji iz četiri komponente:

dex-reader - koji čita Dalvik izvršne fajlove (.dex/.odex)

dex-translator - zadužen za konvertovanje; on čita dex instrukcije u *dex-ir* formatu, poslije čega ih optimizuje i konvertuje u ASM format

dex-ir - koristi ga dex-translator za reprezentaciju dex instrukcija

dex-tools - alat za rad sa .class fajlovima

Smali/baksmali je assembler/disassembler za dex format koji koristi Dalvik virtuelnu mašinu. Podržava punu funkcionalnost dex formata (anotacije, informacije o debugovanju, linijama, itd.).

JD-GUI je samostalna grafička aplikacija koja prikazuje Java kod iz .class fajlova. Iz njega se može rekonstruisati izvorni kod i direktno pristupiti metodama i poljima klase.

Mobilizer je tekstualni alat napravljen u Pythonu koji po svojim funkcionalnostima predstavlja alternativu *apktool-u*, ali sa opcijom ugrađivanja skripti koje ga proširuju i optimizuju rad. Takođe posjeduje ugrađenu skriptu koja pretražuje dekompajliran kod i ispisuje linije koda u kojima se sumnja da sadrže osjetljive podatke. Odličan je alat za bezbjednosno testiranje aplikacija.

4. TESTIRANJE ANDROID APLIKACIJE

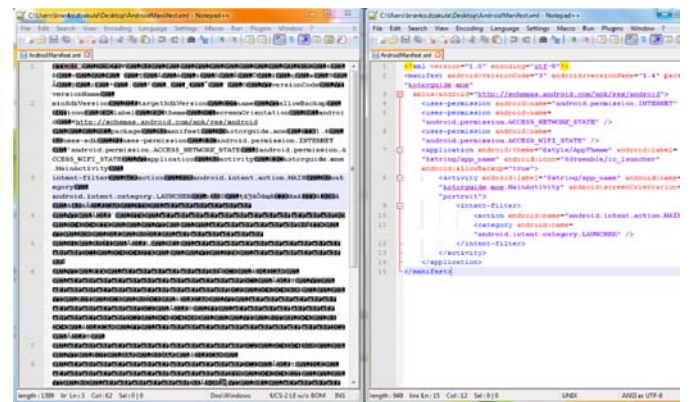
Kotor Guide je aplikacija koja predstavlja virtuelni turistički vodič kroz grad Kotor, aplikacija je već dostupna na Google Play Store-u. Radi se o aplikaciji sa Web View metodom šta podrazumjeva vezu aplikacije sa resursima putem internet konekcije. Za potrebe ovog rada aplikacija je modifikovana tako da aplikacija očitava korisnikovu IP adresu i čuva je u lokalnoj memoriji gdje aplikacija može dalje da koristi tu vrijednost. Pomenuta aplikacija će biti

korištena u svrhe testiranja iz razloga što je legalnost postupka reverznog inženjeringa nad vlasničkim aplikacijama diskutabilna, a aplikacija Kotor Guide je razvijena od strane autora ovog rada [6].

Ideja testa je da predstavi jako lošu praksu ugrađivanja (hardkodovanja) promjenljivih za koje želimo da budu tajne. Takođe, iz primjera će se jasno vidjeti lakoća otkrivanja resursnih fajlova (kao što su slike, audio i video), kao i metode zaobilaznja ograničenja enkriptovanog izvornog koda.

Raspakivanje APK fajla je proces dekompresije fajla iz jedne u više razumljivih cjelina. Nakon raspakivanja APK fajla (unzip operacija) već se mogu vidjeti svi multimedijalni resursi koje aplikacija koristi, kao što su slike i audio i video zapisi. Ipak, kompletna programska logika i grafički interfejs aplikacije su sakriveni u binarnim datotekama classes.dex i AndroidManifest.xml. Da bi se one mogle čitati ili modifikovati, potrebno je koristiti neki od navedenih alata. Koristeći na primjer apktool i decompile opciju, odmah se dobija čitljiv AndroidManifest.xml fajl, dok se classes.dex može čitati na nekoliko načina.

Pokretanjem apktool-a sa decompile opcijom (apktool d ./KotorGuide.apk ./OutputFolder) sadržaj AndroidManifest.xml fajla postaje vidljiv i razumljiv. Na sljedećim primjerima (Slika 2.) možemo vidjeti sadržaj AndroidManifest.xml fajla prije i poslije dekompajliranja.



Slika 2. AndroidManifest.xml fajl prije(lijevo) i poslije(desno) dekompajliranja

Kompletna konfiguracija WebView-a je jasno vidljiva u smali i otkriva propuste u maskiranju osjetljivih podataka. Daljom analizom smali fajla moguće je jednostavno identifikovati dio koda koji bilježi korisnikovu IP adresu i smješta je u lokalni string, nakon identifikacije neophodno je pažljivo ukloniti sumnjiv kod [7]:

```
invoke-virtual {v0},
Landroid/net/wifi/WifiManager;-
>getConnectionInfo()Landroid/net/wifi/WifiInfo;
;
move-result-object v0
invoke-virtual {v0},
Landroid/net/wifi/WifiInfo;->getIpAddress()I
move-result v0
```

```

    invoke-static {v0},
    Landroid/text/format/Formatter;-
>formatIpAddress(I)Ljava/lang/String;
    iget-object v1, p0,
    Lkorguide/mne/MainActivity;-
>mainWebView:Landroid/webkit/WebView;
    const-string v2, "http://m.korguide.me"
    invoke-virtual {v1, v2},
    Landroid/webkit/WebView;-
>loadUrl(Ljava/lang/String;)V
    .line 31
    iget-object v1, p0,
    Lkorguide/mne/MainActivity;-
>mainWebView:Landroid/webkit/WebView;
    
```

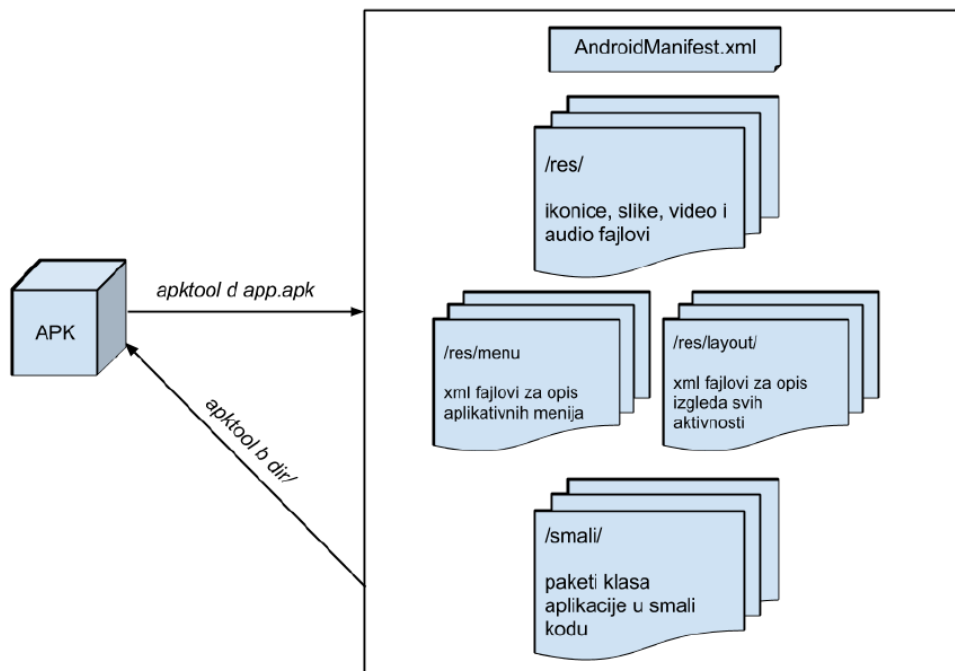
Koristeći apktool, dekompileirana i modifikovana aplikacija se može ponovo sastaviti u funkcionalan APK fajl jednostavnom build komandom. Nakon toga, treba još samo potpisati fajl alatom kao što je Jarsigner u kombinaciji sa Keytool-om (oba su sastavni delovi JDK paketa).

potencijalne rupe u sistemu i mogu biti opasne ako korisnik nije pažljiv.

Postoji veliki broj alata za analizu, dekompileiranje i modifikovanje Android koda. Alati su često besplatni, otvorenog koda i dostupni svim platformama, pa je time i baza potencijalnih korisnika proporcionalno veća.

Svaki pokušaj razumijevanja koda iza softverskih rješenja može otkriti neke od tajni i time oštetiti proizvođača. Objavljivanje takvih saznanja predstavlja dodatni rizik, pa je u softverskoj industriji ustanovljena praksa da se svaki dijelac komercijalno napisanog softvera smatra privatnim vlasništvom i čuva se kao poslovna tajna. Ovaj problem svakako nije prisutan samo kod programiranja Android aplikacija, već je mana svih interpretera.

Kompanije često koriste tehnike reverznog inženjeringa za špijuniranje konkurencije. Uvid u kod aplikacije im može dati informacije o algoritmima na koje je uloženo napredno



Slika 3. Dijagram toka dekompileiranja i kompileiranja sa apktool-om

5. PRIJETNJE

Činjenica da se Android aplikacije pišu u Java programskom jeziku znatno olakšava reverzni inženjering. Java arhitektura zajedno sa Java virtuelnom mašinom je tradicionalno bila pogodno tlo za razvoj mnogih alata koji za cilj imaju dekompileiranje izvršnih aplikacija.

Android operativni sistem je baziran na Linuxu koji strogo definiše kontrole pristupa svih aplikacija i korisnika prema sistemu. Root-ovanjem telefona, korisnik dobija administratorski pristup svim fajlovima, servisima i sistemskim aplikacijama, pristup hardveru i slično... Ovakve mogućnosti su pogodne programerima za istraživanje, razvoj i prilagođavanje platforme sebi, ali isto tako otvaraju

istraživanje i programersko vrijeme. Takođe, resursi aplikacije, kao što su autorske slike, muzika, zvučni efekti i video materijal, jako lako mogu biti ukradeni i korišćeni u nelegalne svrhe.

Komuniciranje sa serverom putem API-ja umjesto direktnim pristupom serveru i bazama podataka je svakako dobra praksa. Ipak, uvid u kod aplikacije može otkriti neautorizovanim licima privatne API pozive, koji se mogu iskoristiti u neetičke svrhe.

Preuzimanjem aplikacije sa Google Play Store-a, dekompileiranjem, modifikacijom imena, potpisa, dizajna ili bilo čega drugog, pa ponovnim kompileiranjem i slanjem na market, moguće je praktično ukrasti kompletan proizvod i rodavati ga nezavisno i bez znanja originalne kompanije.

Drugi način zarade novca nad tuđom aplikacijom bi bio ubacivanje kodova ka sopstvenim reklamnim servisima, gdje bi umjesto originalnom autoru, novac odlazio direktno napadaču.

Postupkom sličnim opisanim u prethodnoj stavci, APK fajlovi se mogu modifikovati da zaobiđu ograničenja probnih verzija softvera i tako eliminišu potrebu za kupovinom ili pretplatom na isti. Ovaj postupak se popularno zove "krekovanje", a aplikacije modifikovane na taj način se lako mogu naći na specijalizovanim piratskim sajtovima, torrentima ili forumima.

Ponovno kompajliranje u APK se koristi i u maliciozne svrhe gdje se umjesto zaobilaznja ograničenja, u kod ubacuju algoritmi sposobni za krađu podataka od korisnika, tajno slanje SMS-ova ili obavljanje poziva ka internacionalnim brojevima, praćenje aktivnosti korisnika, sabotazu određenih funkcija itd. Ovakve aplikacije se jako brzo uklanjaju sa Google Play-a, ali ih korisnik ipak može naći na piratskim sajtovima ili forumima, i iz neznanja instalirati.

6. METODE ZAŠTITE

Potpuna zaštita od reverznog inženjeringa ne postoji. Onog trenutka kada se aplikacija nađe na memoriji uređaja, bez obzira na platformu, njene mašinske instrukcije su čitljive i uz manje ili više truda može se rekonstruisati izvorni kod. Nad Java virtuelnom mašinom je čitav proces još i jednostavniji, pa se zaštita koda svodi na njegovo maskiranje, ne bi li se otežao i usporio proces reverznog inženjeringa.

Maskiranje koda je proces modifikovanja programskog koda u cilju smanjenja čitljivosti i razumijevanja iz ugla programera, a bez gubitka funkcionalnosti na mašinskom nivou. Neke od standardnih tehnika maskiranja su brisanje praznih karaktera (whitespace) u kodu, zamjena imena promjenljivih, šifrovanje stringova, samogenerišući kod ili čak ubacivanje programske logike koja ne služi ničemu, već samo dodatno zbunjuje programera u procesu tumačenja. U zavisnosti od korišćenih tehnika, maskiranje može imati uticaj na veličinu i brzinu izvršavanja koda, ali takvi detalji neće biti opisivani u ovom radu. Fokus je stavljen na konkretne korake potrebne za zaštitu koda Android aplikacija, što će biti opisano u narednim sekcijama.

Još jedan od klasičnih načina zaštite koda: generisanjem "hash" vrijednosti aplikacionih fajlova i provjerom sa pravom vrijednošću pri startovanju aplikacije, može detektovati promjena u kodu i tako onemogućiti funkcionisanje aplikacije ili čak alarmirati autor. Ova tehnika, naravno, takođe nije nezaobilazna, ali svakako poboljšava sigurnost i pravi dodatni problem napadačima pri kompromitovanju.

Ukoliko se aplikacija povezuje sa internetom, najbolji način čuvanja tajnosti algoritama je njihova migracija na server i njihovo korišćenje putem nekog servisnog interfejsa.

Na serveru se mogu provjeravati i licencni podaci korisnika uređaja, što samo dodatno poboljšava kredibilnost identiteta.

Android platforma zahtjeva da sve instalirane aplikacije budu digitalno potpisane sertifikatom čiji privatni ključ posjeduje samo vlasnik aplikacije. Android sistem koristi sertifikate za identifikovanje autora aplikacije i uspostavlja povjerenje između aplikacija. Digitalno potpisivanje ne može ni na koji način zaštititi aplikaciju od uvida u njen kod, ali pruža korisniku sigurnost da pokreće originalnu aplikaciju.

Potpisivanje privatnim ključem je integrisano u sva veća razvojna okruženja koja podržavaju Android i aktivira se pri kompajliranju u release modu.

7. ZAKLJUČAK

Svijest se polako mijenja, pa se sve više razmišlja "unaprijed" i govori o sigurnosti kao temi koja se ne smije zanemariti. Poslodavcima je sada jasno da se sigurnosne metode moraju uključiti direktno u početne cikluse razvoja softvera, a da konstantni treninzi i edukacija postaju nužna praksa.

Savršenog rješenja nema, pošto je jasno da su napadači uvijek spremni da odu korak dalje, ali se rizici mogu značajno smanjiti čak jednostavnim poznavanjem platforme i razumijevanjem najčešćih napada.

Reverzni inženjering je samo jedna od metoda koje mogu uticati na sigurnost Android aplikacija i ovaj rad je stavio strogi fokus na nju. To ne smije zavarati čitaoca u pomisli da je to najrizičnije polje sigurnosnih propusta, niti najrasprostranjenije. Postoji još mnogo aspekata napada na Android platformu koji u ovdje nisu spomenuti, i ovaj rad bi vjerovatno bio potpuniji da im je posvećeno bar malo pažnje.

LITERATURA

- [1] Teitelbaum, D. (2012). Reverse Engineering Android: Disassembling Hello World. Web, May 2014
- [2] InfoSec Institute (2014). Android Application Security Testing Guide. Web, May 2014
- [3] Amalfitano, D. (2011). *Reverse Engineering and Testing of Rich Internet Applications*. PDF file. Naples: University of Naples Federico II.
- [4] AppSec Labs (2014). Android Pentest Platform Unified Standalone Environment. Software, Web, May 2014
- [5] Google, Android Developers official (2014). *ADB Tools*. Web, May 2014
- [6] Wei-Meng Li (2012). *Android 4 Razvoj aplikacija*. Beograd: Wiley Publishing, Inc.
- [7] Bruce Eckel (2007). *Misliti na JAVI*. Beograd: MindView, Inc. Četvrto izdanje
- [8] Karole Blythe, Jason Mantey (2012). The Ethics of Reverse Engineering, PDF file May 2014

POBOLJŠANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI BEŽIČNIH SENZORSKIH MREŽA KROZ KOOPERATIVNO PROSLEĐIVANJE ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENT OF WIRELESS SENSOR NETWORKS THROUGH COOPERATIVE RELAYING

Bojan Domazetović, Enis Kočan, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj: Prednosti koje pružaju bežične senzorske mreže omogućile su širok spektar mogućih primjena. Ipak, energetska efikasnost i nepredvidivost bežičnog kanala su neki od problema koje ograničavaju dizajn tih mreža. U ovom radu fokus je na problemu energetske efikasnosti, kao i na kooperativnim komunikacijama, koje, pokazalo se, mogu koristiti pri rješavanju mnogih problema u bežičnim senzorskim mrežama, pa i problema energetske efikasnosti. U radu je dat pregled aktuelnih rješenja koja, na temelju kooperativnih komunikacija, utiču na poboljšanje energetske efikasnosti i ostalih performansi u bežičnim senzorskim mrežama. Pored toga, predstavljeni su izazovi u dizajnu energetske efikasne budućih kooperativnih bežičnih senzorskih mreža, na osnovu čega se može steći uvid u pravce budućih istraživanja u ovoj aktuelnoj oblasti.

Abstract: Advantages provided by wireless sensor networks have enabled a wide range of possible applications. However, energy efficiency and unpredictability of wireless channel are some of the problems that limit the design of these networks. In this paper we focus on the issue of energy efficiency, as well as cooperative communications, which has been shown to be used in solving many problems in wireless sensor networks, including the problem of energy efficiency. The paper presents a survey on solutions based on cooperative communication impact on improving energy efficiency and other performances in wireless sensor networks. Besides, the challenges in design of energy efficient future cooperative wireless sensor networks are presented, which provides an insight in upcoming research directions in this popular area.

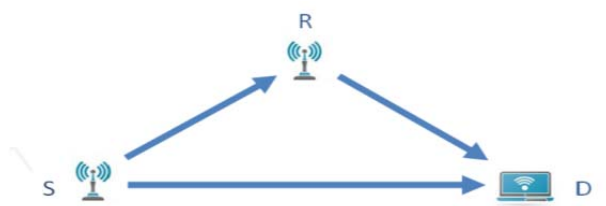
1. UVOD

Bežične senzorske mreže (BSM) se obično sastoje od velikog broja senzorskih čvorišta, najčešće male veličine i raspoređena unutar, ili u neposrednoj blizini, neke interesne pojave ili objekta. Sam bežični radiokanal, zbog svoje promjenljivosti i različitih efekata koji mogu dovesti do pojave greške pri prenosu podataka, a i činjenica da su senzori često smješteni u nepristupačnim područjima bez određenih pravila, nameću posebne izazove i zahtjeve u dizajniranju BSM.

Jedno od rješenja za veću pouzdanost prenosa podataka bežičnim putem je povećanje emisione snage predajnika. Ovo rješenje nije uvijek moguće, a i kada je moguće, u slučajevima BSM nije efikasno rješenje. Naime, kako su čvorišta u BSM obično opremljena sa ograničenim izvorom napajanja, kao što su baterije, a čije punjenje ili zamjena neće uvijek biti moguća (upravo zbog nepristupačnosti oblasti gdje su smješteni), smanjenje potrošnje energije za prenos podataka postaje jedan od najvažnijih zahtjeva prilikom dizajniranja BSM. Štaviše, trend povećanja kapaciteta baterija u posljednjih nekoliko decenija je značajno sporiji u odnosu na poboljšanja koja su ostvarena u računarskim kapacitetima i brzinama prenosa u bežičnim mrežama. Ovo stvara značajna ograničenja u dizajnu BSM, pa se moraju tražiti druge solucije za povećanje pouzdanosti i energetske efikasnosti.

Primjena različitih diverziteti tehnika u bežičnim kanalima sa prisutnim fadingom je veoma efikasno i često primijenjivano rješenje za povećanje pouzdanosti prenosa.

Ono podrazumijeva slanje višestrukih kopija signala putem nekorelisanih putanja između predajnika i prijemnika. Jedna od najčešće primjenjivanih diverziteti tehnika je prostorni diverziteti, koji podrazumijeva da se jedan signal emituje sa pozicija koje su dovoljno udaljene da bi se ostvarila nezavisnost diverziteti grana. Ovakav koncept nije ostvariv u senzorskim mrežama, jer su senzorska čvorišta malih dimenzija i u većini današnjih realizacija nije moguće na njima postaviti više antena. Praktičan način za dobijanje prostornog diverziteti u tom slučaju je primjena kooperativnih komunikacija [1]. Moderne kooperativne komunikacije omogućavaju koordinaciju i dijeljenje resursa različitih čvorišta, čime se ostvaruju značajna poboljšanja performansi sistema, kao što su pokrivenost, brzina prenosa, kapacitet, pouzdanost i energetska efikasnost [1]. Kooperativne bežične senzorske mreže (KBSM) se temelje na modelu koji je izvorno bio sastavljen od tri čvorišta: izvor (S - source), relej (R - relay) i odredište (D - destination), kao što je prikazano na slici 1.



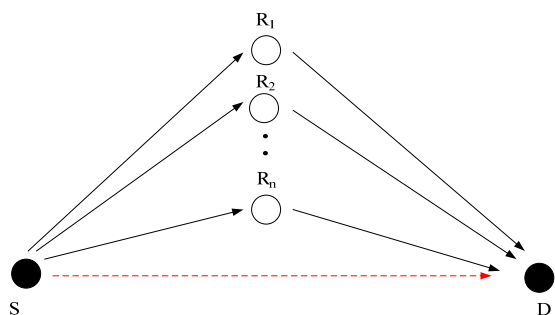
Slika 1. Izvorni model kooperativnih komunikacija

Relej može biti namjenski uređaj, koji nema svojih informacija za slanje, a vrlo često relej je jedno od čvorišta iz mreže, koje i samo sadrži korisne informacije. Neki od

najčešće razmatranih protokola za kooperativne komunikacije u bežičnim kanalima, koji definišu funkcije releja su : Pojačaj-i-prosljedi (AF: *Amplify-and-Forward*) i dekodiraj-i-prosljedi (DF: *Decode-and-Forward*), [1]. Kod AF protokola, R stanica signal primljen od S pojačava, a zatim prosleđuje ka D. Za razliku od jednostavnijeg AF protokola, relejna stanica čija je funkcija definisana DF protokolom, prvo primi signal od izvora, zatim ga dekodira, onda ponovo kodira, i moduliše prije nego što ga prosljedi ka D. Postoje nekoliko varijanti DF i AF protokola od kojih su najznačajniji inkrementalni AF (IAF) i inkrementalni DF (IDF). IAF i IDF protokoli podrazumijevaju postojanje povratnog kanala od D, što omogućava da R emituje signal samo u slučaju kada D nije mogao da dekodira poruku poslatu od S.

Osim izvornog modela KBSM koji uključuje postojanje jednog releja između S i D, a koji je još poznat i kao model sa dva hopa (DH - *dual-hop*), postoje modeli KBSM koji uključuju više releja ili takozvani *multi-node* KBSM [2-4]. Kod ovih sistema neophodno je odabrati R stanice koje će prosljediti informaciju ka D. Selekcija jednog od seta potencijalnih releja može se vršiti na osnovu informacije o rastojanju releja [5], ili na osnovu trenutnih karakteristika kanala [6]. Selektivne DH kooperativne šeme su lako primljenjive i manje zahtjevne u odnosu na kooperativne šeme sa više releja, a često mogu postići iste benefite, [6]. Kada u kooperativnim komunikacijama između S i D učestvuje više releja na način da je link S-D podijeljen na više od 2 manja linka (hop-a) govorimo o mrežama sa više hopova.

MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) predstavlja gotovo nezaobilazno rješenje u bežičnim mrežama, kada je cilj poboljšanje pouzdanosti prenosa, povećanje kapaciteta ili energetske efikasnosti. Kako su senzorska čvorišta izuzetno malih dimenzija praktična implementacija MIMO sistema je nemoguća, zbog čega je nastao virtuelni MIMO koncept kao interesantno rješenje za ostvarivanje MIMO benefita u slučaju kada imamo čvorišta sa jednom antenom (Slika 2).



Slika 2. Virtuelni MIMO

Nedavna dostignuća na polju kooperativnih komunikacija, kao i važnost smanjenja potrošnje energije kod KBSM su razlozi zbog čega je tema rada pregled rješenja na polju energetske efikasnosti u KBSM. U radu je dat sistematičan pregled različitih pristupa za povećanje energetske efikasnosti KBSM, kao i izazovi koji se pojavljuju pri efikasnom dizajnu novih KBSM. Na osnovu toga može se steći uvid u moguće smjerove budućih istraživačkih pravaca u ovoj veoma aktuelnoj oblasti.

Rad je koncipiran na sljedeći način: u poglavlju 2. su opisani osnovni pojmovi i principi energetske efikasnosti u

BSM, dok je u poglavlju 3. dat pregled pristupa za poboljšanje energetske efikasnosti u KBSM, kao i izazovi u dizajnu budućih KBSM mreža. Zaključna razmatranja su data u poglavlju 4.

2. ENERGETSKA EFIKASNOST SENZORSKIH MREŽA

U osnovi, senzorska čvorišta se sastoje od tri podsistema: senzorskog, procesnog i komunikacionog. Komunikacioni podsistem, koji omogućava prenos i prijem podataka, troši najveći dio energije čvorišta, pa su potrošnje senzorskog i procesnog podsistema u poredjenju sa komunikacionim podsistemom praktično zanemarljive, osim u slučaju kada se radi o KBSM sa više hopova, kada energija potrebna za lokalno procesiranje ima značajniji udio u ukupnoj energiji potrebnoj za uspješan prenos [7].

Mikseri, sintezatori frekvencije, kontrolori napona oscilatora, fazne petlje, kao i pojačavači snage su sve djelovi komunikacionog podsistema čvorišta koji troše značajnu količinu energije [8].

Optimizacija upravo komunikacionog dijela BSM omogućuje minimizaciju energije potrebne za prenos podataka između čvorišta, a samim tim poboljšati energetske efikasnosti i produžiti životni vijek BSM.

Uopšteno, energetska efikasnost bežične mreže se definiše kao broj ispravno prenešenih podataka u odnosu na energiju koja je utrošena na transport podataka [9]:

$$\eta = \frac{L_p(1-PER)}{E} \quad (1)$$

gdje je L_p dužina korisnog dijela paketa podataka, PER je vjerovatnoća greške po paketu (*packet error rate*), a E energija utrošena za transport paketa.

Energija koja je potrebna za prenos između dva čvorišta (i i j) u BSM se definiše kao ukupna energija po bitu utrošena tokom bežičnog prenosa podataka i data je izrazom [8]:

$$E_{ij} = \frac{P_{PA,ij} + P_{TX} + P_{RX}}{R_b} \quad (2)$$

gdje je $P_{PA,ij}$ potrošnja pojačavača snage, P_{TX} i P_{RX} predstavljaju potrošnju RF kola predajnika i prijemnika, a R_b odgovara protoku u b/s. Iz (2) se vidi da ukupna energija potrebna za prenos podataka između dva čvorišta zavisi od više faktora, pa se optimizacija sistema sa ciljem poboljšanja energetske efikasnosti može vršiti optimizacijom različitih faktora:

1) Na ukupnu energiju potrebnu za uspješan prenos značajan uticaj ima emisiona snaga. Optimizaciju predajne snage moguće je vršiti primjenom diverzitija, tačnije primjenom virtuelnog MIMO koncepta.

2) Uz optimizaciju emisiona snage poboljšanje energetske efikasnosti može biti ostvareno i optimizacijom potrošnje RF kola na strani predaje i prijema. Takođe, važno je naglasiti da prilikom izračunavanja ukupne energije potrebne za prenos, pored aktivne snage treba uzeti u obzir i snagu neophodnu za aktiviranje primopredajnih RF kola (*start-up power*). U slučaju kada je veličina paketa smanjenja uticaj snage potrebne za aktiviranje kola dominira u odnosu na potrošnju aktivne snage, što čini da je za sistem, u tom slučaju, efikasnije da primopredajnici budu uvijek uključeni [7].

3) Poboljšanja mogu biti ostvarena i optimizacijom na višim nivoima od fizičkog. Kao što se može zaključiti iz (1) optimizacija veličine paketa i nivoa modulacije takođe značajno utiče na energetska efikasnost sistema, što je razmatrano u [9], gdje je pokazano da u slučaju manjih rastojanja između S i D optimalne kooperativne šeme treba da koriste veće pakete i visok nivo modulacije, a da koriste manje pakete i niži nivo modulacije kada su rastojanja veća. Za poboljšanje energetske efikasnosti BSM su razmatrani i različiti pristupi *cross-layer* dizajna [10, 11].

Osim smanjenja ukupne energije potrebne za uspješan prenos podataka, što je i najčešći pristup, pitanju poboljšanja energetske efikasnosti u BSM se pristupa i na druge načine. Tako npr., u [12] energetska efikasnost u BSM se razmatra kroz optimizaciju životnog vijeka kompletne mreže. Maksimiziranje dometa i poboljšanje performansi sistema, uz istu utrošenu energiju, su takođe pristupi za povećanje energetske efikasnosti BSM.

Dodatni prostor za poboljšanje energetske efikasnosti BSM se otvara uvođenjem mogućnosti kooperacije između senzorskih čvorišta.

3. ENERGETSKA EFIKASNOST U KBSM

Kooperativne komunikacije predstavljaju koncept koji omogućava poboljšanje performansi u senzorskim mrežama primjenom prostornog diverzitija. Posebno je za energetska ograničene BSM poželjno kreirati odgovarajući dizajn, baziran na kooperativnim šemama, kako bi se minimizovala potrošnja potrebna za uspješan prenos podataka od S do D.

U [8] su dati uporedni rezultati za energetska efikasnost u tradicionalnim, nekooperativnim mrežama (direktna komunikacija S-D) i kooperativnim DH AF senzorskim mrežama. Pokazuje se da je direktna komunikacija između izvora i odredišta energetska efikasnije rješenje u odnosu na AF kooperativni protokol u slučaju manjih rastojanja između S i D, jer u tom slučaju najveći procenat u ukupnoj potrošnji energije ima potrošnja RF kola. U scenarijima sa većim rastojanjem između S i D, emisiona snaga ima značajniju ulogu u ukupnoj utrošenoj energiji, zbog čega kooperativne komunikacije u tom slučaju daju bolje rezultate. Za slučaj Nakagami-m fadinga na kanalu, pokazuje se da kada nema optičke vidljivosti između S i D (NLOS (*non-line-of-sight*) scenario), AF predstavlja energetska efikasnije rješenje kada je rastojanje između S i D veće od 12 m. U slučaju kada postoji optička vidljivost između S i D (LOS (*line-of-sight*) scenario) AF pokazuje bolje rezultate od nekooperativnog sistema, za rastojanja između izvora i odredišta veća od 52 m [8]. Takođe, u [8] su dati uporedni rezultati za različite kooperativne protokole AF, IAF, DF i IDF. Zaključuje se da, u slučaju kada je relej bliži izvoru, AF i DF imaju slične performanse, dok u slučaju kad je relej bliži odredištu, AF protokol nadmašuje rezultate dobijene DF protokolom, sa stanovišta energetske efikasnosti. U [8] je takođe pokazano da IAF relejna šema nadmašuje sve druge šeme, kada je u pitanju minimizacija energije potrebne za prenos, za bilo koja rastojanja između S i D.

Za razliku od najjednostavnijeg kooperativnog scenarija koji je prikazan u [8], i koji predstavlja dobru teorijsku osnovu za razumijevanje i razvijanje kooperativnih mreža, u realnosti su i kooperativni DH senzorski sistemi značajno

složeniji, prevashodno zbog važnosti odabira “najboljeg” releja od seta potencijalnih čvorišta, kako bi se makimizovala energetska efikasnost. Upravo u [13] i [9] su prezentovane i opisane selektivne DH KBSM, kao i poboljšanja na polju energetske efikasnosti koja su dobijena primjenom tih šema.

U [13] je prikazan model sistema za selektivne DH kooperativne mreže koji se bazira na razmjeni signalizacionih poruka RTS/CTS (*request to send/clear to send*) na MAC-nivou, što omogućava da set potencijalnih releja, primjenjujući ranije definisane kriterijume, individualno računa svoje prioritete u daljoj komunikaciji na osnovu čega se zatim potencijalni releji takmiče unutar vremenskog intervala fiksne veličine. Za “najbolji” relej među potencijalnim čvorištima se bira čvorište koje najranije pošalje odgovor unutar perioda definisanog za takmičenje releja. Kombinovanjem šeme za selekciju releja u KBSM sa mehanizmima za kontrolu snage na fizičkom nivou, dobijaju su još bolji rezultati na polju energetske efikasnosti [13].

Energetska efikasnost i optimizacija selektivnih DH kooperativnih mreža, prikazana kroz uporedne rezultate za direktne i kooperativne komunikacije između S i D, i analizirana u scenarijima za različite pozicije releja, za različite primijenjene modulacije i veličine paketa, data je u [9]. Potvrđeno da za manja rastojanja između S i D direktna komunikacija daje bolje rezultate u pogledu energetske efikasnosti. Pokazano je da je poboljšanje energetske efikasnosti u kooperativnim komunikacijama maksimalno kada je rastojanje između S i R i između R i D jednako. Dvo-dimenzionalni algoritam za optimizaciju, koji je predložen u ovom radu, omogućava povećanje energetske efikasnosti optimizacijom veličine paketa i nivoa modulacije.

Energetska efikasnost kooperativnih mreža sa više releja koje koriste prostorno-vremensko kodiranje (STC – *Space-Time Coding*) je razmatrana u [14]. U [14] su prvo prezentovana poboljšanja na polju energetske efikasnosti dobijena primjenom *Alamouti* STC šeme, a zatim je analiza proširena i na sisteme koji u komunikaciji koriste više kooperativnih čvorišta sa po jednom antenom, formirajući na taj način virtuelne predajnike sa više antena. Pokazano je da ova tehnika omogućava značajnu uštedu energije, posebno u slučaju prenosa signala na većim rastojanjima u BSM. U kooperativnim mrežama sa više releja određena čvorišta simultano emituju različite kolone prostorno-vremenske kodne matrice, kreirajući efikasnije sisteme u pogledu pozdanosti, potrošnje energije i/ili brzine prenosa podataka. Kooperativne mreže sa više releja su mnogo složenije za implementaciju od DH mreža, zbog potrebe sinhronizovanja releja, kako bi na prijemu bilo moguće konstruktivno kombinovati signale od različitih čvorišta.

Energetska efikasnost klasterizovanih KBSM je analizirana u radovima [15] i [16]. U [15] je pokazano da, ako je rastojanje između klastera dovoljno veliko, kooperativne komunikacije mogu značajno da smanje ukupnu potrošnju, čak i u slučaju kada se uzme u obzir dodatno zaglavlje. U [16] je razmatran scenario u kome određen broj čvorišta saraduje primjenom distributivnog STC za prenos signala unutar klastera. Zbog dodatnog zaglavlja neophodnog za sprovođenje kooperativnih komunikacija, energetska efikasnost može biti smanjena kada se značajno poveća broj kooperativnih čvorišta, što znači da više kooperativnih čvorišta ne znači sigurno i veću energetska efikasnost.

U prethodno opisanim radovima autori su razmatrali uglavnom scenarije sa fiksnim senzorskim čvorištima, pri čemu je takođe pretpostavljano da senzori imaju male procesorske mogućnosti. Svjedoci smo da se sve veći broj senzora postavlja na različitim mobilnim jedinicama (npr. automatizovana vozila, dronovi, itd.), a u budućim IoT (*Internet of Things*) mrežama se podrazumijeva da će se kao senzori, a ujedno kao i kooperativna čvorišta, koristiti i *smartphone* uređaji [17]. Radio-kanal između čvorišta u pokretu, pri čemu se i broj mogućih kooperativnih čvorišta stalno mijenja, predstavlja poseban izazov kada treba ostvariti pouzdanu i energetske efikasnu komunikaciju. Brzi napredak VLSI (*Very Large Scale Integration*) tehnologije dovodi do toga da se već sada razmatraju rješenja u kojima će u budućim BSM značajne funkcije preuzeti sami senzori, što vodi konceptu tzv. "fog computing-a" [17]. Osim što će vršiti obradu informacija, takvi senzori mogu obavljati estimaciju bežičnog kanala prema drugim sensorima i donošenje odluke o načinu prosleđivanja informacija, izboru optimalne putanje, itd., a sve u cilju ostvarivanja veće energetske efikasnosti. Upravo ovakva predložena rješenja budućih KBSM postavljaju nove brojne izazove u njihovom što efikasnijem dizajnu, a posebno kada se to posmatra sa stanovišta energetske efikasnosti.

4. ZAKLJUČAK

Energetska efikasnost predstavlja jedno od najbitnijih pitanja prilikom dizajniranja BSM. Kooperativne komunikacije su prepoznate kao koncept koji može, između ostalog, da doprinese ostvarivanju boljih rezultata na polju energetske efikasnosti u BSM, pa su zato KBSM postale predmet intenzivnih istraživačkih aktivnosti poslednjih godina. U ovom radu je na sistematičan način opisan dio do sada razmatranih rješenja za poboljšanje energetske efikasnosti BSM kroz kooperativno prosleđivanje, koji može poslužiti za sticanje uvida u generalne principe istraživačkih pristupa u ovoj oblasti. Osim toga, predstavljeni su izazovi na koje treba odgovoriti u dizajnu energetske efikasne budućih BSM, koje će podrazumijevati senzore različitog nivoa mobilnosti, i veće mogućnosti procesiranja u samim senzorskim čvorovima, kao što je predstavljeno u konceptu "fog computing-a". Široka lepeza mogućih primjena BSM, a posebno značaj njihove primjene u BIO-ICT-u, garantuju da će ova oblast biti u žiži interesovanja istraživačke zajednice još dugi niz godina.

ZAHVALNICA

Izradu ovog rada je podržalo Ministarstvo nauke Crne Gore i HERIC projekat, posredstvom BIO-ICT Centra izvrsnosti (Br. ugovora 01-1001). Rad je dijelom podržan sa FP7 projekta "Fostering innovation based research for e-Montenegro".

LITERATURA

[1] M. Pejanovic-Djurisic, E. Kocan and M. Ilic-Delibasic, *Energy Efficient Wireless Communications through Cooperative Relaying*, Journal of Green Engineering, Vol. 3, 71–90

[2] J. N. Laneman and G. W. Wornell, *Distributed space-time coded protocols for exploiting cooperative diversity in wireless networks*, IEEE Transactions on Information Theory, vol. 49, no. 10, pp. 2415–2425, 2003

[3] A. Stefanov and E. Erkip, *Cooperative coding for wireless networks*, IEEE Transactions on Communications, vol. 52, no. 9, pp. 1470–1476, 2004.

[4] H. Ochiai, P. Mitran, H. V. Poor, and V. Tarokh, *Collaborative beamforming for distributed wireless ad hoc sensor networks*, IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 53, no. 11, pp. 4110–4124, 2005.

[5] M. Zorzi and R. R. Rao, *Geographic random forwarding for ad hoc and sensor networks: energy and latency performance*. IEEE Trans. Mobile Computing, vol. 2, no. 4, pp. 349–365, Oct. 2003.

[6] A. Bletsas, A. Khitsi, D. P. Reed, and A. Lippman, *A simple cooperative diversity method based on network path selection*, IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 24, no. 3, pp. 659–672, Mar. 2006.

[7] M. Edal Anand, K. S. Kumar, Dr. R. Amutha, *Review Paper: Energy Efficiency of Cooperative Communication in Wireless Sensor Networks*, International Journal of Data Mining Techniques and Applications Vol:02, December 2013, pp. 300-314

[8] G. Brante, M. T. Kakitani and R.D. Souza, *Energy Efficiency in Cooperative Wireless Sensor Networks*, Energy Efficiency - The Innovative Ways for Smart Energy, Dr. Moustafa Eissa (Ed.), ISBN: 978-953-51-0800-9, InTech, DOI: 10.5772/47780.

[9] S. Wang and J. Nie, *Energy Efficiency Optimization of Cooperative Communication in Wireless Sensor Networks*, EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2010, Article ID 162326, 8 pages.

[10] S. Ahmad Madani, *Cross Layer Design for Low Power Wireless Sensor Networks*, PhD dissertation, Vienna University of Technology, June 2007

[11] *Wireless Sensor Networks – Technology and Protocols*, InTech 2012, edited by M.A. Matin

[12] A. Chakraborty, K. Chakraborty, S. K. Mitra, and M.K. Naskar, *An Optimized Lifetime Enhancement Scheme for Data Gathering in Wireless Sensor Networks*, Proceedings of ICWCSN - 2009, pp. 41-46

[13] Z. Zhou, S. Zhou, J.-H. Cui and S. Cui, *Energy-Efficient Cooperative Communication Based on Power Control and Selective Single-Relay in Wireless Sensor Networks*, IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 7, no. 8, August 2008.

[14] S. Cui, A. J. Goldsmith, and A. Bahai, *Energy-efficiency of MIMO and cooperative MIMO techniques in sensor networks*, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 22, no. 6, pp. 1089–1098, 2004.

[15] Cui, S., Goldsmith, A. & Bahai, A., *Energy-constrained modulation optimization*, IEEE Trans. Wireless Communications 4(5): 2349–2360, 2005.

[16] Z. Zhou, S. Zhou, S. Cui, and J.-H. Cui, "Energy-efficient cooperative communication in clustered wireless sensor networks," in Proc. IEEE Military Communications Conference, Oct. 2006, pp. 1–7.

[17] I. Stojmenovic, S. Wen, *The Fog Computing Paradigm: Scenarios and Security Issues*, in Proc. of FedCSIS 2014, pp.1-8, Sept. 2014, Warsaw.

IMPLEMENTACIJA IEEE C37.118 KOMUNIKACIONOG PROTOKOLA U PYTHON-U PYTHON IMPLEMENTATION OF IEEE C37.118 COMMUNICATION PROTOCOL

Stevan Šandi, *Information Technology Systems, Podgorica, Montenegro*
Tomo Popović, *Texas A&M University, College Station, TX, USA*
Božo Krstajić, *Elektrotehnički fakultet, Podgorica, Montenegro*

Sadržaj: *Analizom dostupnih alata za podršku mjerenju sinhrofazora utvrđeno je da postoji potreba za alatima koji su otvoreni, prilagodljivi i nezavisni od platforme. Jedna od komponenata u ovom domenu jeste otvorena implementacija komunikacionog protokola za prenos sinhrofazora po standardu IEEE C37.118. U radu je opisan način implementacije komunikacionog protokola u obliku Python modula, njegova primjena kao i potvrda ispravnosti implementiranog modula pomoću eksternih aplikacija. Konačno, naveden je primjer praktične primjene i definisan budući rad na unapređenju ovog modula.*

Abstract: *The analysis of tools for supporting the measurement of synchrophasors revealed a need for open, customizable, and platform independent tools. One such component is open implementation of the IEEE C37.118 communication protocol for data transfer. This paper describes an implementation process of the protocol in a form of a Python library module. The discussion illustrated its use and validation using third-party tools. Finally, the paper outlines future work on the improvements and possible practical applications.*

1. UVOD

Pregledom postojećih alata za podršku mjerenju sinhrofazora, trenutno dostupnih na Internetu, došlo se do zaključka da postoji prostor za razvoj kompletnog i prilagodljivog rješenja nezavisnog od operativnog sistema [1]. U razvoju WAMPAC (*Wide Area Monitoring, Protection And Control*) sistema ovakvi alati imaju značajnu ulogu jer su neophodni za testiranje fizičkih PDC (*Phasor Data Concentrator*) uređaja, testiranje mreže i mrežnih resursa, testiranje mreže dok nije pod naponom, razvoj i testiranje aplikacija kao što je softverski PDC kao i za razna laboratorijska istraživanja [2]. Iz tog razloga koriste se PMU (*Phasor Measurement Unit*) simulatori koji su, na zahtjev korisnika, sposobni za slanje unaprijed definisanih vrijednosti fazora, simuliranih grešaka (pri mjerenju, pri prenosu itd.) i komandi. U segmentu mrežne arhitekture jako je bitno testirati kašnjenja ili eventualna izobličenja koja nastaju pri prenosu kao i maksimalni kapacitet prenosa. Pored toga, softverski alati se moraju odlikovati jednostavnošću i ne bi trebali biti zavisni od eksternih biblioteka koje su komplikovane za instalaciju i konfigurisanje.

Ispred PMU simulatora postavlja se niz zahtjeva opisanih u drugom poglavlju, među kojima je neophodna implementacija C37.118 protokola za prenos sinhrofazora.

U trećem poglavlju je opisan sam način implementacije standarda kao Python modula i zašto se Python pokazao kao veoma dobar izbor. Pored toga, ilustrovana je jednostavnost korišćenja modula uz pomoć samo nekoliko linija koda.

U četvrtom poglavlju data je na uvid potvrda ispravnosti implementacije standarda pomoću eksternih aplikacija. U okviru istog poglavlja navedeno je nekoliko mogućih praktičnih primjena implementiranog Python modula.

Kako je implementacija komunikacionog protokola samo prvi korak u razvoju kompletnog softverskog rješenja, sposobnog kako za simulaciju slanja i prenosa izmjerenih sinhrofazora tako i za reprezentaciju dobijenih vrijednosti u zaključku je definisan budući rad na daljem usavršavanju modula.

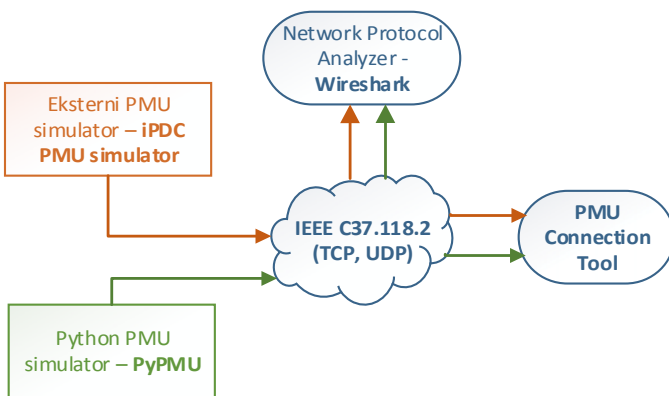
2. ZAHTJEVI

Da bi vjerodostojno prikazali dinamiku elektroenergetskog sistema u realnom vremenu, fizički PMU uređaji moraju slati podatke o izmjerenim fazorima čak i do 240 puta u sekundi. Pored toga, sva mjerenja moraju nositi preciznu vremensku oznaku. U te svrhe koriste se vremenske reference kao što je GPS (*Global Positioning System*) satelitski prijemnik da bi PDC uređaj na prijemu ispravno vremenski sortirao dobijena mjerenja od više PMU uređaja. Ovakav način sinhronizacije u vremenu postavlja određena ograničenja i zahtjeve kako pred fizičke PMU i PDC uređaje tako i pred njihove softverske realizacije. Vremenska oznaka definisana u [3] kao $Time = SOC + FRASEC / TIME_BASE$ omogućava vremensku rezoluciju od 59 ns. Mjerenje sinhrofazora mora biti usklađeno sa UTC-om (*Coordinated Universal Time*) sa dovoljnom preciznošću tako da ne prekorači grešku od 0.01 radijan prilikom mjerenja faznog pomjeraja. Ovo ograničenje zahtijeva da vremenska greška ne bude veća od 26 μs za nominalnu frekvenciju sistema od 60 Hz odnosno 31 μs za nominalnu frekvenciju sistema od 50 Hz. Mogućnost ispunjenja ovih zahtjeva zavisi od hardvera i operativnog sistema. Windows 7 operativni sistem nudi *QueryPerformanceCounter* funkciju koja nudi maksimalnu vremensku rezoluciju bolju od 1 μs [4]. Međutim vremena dobijena na ovaj način zavise od takta procesora i ne mogu biti uvijek tačna. Na Unix-olikim

sistemima moguće je dobiti sistemsko vrijeme u ns. Ukoliko se hardverski sat sinhronizuje sa UTC-om pomoću *Network Time Protocola* onda je moguće približno ispuniti zahtjeve postavljene standardom. Takođe, poželjno bi bilo kada bi simulacioni paket nudio sinhronizaciju pomoću eksternog GPS uređaja.

Pod pretpostavkom da će simulacioni softver slati unaprijed definisane ili slučajno generisane vrijednosti fazora najbitnija stvar u realizaciji takvog softvera je implementacija IEEE C37.118 komunikacionog protokola. Na aplikacionom nivou implementacija protokola treba da ponudi korisniku jednostavan način za razmjenu četiri tipa poruka i to one koje sadrže mjerenje, konfiguraciju, zaglavlje ili komandu. Kvalitetna implementacija ovog protokola podrazumijevala bi jednostavno pakovanje ovih poruka a da se istovremeno ne izgubi niti jedna funkcionalnost predviđena standardom. Sa druge strane, na prijemu, potrebno je najprije provjeriti validnost poruka a zatim izvršiti dekodiranje i prezentovati ih u ljudima čitljivom obliku.

Na kraju, potrebno je izvršiti potvrdu ispravne implementacije standarda nekim postojećim eksternim aplikacijama. Na slici 1. prikazana su dva moguća scenarija potvrde ispravnosti implementacije standarda.



Slika 1. Model potvrde ispravnosti standarda.

Prvi scenario potvrde upotrebljava aplikacije koje analiziraju mrežni saobraćaj, kao što je *Wireshark* – koji je sposoban da prepozna poruke C37.118 protokola [5]. Drugi scenario podrazumijeva razmjenu poruka između PMU simulatora i *PMU Connection Testera* čija je namjena upravo testiranje ispravnosti primljenih poruka [6]. Naravno, rezultate dobijene testiranje pomoću *PyPMU* simulatora koji koristi Python modul treba uporediti sa rezultatima dobijenim pomoću *iPDC PMU Simulatora* čija je ispravnost već potvrđena.

Povrh implementacije standarda dobro bi bilo ponuditi jednostavno kreiranje instanci PMU simulatora ili PDC-a uz izbor transportnog protokola (TCP ili UDP). Iz tog razloga poželjno bi bilo implementirati protokol u obliku biblioteke odnosno API paketa što bi korisnicima predstavljalo osnov za razvoj kompleksnijih simulacionih softvera. Zbog toga bi bilo poželjno da implementacija standarda bude dostupna pod svim operativnim sistemima i bez neophodnih eksternih biblioteka za ispravno funkcionisanje. Na taj način

korisnicima bi se pružila potpuna sloboda za dalji razvoj simulacionog softvera.

3. IMPLEMENTACIJA

Sa obzirom na zahtjeve postavljene u drugom poglavlju kao idealno rješenje za implementaciju standarda nameće se Python programski jezik. Python je programski jezik opšte namjene nastao početkom devedesetih godina, podržava više programskih paradigmi (objektno-orijentisanu, imperativnu, funkcionalnu, proceduralnu itd.) i ima jako bogatu standardnu biblioteku [7]. Kako je Python *open-source* projekat, i pored toga posjeduje odlične biblioteke za naučne proračune, kao što su *numpy* i *scipy*, veoma brzo je postao izuzetno popularan među istraživačima. Uz sve to, Python je trenutno dostupan na svim platformama, tako da kod pisan u Pythonu nije zavisian od operativnog sistema. Na Linux i Mac OS X operativnim sistemima obično dolazi preinstaliran dok se na Windowsu može veoma jednostavno instalirati [8]. Još jedna zanimljiva odlika Pythona jeste da postoji paket-menadžer *pip* – pomoću kojega je moguće veoma lako razmjenjivati pakete (skupove modula) koji su dostupni u okviru *PyPI* (*Python Package Index*) riznice [9]. Prethodne karakteristike Pythona izdvajaju ga kao odličan alat za implementaciju standarda naročito u pogledu nezavisnosti od platforme i jednostavne upotrebe modula, a kada se tome doda poštovanje PEP (*Python Enhancement Proposal*) predloga za kodiranje kod postaje čitljiviji, lakši za odražavanje i unapređenje.

Implementacija standarda je urađena u obliku Python modula *frame* u okviru paketa *synchrophasor* kako bi se ostavio prostor za razvoj drugih modula. Jednostavnost primjene modula prikazana je sledećim kodom:

```
from synchrophasor.frame import ConfigFrame2
from synchrophasor.frame import DataFrame
```

Kod 1. Primjer uključivanja IEEE C37.118 standarda.

Klasnom apstrakcijom poruka definisanih standardom korisniku je omogućen razvoj aplikacija na višem nivou. Prilikom implementacije vodilo se računa o jednostavnosti upotrebe. U tom smjeru, npr. omogućeno je kreiranje konfiguracione poruke sa nekoliko neophodnih parametara dok ostali mogu poprimiti podrazumijevane vrijednosti. Isto tako, moguće je definisati svaki od parametara eksplicitnim

```
cfg1 = ConfigFrame2(1, "Station A", 991)
cfg2 = ConfigFrame2(1, "Station B", 992, fnom=50)
cfg3 = ConfigFrame2(1, "Station C", 993, data_rate=30)
df = DataFrame([(14635, 1230), (1092, 0)], 2500)
```

navođenjem vrijednosti što je još jedna od prednosti Pythona. Kod u nastavku ilustruje dva načina kreiranja instance konfiguracione poruke.

Kod 2. Primjer kreiranja instanci poruka.

U kodu 2. konfiguraciona poruka *cfg1* je kreirana sa neophodnim parametrima kao što je koliko PMU uređaja šalje mjerenja (cjelobrojna vrijednost – 1), ime stanice koja šalje mjerenja (*string* "Station A") kao i jedinstveni identifikator pošiljaoca poruke (cjelobrojna vrijednost – 991).

Konfiguracione poruke **cfg2** i **cfg3** imaju, pored obaveznih, i četvi parameter koji u prom slučaju definiše nominalnu frekvenciju sistema od 50Hz dok u drugom slučaju definiše učestanost kojom se šalju mjerenja (30 mjerenja u sekundi). Na ovaj način korisnik ne mora voditi računa o parametrima koji nisu od značaja po ispitivanja. Posljednja linija koda označava kreiranje poruke mjerenja koja u sebi nosi dvije vrijednosti izmjerenih fazora zapisanih u obliku kompleksnog broja kao i odstupanje od nominalne frekvencije.

Sa ovako definisanim porukama standarda jednostavno je napraviti i PMU simulator čija se implementacija takođe nalazi u okviru paketa **synchrophasor**. Kako se poruke mogu razmjenjivati putem TCP-a ili UDP-a, oba načina prenosa su implementirana. PMU se ponaša kao serverska aplikacija koja za svaku konekciju pušta novi process čime se performance PMU simulatora minimalno smanjuju. Sve instance PMU simulatora slušaju na definisanom portu čekajući komandnu poruku za početak slanja. Primjer kreiranja instance PMU simulatora dat je u sljedećem kodu:

```
from synchrophasor.pmu import Pmu

pmu1 = Pmu(9991, 1)
pmu2 = Pmu(9992, 2, "Station X", data_rate=60)
```

Kod 3. Primjer kreiranja PMU simulatora.

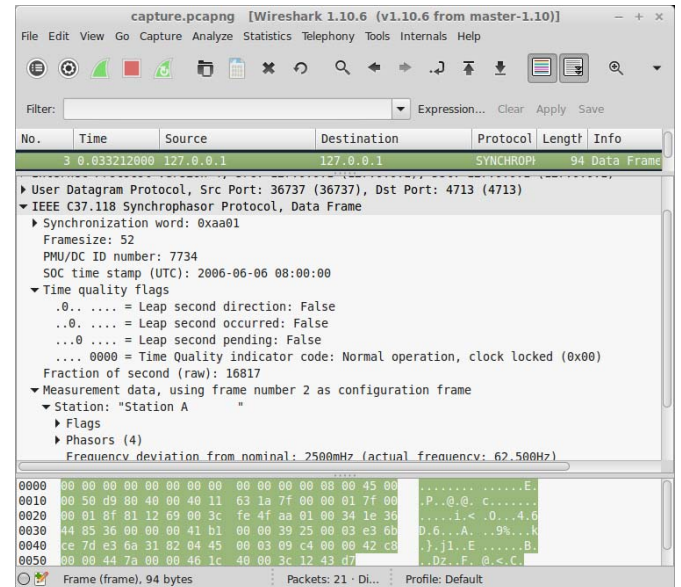
U kodu 3. su kreirana dva PMU simulatora koja slušaju na portovima 9991 i 9992 i imaju jedinstveni ID 1 odnosno 2. Drugi PMU simulator ima definisano ime stanice iz koje se šalju poruke kao i definisanu učestanost slanja mjerenja od 60 mjerenja u sekundi. Ukoliko ove vrijednosti nisu definisane PMU simulator će koristiti podrazumijevane vrijednosti. Po prijemu komande za slanje PMU simulatori šalju slučajno generisane vrijednosti iz određenog opsega ali mogu slati i fiksnu vrijednost ukoliko je definisana.

4. VALIDACIJA IMPLEMENTACIJE PROTOKOLA

Uspješnu implementaciju standarda potrebno je dokazati pomoću eksternih aplikacija koje već imaju validno implementiran C37.118 standard. Kako je to već opisano u drugom poglavlju, ispravnost standarda je moguće potvrditi pomoću alata za analizu mrežnog saobraćaja ili alatima specijalno namijenjenim za provjeru mreže između PMU/PDC uređaja. Na slici 1. prikazana su dva metoda provjere ispravnosti standarda koja će biti opisana u ovom radu. U oba slučaja, poruke su razmjenjivanje između virtuelnih mašina (*VirtualBox*) od kojih je ona koja šalje poruke bila pod Ubuntu 14.04 (64bit) operativnim sistemom, a ona koja prima poruke pod Windows 7 (64bit) operativnim sistemom.

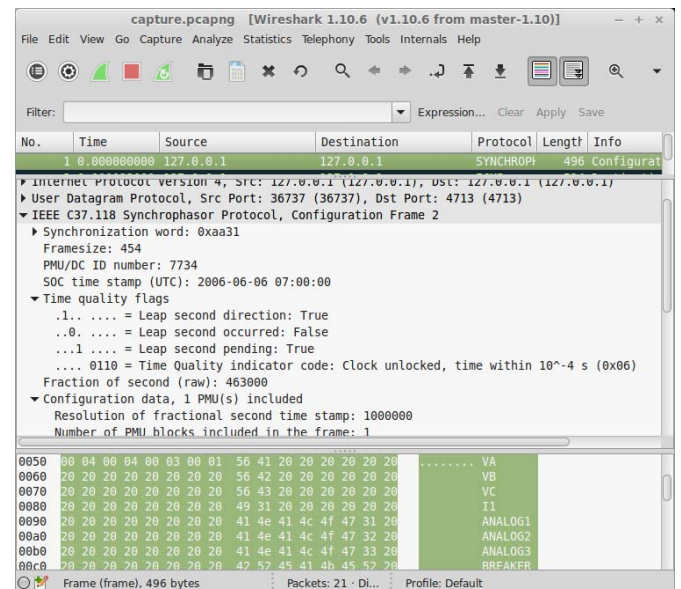
U konkretnom slučaju, kao alat za analizu protokola korišćen je **Wireshark** koji ima implementiran protokol za prenos sinhrofazora [8]. Postupak potvrde ispravnosti implementacije standarda sastoji se u kreiranju poruke pomoću **synchrophasor.frame** modula, zatim slanja te poruke kroz mrežu i na kraju, uspješne detekcije poslate poruke kao validne poruke protokola za razmjenu sinhrofazora od strane *Wireshark-a*. U prvom slučaju (slika

2.) poslata je poruka koja sadrži podatke o mjerenjima sinhrofazora predefinisana u dodatku D, tabeli D.1 u [10], dok je u drugom slučaju (slika 3.) poslata konfiguraciona poruka predefinisana u tabeli D.2 takođe u [10]. Naravno, radi provjere, poželjno je iste ove poruke poslati i pomoću nekog eksternog PMU simulatora npr.: *iPDC PMU Simulatora* i provjeriti da li su poruke identične.



Slika 2. Poruka koja sadrži mjerenje snimljena *Wiresharkom*.

Na slici 2. moguće je primijetiti da je *Wireshark* uspješno prepoznao poruku koja sadrži mjerenje i proglasio je ispravnom. Takođe svi pročitani podaci unutar poruke podudaraju se sa onima predefinisanim u dodatku standarda.

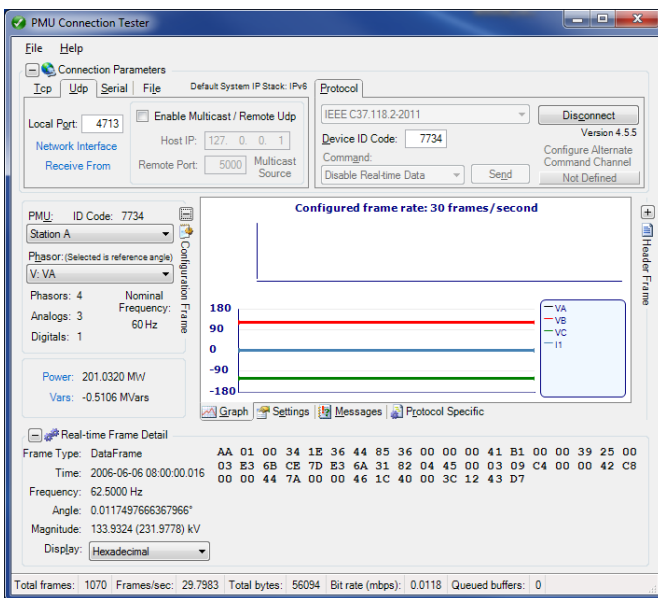


Slika 3. Konfiguraciona poruka snimljena *Wiresharkom*.

Na slici 3. Prikazana je konfiguraciona poruka prepoznata od strane *Wiresharka* kao validna poruka protokola za prenos sinhrofazora. Na isti način, slanjem predefinisanih vrijednosti, potvrđena je ispravnost implementacije svih

tipova poruka poruka a samim tim i kompletna ispravnost implementacije protokola za prenos sinhrofazora. Takođe, neophodno je napomenuti, da su isti rezultati dobijeni korišćenjem *iPDC PMU Simulatora*.

Drugi metod za potvrdu protokola podrazumijeva eksternu aplikaciju kao što je *PMU Connection Tester*. Ova aplikacija ima mogućnost vizuelizacije dobijenih mjerenja na osnovu dobijene konfiguracione poruke od strane PMU simulatora. Podržava oba načina prenosa, TCP i UDP i sposobna je za slanje komandnih poruka prema nakačenom PMU simulatoru. Da bi uspješno funkcionisala, potrebno je uspostaviti vezu preko porta na kojem PMU čeka komandne poruke. Nakon uspješno uspostavljene veze, potrebno je poslati zahtjev za konfiguracionom porukom PMU simulatora, nakog čega je moguće poslati komandu za početak slanja mjerenja.



Slika 4. Poruka koja sadrži mjerenja vizuelizovana u *PMU Connection Testeru*.

Na slici 4. je prikazana vizuelizovana poruka sa mjerenjima. Kao što se može primijetiti, poruka je nosila poruke o četiri izmjerena fazora, i to tri za napon i jedan za struju. Vrijenosti prikazane na slici su fiksne sa obzirom na to da se uvijek šalje ista, predefinisana poruka. Potpuno isti rezultati se dobijaju slanjem iste poruke pomoću *iPDC PMU simulatora*.

Pomoću ova dva jednostavna testa ilustrovana je ispravnost implementacije standarda (protokola) za prenos sinhrofazora. Bitno je napomenuti, da je prilikom implementacije protokola previđena mogućnost da se u nekim slučajevima s namjerom pošalje nevalidna poruka kako bi se testiralo ponašanje sistema na eventualne greške pri prenosu.

5. ZAKLJUČAK

Trenutno stanje u pogledu alata namijenjenih za podršku mjerenju sinhrofazora ostavlja prostora za razvoj novih alata. Implementacija C37.188 standarda predstavlja osnovu za

dalji razvoj takvih aplikacija. Sa validnom implementacijom standarda u obliku Python modula korisnici dobijaju na jednostavnosti, fleksibilnosti i nezavisnosti od platforme.

Dalji rad na usavršavanju **synchrophasor** paketa treba usmjeriti kako na poboljšanje performansi postojećih modula, tako i na razvoju novih. Pod poboljšanjem performansi podrazumijeva se ispitivanje limita po pitanju poslanih poruka u sekundi i način na koji taj broj opada povećanjem broja PMU simulatora na istoj mašini. Pored toga, treba obratiti pažnju na tačnost vremenske oznake koja zavisi od operativnog sistema i kvalitetno proračunati kalibracione faktore za vremenska kašnjenja koja mogu rezultirati izgubljenim mjerenjima.

U smislu razvoja novih modula paketa treba se fokusirati na razvoj **PDC** modula koji bi uz **PyPMU**, koji je već implementiran u paketu, sačinjavao kompletan paket za razvoj i analizu na polju sinhrofazora. Naravno, uz realizovanje funkcionalnosti vizuelizacije podataka i skladištenja mjerenja ovi alati bi mogli naći i praktičnu primjenu.

LITERATURA

- [1] S.Šandi, T. Popović, B. Krstajić, *Alati za podršku mjerenju sinhrofazora*, Žabljak, 2014.
- [2] National Electric Sector Cybersecurity Organization Resource, *Wide Area Monitoring, Protection, and Control Systems (WAMPAC)*, 2012.
- [3] IEEE PowerEngineering Society, *IEEE Std C37.118.1, "IEEE Standard for Synchrophasor Measurements for Power Systems"*, 2011.
- [4] [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/dn553408\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/dn553408(v=vs.85).aspx), posljednji put pristupano 5.2.2015.
- [5] <http://wiki.wireshark.org/IEEE%20C37.118>, posljednji put pristupano 5.2.2015.
- [6] <https://pmuconnectiontester.codeplex.com/>, posljednji put pristupano 5.2.2015
- [7] http://en.wikipedia.org/wiki/Python_%28programming_language%29, posljednji put pristupano 5.2.2015.
- [8] <https://www.python.org/downloads/windows/>, posljednji put pristupano 5.2.2015.
- [9] http://en.wikipedia.org/wiki/Python_Package_Index, posljednji put pristupano 5.2.2015.
- [10] IEEE Power Engineering Society, *IEEE Std C37.118.2, "IEEE Standard for Synchrophasor Data Transfer for Power Systems"*, 2011.

REKONSTRUKCIJA NESTACIONARNIH SIGNALA SA NEDOSTAJUĆIM ODBIRCIMA PRIMJENOM S-METODA I GRADIJENTNOG ALGORITMA ZA REKONSTRUKCIJU RECONSTRUCTION OF NON-STATIONARY SIGNALS WITH MISSING SAMPLES USING S-METHOD AND A GRADIENT BASED RECONSTRUCTION ALGORITHM

Miloš Brajović, Ljubiša Stanković, Miloš Daković, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj: *U radu je razmatrana problematika rekonstrukcije nestacionarnih signala sa nedostajućim odbircima korišćenjem mjera koncentracije vremensko-frekvencijskih reprezentacija i gradijentnog algoritma za rekonstrukciju. Kao vremensko-frekvencijska reprezentacija korišćen je S-metod. Teorijska razmatranja potkrijepljena su odgovarajućim primjerima, identifikovani su postojeći problem, kao i ideje za budući rad.*

Abstract: *This paper addresses the reconstruction problem of non-stationary signals with missing samples, using concentration measures of time-frequency representations and a gradient-based reconstruction algorithm. As an example of a time-frequency representation, S-method is used in the proposed approach. Theoretical considerations are illustrated through the several examples, and the noticeable problems and the further work ideas are identified.*

1. INTRODUCTION

Compressive sensing (CS) and sparse signals analysis have drawn significant research attention in the last decade [1]-[11]. These areas are closely related since the CS can be applied with the signal sparsity assumption in a transformation domain. Time-frequency signal analysis can be related with CS and sparse signals analysis in several aspects. It is recently proposed that S-method can be used not only for focusing the ISAR radar images and in that way improving the radar signal sparsity, but also it can be used as a sparse transform directly in the recovery process, in cases when these signals have missing samples (e.g. after noise reduction) [10]. The L-statistics, stationary and non-stationary signal separation and reconstruction are other representative illustrations of these fundamental connections between these areas [9]-[11]. The last few decades of the intensive research in the area of time-frequency produced a large number of algorithms, methods and different mathematical approaches for the analysis and processing of non-stationary signals, with a large number of applications in several areas [12]-[15].

The area of CS deals with signals which have a certain number of missing samples. The reduced set of observations in CS is usually a consequence of a strategically chosen sampling method. Usually, signal samples can be intentionally omitted due to high noise corruption, or eliminated using robust techniques and L-statistics. All these cases can be treated as equivalent problems in the context of CS [10]. Mathematical foundation of the CS usually lies in fact that it is possible to reconstruct a sparse signal by interpreting the problem as an undetermined set of linear equations using optimization approaches such as linear programming [1], [3], [4]. Other CS approaches and algorithms include signal processing techniques adopted based on the analysis on missing samples consequences, for example, on the signal transformation domain [7]. If the CS problem can be interpreted as an undetermined set of linear

equations, then it can be solved using a direct search approach. However, this approach is identified as NP hard problem, very time-demanding and not possible to solve in real scenarios. The problem can be converted to a linear programming form, and solved by, for example, using the primal-dual algorithm, as it is commented in [2]. Other approaches for the reconstruction include gradient-based methods, such as ones introduced in [2], [5] and [10], also recognized as suitable in the context of our problem. These methods are iterative procedures based on a gradient descent optimization.

The sparsity is a fundamental condition needed for the successful CS, and the performances and outcomes of the reconstruction process highly depend on the suitable choice of the transform domain in which the signal is sparse. The basic idea behind our analysis lies in fact that time-frequency representations concentrate the signal energy around the instantaneous frequency of the signal [12], [13]. Better concentration implies a smaller number of non-zero values of the time-frequency representation, and thus, it can be interpreted as a sparsity measure. Concentration measures of time-frequency representations have been studied in [15], and put into the context of CS in [2] and [10]. Concentration measures of linear transforms are used in gradient-based algorithms as a measure of signal sparsity in the transformation domain [2], [5].

Within this paper, we will try investigate the possibility to relate the concept of sparsity with high level of concentration of some time-frequency representations (TFRs) via concentration measures, with aim to reconstruct non-stationary signals with missing samples. Although a time-frequency representation can be considered as sparse for a specific class of signal, and used for its reconstruction, such as in [10] and [11], our main goal is to investigate the concept of sparsity through concentration measures for the general class of non-stationary signals. As an example of highly concentrated representation, S-method which is in detail

studied in [13] and [14] is used in this paper in a combination with the complex gradient reconstruction algorithm introduced in [5]. The main reason for using the gradient-based algorithm instead of conventional compressive sensing algorithms lays in fact that S-method (as well as most of highly concentrated representations) as a domain of sparsity (in the context of concentration measures) has a non-linear relation with the signal, as it is stressed in [10].

2. BASIC THEORY AND PROBLEM DEFINITION

The discrete S-method, as an example of a highly concentrated time-frequency representation is defined with:

$$SM_{x,L}(n,k) = |STFT(n,k)|^2 + 2\text{Re}\left\{\sum_{i=1}^L STFT(n,k+i)STFT^*(n,k-i)\right\}, \quad (1)$$

where the parameter L with typical values between 3 and 5 defines the quality (concentration) improvement of the spectrogram $|STFT(n,k)|^2$ towards the Wigner distribution, as explained in detail in [13] and [14]. A suitably chosen value of L suppresses the rise of undesired components known as cross terms. $STFT(n,k)$ denotes the Short-time Fourier transform (STFT), which is for a discrete signal $x(n)$ defined with:

$$STFT(n,k) = \sum_{m=-N_w/2}^{N_w/2-1} x(n+m)w(m)e^{-j\frac{2\pi}{N_w}km}, \quad (2)$$

with $w(m)$ being the window function of length N_w .

The concentration measures were studied and widely used for the optimization of time-frequency representations [13], [15]. Concentration of a TFR $\rho(n,k)$ of the signal $x(n)$ can be defined with:

$$\Upsilon_{\rho}^p = \sum_n \sum_k |\rho(n,k)|^{1/p}. \quad (3)$$

Different values of p define different concentration measures. Highly concentrated TFRs have smaller number of non-zero values in the time-frequency plane, and thus, lower values of concentration measures. As it is known, in the context of CS the most suitable measure of sparsity, i.e. the concentration measure for counting the number of non-zero values is the l_0 norm, obtained when $p \rightarrow \infty$ in (3):

$$\Upsilon_{SM}^0 = \|SM_{x,L}\|_0 = \sum_n \sum_k |SM_{x,L}(n,k)|^0 \quad (4)$$

However, the minimization of this norm would imply a combinatorial search, which is a known NP hard problem. Additionally, since it only counts non-zero elements, even the smallest disturbances may cause problems in the minimization process [1]. This is the reason why in the CS other norms, such as l_1 , are used.

According to the definitions of the S-method and the STFT (1) and (2), it can be easily concluded that the l_1 equivalent norm (concentration measure) can be obtained by setting $p = 2$ in (3) as:

$$\Upsilon_{SM}^{1/2} = \|SM_{x,L}(n,k)\|_{1/2} = \sum_n \sum_k |SM_{x,L}(n,k)|^{1/2}. \quad (5)$$

If the signal $x(n)$ with M_m missing samples is considered, the aim of reconstruction is to find a solution (i.e.

the values of missing samples) which gives the sparsest S-method of signal. If we denote with \mathbf{N}_x the set consisted of positions of available samples, the problem of reconstruction can be formulated as:

$$\min \sum_n \sum_k |SM_{y,L}(n,k)|^{1/2} \quad (6)$$

subject to $y(n) = x(n)$ for $n \in \mathbf{N}_x$.

where $y(n)$ denotes the reconstructed signal.

3. SOLVING THE MINIMIZATION PROBLEM USING THE GRADIENT BASED ALGORITHM

As discussed in the Introduction, previous optimization problem can be successfully solved with a gradient approach. The basic idea behind the gradient based algorithm presented in [2], [5] and [10] is to set to zero the values in the signal at all missing samples positions, and then to vary these values with a small, appropriately chosen step $\pm\Delta$. Since we aim to reconstruct a complex signal, both real and imaginary parts of missing samples should be varied with the step Δ . A good starting value of the step can be obtained as $\Delta = \max|x(n)|, n \in \mathbf{N}_x$.

Before the procedure starts, the signal $y(n)$ with zeros at the positions of missing samples is formed:

$$y(n) = \begin{cases} x(n), & \text{for } n \neq n_i \\ 0, & \text{for } n = n_i \end{cases} \quad (7)$$

Then, for each iteration k the following steps are repeated, until the desired precision is obtained:

Step 1: For each missing sample at the position n_i , form four signals defined as:

$$y_1^{(k)}(n) = \begin{cases} y^{(k)}(n) + \Delta, & \text{for } n = n_i \\ y^{(k)}(n), & \text{for } n \neq n_i \end{cases},$$

$$y_2^{(k)}(n) = \begin{cases} y^{(k)}(n) - \Delta, & \text{for } n = n_i \\ y^{(k)}(n), & \text{for } n \neq n_i \end{cases},$$

$$y_3^{(k)}(n) = \begin{cases} y^{(k)}(n) + j\Delta, & \text{for } n = n_i \\ y^{(k)}(n), & \text{for } n \neq n_i \end{cases},$$

$$y_4^{(k)}(n) = \begin{cases} y^{(k)}(n) - j\Delta, & \text{for } n = n_i \\ y^{(k)}(n), & \text{for } n \neq n_i \end{cases}.$$

Step 2: Estimate the real and imaginary gradient parts as differences of the concentration measures:

$$g_r(n_i) = \sum_n \sum_k |SM_{y_1,L}(n,k)|^{1/2} - \sum_n \sum_k |SM_{y_2,L}(n,k)|^{1/2}$$

$$g_i(n_i) = \sum_n \sum_k |SM_{y_3,L}(n,k)|^{1/2} - \sum_n \sum_k |SM_{y_4,L}(n,k)|^{1/2}$$

Step 3: Form the gradient vector $\mathbf{G}^{(k)}$ of the same length as the analyzed signal $x(n)$ with elements, defined as follows:

$$\mathbf{G}^{(k)}(n) = \begin{cases} g_r(n_i) + jg_i(n_i), & \text{for } n = n_i \\ 0, & \text{for } n \neq n_i \end{cases} \quad (8)$$

where $g_r(n_i)$ and $g_i(n_i)$ are calculated in the Step 2.

Step 4: Correct the values of $y(n)$ using the gradient vector $\mathbf{G}^{(k)}$ with the steepest descent approach:

$$y^{(k+1)}(n) = y^{(k)}(n) - \frac{1}{NN_w} \mathbf{G}^{(k)}(n). \quad (9)$$

As (9) is proportional to the error $y(n) - x(n)$ for both real and imaginary parts, the missing values will converge to the true signal values. In order to obtain a high level of precision, the step Δ should be decreased when the algorithm convergence slows down. In this paper the fixed step is used.

Since the values of missing samples are varied, the measure gradient enables approaching the optimal point which minimizes the measure of the S-method, meaning that the solution which gives the smallest number of non-zero values of the S-method is obtained. Until the optimal point is approached, the zero-valued or inaccurate missing samples cause a larger number of non-zero values, as it is analyzed in [7], and thus, the larger concentration measures. The satisfactory reconstruction results are obtained as long as the S-method concentration is high.

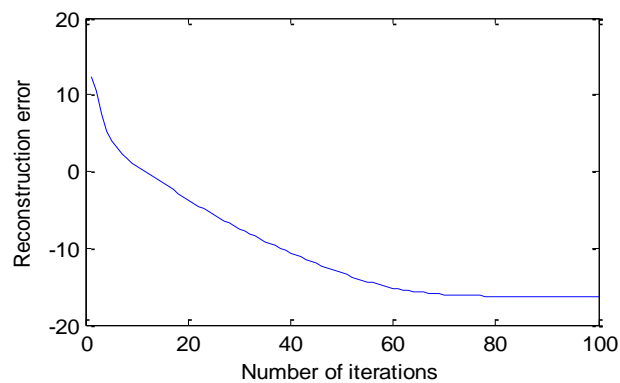


Figure 3: The reconstruction error during the iterations in the case of mono-component LFM signal

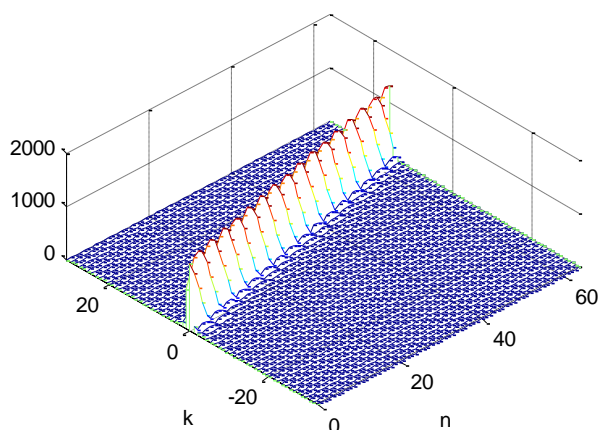


Figure 1: S-method of the LFM signal from the first example

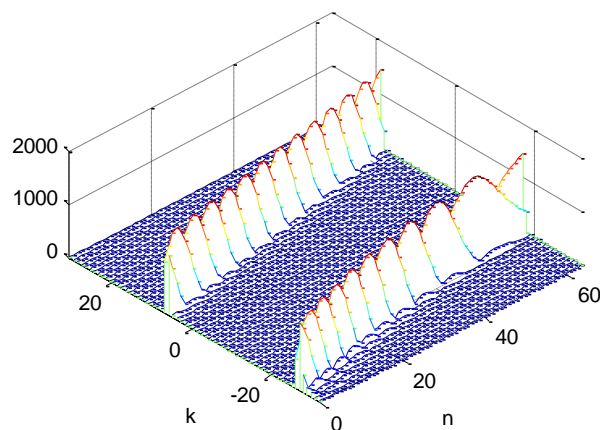


Figure 4: S-method of the two-component signal analyzed in the second example.

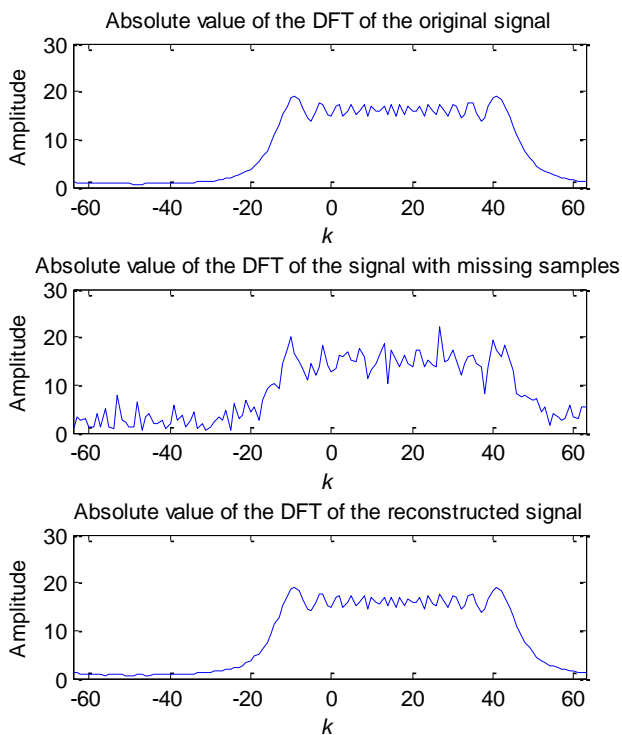


Figure 2: Reconstruction of LFM signal from the first example using S-method and gradient algorithm.

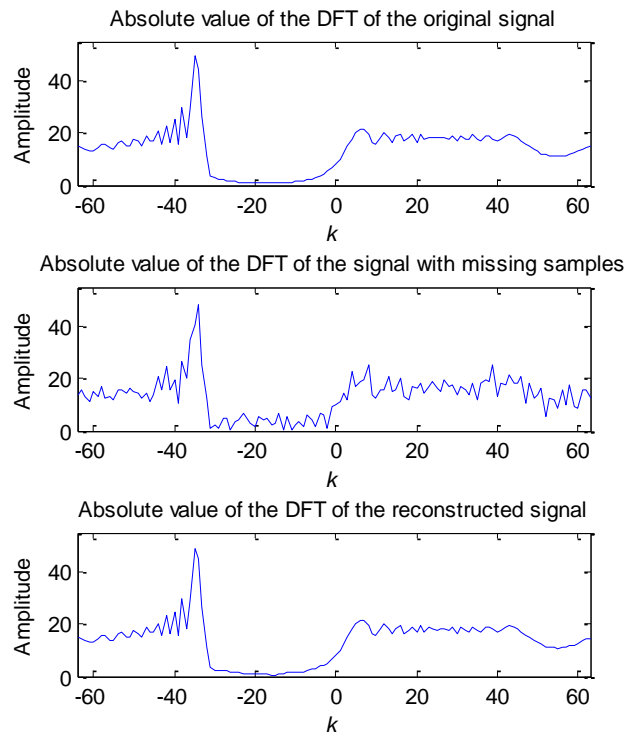


Figure 5: Reconstruction of the multicomponent signal from the second example using S-method and gradient algorithm.

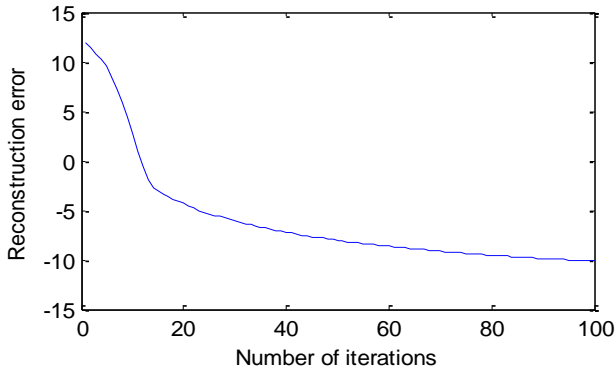


Figure 6: The reconstruction error during the iterations in the case of multicomponent signal

4. EXAMPLES AND COMMENTS

Example 1: In order to illustrate the described reconstruction procedure, a LFM signal of length $N = 128$, with 15 missing samples is considered:

$$x(n) = \exp\left(-j200(n/128)^2 - j100(n/128)\right)$$

S-method with $L = 6$ and Hanning window of length $N_w = 64$ is used. S-method of the signal $x(n)$ without missing samples, calculated with these parameters is shown on Fig. 1. The absolute value of the DFT of the considered signal with all samples, considered signal with missing samples and of the reconstructed signal are shown on Fig. 2. DFT is used to show the reconstruction results in order to emphasize the differences between signals. The MSE defined as:

$$MSE = 10 \log_{10} \left(|y(n) - x(n)|^2 \right) \quad (10)$$

is shown on Fig. 3 to track the algorithm convergence.

Example 2: The problem of the reconstruction of a two-component signal:

$$x(n) = \exp\left(-j40\pi(n/128)^3 + j100\pi(n/128)^2 + j30n\right) + \exp\left(j50\pi(n/128)^2\right)$$

of length $N = 128$ is considered, having 10 missing samples. The S-method is calculated with $L = 3$ and with Hanning window of length $N_w = 64$. The S-method of the analyzed signal with all samples available is shown on Fig. 4. Reconstruction results are shown on Fig 5, while the error (10) is shown on Fig. 6. In this example a signal consisted of a linear and quadratic FM component is considered.

This example emphasizes the fact that a suitable choice of the parameters L and N_w is significant for the success of the reconstruction, since the S-method concentration depend on these values. It is crucial to set the S-method parameters such that the highest possible concentration is achieved, in order to obtain a successful reconstruction. If the signal non-stationarity is such that the sparsity property cannot be satisfied in the analyzed domain, the more concentrated time-frequency representations should be considered. The problem of the optimal time-frequency representation choice in the sense of concentration is analyzed in detail in [12] and [13]. The satisfactory results were obtained for two-component signals consisted of linear and quadratic FM components.

5. CONCLUSION AND FURTHER RESEARCH

Reconstruction of non-stationary signals using an iterative gradient based algorithm and S-method is addressed. The theoretical considerations are illustrated with two examples. The determination of the maximal possible number of signal samples which can guarantee the reconstruction will be a part of our further research, as well as the reconstruction using other highly concentrated representations. Our further work will also address the possibility to obtain a higher level of sparsity in the time-frequency domain for the general class of non-stationary signals with arbitrary non-stationarity level.

This research is supported by the Montenegro Ministry of Science project NOISERADAR (Grant No. 01-455).

REFERENCES

- [1] E. J. Candes, J. Romberg, and T. Tao, "Robust uncertainty principles: Exact signal reconstruction from highly incomplete frequency information," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 52, no. 2, pp. 489–509, 2006.
- [2] LJ. Stanković, M. Daković, and S. Vujović, "Adaptive Variable Step Algorithm for Missing Samples Recovery in Sparse Signals," *IET Signal Processing*, vol. 8, no. 3, 2014.
- [3] R. Baraniuk, "Compressive sensing," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 24, no. 4, pp. 118–121, 2007.
- [4] D. Donoho, "Compressed sensing," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 52, no. 4, pp. 1289–1306, 2006.
- [5] M. Daković, LJ. Stanković, and I. Orović, "Adaptive Gradient Based Algorithm for Complex Sparse Signal Reconstruction," *TELFOR*, 2014.
- [6] M.A.T. Figueiredo, R.D. Nowak and S.J. Wright, "Gradient Projection for Sparse Reconstruction: Application to Compressed Sensing and Other Inverse Problems," *IEEE Journal on Selected Topics in Signal Processing*, 2007.
- [7] S. Stanković, I. Orović, LJ. Stanković, "An Automated Signal Reconstruction Method based on Analysis of Compressive Sensed Signals in Noisy Environment," *Signal Processing*, vol. 104, pp. 43 - 50, 2014.
- [8] R. E. Carrillo, K. E. Barner, and T. C. Aysal, "Robust sampling and reconstruction methods for sparse signals in the presence of impulsive noise," *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, pp. 392-408, 2010.
- [9] P. Flandrin; P. Borgnat, "Time-Frequency Energy Distributions Meet Compressed Sensing," *IEEE Trans. SP.*, vol.58, no.6, pp. 2974-2982, June 2010
- [10] LJ. Stanković, "On the ISAR Image Analysis and Recovery with Unavailable or Heavily Corrupted Data," *IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems*, submitted.
- [11] E. Sejdić, A. Can, L. F. Chaparro, C. M. Steele, T. Chau, "Compressive Sampling of Swallowing Accelerometry Signals Using Time-Frequency Dictionaries Based on Modulated Discrete Prolate Spheroidal Sequences," *EURASIP J. Adv. Sig. Proc.*, 2012.
- [12] B. Boashash, editor, *Time-Frequency Signal Analysis and Processing – A Comp. Ref.*, Elsevier Science, Oxford, 2003.
- [13] LJ. Stanković, M. Daković, and T. Thayaparan, *Time-Frequency Signal Analysis with Applications*, Artech House, Boston, March 2013.
- [14] LJ. Stanković, S. Stanković, M. Daković, "From the STFT to the Wigner distribution," *IEEE SP. Magazine*, May, 2014.
- [15] LJ. Stanković, "A measure of some time-frequency distributions concentration," *Signal Processing*, vol. 81, pp. 621–631, 2001

PISMENOST U OBLASTI SAJBER BEZBJEDNOSTI U CRNOJ GORI CYBER SECURITY AWARENESS IN MONTENEGRO

Igor Ognjanović, Ramo Šendelj, *Univerzitet Donja Gorica, Crna Gora*
Ivana Ognjanović, *Univerzitet Mediteran, Crna Gora*

Sadržaj: *Ostati zaštićen od sajber sigurnosnih prijetnji zahtijeva da svi korisnici budu svjesni prijetnji i svojim aktivnostima na Internetu sami primijene sigurnosne mjere i prakse u skladu sa postojećim standardima. U ovom radu se prikazuje analiza trenutnog nivoa pismenosti u oblasti sajber bezbjednosti u Crnoj Gori, kao i poređenje sa zemljama iz EU približno male populacije (Kipar, Malta i Luksemburg). Predstavljeni rezultati su osnov za dalje kreiranje okvira za unapređenje obrazovnog sistema (uključujući sve nivoe formalnog, kao i neformalno obrazovanje) koje je neophodno implementirati u cilju povećanja nacionalnih kapaciteta u borbi sa sajber prijetnjama i izazovima.*

Abstract: *Staying protected from cyber security threats requires that all users are aware of the threat and its activities on the Internet alone implement security measures and practices in accordance with existing standards. This paper deals with the current level of literacy in the field of cyber security in Europe, as well as the comparison with the countries of the EU about small populations (Cyprus, Malta and Luxembourg). The presented results are the basis for further creating a framework for improving the education system (including all levels of formal and non-formal education) that is neophdono implemented in order to increase national capacity in the fight against cyber threats and challenges.*

1. UVOD

Internet omogućava korisnicima prikupljanje, objavljivanje, obradu i prenos velike količine podataka, uključujući finansijske transakcijskih, lične i osjetljive poslovne podatke itd. Što se više pojedinci i kompanije oslanjaju na takve mogućnosti, sajber napadi postaju sve učestalije i sve više kruže internet prostorom.

Ostati zaštićen od sajber sigurnosnih prijetnji zahtijeva da svi korisnici budu svjesni prijetnji i svojim aktivnostima na Internetu sami primijene sigurnosne mjere i prakse u skladu sa postojećim standardima [1,3]. Crna Gora je kao zemlja u razvoju uspostavila osnove pravnog okvira u oblasti sajber bezbjednosti [5,6] i prepoznala neophodnost [4] za daljim razvojem obrazovnog sistema, uključujući sve nivoe formalnog obrazovanja, povećanje nivoa svijesti građana, edukaciju zaposlenih u javnim i privatnom sektoru, itd.

U ovom radu se prikazuje analiza trenutnog nivoa pismenosti u oblasti sajber bezbjednosti, kao i poređenje sa zemljama iz EU približno male populacije kao i Crna Gora (Kipar, Malta i Luksemburg). Istraživanje je zasnovano na zvaničnim podacima EUROSTAT¹-a, na osnovu kojih je kreiran model za unapređenje obrazovnog sistema u oblasti sajber bezbjednosti u Crnoj Gori, u okviru Tempus projekta 'Unapređenje obrazovnog sistema u oblasti sajber bezbjednosti u Crnoj Gori- ECESM', br. 544088-TEMPUS-1-2013-1-SI-TEMPUS-JPHES.

Rad je strukturiran na sljedeći način: poglavlje 2 daje osnovne koncepte sajber bezbjednosti, poglavlje 3 predstavlja odgovarajuće podatke iz EUROSTAT statistike relevantne za procjenu sajber pismenosti na nacionalnom

nivou u Crnoj Gori. Poglavlje 4 je fokusirano na poredbenoj analizi za zemljama EU, dok poglavlje 5 zaključuje rad sa okvirom za unapređenje i dalji razvoj u okviru sistema edukacije u Crnoj Gori u oblasti sajber bezbjednosti.

2. OSNOVNI KONCEPTI SAJBER BEZBJEDNOSTI

Pojam *sajber-prostor* može se najbolje shvatiti kao metafora koja se odnosi na virtualni svijet informacionih sistema. Pojam "prostor" u *sajber-prostoru* se može smatrati više srodnim apstraktnom matematičkom smislu te riječi, a ne fizičkom terenu. Generalno, pojam *sajber-prostor* se koristi za opisivanje nefizičkog prostora koji se sastoji od računarskih sistema i informacionih sistema kojima se može pristupiti putem računarskih mreža [7].

Pojam *sajber-bezbjednost* je u opštoj upotrebi od 2000.god i odnosi se na povjerljivost, integritet i dostupnost informacija u sajber prostoru [1]. U cilju uspostavljanja sveobuhvatnog okvira koji je sposoban da odgovori na savremene izazove u sajber prostoru, neophodno je analizirati sigurnosne domene predstavljene na slici 1[8].

Državni nivo (engl. *Governmental Domain*). Unutar vlade neke države, nije neobično da postoji i do desetak različitih agencija i tijela za nacionalnu sajber sigurnost u različitim oblicima, uključujući i vojsku, pravosuđe, ekonomiju i privredu, infrastrukturu, telekomunikacija, itd. S obzirom da svaka država mora da upostavi jasne i snažne mjere zaštite svoje kritične infrastrukture, navedena organizacija na nivou vlade jedne države zahtijeva dodatne mjere koordinacije i uspostavljanja koherentnosti u akcijama.

Međunarodni nivo (engl. *International Domain*). Strategija svake države u sajber bezbjednosti podrazmijeva i obuhvata međunarodnu dimenziju, upravo zbog globalnosti Interneta i infromacija koje se prenose. Ovime se dobijaju

¹ <http://ec.europa.eu/eurostat>

sljedeći nivoi i aspekti u analizi međunarodnog nivoa sajber bezbjednosti: od međunarodno obavezujućih ugovora (npr. *Council of Europe Cybercrime Convention* [9]), do politički obavezujućih ugovora (npr. *Confidence Building Measures in Cyberspace* [10]), kao i nevladinih sporazuma među tehničkim sertifikacionim tijelima (npr. članstvo u FIRST² ili sličnim tijelima).

Nacionalni nivo (engl. *National Domain*). Osim aktivnosti vlade i vladinih institucija, neophodno je uključiti sve ostale učesnike: provajdere telekomunikacionih usluga, pivatni sektor, civilno društvo itd. Ovakav pristup uključivanja svih činilaca na nacionalnom nivou je opšte prihvaćen i poznat pod nazivom *Nacija kao jedno* (engl. *Whole of Nation*), a vlade mnogih država se odlučuju na preuzimanje mjera za podsticanje saradnje među svim akterima na nacionalnom nivou (osim direktne benefiti u povećanju nivoa zaštite, daje se mogućnost i komercijalizacije itd).

Unutar nacionalnog nivoa sajber bezbjednosti mogu se identifikovati sljedeći podnivoi:

Nivo odbrane (engl. *Defence*). Odbrana na nacionalnom nivou obuhvata širok opseg aktivnosti u cilju zaštite individualno stanovnika, kao i zaštite kompanija i korporacija. Takođe, poseban aspekt odbrane se donosi na aktivnosti u zaštiti od sajber ratova koji su obično u nadležnosti vojske, pa se u nekim metodologijama ovaj nivo posebno odvajaju pod nazivom **Vojni aspekt sajber odbrane** (engl. *Military Cyber*).

Kritična informatička infrastruktura (engl. *Critical Information Infrastructure- CIIP*). Danas se u brojnim teorijskim analizama "kritična informatička infrastruktura" najčešće određuje kao skup informatičkih sistema i sredstava koji su ključni za normalno funkcionisanje države.

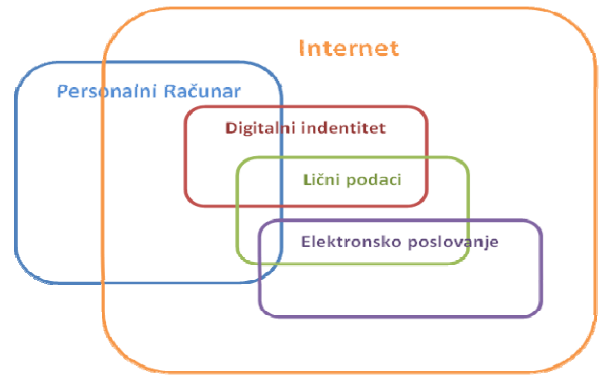
Stanovništvo (engl. *Citizens*). Stanovništvo je jedan od ključnih faktora u uspostavljanju nivoa sajber zaštite: svaki pojedinac svojim aktivnostima u svakodnevnoj upotrebi Interneta treba da doprinese povećanju nivoa lične sajber bezbjednosti, a profesionalci i pojedinci sa odgovarajućim funkcijama i odgovornostima direktno doprinose nivo opšte nacionalne sajber bezbjednosti.



Slika 1. Odnos između sajber bezbjednosti i ostalih sigurnosnih domena [8]

Predstavljeni domeni sajber bezbjednosti nedvosmisleno ističu značaj ljudskih faktora na procjenu trenutnog nivoa sajber bezbjednosti, kao i definisanje daljih mjera na

institucionalnom i nacionalnom nivou. U sljedećem poglavlju se predstavljaju podaci koji ukazuju na nivo pismenosti u oblasti sajber bezbjednosti, gdje se pojam pismenosti u ovom domenu odnosi na procjenu osnovnih znanja i vještina s tri stanovišta [11]: (i) učestalosti upotrebe računara i Interneta, (ii) znanja i vještine pojedinaca u radu na računaru i upotrebi Interneta i (iii) vrsta aktivnosti na Internetu. Navedene procjene će omogućiti kreiranje osnovnih pokazatelja na nacionalnom nivou, u skladu sa segmentacijom znanja i vještina u oblasti sajber bezbjednosti prikazanih na Slici 2.



Slika 2. Segmentacija znanja i vještina korisnika Interneta[11]

3. SAJBER PISMENOST U CRNOJ GORI

Kada se govori o sajber pismenosti na nacionalnom nivou, neophodno je identifikovati odgovarajuće grupe korisnika IT usluga i njima tipične onlajn aktivnosti; na osnovu čega se dalje vrši procjena potrebnog nivoa edukacije i vještina.

Kategorije korisnika su identifikovane isključivo na osnovu starosne dobi, oslanjajući se na očekivanjima da oni dijele iste navike i potrebe u pogledu IT usluga i servisa. Drugim riječima, grupe korisnika se identifikuju sa stanovišta [2, 11]: (i) različite infrastrukture koju koriste pa ju je stoga potrebno i zaštititi, (ii) različitih radnji koje obavljaju, i (iii) različite percepcije i znanje o onlajn sigurnosnim pitanjima. Identifikovane kategorije i uobičajene IT aktivnosti su predstavljene u Tabeli 1.

Kako bi se shvatiti složenost sajber prostora Crne Gore, važno je analizirati statističke podatke o upotrebi IT servisa i usluga u Crnoj Gori. Istraživanje koje je sprovedeno od strane Zavoda za statistiku Crne Gore³ odnosi se na upotrebu IT-a od strane pojedinaca i kompanija u Crnoj Gori. Istraživanje je sprovedeno po Eurostat metodologiji i obuhvata domaćinstva s najmanje jednim članom dobi između 16 i 74 godina, pojedince iste starosne dobi, kao i kompanije s 10 i više zaposlenih.

Rezultati kompetnog istraživanja su dostupni u [12], dok se u nastavku izdvajaju sljedeći:

- 53.7% domaćinstava ima računar
- 63.6% domaćinstava ima pristup Internetu
- 99.2% domaćinstava ima TV pristup
- 93.6% domaćinstava posjeduje mobilni telefon

² Forum for Incident Response and Security Teams: <https://www.first.org/>

³ Zavod za statistiku Crne Gore: <http://www.monstat.org/>

Od svih domaćinstava koji imaju pristup Internetu, njih 75.1% koristi računar, 57.6% koristi lap top, a 38.5% koristi mobilni telefon za pristup Internetu.

Tabela 1. Grupe korisnika i IT aktivnosti (V-visok nivo, S-srednji nivo, N-niski nivo)

Izad 75 god	64-75 god	55-64 god	46-54 god	34-45 god	18-33 god	Ispod 18 god	IT aktivnosti
N	N	N	S	S-V	S-V	N	e-mail
N	N	S	S	V	V	V	Socijalne mreže
N	N	S	S	V	S	N	Informacije o zdravlju
N	N	S	S	S	V	V	Multimedijalni sadržaji
S	S	S	V	V	V	S	Novosti i blogovi
N	N	S	S	V	V	V	Instant poruke
N	N	V-S	V	V	V	S	Onlajn kupovina
N	N	N	V	V	V	S	Rezervacija putovanja
N	N	N	N	S	V	V	Onlajn igre
N	N	S	S	V	N-S	-	e-bankarstvo

Domaćinstva koja nemaju pristup Internetu su dali različite razloge koji su predstavljeni u Tabeli 2. Važno je primijetiti da je čak 33.2% navelo da je nedostatak osnova IT pismenosti razlog za nepostojanje pristupa Internetu u domaćinstvu.

Tabela 2. Razlozi za odsustvo pristupa Internetu u domaćinstvu

Razlog	% odgovora	Razlog	% odgovora
Ne želim pristup Internetu	36,8	Fizička nemogućnost	9,5
Nemam osnove IT pismenosti	33,2	Imam Internet pristup na nekom drugom mjestu	7,5
Pristup Internetu je previše skup	29,9	Interneta konekcija nije dostupna na datom području	5,8
Oprema je previše skupa	27,8	Ostalo	19,6

Podaci o radu na računaru i upotrebi Interneta od starne pojedinaca sumarno pokazuju da:

- 64.5% ispitanika je koristilo računar u poslednjih 3 mjeseca
 - 30.6% ispitanika nikada nije koristilo računar
 - 63.9% korisnika je koristilo Internet u poslednjih 3 mjeseca.
- Detalji o vrstama aktivnosti na Internetu su prikazani u Tabelama 3 i 4 (kolona koja se odnosi na Crnu Goru). S druge strane, upotreba Interneta u poslovnom sektoru se karakteriše sledećim podacima:
- 98.1% kompanija u Crnoj Gori koristi računare

- 93.9% kompanija koristi Internet
- 68% kompanija ima svoj veb sajt
- 57% kompanija koristi kompanijski email
- 47.8% koristi neki od servisa na *cloud*-u

S obzirom da su u prethodnih par godina mnoge aktivnosti i projekti bili usmjereni na jačanje IT pismenosti u Crnoj Gori, može se uočiti da je ostvaren određeni napredak u odnosu na prethodnu deceniju [11], ali da ipak predstavljeni podaci nijesu na EU nivou. Takođe se može uočiti da ne postoji usaglašenost između upotrebe Interneta u domaćinstvima i poslovnom sektoru, pa se nameće pitanje o nivou znanja i vještina zaposlenih koji iz nekog razloga nemaju računar i/ili Internet kod kuće, a isti koriste u kompanijama. Kakogod, IT pismenost je samo osnovni preduslov za učešće u sajber prostoru, a u sljedećem poglavlju se navodi analiza nivoa znanja i vještina u ovoj oblasti.

4. POREDBENA ANALIZA SA EU STANDARDIMA I PRAKSOM

U cilju predstavljanja komparativne analize osnovnih indikatora o znanju i vještinama upotrebe računara i Interneta, korišćeni su rezultati evropske statistike EU28 iz 2012.god, kao i sledeće tri države koje su približno male populacije kao i Crna Gora (populacija: 620.029): Kipar (populacija: 858.000), Luksemburg (populacija: 549.680), Malta (populacija: 425.384).

Tabela 3. Pokazatelji znanja/vještina rada na računaru

	EU28 (2012)	Crna Gora	Kipar	Luksemburg	Malta
Kopiranje fajla/foldera	62%	78.70%	55%	78%	56%
Prenos podataka sa računara na eksterni uređaj	52%	51.90%	45%	80%	47%
Instalacija/konekcija na drugi uređaj	42%	42.70%	33%	60%	32%
Kompresija fajla	35%	32.60%	30%	55%	36%
Rad sa programima za kalkulacije	41%	22.90%	39%	66%	41%
Kreiranje prezentacija pomoću odgovarajućeg softvera	31%	18.90%	31%	51%	33%
Instalacija/unapređenje postojećeg operativnog sistema	20%	14.60%	12%	39%	16%
Programiranje u nekom programskom jeziku	9%	11.40%	7%	16%	7%
Konfigurisanje parametara tokom neke instalacije	27%	6.90%	\	47%	\

Tabela 3 prikazuje podatke o osnovnim radnjama na računaru koje ne podrazumijevaju upotrebu Interneta. Analizom predstavljenih podataka, moglo bi se zaključiti da su znanja i vještine na nivou Crne Gore generalno homogena, stanovništvo posjeduje osnove znanja na računaru, ali su

očigledni nedostaci u: radu sa kalkulacijama, radu sa prezentacijama i promjenama konfiguracionih parametara softverskih aplikacija. Prve dvije aktivnosti se pretežno donose na poslovno okruženje, dok se posljednja odnosi na nivo profesionalnog poznavanja rada na računaru.

U Tabeli 4 su predstavljeni podaci o vrstama aktivnosti na Internetu. i ovdje se može uočiti da postoji prilična usklađenost podataka sa evropskim standardima, s jasno identifikovanim nedostakom znanja o postavljanju i izmjenama parametara bezbjednosti u Internet pretraživaču.

Tabela 4. Pokazatelji znanja/vještina upotrebe Interneta

	EU28 -2012	Crna Gora	Kip ar	Lukse mburg	Malt a
Rad u pretraživaču	75%	72%	64%	91%	66%
Slanje email-a sa prilogom	82%	53%	49%	79%	55%
Postavljanje komentara na forumima	37%	47%	40%	43%	31%
Telefonski pozivi preko Interneta	33%	29%	40%	48%	32%
Prenos fajlova	14%	8%	10%	12%	19%
Kreiranje veb strane	10%	1%	1%	13%	8%
Postavljanje raznih sadžaja na veb	30%	20%	38%	31%	19%
Promjena parametara bezbjednosti u pretraživaču	24%	10%	15%	36%	21%

Pored navedenih indikatora o upotrebi računara i Interneta od strane stanovnika Crne Gore, neophodno je analizirati i aspekt formalne edukacije i karakteristika obrazovnog sistema. Na osnovu dostupnih podataka može se uočiti da postoji neadekvatna zastupljenost predmeta i programa koji se odnose na znanja i vještine u oblasti sajber bezbjednosti. U planovima i programima za osnovne nivoe obrazovanja, postoji svega nekoliko predmeta koji daju osnovna informatička znanja i vještine (upotrebe računara i Interneta). Za učenike osnovnih i srednjih škola je organizovano nekoliko kampanja od strane Ministarstva prosvjete koje se donose na elemente bezbjednosti upotrebe Interneta. Ipak, kontinuirana edukacija ne postoji na ovom nivou.

S druge strane, univerziteti u Crnoj Gori imaju samo jedan specijalistički i dva master programa u oblasti sajber bezbjednosti (sve na Univerzitetu Donja Gorica), dok na ostalim fakultetima informatičkog i pravnog profila postoji nekoliko predmeta koji analiziraju tehničke i pravne aspekte sajber bezbjednosti. Ipak, nameće se opšti zaključak da ne postoji adekvatna formalna edukacija, pa je evidentan nedostatak edukovanih kadrova specijalizovanih u oblasti sajber bezbjednosti.

Takođe, neke kompanije (obično banke i telekomunikacione kompanije) su organizovale nekoliko obuka za svoje zaposlene o zaštiti podataka, ali ne postoje kontinuirane specijalističke obuke kao ni kampanje za građanstvo o osnovama sajber bezbjednosti.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu su sumirani podaci o znanjima i vještinama rada na računaru i upotrebi Interneta, na osnovu kojih se može kreirati procjena pismenosti u oblasti sajber bezbjednosti na nacionalnom nivou u Crnoj Gori. Podaci pokazuju da mlade generacije sve više koriste Internet, ali da im postojeći obrazovni sistem ne nudi dovoljno znanja o sajber bezbjednosti i zaštiti svojih aktivnosti i podataka na Internetu. S druge strane, iako 94% kompanija koristi Internet u svom poslovanju, njihovi zaposleni ne pokazuju visok nivo poznavanja rada (ukoliko je riječ o starosnoj generaciji iznad 45 god), pa samim time ni osnovne principe sajber zaštite. Prema tome, neophodno je organizovati intenzivne kampanje i treninge, a od obrazovnih institucija se očekuje da izmijene svoje programe i doprinesu osnovnom obrazovanju u ovoj oblasti, a kreiranje specijalizovanih multidisciplinarnih programa u oblasti sajber bezbjednosti na svim nivoima visokog obrazovanja (od Bachelor do doktorskih) bi obezbijedilo školovanje stručnjaka koji će kasnije biti nosioci sajber bezbjednosti na nacionalnom nivou.

Zahvalnost. U ovom radu su predstavljeni rezultati Tempus projekta 'Unapređenje obrazovnog sistema u oblasti sajber bezbjednosti u Crnoj Gori- ECESM', br. 544088-TEMPUS-1-2013-1-SI-TEMPUS-JPHES.

LITERATURA

- [1] R.Šendelj, F.Lombardi, I.Ognjanović, S.Guarino, "Cyber Security in Montenegro: Practice, Framework and Challenges", INFOFEST 2014
- [2] K. Zickuhr, „Generations 2010“, PewInternet, USA
- [3] I.Bandara, F.Ioras, K. MaherI, „Cyber Security Concerns in E-Learning Education“, Proceedings of ICERI2014 Conference, 17th-19th November 2014, Seville, Spain
- [4] Strategija sajber bezbjednosti Crne Gore 2013-2017, Podgorica jun 2013.
- [5] Zakon o informacionoj bezbjednosti, Sl. list CG, br.14 od 17.mart 2010
- [6] Cross-matching of practice in ME with EU standards, ECESM Report, 2014 (dostupno na: <http://ecesm.net/publications-0>)
- [7] P.A.S. Ralstona, J.H. Grahamb, J.L. Hiebb, „Cyber security risk assessment for SCADA and DCS networks“, ISA Transactions, Vol 46, Issue 4, 2007, p. 583–594
- [8] ISO/IEC 27032:2012, „Information technology – Security techniques – Guidelines for cyber security“, 2012
- [9] Council of Europe, “Convention on Cybercrime“, Budapest, 23.XI.2001
- [10] General Assembly, “Developments in the field of information and telecommunications in the context of international security”, UN document A/C.1/66/L.30, 14 October 2011
- [11] “Analysis of the ME cyber security public awareness”, ECESM Report, 2014 [<http://ecesm.net/publications-0>]
- [12] “Upotreba ICT-a u Crnoj Gori-domaćinstva/lica, preduzeća u 2011”, MONSTAT, 2012

ANALIZA OBRAZOVNOG SISTEMA U OBLASTI SAJBER BEZBJEDNOSTI U CRNOJ GORI ANALYSES OF CYBER SECURITY EDUCATIONAL SYSTEM IN MONTENEGRO

Jelena Ljucović, Ivana Ognjanović, *Univerzitet Mediteran, Crna Gora*
Ramo Šendelj, *Univerzitet Donja Gorica, Crna Gora*

Sadržaj: *Jedan od glavnih izazova savremenog društva jeste efikasan razvoj sajber bezbjednosti na nacionalnom, regionalnom i globalnom nivou. U tom cilju, aktivnosti moraju da objedine raspoložive snage i obezbijede kako istraživačke aktivnosti usmjerene ka razvoju inovativnih alata i tehnika, tako i usklađene pravne okvire, visoko edukovane stručnjake i visok nivo svijesti građanstva u cjelini, što vodi ka povećanju opšte bezbjednosti na nacionalnom nivou. Crna Gora je u prethodnom periodu preuzela mnoge aktivnosti za implementaciju evropskih standarda i praksi, a u ovom radu se predstavlja analiza razvijenog sistema sajber bezbjednosti s posebnim naglaskom na sistem obrazovanja (formalnog i neformalnog) koji predstavlja jedan od ključnih preduslova za razvoj u ovoj oblasti.*

Abstract: *One of the main challenges of modern society is the efficient development of cyber security on the national, regional and global level. With this goal in mind, the activities need to consolidate the available strengths and provide both research activities aimed at developing innovative tools and techniques, as well as synchronized legal framework, highly educated experts and a high level of awareness of citizens in general, which leads towards the increase of the level of general security on the national level. Montenegro has undertaken various activities in the previous period on implementing European standards and practices, and in this paper the analysis of developed systems of cyber security is presented, with a special emphasis on the education system (formal and informal) which presents one of the key prerequisites in this area.*

1. UVOD

Jedan od glavnih izazova savremenog društva jeste efikasan razvoj sajber bezbjednosti na nacionalnom, regionalnom i globalnom nivou [3]. Potreba za kreiranjem visokog nivoa sigurnosti u upotrebi informaciono-komunikacionih tehnologija (engl. information-communication technology-ICT) je definisana u Digitalnoj Agendi Evrope (engl. Digital Agenda for Europe-DAE), u maju 2010.god [4]. DAE naglašava neophodnost ujedinjavanja svih raspoloživih snaga kako bi se osigurala sigurnost i otpornost ICT infrastrukture, i to istovremenim fokusiranjem na preventivne i reaktivne akcije i izazove, kao što su: (i) prevencija i upravljanje rizicima, i (ii) razvoj efikasnog i koordinisanog mehanizma za odgovor na nove i sve više sofisticirane forme sajber napada i sajber kriminala.

S tim u cilju, Evropski Parlament (engl. European Parliament) je preuzeo mnoge aktivnosti, kao što su: kreiranje Agencije za Informacionu bezbjednost i Evropsku mrežu (engl. European Network and Information Security Agency-ENISA) (regulativa br 460/2004), Strategija za sigurno informaciono društvo Evrope (engl. Secure Information Society) [7] iz 2007.god, i mnoge druge. Takođe, zemlje članice Evropske Unije, kao i ostale razvijenije zemlje na globalnom nivou (kao što su Sjedinjene Američke Države, Rusija, Kina, itd.) su uspostavile pravne okvire za borbu sa izazovima sajber bezbjednosti. Ipak, borba u sajber prostoru zahtijeva sveobuhvatne pristupe i akcije, koji obuhvataju: razvoj i upotrebu sofisticiranih alata i tehnika, edukovane stručnjake koji mogu da uspostave odgovarajuće organizacione strukture na institucionalnom i državnom nivou, eksperte iz oblasti sajber bezbjednosti koji će kontinuirano raditi na poboljšanju i osavremenjavanju

mehanizama, kao i edukovane građane u cjelini, koji će svojim svakodnevnim aktivnostima povećati nivo opšte bezbjednosti na nacionalnom nivou.

U ovom radu se analizira trenutni nivo sajber bezbjednosti u Crnoj Gori, s posebnim naglaskom na sistem obrazovanja (uključujući i formalno i neformalno obrazovanje), kao i poredbenoj analizi sa EU preporukama i praksom.

2. PRAVNI I INSTITUCIONALNI OKVIRI SAJBER BEZBJEDNOSTI U CRNOJ GORI

Od 2005. godine, Crna Gora je kroz reformu krivičnog zakonodavstva počela sa kreiranjem institucionalnih i pravnih okvira, koji sprečavaju bilo kakvu vrstu slučajnog ili namjernog ometanja i onesposobljavanja informacionog sistema [16]. Usvajanje novih i unapređenje postojećih zakona i podzakonskih akata, predstavlja ključni element za postojanje informacione bezbjednosti u Crnoj Gori.

Pravni akti, koji predstavljaju osnovu za funkcionisanje i dalji razvoj savremenog koncepta informacione bezbjednosti u Crnoj Gori su: Krivični zakonik [5]; Zakon o krivičnom postupku [6]; Zakon o informacionoj bezbjednosti [8]; Zakon o Agenciji za nacionalnu bezbjednost [9]; Zakon o tajnosti podataka [10]; Zakon o elektronskom potpisu [11]; Zakon o elektronskim komunikacijama [12]; Zakon o elektronskoj trgovini [13]; Strategija sajber bezbjednosti Crne Gore 2013-2017 [14] i Pravilnik sa detaljnim uslovima i načinima sprovođenja mjera IT zaštite tajnih podataka [15].

"*Strategija sajber bezbjednost Crne Gore od 2013. do 2017. god*" usvojena je 12. septembra 2013. godine i predstavlja ključni dokument za sprovođenje sajber bezbjednosti na nacionalnom nivou. Ova strategija definiše

sedam ključnih oblasti sajber bezbjednosti za Crnu Goru: (1) Definisane institucionalne i organizacione strukture u oblasti sajber bezbjednosti u zemlji; (2) Zaštita kritične informacione infrastrukture u Crnoj Gori; (3) Jačanje kapaciteta policijskih organa; (4) Reakcija na incidente; (5) Uloga Ministarstva odbrane Crne Gore u sajber prostoru; (6) Javno-privatna partnerstva; (7) Podizanje svijesti ljudi i zaštita pri korišćenju Interneta.

Da bi se na najefikasniji i dugoročno održiv način osiguralo pravilno upravljanje informacionom bezbjednošću u Crnoj Gori unutar javne uprave, neophodna je jasno definisana organizaciona hijerarhija, koja u Crnoj Gori obuhvata odgovornosti sljedećih institucija: (i) Ministarstvo informacionog društva i telekomunikacija (Nacionalni CIRT); (ii) Ministarstvo odbrane; (iii) Ministarstvo unutrašnjih poslova; (iv) Ministarstvo pravde; (v) Agencija za nacionalnu bezbjednost; (vi) Policijski organi; (vii) Direkcija za zaštitu tajnih podataka; (viii) Univerziteti u Crnoj Gori.

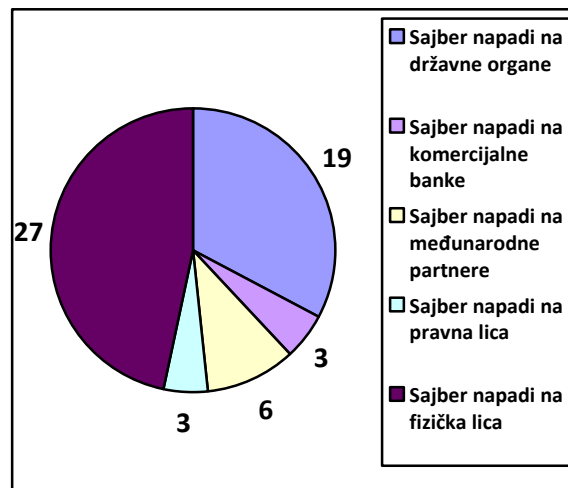
Nacionalni CIRT¹ predstavlja centralno tijelo u Crnoj Gori za koordinaciju i razmjenu podataka, odbranu od sajber napada i uklanjanje posljedica sajber napada. CIRT u okviru svog djelovanja sprovodi proaktivne i reaktivne mjere. Proaktivnim mjerama se djeluje prije incidenata i drugih događaja koji mogu ugroziti sigurnost informacionih sistema, a u cilju sprječavanja ili ublažavanja mogućih šteta. Dok, reaktivnim mjerama pruža pomoć u otkrivanju počinioca i vraćanju sistema u funkcionalno stanje. Glavne usluge koje CIRT pruža svojim korisnicima su: identifikacija incidenata, odgovor na njih i koordinacija. Da bi se na incidente odgovorilo na najefikasniji način, CIRT ima dobru saradnju i razmjenu informacija sa ključnim institucijama u oblasti sajber bezbjednosti. To se prije svega odnosi na saradnju državnih institucija sa institucijama u privatnom sektoru (Internet provajderima, agentima “.me” domena, mobilnim operaterima, bankarskim sektorom, Elektro distribucijom, Poštom, itd.). Statistički pregled prijavljenih sajber incidenata u 2014. Godini je prikazan na Slici 1.

Ministarstvo odbrane. Imajući u vidu da ICT igra veliku ulogu u vojnim operacijama, potrebno je razviti objekte povezane sa vojskom u cilju zaštite sajber prostora Crne Gore. Svi moderni vojni objekti današnjice širom svijeta su priključeni na sajber prostor. Na primjer, prema izveštajima NATO-a [14], oko 120 zemalja ima usko povezanu vojsku sa sajber prostorom. S obzirom da strateški cilj Crne Gore predstavlja Evroatlansku integraciju, njime Crna Gora usvaja politiku sajber zaštite u skladu sa NATO standardima.

Ministarstvo unutrašnjih poslova. Osnovni cilj Ministarstva unutrašnjih poslova u oblasti sajber bezbjednosti je osposobljavanje specijalizovanih jedinica u okviru Uprave policije, koje bi mogle da se bore sa bilo kojom vrstom sajber kriminala, omogućavanje nesmetanog procesuiranja krivičnih napada na kompjuterske podatke i sisteme, kao i druge protivzakonite radnje koje se mogu uraditi uz pomoć računara.

Policijski organi. Stalno unapređenje nivoa sofisticiranosti sajber prijetnji i napada, kao i njihovih

metoda i tehnika zahtijeva kontinuirano jačanje kapaciteta policijskih organa u cilju efikasnijeg odgovora na širok spektar sajber prijetnji. Policijski organi i tužioci treba da budu u stanju da sprovedu istragu i krivično procesuiraju napade na kompjuterske sisteme, kao i na prekršaje načinjene uz pomoć računara, te da postoji elektronska evidencija prekršaja. Ovo podrazumijeva: poboljšanje kvaliteta digitalne forenzike, jačanje kapaciteta Agencije za nacionalnu bezbjednost u oblasti prikupljanja, evidentiranja, analiziranja, čuvanja i razmjene podataka u sajber prostoru, kao i usvajanje kompletnih i djelotvornih pravnih rješenja u oblasti sajber kriminala, koji su u skladu sa ljudskim pravima i vladavinom prava.



Slika 1. Statistički pregled sajber incidenata prijavljenih u 2014.god

Univerziteti u Crnoj Gori. U obrazovnim institucijama, poseban fokus treba da bude usmjeren na nove generacije, kao i na krajnje korisnike Interneta, čime se podrazumijeva da obrazovne institucije treba konstantno da predstavljaju nove programe o bezbjednosti informacija na svim nivoima obrazovanja, u cilju korišćenja naprednih informacionih sistema. Neophodno je stvoriti bezbjednije Internet okruženje za građane Crne Gore, te da se korisnici Interneta edukuju podizanjem svijesti o potrebi daljeg usavršavanja i informisanja u ovoj oblasti. Konkretno, univerziteti u Crnoj Gori, kao agenti u procesu visokog obrazovanja, treba da rade na organizovanju posebnih studijskih programa u oblasti sajber bezbjednosti, u cilju stvaranja specijalizovanog i stručnog kadra iz ove oblasti, a u saradnji sa ostalim relevantnim institucijama da rade na organizaciji obuka i treninga za razne starosne kategorije građana koji koriste i/ili imaju svoje poslovne aktivnosti na Internetu

3. OBRAZOVNI SISTEM U OBLASTI SAJBER BEZBJEDNOSTI U CRNOJ GORI

Obrazovanje se generalno može podijeliti na formalno i neformalno obrazovanje. Oba vida informisanja i podučavanja ljudi imaju značajnu ulogu u razvoju jedne zemlje. Formalno obrazovanje obuhvata sistematski strukturirano obrazovanje koje se sprovodi po nastavnim listama i planovima u državnim ili privatnim obrazovnim institucijama. S druge strane, neformalno obrazovanje se

¹ Nacionalni CIRT: www.cirt.me

može definisati kao preduzumljivost osobe u cilju sticanja znanja (obično izvan tradicionalnih školskih sistema putem kurseva i obuka) gde je sadržaj prilagođen jedinstvenim potrebama pojedinca [2]. U Tabeli 1 je prikazano stanje u

crnogorskom obrazovnom sistemu u poređenju sa evropskim praksama za obrazovanje o sajber bezbjednosti.

Tabela 1. Poredbena analiza EU praksi i CG obrazovanja [1]

Formalno obrazovanje u oblasti sajber bezbjednosti	
Osnovno i srednjoškolsko obrazovanje	U osnovnom i srednjoškolskom obrazovanju postoji po jedan (dva) opšta obavezna IT predmeta, međutim njime nije obuhvaćena oblast koja se bavi temom sajber bezbjednosti. Niti postoji ijedan od izbornih predmeta koji izučava ovu oblast.
Bachelor studijski programi	U Crnoj Gori trenutno ne postoji ni jedan Bachelor studijski program u oblasti sajber bezbjednosti. Ipak, EU iskustva i praksa pokazuju da kompletan bachelor program posvećen sajber bezbjednosti nije toliko neophodan, ukoliko u okviru postojećih studijskih programa postoje predmeti koji obrađuju ovu temu. Na crnogorskim univerzitetima trenutno postoji samo nekoliko predmeta koji obuhvataju teme sajber bezbjednosti a izučavaju se samo na fakultetima tehničkog usmjerenja gdje se analiziraju tehnički aspekti bezbejdnosti računarskih sistema i na fakultetima pravnog usmjerenja gdje se analiziraju pravni aspekti bezbejdnosti i zaštite.
Master studijski programi	Samo jedan od univerziteta u Crnoj Gori (Univerzitet Donja Gorica) ima posebne master programe o sajber zaštiti, sa multidisciplinarnim pristupom i različitim profilima stručnjaka u ovoj oblasti. Na Univerzitetu Donja Gorica osnovana su dva postdiplomska studijska programa: <ul style="list-style-type: none"> • "Sajber bezbjednost"- master program koji se izučava na Humanističkim studijama; • "Zaštita podataka i sigurnost informacionih sistema" – specijalističke i master studije na Fakultetu za informacione sisteme i tehnologije.
Doktorski studijski programi	Ne postoji posebni doktorski program u oblasti sajber bezbjednosti. Zaseban doktorski program nije toliko potreban ukoliko drugi doktorski programi obrađuju ovu oblast i edukuju stručnjake o njoj.
Neformalno obrazovanje u oblasti sajber bezbjednosti	
Profesionalno usavršavanje	Postoji nekoliko inicijativa ili generalno profesionalnih obuka na institucionalnom (obično u organizaciji banaka, telekomunikacionih provajdera, isl) i nacionalnom nivou koje se organizuju za širok spektar ICT kadra. Ne postoji podatak da li se neke privatne kompanije bave pružanjem profesionalnih obuka u ovoj oblasti, kao ni koliko su dostupni i rasprostranjeni drugi strani programi.
Obuke zaposlenih	U Crnoj Gori, kompanije, posebno mala i srednja preduzeća ne praktikuju organizovanje obuka u oblasti sajber zaštite za svoje zaposlene. U posljednje vrijeme, primijećen je rastući trend organizovanja ovih obuka od strane velikih kompanija (obično banke, ICT kompanije, telekomunikacioni provajderi isl).
Obrazovanje šire javnosti u oblasti sajber bezbjednosti	
Kampanje za podizanje svijesti	Efektivne kampanje za podizanje svijesti šire javnosti ne postoje. Ministarstvo za informaciono društvo i telekomunikacije planira da organizuje obuke za širu javnost, gdje će posebna pažnja biti posvećena djeci i mladima, i kontinuiranom uvođenju novih programa iz oblasti sajber bezbjednosti na svim nivoima obrazovanja. Međutim konkretne akcije još nisu evidentirane.
Informativne kampanje o sajber bezbjednosti	Efektivne kampanje namijenjene široj javnosti ne postoje osim za učenike osnovnih i srednjih škola (organizovano od starne Ministarstva prosvjete u saradnji sa Telenor Crna Gora) gdje su đaci informisani o savjesnom korišćenju ICT-a i Interneta, sa aspekta bezbejdnosti. Potrebno je organizovati inicijative između univerziteta, privatnih kompanija i škola.

Čak iako Crna Gora znatno razvija domaću radnu snagu koja će vjerovatno biti u stanju da vodi računa o pomenutim obavezama u narednom periodu, od suštinskog značaja je subvencionisanje saradnje sa javnim i privatnim organizacijama iz zemalja EU, kako bi se moglo početi sa opsežnim kursovima i treninzima iz oblasti sajber bezbjednosti, kao i uspostavljanje obrazovnih programa vezanih za sajber bezbejdnost..

4. POREDBENA ANALIZA EU PRAKSI SA TRENUTNIM PRAKSAMA U CRNOJ GORI

Kada se uporedi trenutna situacija u vezi sa sajber bezbejdnošću u Crnoj Gori sa EU praksama, evidentno je da postoji jaz koji treba prevazići. Crnogorsko društvo se nalazi

u periodu tranzicije, i sve javne i privatne organizacije ulažu značajan napor kako bi brzo ispunile EU standarde u pogledu podizanja svijesti stanovništva o rizicima, i konstituisanju radne snage koja je u stanju da sprovede u praksu odgovarajuće mjere.

Prethodnih godina, Crna Gora je uložila značajan napor kako bi dostigla EU standarde u oblasti sajber bezbejdnosti i formalno, iz ove perspektive Crna Gora je već dostigla najuobičajnije standarde. Međutim, jaz između plana i akcija je ono što je evidentno i što treba u najkraćem roku prevazići. Pravni okvir je dobro strukturiran i razrađen, međutim, nije jasno u kojoj mjeri je to u skladu sa propisima i na koji način se sprovode vezane EU direktive.

Naime, identifikovani su sljedeći koraci koje treba sprovedi u cilju poboljšanja. Potrebno je:

• **Razjasniti ulogu Vojske u (nacionalnoj) sajber bezbjednosti:** iako je Crna Gora identifikovala da Vojska mora posjedovati kapacitete za sajber bezbjednost, ovi kapaciteti nijesu dobro definisani i ne postoje adekvatni resursi za izgradnju tih kapaciteta.

• **Definisati međusektorski organ zadužen za koordinaciju aktivnosti različitih državnih organa:** među glavnim ciljevima Nacionalne strategije o sajber bezbjednosti je "Definisanje institucionalne i organizacione strukture u oblasti sajber bezbjednosti u zemlji, koja obuhvata osnivanje Nacionalnog savjeta za sajber bezbjednost i stvaranje lokalnih CIRT timova". Međutim, ništa slično još uvijek nije formirano, i različiti ministri i državni organi su dobili dužnosti u vezi sa sajber bezbjednošću koji se često preklapaju. Fundamentalno je identifikovati smjernice za raspodjelu odgovornosti i obim posla.

• **Poboljšati saradnju između javnih i privatnih institucija:** značaj postizanja dugoročnih i dobro utvrđenih sporazuma između privatnog sektora i javnih institucija je od vitalnog značaja za garanciju najvišeg nivoa zaštite od stalno promjenjivih sajber napada.

Mnogi univerziteti u EU su već kreirali (ili su u procesu kreiranja) nastavnog programa u oblasti sajber bezbjednosti. Često, ovi nastavni planovi su interdisciplinarni, kao što je slučaj i u Crnoj Gori. Ovo posebno važi za manje zemlje, gdje se očekuje da jedan studijski program ponudi obrazovanje za buduće menadžere sajber sigurnosti, kao i tehničke eksperte. Kada se uspostave jasni, specijalizovani doktorski i master programi u oblasti sajber bezbjednosti, obrazovanje u toj oblasti će se regularno i nesmetano sprovesti i na nižim nivoima i drugim oblastima obrazovanja.

Identifikovanjem najvažnijih problema formalnog obrazovanja u Crnoj Gori, i najrelevantnijih razlika sa EU praksama, dolazi se do sljedećih zaključaka. Evidentan je:

• **Nedostatak stručnjaka:** generalno, u Crnoj Gori nedostaje grupa iskusnih profesionalaca i predavača, koji mogu da definišu kako novi nastavni plan i program u oblasti sajber bezbjednosti, tako i da prenesu svoje znanje.

• **Nedostatak specijalizovanih kurseva:** iako je prihvatljivo da nema nijedan nastavni plan u ovoj oblasti, neophodno je početi sa realizacijom specijalističkih kurseva u oblasti sajber bezbjednosti koji će obezbijediti multidisciplinarna znanja u ovoj oblasti.

• **Nedostatak osnovnog znanja:** iako generalno gledajući, u obrazovnom sistemu Crne Gore postoje dva specifična studijska programa za edukaciju stručnjaka u oblasti sajber bezbjednosti, čini se da se ne pridaje dovoljno značaja osnovnim i fundamentalnim znanjima. Nastavni planovi i programi su više usmjerena ka pravnom i tehnološkom aspektu, ali postoji čitav niz znanja koje je neophodno posjedovati da bi se razumjela suština mnogih sajber bezbjednosnih prijetnji, od osnova ICTa, preko osnova bezbjednosti, matematike itd.

Neformalne obuke u okviru preduzeća i javne kampanje Vlade su ohrabrujuće, ali interesovanje privatnog sektora za trenzizima u oblasti sajber bezbjednosti primjetno izostaje. Kampanje za podizanje svijesti stanovništva najčešće ne zahtijevaju angažovanje stručnjaka sa naprednim tehnološkim vještinama.

5. ZAKLJUČAK

Kada se uporedi trenutna situacija u vezi sa sajber bezbjednošću u Crnoj Gori sa EU praksama, evidentno je da su preduzeti inicijalni koraci i da se na nacionalnom nivou počelo sa aktivnostima koji vode ka kreiranju sajber bezbjedonosnog okvira. Čitav ICT prostor je i dalje izložen visokom riziku narušavanja informacione bezbjednosti, zbog činjenice da se razvijaju i implementiraju kratkoročne mjere za eliminaciju napada na sigurnost IT sistema, umjesto dugoročnog planiranja i koordiniranih akcija. Ipak, mnoge aktivnosti u pogledu obrazovanja je neophodno implementirati, kako bi se obezbijedili edukovani stručnjaci sposobni da odgovore savremenim izazovima sajber bezbjednosti, kao i edukovanu naciju koja će svojim svakodnevnim aktivnostima na Internetu povećati nivo lične i opšte sajber bezbjednosti na nacionalnom nivou.

Zahvalnost. U ovom radu su predstavljeni rezultati Tempus projekta 'Unapređenje obrazovnog sistema u oblasti sajber bezbjednosti u Crnoj Gori- ECESM', br. 544088-TEMPUS-1-2013-1-SI-TEMPUS-JPHES.

LITERATURA

- [1] *EU practice for cyber security education*, ECESM Report, 2014 (dostupno na: <http://ecesm.net/publications-0>)
- [2] M. Mušanović, "Pedagogija profesionalnog obrazovanja", Grafrade Rijeka, 2001
- [3] R.Milašinović, S.Mijalković, G.Amidžić, "Bezbednost i internet", 2012
- [4] European Commission, *A Digital Agenda for Europe*, Brussels, COM(2010) 245
- [5] *Krivični zakon*, Sl. list Crne Gore, br. 40/2008, 25/2010, 32/2011, 40/2013 i 56/2013
- [6] *Zakonik o krivičnom postupku*, Sl. list Crne Gore, broj 57/09
- [7] European Commission, *A strategy for a Secure Information Society – "Dialogue, partnership and empowerment"*, Brussels COM(2006) 251
- [8] *Zakon o informacionoj bezbjednosti*, Sl. list CG, br.14 od 17.mart 2010
- [9] *Zakon o Agenciji za nacionalnu bezbjednost*, Sl. list Crne Gore, br. 86/09, 20/11
- [10] *Zakon o tajnosti podataka*, Sl. list Crne Gore, br. 79/08, 70/09, 44/12
- [11] *Zakon o elektronskom potpisu*, Sl. list RCG, br: 55/03 i 31/05
- [12] *Zakon o elektronskim komunikacijama*, Sl. list Crne Gore, broj 40/2013
- [13] *Zakon o elektronskoj trgovini*, Sl. list RCG, br.80/04
- [14] *Strategija sajber bezbjednosti Crne Gore 2013-2017*, Podgorica jun 2013.
- [15] Direkcije za zaštitu tajnih podataka, *Vodič za pristup informacijama u posjedu Direkcije za zaštitu tajnih podataka*, 2013
- [16] R.Šendelj, F.Lombardi, I.Ognjanović, S.Guarino, "Cyber Security in Montenegro: Practice, Framework and Challenges", INFOFEST 2014

RAZVOJ OKRUŽENJA ZA SPAJANJE AKADEMSKOG I PREDUZETNIČKOG ZNANJA PRIMJENOM OTVORENIH OBRAZOVNIH RESURSA CREATING ENVIROMENT FOR BLENDING ACADEMIC AND ENTREPRENEURIAL KNOWLEDGE USING OPEN EDUCATIONAL RESOURCES

Tripo Matijević, Snežana Šćepanović, *Univerzitet „Mediterran“ Podgorica, Fakultet za informacione tehnologije*
Marija Radojičić, Ivan Obradović, *Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet*
Saša Tatar, *Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-građevinski fakultet*

Sadržaj: *Ovaj rad predstavlja projekat koji je usmjeren ka omogućavanju javnog pristupa znanju kroz otvorene obrazovne resurse. Fokus je na otvorenim online kursovima koje će kreirati obrazovne institucije, a biće poboljšani primjerima najbolje prakse koje nude vodeće kompanije, sa svrhom podrške cjeloživotnom obrazovanju. Cilj je da se razvije raznolik visokokvalitetan obrazovni materijal u elektronskom formatu koji će biti javno dostupan. Dat je pregled osnovnih pedagoško-didaktičkih principa koje obrazovni materijal treba da prati kako bi što bolje ispunio potrebe potencijalnih učenika. Izbor pogodne platforme i primjena prikladnih informacionih tehnologija omogućavaju predstavljanje sadržaja na pogodan, inovativan i efektivan način.*

Abstract: *The purpose of this paper is to present a project aimed at making knowledge publically available through open educational resources. The focus is on open online courses which will be created by educational institutions and enhanced by best practice examples offered by leading companies, with the purpose to support life-long education. The goal is to create diverse high quality educational materials in electronic format, which will be publically available. A review of basic pedagogical-didactic principles, that educational material should follow in order to best meet the needs of the potential learners, is given. The choice of a convenient platform, as well as the application of appropriate information technologies enable content representation in a suitable, innovative and meaningful way.*

1. UVOD

Brzi tehnološki razvoj, rast interneta i širenje informacionih tehnologija uopšte doveli su do toga da su informacione tehnologije prisutne u svim sferama društva. Stoga smo svjedoci i početka promjena u domenu obrazovanja. Akademska javnost sve više podržava otvorene obrazovne resurse (en. OER – Open Educational Resources), a veliki broj OER sadržaja je već dostupan. Među mnogim definicijama OER sadržaja kao najsveobuhvatnija izdvaja se prijedlog Downes-a [1], po kome je OER obrazovni materijal kojem se može slobodno pristupiti i koji se može slobodno mijenjati, ponovo upotrebiti i dijeliti. OER mogu biti kursevi, udžbenici, videi, testovi, softver i alati koji se koriste u obrazovne svrhe. OER materijali stoga mogu postojati u različitim formama: od kratkih video klipova do cijelih kompleksnih kurseva.

Pored snažne podrške OER u Evropi, OER se razvijaju i u ostatku svijeta. Neki od najistaknutijih primjera su o projektu u Indoneziji sa preko 275 OER kurseva [2], implementacija OER u obrazovni sistem Japana i mnoge inicijative u Kini, Koreji i Tajvanu [3].

Među istraživačima koji se bave mehanizmima razvoja OER materijala vodi se debata oko toga koga treba uključiti u taj proces i oko identifikacije prednosti i izazova koje OER donose [4],[5]. Istorijski, uporište OER se može naći u Univerzalnoj deklaraciji ljudskih prava, čl. 26, gdje je o obrazovanju navedeno: „Svako ima pravo na obrazovanje. Obrazovanje treba da bude besplatno bar u osnovnim i nižim

školama.“ U izvještaju o primjeni i uticaju OER u Španiji, Gil-Jaurena naglašava važnost institucionalne podrške u kreiranju OER [6], a UNESCO izvještaj [7] postavlja OER u globalnu perspektivu poboljšanja obrazovnih politika i praksi.

Bitan argument u korist razvoja OER je što univerziteti ne zadržavaju znanja zaključana u okviru institucije, već ih čine dostupnim kolegama predavačima i istraživačima sa drugih institucija. Time se može izbjeći ponavljanje istraživanja, kreirati novo radno okruženje i uključiti ga u tekući rad. Pored toga, druge kolege mogu izmijeniti i poboljšati slobodno dostupan materijal i time postići bolje rezultate u obrazovanju nego da svako krene sa razvojem materijala iz početka. Ovakvi materijali mogu doprinijeti promociji obrazovnih institucija i privući više studenata. Primijećeno je da se između univerziteta javlja i određeno rivalstvo u smislu količine i kvaliteta OER materijala [8]. Što se tiče kompanija, i njima OER može biti od pomoći, jer slobodno nudeći svoja iskustva i dobre prakse, promovišu svoj brend i identitet u preduzetničkom okruženju.

Razvoj i primjena OER materijala se susreću i sa određenim poteškoćama. Problemi se ogledaju u načinu obezbjeđenja kvaliteta OER sadržaja i održavanju dugoročnih interesovanja za razvoj OER materijala. Kopp i Lavitt [9] navode da je jedan od razloga za manjak motivacije među nastavnim osobljem u pogledu razvoja OER nedostatak institucionalnog vrednovanja, a kao način prevazilaženja ovog problema navode definisanje nagrada za rad na razvoju OER.

Sagledavši sve prednosti OER materijala, kao i potrebu za praviljenjem slobodnog obrazovnog sadržaja, određeni univerziteti sa Zapadnog Balkana i iz EU su pokrenuli projekat BAEKTEL¹. (Blending Academic and Entrepreneurial Knowledge in Technology Enhanced Learning) u okviru TEMPUS programa (slika 1). U projektu učestvuju univerziteti iz Srbije, Crne Gore, Bosne i Hercegovine, Italije, Slovenije i Rumunije, kao i vodeće kompanije iz istih zemalja.



Slika 1 BAEKTEL website

Cilj projekta je da se naprave OER materijali za različite oblasti koji će napraviti vezu između univerzitetskog teorijskog znanja i kompanijskog praktičnog znanja koje je potrebno za rad u praksi. Obrazovni materijali u elektronskoj formi koji budu napravljeni u toku projekta biće javno i besplatno dostupni krajnjim korisnicima. Prilikom izrade ovog zadatka prednosti informacionih tehnologija će biti iskorišćene kako bi materijal bio predstavljen na prikladan način, uz zadovoljenje osnovnih pedagoško-didaktičkih kriterijuma.

U narednom poglavlju dat je prikaz didaktičkih kriterijuma koji se koriste prilikom izrade projektnih zadataka. U trećem poglavlju su prikazane glavne osobine softverskog rješenja, a nakon toga su predstavljeni zaključci.

2. DIDAKTIČKI KRITERIJUMI U OER

Didaktički kriterijumi se mogu opisati kao principi po kojima se utvrđuje tok nastave i učenja, u skladu sa ciljevima odgoja, obrazovanja i pravila nastavnog procesa.

U skladu sa ciljem projekta da se kreiraju i omoguće obrazovni sadržaji u različitim nastavnim i industrijskim oblastima, pristup je morao da obuhvati pravljenje i omogućavanje materijala u različitim oblicima. Zbog razlika u načinu podučavanja i učenja u različitim oblastima, jedan od zahtjeva je bio i da se omogući predstavljanje sadržaja na različite načine. Većina materijala će biti u formi kursa razvijenog u skladu sa osnovnim pedagoško-didaktičkim zahtjevima. Takođe je planirano da se omogući uvezivanje

već postojećih materijala kao što su udžbenici, skripte, multimedijalne prezentacije, videi i sl. Kako bi materijali bili unaprijeđeni i što pristupačniji korisniku, predviđeno je korišćenje različitih tipova multimedije, između ostalog i video klipova, audio zapisa, animacija i slika. Osnovna ideja iza korišćenja opisanih materijala je da se korisnici postave kao aktivni učesnici u procesu učenja [10]. Zbog toga će posebna pažnja biti posvećena uspostavljanju interaktivnosti kroz različite tipove pitanja i kvizova.

Kod pravljenja obrazovnih materijala jedan od bitnijih didaktičkih kriterijuma je prilagođavanje sadržaja ciljnoj grupi. Kako je glavna tema projekta OER u visokoobrazovnim institucijama i partnerima iz privrede, teško je odrediti jednu prirodu i jedan set potreba krajnjih korisnika. Slijedi da nije lako predvidjeti nivo obrazovanja, starost niti motivaciju za korišćenje ovakvih sredstava učenja kod krajnjih korisnika. Zato je veoma bitno kreirati kurseve na takav način da korisnici u svakom trenutku budu upoznati sa ciljem i obimom znanja i vještina koje mogu steći putem određenog kursa. Zbog toga je neophodno obezbijediti opis kursa, kao i potrebne preduslove koje korisnik mora da ispuni kako bi mogao da prati sadržaj kursa. U cilju olakšanja organizacije i pretrage takve strukture kurseva biće napravljen web portal sa opcijom indeksiranja koji će sadržati metapodatke o OER sadržaju. Model metapodataka će biti usaglašen sa Dublin Core standardom i IEEE 1484.12.1-2002 Learning Object Metadata standardom. Na taj način se povećavaju šanse da korisnik koji odabere određeni kurs zaista ispunjava preduslove, smatra sadržaj korisnim za njegove potrebe i bude zadovoljan odabranim OER.

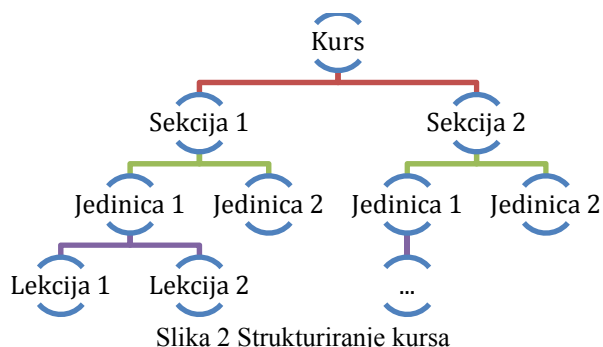
Kako bi se obrazovni sadržaj prilagodio različitim potrebama i načinima učenja krajnjih korisnika, poželjno je kombinovati različite načine predstavljanja sadržaja, uključujući običan i dinamički tekst, multimedijalne prezentacije, video klipove i animacije, itd. U prilog tome, kursevi bazirani na različitim tipovima materijala mogu dosta doprinijeti održavanju dinamičnosti obrazovnih materijala, što igra bitnu ulogu u održavanju i čak podizanju motivacije krajnjih korisnika. Pored uticaja ovakvih materijala na podizanje motivacije, različite integrisane audio-vizuelne komponente treba da značajno pomognu u postizanju višeg nivoa kvaliteta učenja i boljem razumijevanju predstavljene materije.

Pored predstavljenih didaktičkih principa o prilagođavanju obrazovnog sadržaja krajnjim korisnicima, takođe je važno da obrazovni materijali zadovoljavaju didaktičke principe sistematizacije i postepenosti u nastavnim procesima. Ovaj princip može biti djelimično zadovoljen strukturiranjem i organizacijom kursa. Poželjno je kreirati jasnu strukturu kursa kroz koju će korisnik postepeno napredovati ka završetku kursa. Neophodno je da svi segmenti koji čine strukturu kursa budu kombinovani u koherentnu cjelinu. Jedan od mogućih načina takve organizacije je da kurs bude podijeljen na sekcije, sekcije na jedinice, jedinice na lekcije, a da lekcije sadrže različite tekstualne i audio-vizuelne sadržaje (slika 2).

Što se tiče strukture jedne lekcije, preporučljivo je izvršiti podjelu na tri osnovna dijela. U uvodnom dijelu lekcije treba kreirati motivacione primjere i zadatke koji će uvesti

¹ <http://www.baektel.eu>

korisnika u sadržaj lekcije i istovremeno probuditi interesovanje. Slijedi glavni dio lekcije koji sadrži najveći dio planiranog sadržaja, a u skladu sa naučnim didaktičkim principom koji će naknadno biti predstavljen. Treći dio lekcije treba da sadrži kratak rezime i određenu vrstu samoprovjere koja se sastoji od kratkih pitanja i zadataka.



Slika 2 Strukturiranje kursa

Naučni didaktički princip, u skladu s kojim treba da bude sadržaj OER materijala, se odnosi na orijentaciju nastavnog materijala prema savremenom naučnom razvoju. Pošto nije moguće razmotriti i istražiti svaki pojedinačni pogled na određenu temu, ni sve veze i relacije, jedan od bitnih zahtjeva naučnog principa u nastavnom procesu je da se učenici upoznaju sa glavnim karakteristikama i osobinama teme, kao i vezama i relacijama između tema i pojava. Stoga ideja je da materijal bude kreiran u skladu sa principom nauke, što podrazumijeva pouzdanost i provjerljivost datog materijala za učenje.

Još jedan bitan didaktički princip je povezivanje teorije i prakse. Sami cilj BAEKTEL-a je usaglašen sa pomenutim principom, pošto je i sami projekat zamišljen kao sredstvo uspostavljanja saradnje i povezivanja visokoobrazovnih ustanova sa kompanijama. Glavna ideja je da će visokoobrazovne ustanove kroz OER kurseve da obogate teorijsko znanje sa primjerima praktične primjene koje će im ponuditi kompanije. Sa druge strane, partnerske kompanije će koristiti obrazovni sadržaj koji nude visokoobrazovne ustanove da poboljšaju i obnove teorijsko znanje svojih zaposlenih.

Takođe, potrebno je uskladiti OER materijale sa didaktičkim principom svjesnosti u okviru nastavnog procesa. Princip se odnosi na efektivno učešće korisnika u procesu učenja, naglašavajući njihovu ulogu aktivnih učesnika, za razliku od često ostvarene uloge pasivnog posmatrača [7]. Korisnicima treba omogućiti da uče svojim tempom, kao i da uspostave posebnu interakciju sa drugim korisnicima, sa predavačima, ali i samom platformom za učenje. Ovaj segment može biti poboljšan kombinacijom različitih tipova pitanja, u skladu sa ciljevima i željenim ishodom kursa, kao i upotrebom efektivnih animacija i interaktivnih apleta koji od korisnika zahtijevaju interakciju.

Važno je i implementirati sistem za evaluaciju OER sadržaja. Cilj je dobiti povratne informacije od korisnika o kvalitetu OER sadržaja, kako bi bilo omogućeno konstantno unapređenje i dalja adaptacija korisničkim potrebama. Pored standardnog upitnika, informacije o kvalitetu sadržaja se mogu dobiti i skupljanjem i analizom anonimnih podataka o upotrebi koje generiše platforma za učenje.

3. SOFTVERSKO RJEŠENJE

Pored samog postojanja visokokvalitetnog OER sadržaja, kako bi taj sadržaj dostigao pun potencijal, veoma je bitan i način na koji se taj sadržaj nudi. Platforma na kojoj se nalazi sadržaj, pored toga što ga čini lako dostupnim, služi kao posrednik i omogućava korisnicima da uspostavljaju interakciju sa sadržajem i međusobno. U kombinaciji sa visokokvalitetnim OER sadržajem, korisnici i platforma formiraju bogato korisničko iskustvo. Još jedan važan aspekt objavljivanja OER sadržaja je omogućavanje lake pretrage. Na ovaj način korisnici mogu da brzo pronađu sadržaj koji odgovara njihovim specifičnim potrebama ili da dobiju odgovor na traženo pitanje.

Nakon razmatranja različitih open source rješenja i uzimanja u obzir prethodno postavljenih kriterijuma, odlučeno je da će se BAEKTEL platforma sastojati od dva segmenta: web portala sa indeksiranjem i platforme za učenje.

Kako bi se OER sadržaju što lakše pristupalo i kako bi se što lakše pretraživalo, važno je obezbijediti korisnicima napredne mogućnosti pretrage. To je razlog što OER sadržaj treba da bude dobro opisan metapodacima. Za web portal sa indeksiranjem je odabrana ResourceSpace² platforma za upravljanje sadržajem, pošto nudi napredne opcije za upravljanje metapodacima potrebnim za opise OER sadržaja. Takođe, platforma je lako proširiva i omogućava naprednu pretragu, kako bi korisnici mogli da pretražuju željeni OER sadržaj ne samo po ključnim riječima, autoru, temi i sl., već i po višejezičkim tehničkim terminima. Za optimalno funkcionisanje pretrage neophodno je da sva tražena polja metapodataka o OER sadržaju budu popunjena.

Za najbolje korisničko iskustvo bilo je važno da se odabere interaktivna i korisnicima pristupačna platforma za učenje. Nakon razmatranja više rješenja, odlučeno je da se za potrebe projekta koristi edX platforma³ koju je kreirao MIT, jer po interaktivnosti prevazilazi mogućnosti drugih popularnih open source rješenja (OpenMOOC i Moodle). Zbog pomenutog uvezivanja institucija i objedinjene mogućnosti (čak i višejezične) pretrage, edX čvorovi su podignuti u zemljama partnerima i zajedno sa centralnim čvorom, uz koga je podignuta i ResourceSpace platforma, čine osnovu BAEKTEL frameworka (slika 3).

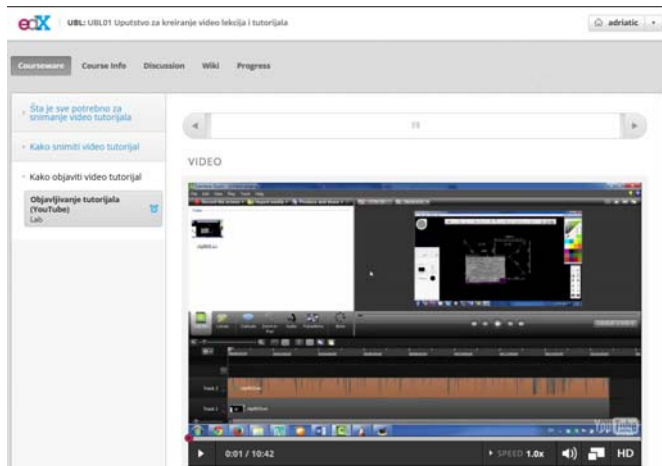


Slika 3 Raspored BAEKTEL resursa

² <http://www.resourcespace.org>

³ <http://code.edx.org>

Nakon otvaranja kôda, edX je počeo brzo da dobija na popularnosti. Zahvaljujući modularnom dizajnu i brzo rastućem društvu podrške i korisnika, za edX se konstantno pojavljuju nove mogućnosti (diskusione grupe, alati za ispis jednačina, simulatori za izvršavanje kôda i sl.) koje se dodaju u edX u vidu third party plugin-a. Zahvaljujući modernom dizajnu i jednostavnom korisničkom interfejsu, edX lako nauče da koriste i korisnici i kreatori sadržaja (slika 4). edX Studio, okruženje za kreiranje sadržaja, autorima omogućava da kombinuju različite tipove sadržaja i kreiraju strukturu kursa koja ispunjava prethodno izložene didaktičke principe sistematizacije i postepenosti. U edX Studiju je moguće kreirati i interaktivne testove za ocjenjivanje ili samoprocjenu i pratiti napredak korisnika.



Slika 4 edX platforma

Povratne informacije od korisnika zajedno sa podacima o upotrebi koji se generišu prilikom korišćenja platforme i interakcije sa drugim korisnicima nude veoma važan uvid u način učenja. Time se, između ostalog, omogućava kreatorima da dalje unapređuju i sadržaj i proces nastave.

4. ZAKLJUČAK

Zahvaljujući brzom razvoju tehnologije koncept cjeloživotnog učenja i kontinualnog usavršavanja je postao presudan u pravljenju obrazovane i konkurentne radne snage. Jasno je da će OER i učenje potpomognuto tehnologijom (en. TEL – Technology Enhanced Learning) imati veliki uticaj na način na koji učimo i način držanja nastave.

Namjera je da BAEKTEL odigra značajnu ulogu u širenju upotrebe OER i otvorenih online kurseva u zemljama Zapadnog Balkana, posebno imajući u vidu da maternji jezici sa ovog područja ne pripadaju grupi „velikih jezika“, što čini da je uticaj postojećih OER sadržaja mnogo manji nego u nekim drugim područjima svijeta.

Pošto OER još uvijek nije formalno prepoznat u zemljama Zapadnog Balkana, BAEKTEL bi takođe trebalo da pomogne da se uspostavi framework koji će omogućiti razvoj i aktivnu upotrebu OER i otvorene online kurseve u visokoobrazovnim institucijama.

Osim promovisanja upotrebe OER, takođe je važno osigurati da je kreirani sadržaj visokog kvaliteta, što se dijelom može postići primjenom pomenutih didaktičkih principa.

Implementacijom i promovisanjem upotrebe modernih platformi za učenje kao što je edX, BAEKTEL bi trebalo da pomogne u podizanju kvaliteta obrazovanja i istovremeno, analizom prikupljenih podataka, doprinese i poboljšanju procesa nastave uopšte.

LITERATURA

- [1] Downes, S., *Open educational resources: A definition*, <http://www.downes.ca/post/57915>
- [2] Harsasi, M., *The Development of Open Educational Resources at Universitas Terbuka*, OCW Consortium Global Conference, Ljubljana, Slovenia 2014, http://conference.oeconsortium.org/2014/ai1ec_event/the-development-of-open-educational-resources-atuniversitas-terbuka-indonesia
- [3] Kishida, T., Fukukara, Y., *Open Online Learning Environment utilizing OER contents*, OCW Consortium Global Conference, Ljubljana, Slovenia, 2014. http://videlectures.net/ocwc2014_fukuhara_open_online/
- [4] Hylén, J., *Open Educational Resources: Opportunities and Challenges*, Proc. of Open Education (2006): pp. 49-63.
- [5] Belliston, C., *Open educational resources*, College and Research Libraries News, 50(5) pp. 284-303, 2009.
- [6] Gill-Jaurena, I., *Open educational policies and practices in the Spanish National Distance Education University: UNED Abierta (UNED OER programme)*, OCW Consortium Global Conference, Ljubljana, Slovenia 2014, http://conference.oeconsortium.org/2014/ai1ec_event/op-en-educational-policies-and-practices-in-the-spanish-national-distance-education-university-uned-abierta-uned-oer-programme-ines-gil-jaurena
- [7] Schwille, J., Dembele, M., Schubert, J., *Global Perspectives on Teachers Learning, Improving policy and practice*, UNESCO, 2007.
- [8] Margaryan, A., Bianco, M., Littlejihan, A., *Instructional Quality of Massive Online Open Courses*, *Computers and Education*, 2014. doi:10.1016/j.compedu.2014.08.005.
- [9] Koppi, T., Bogle, L., Lavitt, N., *Institutional use of learning objects three years on: Lessons learned and future directions*, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications. Vol. No. 1. pp. 644-648., 2003.
- [10] Schweisfurth, M., *Learner-centered education in developing country contexts from solution to problem?*, International Journal of Education Development, 31, pp. 425-432, 2011

DOS I DDOS NAPADI I NJIHOVE KONTRAMJERE DOS AND DDOS ATTACKS AND THEIR COUNTERMEASURES

Dejan Tomović, Agencija za nacionalnu bezbjednost
Ramo Šendelj, Univerzitet Donja Gorica
Ivana Ognjanović, Univerzitet Mediteran

Sadržaj: *Denial-of-Service (DoS) i Distributed-Denial-of-Service (DDoS) su naširoko rasprostranjene sajber prijetnje zbog toga što se ovi napadi lako izvršavaju, dok je odbrana informaciono-komunikacionih sistema protiv njih disproportionalno teška. Uprkos opsežnom istraživanju u posljednjih nekoliko godina, napadi nastavljaju da nanose štetu, jer se napadači prilagođavaju novim mehanizmima zaštite. Sve više se potvrđuje da ovi napadi utiču na normalno funkcionisanje organizacija (uzrokujući milijarde dolara gubitaka), koje ulažu ogromne napore kako bi smanjile svoje gubitke sa sistema. Međutim, većina organizacija naširoko koristi različita odbranbena rješenja i upravljaju svojim mrežama. Rad ima za cilj identifikovanje trendove mehanizama odbrane za ove napade, slabosti različitih pristupa zaštite i bliski pogled na problem DDoS i njegovu ozbiljnost.*

Abstract: *Denial-of-Service (DoS) and Distributed-Denial-of-Service (DDoS) are a prevalent cyber threats because this attacks are easy to launch, while defending information-communication systems against them is disproportionately difficult. Despite the extensive research in recent years, attacks continue to harm, as the attackers adapt to the newer protection mechanisms. Attacks has been increasingly found to be affecting the normal functioning of organizations (causing billions of dollars of losses), trying their best to minimize their losses from these systems. However, most of the organizations widely use different defence solutions and manage their networks. Essey aims to identify the defence mehanizme trends for this attacks, the weaknesses of different protection approaches and a close look at the DDoS problem and its severity.*

Key words: *Denial of Service (DoS), Distributed Denial of Service (DdoS), attack, countemeasures, defence mehanizme, security*

1. UVOD

Kako se moderno društvo u ogromnoj mjeri oslanja na veoma važne funkcije informaciono-komunikacione infrastrukture, one predstavljaju najvažnije mete za cyber napade.[1] Sve većim korišćenjem ovih resursa, dolazi do povećanja obima sigurnosnih problema i raznolikosti cyber napada. Nove prijetnje i ranjivosti otkrivaju se svakog dana i one karakterišu mnoge sisteme, ostavljajući pogodan teren za izvršenje napada od strane različitih profila napadača.

Jedan od najvećih sigurnosnih briga interneta je njegova unutrašnja nesposobnost bavljenja određenom **denial-of-service (DoS)** vrstom napada. Izraz *DoS* odnosi se na situaciju gdje legitimni tražilac usluge ili klijent, ne može primiti tražene usluge iz nekog razloga.[2] Odnosno, *DoS* napad predstavlja namjeren pokušaj sprečavanja legitimnih korisnika da pristupe određenim mrežnim resursima.[3]

Kako je informaciona bezbjednost uopšteno kategorizovana kao mjera zaštite povjerljivosti, integriteta i dostupnosti informacija i informacionih sistema, tako se *DoS* napad može tretirati napadom usmjerenim na ometanje dostupnosti. Takav napad može uzeti mnoge forme, od napada na fizičko IT okruženje, preko preopterećenja mrežnih priključnih kapaciteta, ili kroz iskorišćavanje

aplikativnih ranjivosti.[4] Ova vrsta napada napredovala je posmatrajući OSI referentni model, sa napada na mrežnom nivou (90 godine prošlog vijeka), preko napada na nivou sesije do aplikativnih napada, koji danas predstavljaju aproksimativno polovinu *DoS* i *DDoS* napada. Što više, preko aplikativnog nivoa, današnji napadi su usmjereni prema poslovnoj logici kompanija, koja često postoji kao sloj iznad OSI referentnog modela. Bez obzira što je došlo do navedenih promjenama u trenutnom spektru opasnosti, kompanije moraju nastaviti odbranu protiv svih vrsta napada, uključujući i klasične napade na mrežnom nivou.

Kada ovakav pokušaj potiče od jednog hosta na mreži, on predstavlja *DoS* napad. Sa druge strane, moguće je da i veliki broj zlonamjernih hostova koordiniraju napad, „preplavljuvanjem“ žrtve obiljem paketa, tako da se napad odvija istovremeno sa više distribuiranih tačaka. Ovaj tip napada zove se **distribuirani DoS** ili **DDoS** napad.[5] Dakle, *DDoS* napadi koriste višestruke izvore napada koje karakteriše koordinacija.[6] Da bi pokrenuo *DDoS* napad, napadač prvo mora da izgradi mrežu robotizovanih računara tzv. **botnet**, koju će koristiti da proizvede veliki obim saobraćaja potreban da se korisnicima uskrate usluge. Nakon toga, sa računara u vlasništvu napadača, inicira se *DDoS* napad sa mnogih kompromitovanih računara na ciljani računar.[7] *Botnet* mreže su veoma često pod kontrolom

kriminalaca koji ih koriste za nelegalne aktivnosti. Pored transnacionalnog organizovanog kriminala, motivi mogu biti brojni i mogu se koristiti u terorističke svrhe, čime se ugrožava međunarodna bezbjednost sa veoma štetnim posledicama. *DDoS* napade je, ponajviše zbog nemogućnosti predviđanja ishoda, gotovo nemoguće spriječiti.

2. DOS i DDoS NAPADI I NJIHOVE KONTRAMJERE

Za potpuno razumijevanje i analizu *DoS* i *DDoS* napada, važno je apostrofirati njihovu razliku. *DoS* napad se izvodi sa jedne IP adrese, dok se pri *DDoS* napadu radi o više IP adresa. Još jedna važna razlika je u tome što kod *DDoS* napada postoji mogućnost da vlasnik nekog računara ne zna da učestvuje u napadu. *DDoS* napad može napraviti više štete i daleko je sofisticiraniji. Glavne prednosti napadača koji koristi *DDoS* napad su

- više računara može generisati više saobraćaja od jednog;
- više napada, raznih računara teže je otkloniti od napada jednog računara;
- ponašanje svakog računara koji napada može biti upravljano sa nekim od alata za automatizaciju napada što je teže pronaći i otkloniti.

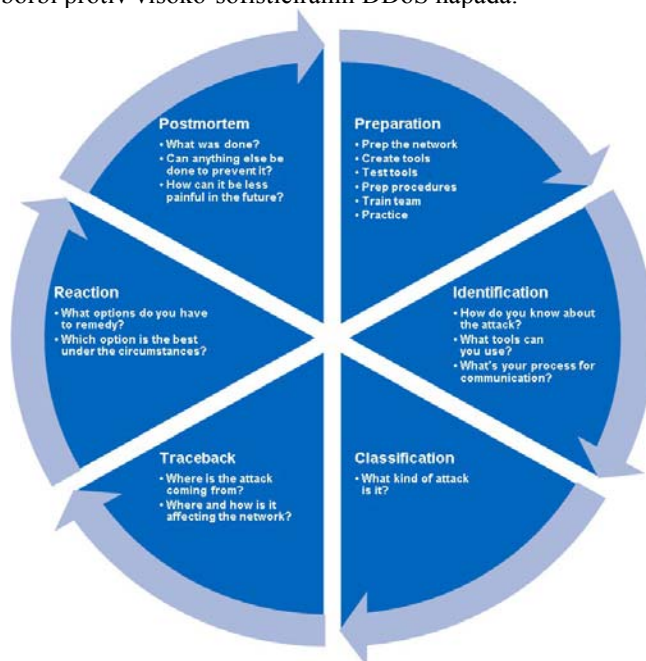
Postoji više različitih taksonomija *DoS* napada. U zavisnosti od načina iskorišćavanja postoje: **Vulnerability DoS** i **Flood DoS**. *Flood DoS* napadi iskorišćavaju asimetriju resursa između napadača i žrtve, pokušavajući da iscrpe mrežni resurs žrtve, slanjem ogromne količine zlonamjernog saobraćaja u isto vrijeme. Ovi napadi se uglavnom koriste upotrebom TCP, UDP, ICMP i DNS protokol paketa. *Vulnerability DoS* iskorištava slabosti u dizajnu sistema, njegovoj implementaciji ili konfiguraciji.

Kada je riječ o *DDoS* napadima postoje dvije osnovne vrste: **Tipični DDoS napadi** i **Reflektor DRDoS napadi**. [8] U tipičnom *DDoS* napadu, armija (*botnet*) napadača sastoji se od master zombija i slave zombija. Za razliku od tipičnih *DDoS* napada, u *DRDoS* napadu botnet se sastoji od master zombija, slave zombija i reflektora [9]. Scenario ovog tipa napada je isti kao kod tipičnih *DDoS* napada do određene faze. Napadači imaju kontrolu nad master zombijima, koji imaju kontrolu nad slave zombijima. Razlika u ovoj vrsti napada je što slave zombiji na čelu sa master zombijima šalju veliki broj paketa sa IP adrese žrtve, kao izvorne IP adrese na druge „zdrave“ mašine (poznate kao reflektori), ohrabrujući ove mašine da se povežu sa žrtvom. Nakon toga reflektori šalju žrtvi veći obim saobraćaja, kao odgovor na njegovu parolu za otvaranje nove veze, pretpostavljajući da je žrtva host. Dakle, u *DRDoS* napadu, napad je pokrenut od strane nekompromitovanih mašina koje nesvjesno pokreću napad.

Interesantna je taksonomija koja razlikuje: **Volume-based DDoS**, **Application DDoS** i **Low-rate DoS (LDoS)** napade u kojoj su elaborirani neki od klasičnih tipova napada: **ICMP-Flood**, **Smurf**, **SYN-Flood**, **UDP-Flood**, **Ping of Death**, **DNS Amplification napad**. [10]

Na primjer, *DNS Amplification* napad [11] koristi prednosti malih DNS upita koji generišu mnogo veće odgovore u kojima se varaju otvoreni DNS serveri. Napadač šalje lažni DNS upit, nakon čega DNS server prima upit i vraća odgovor IP adresi žrtve, ni ne sluteći da žrtva nije tražila razrešenje DNS imena. Ovu vrstu *DDoS* napada izdvojena je kao primjer napada koji je postao toliko sofisticiran da napredne tehnike filtriranja paketa ne mogu da pruže adekvatnu odbranu.

Svi legitimni korisnici su pokušali da odgovore na ove prijetnje. Naučna zajednica i korporacije za proizvodnju mehanizama zaštite, predložile su različite metoda odbrane za različite tipove *DoS* i *DDoS* prijetnji. Sugerise se ustanovljavanje opšte prihvaćenog pristupa ublažavanja *DDoS* napada, koji bi trebao biti relativno sličan u svakom okruženju. Ovaj pristup bi se trebao sastojati, u najmanju ruku, od razvoja i uvođenja čvrste sigurnosne osnove koja uključuje generalno najbolje iskustva, kako bi se otkrila prisutnost zastoja i postajanje napada i dobijanje podataka o njima. *Cisco* predlaže metodologiju od šest faza, koja iako je prevashodno namijenjena ISP davaocima usluga, treba da predstavljaju veoma snažnu liniju odbrane. Na sličan način pristupaju i ozbiljne kompanije čije uspješno poslovanje zavisi od uspostavljanja jakih i sigurnosnih mehanizama u borbi protiv visoko-sofisticiranih *DDoS* napada.



Slika 1. Cisco-va metodologija od 6 faza [12]

Pojedine kompanije u svojoj metodologiji za odgovore na incidente sugerisu sledeće faze: [13]

- **Priprema**: spremnost na prijetnje;
- **Identifikacije**: detektovanje incidenta;
- **Zaustavljanje**: ograničavanje uticaja;
- **Sanacija**: otklanjanje prijetnje;
- **Oporavak**: oporavak na normalu;
- **Posledice**: unapređivanje procesa;

Javno-privatna saradnja, saradnja sa *ISP-em* i dijeljenje informacija su neophdni u cilju efikasnih mjera.

Brojni stručnjaci su pokušali da klasifikuju *DDoS*

odbrambene mehanizme u cilju njihovog razjašnjenja. Osnovna razlika je između preventivnih, proaktivnih i reaktivnih odbrambenih mehanizama.

Preventivni mehanizmi pokušavaju da eliminišu mogućnost *DDoS* napada ili da omoguće potencijalnim žrtvama da izdrže napad. To podrazumijeva unapređenje konfiguracije sistema i mrežne infrastrukture u cilju eliminisanja mogućnosti napada. Redovno ažuriranje protokola i softvera, može smanjiti ranjivosti sistema. Permanentno skeniranje sistema je takođe neophodno u cilju otkrivanja bilo koje anomalije. Primjeri mehanizama sistema zaštite uključuju automatski monitoring mreže, pristupa računaru i aplikacijama, instaliranje bezbjednosnih „zakrpa“, logičku barijeru (firewall) sistema, antivirusne programe i sisteme za detekciju i prevenciju upada (*IDPS*). Izučavanje metoda napada može dovesti do pronalazjenja rupa u protokolima i prilagođenjem mrežnih *gateway-a* u cilju filtriranja ulaznog i izlaznog saobraćaja.

Proaktivni mehanizmi ili sistemi za rano upozoravanje će pokušati da otkriju napad i da odmah reaguju na njega. Glavne strategije detekcije su: **detekcija na bazi potpisa, otkrivanja anomalija i hibridni sistemi**. Sprovedena su mnoga istraživanja u vezi efikasnosti primjene različitih tehnika odbrane iz kojih se jasno zaključuje da ne postoji univerzalno rešenje za različite oblike *DDoS* napada, već da pojedini mehanizmi postižu dobre rezultate u detekciji i prevenciji pojedinih tipova napada, kao što je dato u sledećem istraživanju.[14]

Paradigma	Podaci	Model	Sistem
Detekcija na bazi potpisa	Napad	Programirani	NSM, Bro, Snort, EMERALD, GridS, NetSTAT, Shield
		Naučen	Honeycomb, Earlybird, Autograph
Otkrivanje anomalija	Normalni	Programirani	NSM, MULTPOS
		Naučen	PAYL, PHAD, IMAPIT, EMERALD
Hibridni	Kombinovani	Naučen	MADAM, ADAM, ANN&SVM

Detekcija napada	Snort	MADAM	PHAD	MULTOPS
Detekcija poznatih napada ranjivosti	Visok	Visok	Srednji	Nizak
Detekcija nepoznatih napada ranjivosti	Nizak	Nizak	Srednji	Nizak
Detekcija flood napada	Da	Da	Ne	Da
Sprečavanje lažnog alarma	Nizak	Nizak	Srednji	Nizak
DoS Flood mitigation napad	Ne	Ne	Ne	Da

Slika 2. Rezultat istraživanja različitih mehanizama detekcije

Nakon otkrivanja napada, na scenu stupaju **reaktivni mehanizmi**. Neki mehanizmi reaguju na ograničavanje stope prihvaćenog saobraćaja, dok drugi filtriraju saobraćaj. To znači da je često i legitimni saobraćaj blokiran. Primjenjuju se *traceback* tehnike koje pokušavaju da identifikuju napadača prateći trag unazad. Ukoliko su napadači identifikovani, onda je lako filtrirati njihov saobraćaj. Filtriranje u pojedinim slučajevima može postati alat napadača.

Ne treba zaboraviti ni **mrežnu forenziku** koja slijedi u fazi nakon izvođenja napada iz koje se izvlače bitni zaključci i unapređuju mehanizmi odbrane.

Kao savremene tendencije i tehnike u borbi protiv *DDoS* napada koriste se i **Honeypots** i **Route filter** tehnike. *Honeypot* („zakrpe” tipa čupa meda) predstavlja „sistem diverzije” u samoj arhitekturi mreže u okviru kojeg Honeywall omogućava dolazni saobraćaj, ali kontroliše odlazni saobraćaj koristeći IPS tehnologiju.[15] *Honeypot* predstavlja proaktivni sistem zaštite koji je namerno projektovan tako da bude osetljiv na različite vrste napada, sa ciljem da se pomoću njega identifikuje, posmatra i analizira ponašanje napadača.[16] Dakle, cilj je da *honeypot* bude "mamac" postavljen na Internet kao legitimni sistem koji nudi servise. Svaka veza koju spoljni entitet uspostavlja sa *honeypot*-om smatra se, sa velikom vjerovatnoćom, pasivnim ili aktivnim napadom. **Honeynet** je mreža *honeypot*-ova sa visokim stepenom interakcije koja obezbeđuje realne operativne sisteme za interakciju sa napadačima. Sav dolazni i odlazni saobraćaj se kontroliše, registruje i snima.

Dobri predlozi koji potiču iz *BGP (Border Gateway Protocol)* zajednice, usmjereni su na efikasne mehanizme rutiranja i izbjegavanja usmjeravanja petlji. Tehnike filtriranja ruta **Blackhole routing**[17] (*rutiranje saobraćaja na nepostojeći (null) interfejs*) i **sinkhole routing**[18] (*rutiranje sumnjivog saobraćaja na važeću IP adresu, gde se može analizirati*) predstavljaju dosta efikasne protivmjere *DDoS* napadima. Što se filtriranje primenjuje bliže napadaču, to je efikasnije. Shodno tome, najbolje rješenje bi bilo filtriranje saobraćaja na izvoru, drugim riječima, filtriranje saobraćaja zombi računara. [19] Trenutno istraživači pokušavaju da kombinuju prednosti svih gore navedenih metoda ranije, u cilju smanjenja njihovih nedostataka.

3. PRIMJER IZ PRAKSE

Na samom kraju, izdvojen je primjer iz prakse u borbi protiv elaboriranih napada. Sajt eminentne ustanove u Crnoj Gori bio je izložen *DoS* napadu tokom kojeg nije bio dostupan. Prvi i najvažniji korak u cilju identifikacije napadača i vrste realizovanog napad je forenzička analiza, kojom je utvrđeno da je u konkretnom slučaju korišten *HTTP DoS*. Napadači su koristili sigurnosne propuste na *Apache* serveru otvaranjem velikog broja HTTP veza prema web serveru. Nakon što je otvoren dovoljan broj veza slanjem dijelova valjanih HTTP zahtjeva, web server je prestao prihvatati nove zahtjeve. Napadač je takođe slao i nepotpune HTTP zahtjeve, dodatno iskorištavajući resurse servera.

IP adresa (pripadala je setu adresa susjedne zemlje) sa koje je izvršen napad, preko nacionalnog CIRT-a upućena je CIRT-u susjedne zemlje u cilju identifikacije napadača i informisanja o zlonamjernim aktivnostima. U konkretnom slučaju, odmah je otklonjena ranjivost koja je iskorišćena za realizaciju napada. Naime, standardna vrijednost prilikom konfiguracije *Apache* servera za gašenje veze je 300 s, što je velika i nepotrebna vrijednost. Izvršena je promjena *TimeOut* opcije unutar *httpd.conf* konfiguracionog fajla čime je smanjen rizik od ove vrste napada. Takođe je izvršeno dodatno podešavanje i zadavanje novih pravila filtriranja u okviru linux *firewall-a - iptables*, ograničen je maksimalan

broj trenutnih veza prema web serveru kao i maksimalno trajanje uspostavljene veze.

Pored navedenog, pristupilo se detaljnoj analizi ranjivosti i sigurnosti. Utvrđeno da ne postoje adekvatni mehanizmi zaštite i sigurnosne procedure u održavanju sajta. Korišćenjem gore navedene metodologije jasno su definisani koraci i procedure u zaštiti, implementirani su *mod_security* i *mod_evasive* moduli (napredna konfiguracija) koji su se pokazali kao veoma dobra rešenja kada je u pitanju zaštita Apache servera od *HTTP DoS* i *brute_force* napada. Nastavljena je koordinisana aktivnost u cilju unapređivanja sistema zaštite u saradnji sa nadležnim ministarstvom, nacionalnim CIRT-om i ISP provajderom usluga, što je dalo prilično dobre rezultate, nakon kojih nijesu registrovani napadi koji su ugrozili i narušili bezbjednost sajta.

4. ZAKLJUČAK

Postoje adekvatni alati i mehanizmi za prevencije pojedinih DoS napada, dok je sa *DDoS* napadima situacija komplikovanija zbog njihove složenosti i sofisticiranosti. Konzistentno rešenje posebno za *DDoS* napade je i dalje nedostižno. Napadači su uspeli da otkriju druge ranjivosti protokola i što je još gore, iskoristili su odbrambene mehanizme u cilju razvijanja napada. Oni otkrivaju metode za

prevazilaženje ovih mehanizama ili ih koriste za stvaranje lažnih alarma i za izazivanje katastrofalnih posledica. Shodno tome, adekvatne protivmjere treba preduzeti na svim nivoima uz poštovanje metodologije i sigurnosnih procedura. Svi oni koji uživaju u tajnama i mogućnostima interneta nastaviće svoje „druženje“ sa *DoS* i *DDoS* napadima, čineći ovu igru uzbudljivijom i tragajući za adekvatnim odbrambenim mehanizmima.

LITERATURA

- [1] S. MacDonald, T. M. Chen, and L. Jarvis, Cyberterrorism, understanding, assesment, and response, New York: Springer, pp.123-134, 2014.
- [2] T. Pentinen, Distributed Deniel of Service Attacs in the Internet, Master Thesis, University of Jyväskylä, pp.8-16, 2005.
- [3] G. Loukas i G. Oke, Protection against Denial of Service Attacks: A Survey., Oxford University Press, 2005.
- [4] Trusted Information Sharing Network for Critical Infrastructure Protection, Denial of Service / Distributed Denial of Service-Managing DoS attacs, ISBN 0 642 75362 8, june 2006.
- [5] G. Grubor i A. Pešić, Denial of Service (DoS) / Distribuirani Denial of Service (Ddos) attacks, ZITEH, istraživači rad, 2012.
- [6] J. Mirkovic, J. Martin i P. Reiher, A Taxonomy of DDoS Attacks and DDoS defence Mechanisms, UCLA Computer Science Department, Technical report no. 020018., 2002.
- [7] CERT, DDoS napad, CCERT-PUBDOC-2008-09-240, CARNET, 2008.
- [8] T. Peng, C. Leckie, and K. Ra mamohanarao, Detecting Distributed Denial of Service Attacks Using Source IP Address Monitoring, The University of Melbourne, Australia, 2003.
- [9] S. Gibson, Distributed Reflection Denial of Service Description and Analysis of a Potent, Increasingly Prevalent, and Worrisome Internet Attack, February 2002.
- [10] NextGen RioRey DDos Experts, Taxonomy of DDoS Attacks, RioRey_Taxonomy_Rev_2.6_2014. 2014.
http://static1.squarespace.com/static/53319b01e4b0ec02b601ca49/t/537ab649e4b02004337c19aa/1400550985376/RioRey_Taxonomy_DDoS_Attacks_2.6_2014.pdf
- [11] T. Rozekrans, J. de Koning, Defending against DNS reflection amplication attacks, System & Network Engineering RP1, University of Amsterdam February 2013.
- [12] Cisco Security Intelligence Operations, A Cisco Guide to Defending Against Distributed Denial of Service Attacks, last updated 2013.
- [13] CERT SG / Vincent Ferran-Lacome, DDoS incident response Guidelines to handle Distributed Denial of Service incidents.
<https://cert.societegenerale.com/resources/files/IRM/EN/IRM-4-DDoS.pdf>
- [14] D. Lin, Network Intrusion Detection and Mitigation against Denial of Service Attack-WPE-II, Department of Computer and Information Science University of Pennsylvania, 2013
- [15] N. Weiler, Honeypots for Distributed Denial of Service Attacks, WETICE'02, Zurich, Switzerland, 2002.
- [16] S. S. Sadamate, Review Paper on Honeypot Mechanism – the Autonomous Hybrid Solution for Enhancing, *IJARCSSE, Volume 4, Issue 1*, pp. 854-858 Januar 2014.
- [17] Cisco systems white paper, Remotely Triggered black hole filtering-destination based and source based, Cisco systems, 2005.
- [18] A.Chinnasamy, S.Prakash, P.Selvakumar, Enhance Trust based Routing Techniques against Sinkhole Attack in AODV based VANET, *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 65–No.15*, March 2013.
- [19] K. El Defrawy, A. Markopoulou, K. Argyraki, Optimal Allocation of Filters against DDoS Attacks, Information Theory and Applications Workshop, 2007, pp.140-149, January 2007.

KORPORATIVNO UPRAVLJANJE INFORMATIKOM ICT GOVERNANCE

Aleksandar Rašović, Univerzitet Donja Gorica, Fakultet za međunarodnu ekonomiju, finansije i biznis

Sadržaj: Promjenom standardnog poslovnog okruženja u novo, čije su glavne karakteristike globalizacija, digitalna ekonomija, fleksibilnost i razvoj digitalnih kompanija i biznisa, utiče se na uslove poslovanja i ponašanje kompanija. Osnovni cilj ovog rada je da ukaže na značaj efikasnog upravljanja informacionim sistemima i tehnologijama iz perspektive korporativnog upravljanja i strateško povezivanje ICT-a i poslovanja.

Abstract: This paper presents how does the changing of the standard business environment in the new one, which main features are globalization, digital economy, flexibility and development of the digital companies and businesses, affect the business conditions and behaviour of the companies. The main objective of this paper is to point out the importance of the efficient management of the information systems and technologies from the perspective of corporate governance and ICT governance.

1. UVOD

Rad „Korporativno upravljanje informatikom” ima za cilj da predstavi opštu primjenu i efikasno upravljanje informacionim i komunikacionim tehnologijama (ICT) i sistemima iz perspektive korporativnog upravljanja i strateško povezivanje ICT-a i poslovanja.

Rad istražuje uticaj korporativnog upravljanja ICT-om na performanse preduzeća, kao i međuzavisnost korporativnog upravljanja i ICT-ja.

Takođe, analiziraju se prikupljeni podaci i daju rezultati dijela empirijskog istraživanja iz oblasti ICT-ja.

Ključna ideja, tj. hipoteza rada je: efikasno upravljanje ICT-om i strateško povezivanje ICT-a i poslovanja ima pozitivan uticaj na performanse organizacije.

2. PLATFORMA RADA - Opšti pristup problemu

Bez intenzivne primjene informacionih sistema (IS) i informacione i komunikacione tehnologije (ICT i/ili IT i/ili Informatika), konkurentnost preduzeća i moderno poslovanje je nemoguće.

Zašto je danas važna primjena ICT u ekonomiji/preduzeću? Koliko ICT pomažu kompanijama u procesu odlučivanja i boljeg poslovanja? Jedno od bitnih načela korporativnog upravljanja je prepoznavanje značaja informacionih tehnologija i njihovo korišćenje u poslovnim procesima firme. Informaciona tehnologija je strateški resurs. Informatika je korišćenje resursa za biznis. ICT-om se mijenja organizacija preduzeća. ICT upravlja firmom. Pitanje je kako tu informatiku iskoristiti za biznis?

Upravljanje ICT-jem se definiše kao procedura i politika osnovana sa ciljem da se osigura da IT sistem organizacije održava svoje ciljeve i strategije.

Korporativno upravljanje ICT-jem je kako koristiti informacije u novoj paradigmi. Kako u doba neizvjesnosti i brzine, donositi odluke na osnovu informacija? Kako informacije koristiti i distribuirati u okviru organizacije?

U novom ekonomskom ambijentu u procesu projektovanja poslovnih procesa, neophodno je uskladiti (povezati) strategiju ICT-a sa strategijom poslovanja, odnosno jasno utvrditi na koji način uz pomoć ICT-a ostvariti poslovne ciljeve preduzeća. Sama tehnologija više nije u

prvom planu, već su to prije svega poslovni uspjesi i efekti primjene te tehnologija (Crnković, Jakov, 2014).

Nova ekonomija, novo preduzeće i nova tehnologija neraskidivo su povezani i čine sinergetsku cjelinu.

Nažalost, upravljanje korporativnim ICT-jem je još uvijek slabo shvaćeno i tretirano kao pomoćna ili servisna funkcija u preduzećima. U malom broju kompanija postoji zaokružen, uređen informacioni sistem, dok veliki broj kompanija ima parcijalan, djelimičan IS. Malo kompanija adekvatno ulaže u ICT u cilju poboljšanja poslovnih procesa i IS.

Informatika je često *reaktivna* (defanzivna), ima *operativan* značaj i služi kao podrška poslovanju. Cilj je pretvoriti (težiti ka) informatiku u preduzećima u *proaktivnu* (ofanzivna) poslovnu funkciju sa visokim strateškim značajem i njenom (težnju) potrebom za pouzdanom i inovativnom ICT-om. Teško je zamisliti uspješno upravljanje ICT-om ukoliko je poslovna funkcija ICT-ja reaktivna.

2.1. Digitalna ekonomija & ICT

U kontekstu globalizacije, brzine i konkurencije, mnoga preduzeća su pod pritiskom i suočena sa sve bržom *reaktivnošću*. Sticanje konkurentske prednosti moguće je samo brzinom prenosa informacija i načinom komunikacije. Na ovaj način se privredne organizacije *projektuju u budućnost*. Promjena postojeće paradigme podrazumijeva da preduzeća planiraju svoju budućnost u saradnji s primarnim akcionarima i zainteresovanim stranama.

Brzina prenosa informacija drastično snižava transakcione troškove. Prilikom analize aktivnosti firme Coase koristi standardnu ekonomsku teoriju. Po njemu firma se javlja zbog debalansa između troškova korišćenja informacija sa otvorenog tržišta i troškova menadžerskog vođenja poslova (Coase, Ronald, 2000).

Za današnje firme organizacioni resursi i sposobnosti menadžmenta su osnova u postizanju konkurentske prednosti. Menadžment znanja uključuje *ljude* (ljudski resurski), *tehnologiju* (IT infrastrukturu) i *organizacione procese* kao međusobno povezane i preklapajuće djelove.

Biti prvi na tržištu, to je san-cilj svake firme. Da bi se to postiglo potrebno je biti brz i efektan, raspolagati sa puno informacija, odnosno prednost nad konkurencijom ostvariti pametnim korišćenjem i obradom informacija i tehnološki se

opremiti. U suprotnom, brži gazi sporijeg, a nesposoban nestaje sa tržišta. Promjena se već desila.

U novoj ekonomskoj paradigmi, virtuelizacija, internet, „cloud” tehnologija (računarstvo u oblacima) i „big data” (veliki podaci), mijenjaju način na koji svijet funkcioniše. Spremnost na tehnološke i organizacione promjene današnju kompaniju čini fleksibilnom.

Sa stanovišta praktičnog rada u ekonomiji i biznisu, elementi za novu ekonomsku paradigmu, naše shvatanje ekonomske teorije posebno potencira značaj: *nematerijalnih resursa (informacija* (shvaćena kao nova razvojna snaga), vrijeme i prostor) i *umrežavanje kao organizaciona struktura* (mrežna struktura) (Vukotić, Veselin, 1999).

U digitalnoj ekonomiji neophodna je decentralizacija u odlučivanju, napuštanje tradicionalne poslovne hijerarhije i sve veći značaj kvalitetne i pravovremene informacije. Sama informacija nije znanje. Samo primjena informacionih tehnologija ne garantuje uspjeh, već je potrebno da implementirane informacione tehnologije prate ciljeve, strategiju i poslovne procese organizacije.

Može se zaključiti da je digitalna era, era u kojem kreacija, distribucija i upravljanje informacijama postaje najvažnija ekonomska i kulturna aktivnost. Organizaciona struktura treba da se prilagodi promjenama, da bude fleksibilnija, kako bi brže i bolje reagovala na tržišne zahtjeve. Preduzeća nove poslovne sisteme ne treba da posmatraju kao tehnološka, već kao organizacioni izazov promjene korporativne kulture firme, jer se na taj način efikasno pomjeraju ka razmišljanju o pojedincu.

2.2. Korporativno upravljanje ICT-om

Korporativno upravljanje predstavlja institucionalni okvir kojim se određuju ciljevi poslovanja, način njihovog ostvarivanja i metode kojima se prate performanse i mjeri uspješnost (Prilagođeno i dopunjeno prema: OECD, 2004). To je sistem kojim su korporacije usmjerene i kontrolisane.

Korporativno upravljanje ICT-om je sastavni dio procesa korporativnog upravljanja, koji se odnosi na upravljanje informacionom infrastrukturom i svim njenim djelovima, fokusiran prije svega na upravljanje informacionim sistemima, njihovim performansama, upravljanje rizicima i ukupnom uticaju na poslovanje.

Upravljanje ICT-om na korporativnom nivou se odnosi na okvir (skup tehnika i metoda) kojima korporativni nivou upravljanja (uprava, nadzorni odbor) i izvršni menadžment „ovladavaju” primjenom informatike u poslovanju, odlukama o ulaganjima u informatiku, performansama i rizicima njenog korišćenja, ali i preuzima odgovornost za kontrolu implementacije informatičkih procesa i svih aktivnosti (Panian, Spremić, 2007).

Korporativno upravljanje ICT-om predstavlja proces donošenja IT odluka. Kako bi strategija ICT-a bila u saglasnosti sa strategijom poslovanja, neophodna je aktivna uloga top menadžment preduzeća od samog početka osmišljavanja korporativnog upravljanja ICT-om. Oni ujedno postavljaju (određuju) osnovne ideje i ciljeve korporativnog upravljanja ICT-om i donose poslovne odluke vezane za upravljanje IS-ma. Pozitivni pristup menadžmenta strategiji preduzeća koji se odnosi na aktuelnu strategiju preduzeća i ICT-i u preduzeću mora biti proaktivan.

Informacioni sistemi u poslovanju moraju biti u funkciji menadžmenta. Da bi se ostvarivali optimalni poslovni efekti, informaciona tehnologija ne smije biti sama sebi svrha, nego mora biti servis menadžmenta. Osnovni cilj IT rešenja je unapređenje poslovanja i strateška korist. IT služi kao platforma za rast preduzeća. Preduzeća koja intenzivno koriste ICT infrastrukturu rastu 25% brže od ostalih firmi dok bi bez nje, sve do jedne bile u gubitku (EHLC:4, 2012).

Iz ovog zaključujemo da je korporativno upravljanje ICT-om jednako tako važno kao i korporativno upravljanje preduzećem, a zapostavljanje IT-a u svijetu informacija i komunikacija dovodi do posledica i prijetnji na poslovanje.

Strateško povezivanje poslovanja i ICT

Korporativna strategija razvoja sem duboko ukorijenjenog preduzetničkog duha, prije svega mora da se zasniva na kvalitetnom korporativnom upravljanju.

U procesu projektovanja poslovnih procesa potrebno je efikasno upravljanje informacionim sistemima i tehnologijama i usklađenost strategije poslovanja i strategije ICT-ja (kroz strateško, *korporativno i operativno upravljanje*), tj. jasno utvrditi na koji način uz pomoć ICT-a ostvariti poslovne ciljeve preduzeća. Projektovanje poslovnih procesa i razvoj IS međusobno su zavisni i jedno na drugo utiču, a njihova kombinacija može da ima sinergetski efekat.

Pri strateškom povezivanju poslovanja i ICT-ja potrebno je odrediti optimalnu ulogu IT-a u organizacionoj hijerarhiji. Jedan od strateških ciljeva poslovanja je smanjiti troškove i omogućiti veću profitabilnost poslovanja. Izvođenje strategije IT-a i njenih sastavnih djelova je određivanje strategije IT-a iz strategije poslovanja budući da je IT-u prvenstvena i isključiva uloga podrška strategiji poslovanja.

IT nije strategija. IT bez strategije nema smisla. Strategija informatike razvija biznis. IT nije strateška prednost, već je za uspjeh strategije neophodna veoma dobra IT-a, kao i strateško povezivanje i upravljanje tom IT-om. Tehnologija je nebitna, ako nema strategije (Crnković, Jakov, 2014).

Unaprijed naznačena analiza ukazuje da usaglašavanje strateškog plana IT-a sa strateškim poslovnim planom, rezultira korporativnim upravljanjem IT-om koje u potpunosti podržava strategiju poslovanja.

3. EMPIRIJSKO ISTRAŽIVANJE

Metodologija istraživanja

Istraživanje primjene koncepta korporativnog upravljanja čiji je fokus da ispita stanje, a zatim ukaže na faktore koji utiču na bolje performanse kompanija kroz perspektivu ICT-ja i informacione otvorenosti, organizacione i nacionalne kulture u procesu upravljanja promjenama i principa korporativnog upravljanja u kompanijama izvršeno je metodom anketnog upitnika u periodu juna i jula 2014. godine. Metodologija istraživanja je izabrana u skladu sa definisanim ciljem istraživanja i zasnovana je na kombinaciji kvalitativnog i kvantitativnog metoda, kao i komparaciji sa relevantnom literaturom i naučnim saznanjima.

Cilj upitnika je bio prije svega na ispitivanje percepcija i stavova vlasnika, rukovodioca i top menadžmenta preduzeća s aspekta upravljanja, jer su oni glavni nosioci donošenja odluka i pozicioniranja organizacije.

Uzorak istraživanja je projektovan na veličini od 102 akcionarska društva, društva sa ograničenom odgovornošću i

ostalnih. Prilikom određivanja uzorka koristio se slučajni uzorak. Prikupljeni podaci su obrađeni i analizirani primjenom statističkog softvera SPSS.

Za potrebe ovog rada prezentovaće se dio rezultata istraživanja iz oblasti ICT-ja i informacione otvorenosti sa ciljem što boljeg uvida u ICT stanje. Podaci će se prikazati brojičano i grafički radi boljeg prezentovanja.

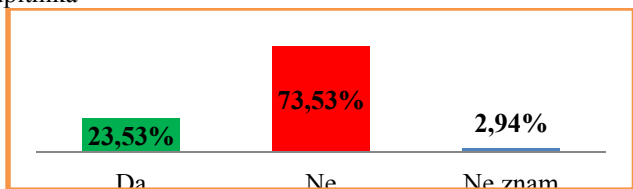
Rezultati istraživanja

Prije analize prikupljenih podataka dijela empirijskog istraživanja, osnovni demografski podaci govore da po obliku organizovanja privredne djelatnosti 53,92% je akcionarskih društava, 44,12% društva sa ograničenom odgovornošću i 1,96% ostalih. U odnosu na dominantnu vlasničku strukturu preduzeća učestvovalo je 76,92% u privatnom vlasništvu, 21,15% u državnom vlasništvu i 1,92% javno-privatno partnerstvu. Prema veličini preduzeća u istraživanju je bilo 68,63% koja obuhvataju mala preduzeća (1-49 zaposlenih), 29,41% srednja preduzeća (50 - 249 zaposlenih) i 1,96% velikih preduzeća (više od 250 zaposlenih).

Sektor (odsjek/odeljenje) za upravljanje informacionim i komunikacionim tehnologijama u preduzeću, njih 59,14% je reklo da nema, 27,96% da ima, a 12,90% ima u planu osnivanje sektora za ICT. Upravljanje ICT-om mora da se proteže kroz cijelu upravljačku strukturu i treba da bude sastavni dio korporativnog upravljanja preduzećem. Zadatak sektora (odsjeka/odeljenja) za upravljanje informacionim i komunikacionim tehnologijama u preduzeću je da unaprijedi obavljanje svih funkcija koje ima poslovanje za kraće vrijeme sa ciljem povećanja efikasnosti i veće efektivnosti. Dobrim informacionim sistemom se dobija mnogo. On treba da u saradnji sa top menadžmentom određuje osnovne ideje i ciljeve korporativnog upravljanja ICT-om i kreira poslovnu strategiju sa strategijom ICT-ja. Neophodnost ovakvog pristupa nam potvrđuju i podaci u kojoj je mjeri menadžment uključen u kreiranje strategije razvoja informacionog sistema a to je: nimalo – 21%, djelimično – 15%, koliko je potrebno – 28%, mnogo – 14%, a u 22% je u potpunosti uključen. Dakle, da bi se podigla konkurentnost preduzeća neophodno je da skoro sve imaju IT sektore, a sva velika preduzeća IT sektore u složenijem obliku organizovanja.

Najveći broj ispitanih preduzeća, njih 73,53%, navelo je činjenicu da njihova organizacija nema strategiju razvoja informacionog sistema (npr. za srednjoročni period od pet godina) (Grafikon 1). Vidimo da u malom broju kompanija postoji strategija razvoja IS-a, sa ciljem poboljšanja poslovnih procesa i IS.

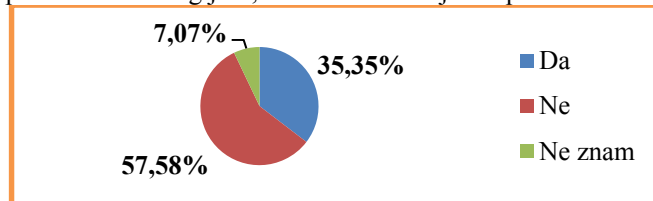
Grafikon 1. Strategija razvoja IS; Izvor: Istraživanje iz upitnika



Usklađenost (povezanost) ICT strategija sa poslovnom strategijom ima 35,35% ispitanih preduzeća, a kod 57,58% ne postoji povezanost (Grafikon 2). U stvaranju usklađenosti strateškog plana ICT-a sa strateškim poslovnim planom neophodna je saradnja svih djelova top menadžmenta. Menadžment na strategiju preduzeća i strategiju ICT-ja mora imati proaktivan pristup, spreman na izazove, na promjene, jer tom odlukom preduzeća unapređuju svoju konkurentsku

prednost. Na ovaj način se stvara neraskidiva veza između poslovanja i ICT-ja i dodatno se podstiče da top menadžment gleda pozitivno na ulogu IT-a u poslovanju. U strateškom usklađivanju se određuje strateška uloga i povezanost poslovanja i ICT-a i stvaranje nove vrijednosti iz primjene IT-a.

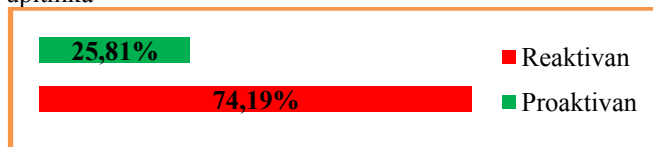
Grafikon 2. Usklađenost (povezanost) ICT strategija sa poslovnom strategijom; Izvor: Istraživanje iz upitnika



Pri strateškom povezivanju poslovanja i ICT-a potrebno je odrediti optimalnu ulogu ICT-a u organizacionoj hijerarhiji. Ovo nam govori da je važno uspostaviti korporativne mehanizme koji će se primjenjivati na donošenje odluka o ulaganjima u ICT. Jedan od strateških ciljeva poslovanja je smanjiti troškove i veća profitabilnost poslovanja, kao i adekvatno prilagođavanje zahtjevima digitalnog doba. Kao što je već rečeno, izvođenje strategije IT-a je određivanje strategije IT-a iz strategije poslovanja. Odluka menadžmenta preduzeća postaje važan dio poslovnih strategija, kako će se ona pozicionirati na globalnom tržištu. Danas se ne može praviti poslovna strategija, ako ne postoji tehnološka strategija. To se danas radi paralelno, to su dva uzajamno povezana zadatka, jer ako ne postoji adekvatna tehnologija, tehnološka infrastruktura će biti barijera poslovanja i konkurentnosti, a sa druge strane ako se izabere prava tehnologija može se ostvariti konkurentna prednost. Znači, treba puno znanja, mudrosti, puno važnih odluka menadžera od aplikacija do tehnologije preko organizacionih modela. Dakle, neophodno je težiti ka kreativnim, inovativnim upravljanjem ICT-om.

Tri četvrtine ili 74,19% anketiranih preduzeća ima reaktivan pristup (operativan značaj i služi kao podrška poslovanju), dok svega 25,81% ima proaktivan pristup (visok strateški značaj) u upravljanju ICT-om (Grafikon 3). Ovo nam govori da je kod većine preduzeća poslovna funkcija u upravljanju ICT-om reaktivna, izuzetno nefleksibilna, ima operativan značaj i da preduzeća koja koriste IT samo kao podršku poslovanju najmanje su zavisna od njega. Kao što je rečeno u uvodu rada, u ovakvom stanju teško je zamisliti uspješno upravljanje ICT-om, kad je poslovna funkcija ICT-ja reaktivna. U tom smislu za uspješno korporativno upravljanje ICT-om, neophodan je strateški plan ICT-ja, koji je proaktivan, inovativan, spreman na promjene u novom ekonomskom ambijentu. Ovo, takođe ukazuje da promjenom postojeće paradigme, preduzeća moraju da planiraju svoju budućnost u saradnji sa primarnim akcionarima i zainteresovanim stranama.

Grafikon 3. Pristup upravljanju ICT; Izvor: Istraživanje iz upitnika



Dva ključna cilja primjene (korišćenja) ICT i e-poslovanja u preduzeću su: da snize troškove i da povećaju (profitabilnost) tržište i prihode, kao i adekvatno

prilagođavanje zahtjevima digitalnog doba. Ne može se očekivati povećanje produktivnosti samim ulaganjem u informacione tehnologije. Proces povećanja produktivnosti može donijeti samo upotreba i korišćenje te nove tehnologije. Informacione tehnologije same po sebi ne mogu donijeti profit, ali korišćenje njenih potencijala može (Svaštara, 2011/2012/2013/2014).

Kada se radi ulaganjima u ICT na godišnjem nivou, 42,27% anketiranih preduzeća nema ulaganja, a 48,45% ima ulaganja u IT između 0-5% ukupnih prihoda. Ostali ispitanici su rekli da im je IT budžet u odnosu na ukupni prihod kompanije veći od 5%. Analize primjene ICT resursa u kompanijama u SAD-a ukazuju na to da kompanije, na godišnjem nivou u prosjeku ulažu u ICT više od 50% ukupnih investicija i oko 4,2% godišnjih prihoda (Weill, Ross, 2004). Većina uspješnih kompanija već sada izdvaja 5% za nove tehnologije i inovacije sa tendencijom da se to poveća. Procenat izdvajanja za IT domaćih kompanija je nekoliko puta niži od svjetskog prosjeka. Ulaganje kompanija u IT u Srbiji iznose oko 0,5% ukupnog prihoda. Ako se zna da su prosječni prihodi domaćih kompanija daleko niži od svjetskih, to je jaz domaćih i svjetskih kompanija u apsolutnom iznosu IT budžeta još veći.

Upotrebom savremenih tehnologija mogu se redukovati investicioni troškovi i preko 50%, a operativni troškovi i preko 70%, uz dodatno poboljšanje performansi sistema koji je otporan na kvarove bilo koje komponente u data centru. Jedna od takvih rešenja su uvođenje tehnologije virtuelizacije, big data i Cloud computing (računarski oblak) i korporativnih poslovnih rešenja, kao što su: poslovna inteligencija, elektronsko poslovanje, CRM sistem (upravljanje odnosa sa klijentima), ERP sistem (planiranje poslovnih resursa), CMS - sistemi za upravljanje sadržajima. Dakle, automatizacija i informacione tehnologije stvaraju efikasno i konkurentno preduzeće koje brzo reaguje na promjene na tržištu.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Istraživanje ovog rada je ukazalo da IT strategija treba da bude suštinska, integralna komponenta poslovne strategije, koja definiše način na koji će se koristiti i upravljati informacionim tehnologijama. Informacioni sistemi pozitivno utiču na operativnu efikasnost poslovanja i/ili u određenim okolnostima postaju pokretači inovativnosti, fleksibilnosti i promjena u poslovanju

Rezultati empirijskog istraživanja ukazuju da većina preduzeća ima slabo uređene i nedovoljno efikasne poslovne procese, da ne postoji opšta informisanost, znanje i odlučnost za ulogu koju ima korporativno upravljanje ICT-om i njegovu važnost u povećanju konkurentnosti u poslovnim performansama preduzeća. Zbog toga menadžment u kompanijama mora imati usklađenu strategiju poslovanja i strategiju ICT-ja, a pod stalnim pritiskom da smanji troškove i poveća vrijednost ICT resursa u kompaniji. ICT ulaganja su uslov uspješnosti. Stalno ulaganje u nove tehnologije obezbjeđuje veću produktivnost, operativnu efikasnost, značajnije finansijske prihode uz smanjenje transakcionih i drugih troškova. To ulaganje mora biti uvijek u korelaciji i sa ciljem povećanja efikasnosti, efektivnosti rada i poslovanja poslovnog sistema.

Preduzeća nove koncepte ne treba da gledaju kao tehnološki, već kao organizacioni izazov promjene korporativne kulture, prilagođavanja u novom ekonomskom ambijentu koja su dovela do promjene paradigme. Informatička revolucija je dovela do promjene paradigme.

Preduzeće mora biti inovativno, fleksibilno i brzo na reakcije. Preduzeća se moraju promijeniti u tri pravca, tehnološki, organizaciono i kadrovski i tu sinergiju implementirati u njima.

Rad je ukazao na međuzavisnost korporativnog upravljanja i informacionih i komunikacionih tehnologija i da pozitivan uticaj na performanse organizacija ima usklađivanje strategije poslovanja sa strategijom ICT-ja, što rezultira korporativnim upravljanjem IT-om koje u potpunosti podržava strategiju poslovanja. Ovim korporativno upravljanje ICT-om mora biti u istoj ravni (jednako tako važno kao) sa korporativnim upravljanjem preduzeća.

LITERATURA

- [1] Castells, Manuel (2000) „*Informacijsko doba: Ekonomija, društvo i kultura; Uspon umreženog društva*”, Golden marketing, Zagreb
- [2] Coase, Ronald (2000) „*Priroda firme*”, u Williamson, Winter, *Priroda firme*, CID Podgorica, članak „*The nature of the Firm*” iz 1937. godine
- [3] Crnković, Jakov (2014) „*Strategija razvoja informatike*”, predavanje UDG, Podgorica, 20.02.2014.
- [4] European High Level Conference (2012) „*A Digital Single Market by 2015 – A driver for economic growth and jobs*”, Copenhagen, 27-28.02.2012
- [5] Gates, William Bill., Hemingway, Collins (1999) „*Poslovanje brzinom misli*” - *Korišćenje digitalnog nervnog sistema*, ISBN: 953-203-027-1, Izvori, Zagreb
- [6] Hayek, Friedrich (2006) „*Korišćenje znanja u društvu*”, *Ekonomski anali*, vol. 51, br. 168, str. 175-185
- [7] ISACA - Međunarodna profesionalna asocijacija fokusirana na IT upravljanje (www.isaca.org)
- [8] IT Governance Institute (2003) „*Board Briefing on IT Governance*” (2nd ed.), ITGI (www.itgi.org)
- [9] Kovačevski, Dimitar (2007) „*Korporacijski informacioni sistemi i organizacijska izvrsnost*”, MJE, Volume 3 N° 6
- [10] OECD (2004) „*Principles of Corporate Governance: 2004 edition*”, www.oecd.org/corporate
- [11] Panian, T. i Spremić, M. (2007) „*Korporativno upravljanje i revizija informacijskih sustava*”, Zagreb: Zgombić & Partneri
- [12] Svjetski ekonomski forum – (World Economic Forum - Global Information Technology) - www.weforum.org/issues/global-information-technology
- [13] Virilio, Pol (2000) „*Informatička bomba*”, Svetovi, Novi Sad
- [14] Vukotić, Veselin (1999) „*Teorijske osnove crnogorske ekonomske škole*”, Postdiplomske studije „*Preduzetnička ekonomija*”, Publikacije, Podgorica
- [15] Vukotić, Veselin (2009) „*Ekonomija i tehnologija – neumitni procesi*”, www.vukotic.net
- [16] Weill, P. i Ross J. W. (2004) „*IT Governance: How Top Performers Manage IT Decision Rights for Superior Results*”, Boston: Harvard Business School Press.

IZBOR I PRIKAZIVANJE PODATAKA IZ XML BAZA PODATAKA SELECTING AND REPORTING DATA FROM XML DATABASE

Biljana Stamatović, Armin Alibašić, *Fakultet za informacione sisteme i tehnologije*

Sadržaj: *Ovaj rad je koncipiran kao kombinacija teorijskog prikaza i istraživanja na temu izbora i prikaza XML podataka. Rad sadrži opšta objašnjenja pojma XML baza podataka, njihovu primjenu, prednosti i mane. Data je razlika između izvornih i proširenih XML baza podataka. Dat je i konkretan fizički model „biblioteka.xml” — koji je napravljen u eXist-db programu. Izbor i prikaz iz tog XML modela baze podataka je upoređen sa izborom i prikazom kod klasičnih relacionih baza podataka.*

Ključne riječi: *XML baze podataka, eXist-db, relacione baze podataka*

Abstract: *This paper is conceived as a combination of theoretical views and research on the subject selecting and reporting XML data. The paper contains a general explanation of the concept of an XML database, its application, advantages and disadvantages. There is given the difference between native and extended XML database. We give a concrete physical model —biblioteka.xml that was made in eXist-db program. Selecting and reporting data from XML database model was compared with selecting and reporting from conventional relational databases.*

Keywords: *XML databases, eXist-db, selecting and reporting data, relational databases*

1. UVOD

Nakon relacionih, objektno-relacionih i objektno-orijentisanih DBMS-ova (Data Base Management Systems), zasnovanim na odgovarajućim modelima podataka, nastala je nova generacija, poznata kao NoSQL baze podataka. Takve su DO (*document-oriented*) baze podataka i *key-value* skladištenje podataka. Jedan od tipova strukturne DO baze podataka su XML (eXtensible Markup Language) baze podataka zasnovane na atributima XML dokumenta. XML je razumljiv ljudima i mašinama, te se javio kao prirodan oslonac DO bazama podataka.

XML je proširivi jezik za označavanje. Sintaksa XML-a je jednostavna i precizna. Pravila su laka za učenje i korišćenje pa je i kreiranje softvera koji čita i manipuliše XML-om vrlo jednostavno. Mogu se koristiti čak i tekstualni editori poput notepad-a. XML obezbijuje skladište podataka u vidu XML dokumenata, shema (DTD, XML scheme), upitnih jezika (XQuery, XPath, XQL, XML-QL), interfejsa. Koristeći označavanje sadržaja sa oznakama, koje ga opisuju i imaju jednostavno značenje, XML je čitljiv ljudima i mašinama, te je postao vrlo popularan. XML je postao standardizovani jezik i za njegovu standardizaciju brine se W3C (skraćenica od World Wide Web Consortium).

Dobro organizovani podaci su osnov za njihovo korišćenje. Relacione baze podataka obezbjeđuju skladištenje i efikasno upravljanje struktuiranim podacima. S druge strane, kod podataka koji nemaju jasnu strukturu relacioni pristup nije podesan. Polustruktuirani podaci su oni podaci koji nemaju zajedničku strukturu. Kod polustruktuiranih podataka, kakvi se javljaju npr. kod podataka za koje unaprijed ne znamo sve attribute, potreban nam drugačiji prilaz. XML je podesan za ovakvu vrstu podatka.

U ovom radu ćemo predstaviti prednosti XML baza podataka u odnosu na relacione u dijelu izbora i prikazivanja (izvještavanja) podataka.

2. XML BAZE PODATAKA

Učestala primjena i korišćenje XML podataka prouzrokovala je i potrebu za skladištenjem XML podataka. Razlikujemo XML-proširene baze podataka i izvorne XML baze podataka.

XML-proširene baze podataka su relacione baze podataka koje imaju dodatnu mogućnost preslikavanja XML dokumenata u njih same, odnosno tabele u okviru relacionih shema. Relaciona rješenja predlažu pristup po kome XML podatke treba normalizovati na tabele i kolone pri čemu svaka ćelija sadrži atomični tekstualni podatak. Za sam postupak normalizacije se koristi pristup da se svaki XML dokument može normalizovati za smještanje u relacionu bazu podataka. Ovo rješenje ima smisla samo kod dobro struktuiranih XML dokumenata jer što je dokument manje struktuiran, ima više kompleksnih elemenata i elemenata sa kompleksnim sadržajem, to će broj tabela u bazi podataka drastično rasti tako da će na kraju relacioni model XML dokumenta izgubiti svaki praktični smisao. [1]. XML upiti se konvertuju u SQL upite nad relacionim tabelama te se se čak i jednostavni XML upiti transliraju u skupu seriju spajanja tabela odgovarajuće relacione baze.

Obzirom na ove argumente, javila se potreba za traženjem direktne implementacije upravljanja XML dokumentima bez njihovog preslikavanja u relacije fiksne strukture. Izvorne XML baze podataka (Native XML Database — NXD), za razliku od prethodnih rješenja koja pokušavaju samo da

modifikuju postojeće relacione baze, su baze podataka projektovane specijalno za upravljanje XML dokumentima. One održavaju prirodnu drvoliku strukturu ovih dokumenata i karakterišu se velikom fleksibilnošću. Npr., baza podataka može biti izgrađena na relacionom, hijerarhijskom ili objektno orijentisanom modelu, ili može koristiti odgovarajući format za smještanje kao što su indeksovane, kompresovane datoteke.

Izvorne XML baze su specijalizovane za smještanje XML dokumenata, smješajući pri tome sve komponente XML modela netaknutim. XML dokumenti se smješaju i XML dokumenti se dobijaju iz baze. NXD se najviše koriste za upravljanje dokument-centričnim XML dokumentima, integrisanim podacima i polustrukturiranim podacima [2].

XML baze podataka ne moraju biti samostalne baze i ne moraju smješati XML podatke u pravoj izvornoj formi (kao tekst). Format u kome se vrši skladištenje podataka ili fizički model nisu od značaja za kategorizaciju baze podataka.

Treba imati na umu da izvorne XML baze podataka nemaju tendenciju da zamijene postojeće baze podataka već da pomognu u efikasnom upravljanju XML dokumentima. Na slici 1. dato je poređenje relacionih i XML baza podataka[3].

Relaciona baza	XML baza
Osnovu čini tabela	Osnovu čini kolekcija
Relaciona tabela sadrži slogove (koji predstavljaju vrste u tabeli) definisane po istoj shemi	Kolekcija sadrži XML dokumente istog modela
Relacioni slog predstavlja listu nesortiranih vrednosti	XML dokument ima strukturu drveta sa međusobno povezanim čvorovima
SQL upit vraća nesortiran skup slogova	XQuery upit vraća sortiranu sekvencu čvorova

Slika 1. Poređenje relacionih i XML baza podataka

Izvor: <http://www.ibm.com/developerworks/xml/library/x-mxd4.html>

3. IZBOR IZ XML BAZE PODATAKA

Veliki broj jezika je kreiran za postavljanje upita nad XML dokumentima kako bi se izvukao podskup podataka iz tog dokumenta. Primjeri su: XML-QL, XPath, XQL, XQuery. XPath je W3C preporuka, a sa pojavom XQuery postaje još popularniji. Oba ova jezika mogu se koristiti za dobijanje i manipulisanje podacima iz XML dokumenata. Ovi jezici su za XML ono što je SQL za relacione baze podataka. Mi ćemo se u daljem radu na konkretnim primjerima fokusirati na XQuery jezik jer je on preporuka W3C-a.

XQuery ima sofisticirani sistem tipova podataka baziran na XML shemi i omogućava manipulisanje čvorovima dokumenta kao XPath. Takođe, model podataka XQuery jezika nije projektovan da radi samo sa jednim dokumentom već i sa dobro formiranim dijelovima dokumenta, nizom dokumenata ili nizom dijelova dokumenata. To je funkcionalni jezik u kome je svaki upit iskaz. Iskazi u XQuery-u se dijele na šest širokih tipova: iskazi putanje,

konstruktori elemenata, FLWR iskazi, uslovni iskazi, kvantifikovani iskazi i iskazi u okviru kojih se koriste operatori i funkcije. Sintaksa i semantika ovih tipova iskaza značajno varira, što je posljedica mnogih različitih uticaja na projektovanje XQuery jezika.

Za implementaciju 1:više veze postoje tri tehnike [3]: sadržajna (containment), intra-dokument i inter-dokument veza.

Kod sadržajne veze u XML dokumentu dodajemo nove elemente. Npr. ukoliko neka knjiga sadrži više autora, autori se dodaju kao elementi u okviru opisa knjiga.

Intra-dokument veza je najpribližnija vezama kod relacionih baza podataka. Ovdje koristimo ID i IDREF koji u XML-u predstavljaju ono što su primarni odnosno strani ključ kod relacionih baza podataka.

Inter-dokument veza je slična intra-dokument vezi, s tim što nju koristimo kada imamo odvojene eksterne XML fajlove ili smještajne lokacije (tablespace).

Za XML baze podataka danas postoji mnogo softvera za obradu podataka poput: BaseX, Sedna XML, Oracle XML DB itd. Jedan od predstavnika izvornih XML baza podataka jeste eXist DB – Open Source Native XML Database. Jednostavno se integriše u druge aplikacije koje koriste i obrađuju XML. Izgrađen je na JAVA platformi i xQuery je ugrađen.



Slika 2. eXistdb Dashboard

Dashboard (Slika 2) je centralna aplikacija iz koje administriramo eXistdb.

U ovom radu smo izdvojili dio logičkog modela baze podataka koji je kreiran u procesu razvoja aplikacije za potrebe univerzitetske biblioteke Univerziteta Donja Gorica. Dio ERD-a je prikazan na slici 3.

Za ilustraciju upita koristićemo bazu podataka biblioteka.xml, gdje se uz knjiga.xml nalaze clan.xml i zaduzene.xml, koja je priloženi fajl.

Opis dijelova baze biblioteka.xml data je sa:

```
<knjige>
<knjiga>
  <id> k1 </id>
  <naziv> Uvod u XML </naziv>
```

```

<autor> Gordana Pavlovic </autor>
<godiste> 2010 </godiste>
<opis> Knjiga nas uvodi u svijet XML-a I njegove
osnovne pojmove </opis>
<tippoveza> meki povez </tippoveza>
<brojstrana> 100 </brojstrana>
<zanr> Programiranje i baze podataka </zanr>
<cijena> 50 </cijena>
</knjiga>

```

....

```
</knjige>
```

```

<clanovi>
<clan>
<id>c1</id>
<imePrezime>Armin Alibasic</imePrezime>
<broj>068744164</broj>
<mail>armin.alibasic@udg.edu.me</mail>
</clan>

```

...

```
</clanovi>
```

```

<zaduzenja>
<zaduzene id="1">
<knjigaIDREF>k1</knjigaIDREF>
<clanIDREF>c1</clanIDREF>
<datumzaduzenja>21.12.2014.</datumzaduzenja>
<rokvracanja>31.12.2014.</rokvracanja>
<status>NijeVraceno</status>
</zaduzene>

```

....

```
</zaduzenja>
```

Sledeći upit će izlistati sve knjige koje su izašle iz štampe nakon 2010 godine i imaju manje od 300 strana.

```

xquery version "3.0";
for $knjiga in
doc("/db/mojXML/biblioteka.xml")/biblioteka/knjige/knjiga
let $naziv := $knjiga/naziv/text()
let $godiste := $knjiga/godiste/text()
let $brstrana := $knjiga/brojstrana/number()
where $godiste > 2010 and $brstrana < 300
return
<knjiga>
<naziv>{$naziv}</naziv>
</knjiga>

```

Sledeći upit će izlistati za sve članove i sve knjige koje su zadužili.

```

xquery version "3.0";
for $clanovi in
doc("/db/mojXML/biblioteka.xml")/biblioteka/clanovi/clan,
$knjige in
doc("/db/mojXML/biblioteka.xml")/biblioteka/knjige/knjiga,
$zaduz in
doc("/db/mojXML/biblioteka.xml")/biblioteka/zaduzenja/zaduzene
let $naziv := $clanovi/imePrezime/text()

```

```

let $knjiga := $zaduz/knjigaIDREF/text()
let $nazivKnjige := $knjige/naziv/text()
let $clan := $zaduz/clanIDREF/text()
where $knjiga=$knjige/id and $clan=$clanovi/id
return
<SpisakClanova>
<imeClana>{$naziv}</imeClana>
<nazivKnjige>{$nazivKnjige}</nazivKnjige>
</SpisakClanova>

```

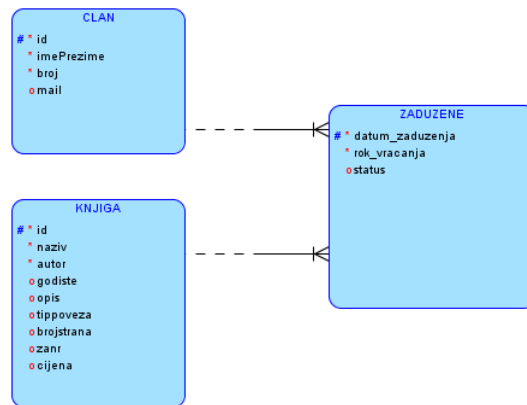
Primjetimo, ovdje smo koristili intra-dokument vezu.

4. IZVEŠTAVANJE IZ XML BAZE PODATAKA

U ovom dijelu rada ćemo prikazati kako se XQuery može kombinovati sa HTML-om kako bi bez ikakvih dodatnih sofvera dobili lijep i čitljiv prikaz podataka direktno iz baze.

Ugrađen Xquery je napredniji od SQL-a jer sa SQL-om i tradicionalnim relacionim bazama možemo samo izvlačiti podatke dok sa Xquer-ijem ih možemo predstaviti (npr. u formi HTML-a). Kroz eXistdb osim XML baza podataka i upita nad njima, kroz XQuery, takođe možemo raditi Web aplikacije, dakle kombinovati HTML i XML.

Jedan od softvera za izvještaje kod relacionih baza jeste iReport. U njemu se, koristeći SQL, prikazuju podaci iz relacionih baza. ERD model ovakve jednostavne relacione baze je dat na slici 3. gdje imamo samo tri tabele: knjiga, član i zadužene. Prikaz jednog od izvještaja je dat na slici 4.



Slika 3. ERD model relacione baze

Spisak clanova

Biblioteka

Id_clana	Ime	Prezime	Broj	Mail
Student				
09-003i	Anton	Jurovicki	027160013	anton.jurovicki@10g.acad.me
09-007i	Adnan	Plakalo	028811005	adnan.plakalo@10g.acad.me
09-008i	Armin	Alibasic	028744164	armin.alibasic@10g.acad.me
09-029i	Stefan	Vojsodic	028811001	stefan.vojsodic@10g.acad.me
09-034i	Hans	Bajraktarevic	028811013	hans.bajraktarevic@10g.acad.me
09-035i	Kristian	Camaj	028811002	kristian.camaj@10g.acad.me
11-006p	Arabela	Kadic	028744166	arabela.kadic@10g.acad.me
Kolege				
Bijana Stamatovic	Bijana	Stamatovic	028744167	bijana.stamatovic@10g.acad.me
Nela Milosevic	Nela	Milosevic	028811004	nela.milosevic@10g.acad.me
Zvezdan Vukanovic	Zvezdan	Vukanovic	028744168	zvezdan.vukanovic@10g.acad.me

Slika 4. Izvještaj – Spisak svih članova

Korišćeni SQL upit je jednostavan ali nam je za ovakav prikaz podataka potreban dodatni softver. Bez ovog softvera SQL upit bi vratio rezultate u kolonama i redovima, kroz izgrađenu aplikaciju, kao što je prikazano na slici 5.

ID_CLANA	IME	PREZIME	BROJ	MAIL
09-003i	Anton	Jurovicki	09-003i	anton.jurovicki@unizg.hr
09-007i	Adnan	Plakalo	09-007i	adnan.plakalo@unizg.hr
09-008i	Armin	Alibasic	09-008i	armin.alibasic@unizg.hr

Slika 5. Prikaz sql upita bez dodatnog softvera

Što se tiče izvlačenja podataka iz XML baza možemo koristiti Xquery i prikazati jednostavno kao što bi ih kod relacionih baza prikazali sa SQL-om, međutim kada je potreban neki ljepši prikaz kao sa slike 3., kod XML-a nam nije potreban dodatni softver, poput iReport-a, već možemo kombinovati Xquery i HTML, CSS (Cascading Style Sheets) kao i XSL (eXtensible Stylesheet Language) i dobiti željene prikaze.

Prikazaćemo rezultate jednostavnog upita odrađenog kroz Xquery u kombinaciji sa elementima za liste iz HTML-a. Inače, mogućnosti su mnogo veće uz kombinaciju CSS-a ili XSL-a.

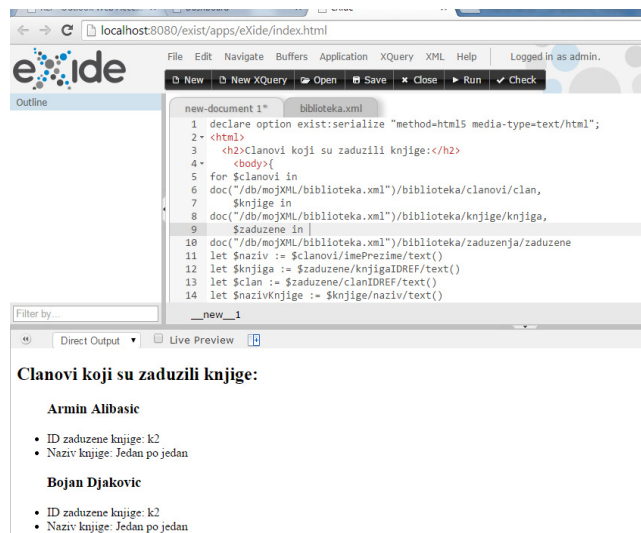
Za odgovor na pitanje *Kod kojih clanova je knjiga sa ID=k2?* koristimo sledeći Xquery upit:

```
declare option exist:serialize "method=html5 media-type=text/html";
<html>
  <h2>Clanovi koji su zaduzili knjigu:</h2>
  <body>{
for $clanovi in
doc("/db/mojXML/biblioteka.xml")/biblioteka/clanovi/clan,
  $knjige in
doc("/db/mojXML/biblioteka.xml")/biblioteka/knjige/knjiga,
  $zaduzene in
doc("/db/mojXML/biblioteka.xml")/biblioteka/zaduzenja/zaduzene
let $naziv := $clanovi/imePrezime/text()
let $knjiga := $zaduzene/knjigaIDREF/text()
let $clan := $zaduzene/clanIDREF/text()
let $nazivKnjige := $knjige/naziv/text()
where $knjiga=$knjige/id and $clan=$clanovi/id and
$knjiga='k2'
return
<ul>
<h3><{<nazivClana>{$naziv}</nazivClana></h3>
<li>
<idKnjige>ID zaduzene knjige: {<$knjiga></idKnjige>
</li>
<li><NazivKnjige>Naziv knjige:
{<$nazivKnjige></NazivKnjige></li>
</ul>

  }</body>
</html>
```

Napomena: napravljen je takav model da se jedna knjiga vodi pod jednim ID-ijem, a možemo imati više primjeraka iste knjige. Zbog ovoga, jednim upitom možemo pronaći kod koga su sve primjerci knjige čiji je ID zadat.

Rezultat upita je prikazan na slici ispod:



Slika 6. Prikaz članova koristeći HTML i XQuery

5. ZAKLJUČAK

Ukoliko imamo dobro strukturirane podatke najbolji način za skladištenje i efikasno upravljanje podacima jeste u okviru relacionih baza podataka koje su danas najrasprostranjenije. Za polustrukturirane podatke – oni koji nemaju jasno definisanu strukturu - najbolje je koristiti XML. Za izvlačenje i prikazivanje podataka prednost je na strani XML baza podataka jer rezultate možemo i prikazati koristeći Xquery uz HTML, CSS. XML je jednostavno najrobusnija, najpouzdanija i najfleksibilnija dosad izumljena sintaksa za dokumente. [4]

LITERATURA

- [1] Ronald Bourret, Mapping DTDs to Databases,, <http://www.rpbourret.com/xml/DTDToDatabase.htm>, (last update 2005)
- [2] Pavlović-Lažetić, Gordana, Native XML Databases vs. RelationalDatabases in dealing with XML documents, Kragujevac J. Math, 2007.
- [3] Timothy Ross, XML, Managing Data Exchange, Global media, ISBN 978 81 89940 88 1, 2007.
- [4] Elliotte Rusty Haroldm, W. Scott Means, XML za programere (prevod), Mikro knjiga, 2006.

INDEKS AUTORA

A

Alibašić Armin 232

B

Bauk Sanja 39
 Blagojević Marija 19
 Bojović Hristina 144
 Bojović Risto 144
 Božović Maja 19
 Brajović Miloš 192, 208
 Bukilić Budimir 180

Č

Čingoski Vlatko 156, 160, 164, 168, 172
 Čitkuševa Dimitrovska Biljana 148
 Čučaković Aleksandar 124

Ć

Ćalasan Martin 140

D

Daković Miloš 208
 Daković Novica 43
 Damjanović Dalibor 60
 Dedić Aleksandar 68
 Domazetović Bojan 200
 Dragović Magdalena 124

Dž

Džakula Branko 188, 196
 Džankić Radoje 39

Đ

Đokić Milošević Biljana 124
 Đordan Bojan 152
 Đukanović Slobodan 192, 196

G

Gelev Sašo 156, 160, 164, 168, 172
 Golubovski Roman 156, 160, 164, 168, 172
 Grbović Ana 152

H

Hao Chen 140

I

Ivanović N. Veselin 96

J

Janković Dragan 108
 Jevremović Zoran 19
 Jevtović Miloško 136
 Joksimović Gojko 140
 Jovanović Ana 35
 Jovanovski Srđan 96, 176
 Jovović Mirko 180

K

Klepov Goran 164
 Kočan Enis 200
 Končar Jelena 116
 Kosanović Miloš 128
 Kosanović Mirko 128
 Kostadinova Slavica 160
 Krivokapić Bogdan 184
 Krstajić Božo 11, 15, 204
 Kukuševa Paneva Maja 148, 156

L

Lazović Luka 35
 Leković Sonja 116
 Lutovac Budimir 31

Lj

Ljucović Jelena 216

M		Sisojević Branislav	88
Marić Milan	104	Srdanov Aleksa	76
Matijević Tripo	220	Srećković Milesa	124
Medenica Maja	104	Stamatović Biljana	232
Milenković Aleksandar	108	Stanković Ljubiša	208
Milivojević Zoran	120, 132, 136	Stefanov Goce	148, 156, 164, 168, 172
Milošević Ivan	144	Stefanović Radiša	76
Mirković Bogdan	23, 27	Š	
Moračanin Vidoje	132	Šandi Stevan	204
Mrdak Vladana	15	Šarac Vasilija	52, 56, 168
Mulešković Mirza	100	Šćepanović Snežana	220
O		Šekara B. Tomislav	47
Obradović Ivan	220	Šendelj Ramo	212, 216, 224
Obradović Milovan	112	Šoć Nikola	140
Ognjanović Igor	212	Šoškić Jelena	31
Ognjanović Ivana	212, 216, 224	Šuh Jelena	88
P		T	
Panev Ace	156	Tatar Saša	220
Papić Miloš	19	Temelkovski Ordan	172
Parezanović Duško	72	Tomović Dejan	224
Pavićević Duško	104	Tomović Slavica	80, 84
Pejanović-Đurišić Milica	84, 184	U	
Popović Blažo	92, 176	Urošević Uglješa	184
Popović Dejan	1	Uskoković Zdravko	11, 96
Popović Maneski Lana	1	V	
Popović Tomo	7, 204	Veličković Zoran	120, 136, 184
Prlićević Bojan	120	Velkov Tomče	156
R		Veljović Zoran	184
Radojičić Marija	220	Vidaković Dragan	72
Radonjić Milutin	80, 84	Vojinović Ranko	92
Radović Nevena	96	Vujičić Vladan	140
Radulović Milovan	43, 47	Vujović Stefan	192
Radusinović Igor	80, 84	Z	
Rašović Aleksandar	228	Zečević Žarko	11
Ratković Matija	80	Ž	
Ratković Kovačević Nada	124	Žarić Nikola	80
Ristić Aleksandar	60	S	
Rubežić Vesna	35	Salković Edin	64
S		Savić Nataša	132

CIP - Каталогизација у публикацији
Национална библиотека Црне Горе, Цетиње

ISBN 978-86-85775-16-1
COBISS.CG-ID 27237136

ISBN 978-86-85775-16-1



9 788685 775161 >