

Нов модел за мониторинг во медицината базиран на интеграција на RFID и WSN технологиите

Билјана Кумпанијоска, Митко Богдановски

Анстракт— RFID (radio frequency identification) и WSN (wireless sensor network) се две значајни безжични технологии кои имаат широк спектар на примена и неограничени можности за идна употреба. RFID се користи за детекција и лоцирање на објекти, а WSN за набљудување и мониторинг на околината. Интеграцијата на RFID и WSN го проширува нивниот потенцијал и примена, бидејќи освен информации за идентитетот и локацијата, се добиваат и информации за условите на објектот кој се надгледува. Овозможена е изградба на „паметни болници“, со што се подобрува квалитетот на третманот на пациентите и ефикасноста на работата во болниците, како и мониторинг и поддршка за постари и хронично болни лица надвор од болниците, обезбедувајќи здравствена заштита било каде, во било кое време. Во трудот е даден опис на RFID и WSN технологиите, интеграција на овие две технологии, можни архитектури и примери од поновите истражувања, патенти, академски и индустриски решенија. На крај, претставени се иновативни решенија за примена на интеграцијата на RFID и WSN во и надвор од болниците.

Клучни зборови— RFID, WSN, интеграција, медицина, паметни јазли, сензор-тагови

I. ВОВЕД

Изминативе неколку години во академските кругови и индустријата, парадигмата наречена „Internet of the things - IoT“ станува се поактуелна. Оваа парадигма главно се базира на идејата дека во иднина, Интернетот нема да ги поврзува само луѓето и податоците, туку ќе ги поврзува и објектите. Така, сеприсутните објекти од секојдневниот живот стануваат поинтелегентни, може да се означуваат и вмрежуваат, може да комуницираат меѓу себе и да соработуваат со своите соседни компоненти. Интернетот ќе може да ги детектира и мониторира промените во физичкиот статус на поврзаните објекти преку сензори и RFID во реално време. Интеграцијата на различните IoT технологии (WSN, RFID, Bluetooth, ZigBee, 6LoWPAN, Wi-Fi) и различните уреди, ќе овозможи развој на бројни апликации со широка примена во секојдневниот живот, особено во доменот на медицината и здравствената заштита.

RFID и WSN, како посебни технологии, денес имаат широка примена во медицината во апликации како итна

медицинска помош, рехабилитација од удар, дентални импланти, како и следење на персоналот и опремата во болниците. Со комбинација на карактеристиките на RFID (идентификација и позиционирање) и WSN (набљудување, идентификација, позиционирање, комуникација со повеќе скокови) нивните потенцијали и примена се прошируваат.

Во овој труд се дискутира интеграцијата на RFID и WSN, а акцентот е ставен на примената на интеграцијата на овие две технологии во медицината.

Во Секција III накратко се дискутира за RFID технологијата, за видовите RFID тагови според изворот на напојување и радио фреквенцијата. Секцијата IV ги опишува безжичните сензорски мрежи, комуникациската архитектура кај WSN и безжичната поврзаност со WSN. Секцијата V дискутира за предностите од интеграцијата на RFID и WSN технологиите, а се дефинираат и неколку апликативни сценарија. Во секција VI се претставува класификација на различни архитектури на интегрирани RFID и WSN, а се опишуваат и академски и индустриски решенија за поединечните архитектури. Примената на интеграцијата на RFID и WSN во медицината се опишува во Секција VII, каде се претставуваат апликации за следење на пациенти и опрема во болниците, интелигентни системи за следење на кеси со крв, системи за безжичен мониторинг и домашна заштита, како и мобилни телемедицински услуги. Во Секција VIII се даваат заклучни согледувања за примената на интеграцијата на RFID и WSN во медицината.

II. ПОВРЗАНА ЛИТЕРАТУРА

Направени се повеќе обиди за класификација на интеграцијата на RFID и WSN [1]-[3] и нејзината примена во медицината [3].

Во [3] се опишани три класи на интеграција: 1) интеграција на RFID тагови со сензори, каде интегрираните сензор-тагови понатаму се делат на сензор-тагови со ограничени способности и сензор-тагови со проширени комуникациски способности, 2) интеграција на RFID читачи со безжични сензорски јазли и 3) мешана архитектура. Претставени се и неколку апликации на интеграцијата во здравствената заштита и следење на синџирот на набавки.

Подетална анализа на некои од поновите истражувања, решенија/патенти и апликации кои интегрираат RFID и WSN е дадена во [1]. Според различните начини за

интеграција, таму е направена класификација во четири класи: 1) интеграција на RFID тагови со сензори, 2) интеграција на RFID тагови со WSN јазли и безжични уреди, 3) интеграција на RFID читачи со WSN јазли и безжични уреди, и 4) мешана архитектура од RFID и сензори. Опишани се и повеќе академски и индустриски решенија за примена на интеграцијата на RFID и WSN. Претставени се разликите меѓу RFID и WSN, а преку тоа се потенцира мотивацијата за нивна интеграција. Дефинирани се и неколку апликативни сценарија на интеграцијата на RFID и WSN.

Трите главни придобивки од интеграцијата на RFID и WSN се опишани во [3]: проширување на нивните способности и функционалност, скалабилност-мобилност и намалување на непотребните трошоци. Примери за примена во медицината кои се претставени во [3] се: прототип за мониторинг на здравјето базирано на активни сензор-тагови, систем за мониторинг на постарите луѓе и помош при земањето лекови [4], систем за следење и мониторинг на кеси со крв во болниците, примена на пасивен RFID сензор-таг за ефективна дијагноза на гастроентерофегална рефлуксна болест и RFID базиран RTLS, со кој медицинските сестри се снабдуваат со информации за локацијата на пациентот во итни случаи [5].

III. RFID ТЕХНОЛОГИЈА

RFID е генерички поим кој се користи за опишување на систем кој безжично, со помош на радио бранови, пренесува идентитет (во форма на единствен сериски број) на објект или лице. Оваа технологија спаѓа во групата на технологии за автоматска идентификација.

За разлика од сеприсутната UPC технологија, базирана на бар-кодovите, RFID технологијата не побарува контакт или оптичка видливост за комуникација. RFID податоците може да се читаат и преку човечкото тело, облека и неметални материјали.

Основниот RFID систем се состои од три компоненти: таг, читач и host компјутер (Слика 1). RFID тагот се состои од микрочип и радио антена. Тагот има единствен идентификационен број (ID) и меморија која ги зачувува дополнителните податоци како име на произведувачот, тип на производот, како и фактори за околината како температура, влажност и сл.

Во типична RFID апликација, таговите се прикачени или додадени во објектите кои треба да се следат или идентификуваат. Преку читање на идентификаторите (ID) на таговите и нивно поврзување со базата на податоци, се овозможува мапирање меѓу ID-то и објектот, со што читачот може да го мониторира соодветниот објект [1].



Слика 1: Основен RFID систем

Аntenата од RFID читачот емитува радио сигнали за активирање на тагот и за читање и запишување податоци

на него. Читачот емитува радио-бранови во одреден домет чија големина се менува во зависност од радио фреквенцијата која се користи. Кога RFID тагот поминува низ електромагнетната зона, го детектира активациониот сигнал од читачот. Читачот ги декодира податоците во интегрираното коло на чипот и ги предава на host компјутерот за понатамошна анализа и процесирање.

Податоците пренесени од тагот овозможуваат информации за идентификација или локација, или специфични информации за означениот објект како цена, боја, датум на набавка и сл.

A. Видови на RFID тагови

Врз основа на изворот на напојување, RFID таговите може да се класифицираат во три главни категории: активни тагови, пасивни тагови и полупасивни тагови [2], [6].

Пасивните тагови немаат батерија, па ги користат радио брановите на читачот како извор на енергија на нивните преноси. Секој пасивен таг содржи антена која е потребна за собирање на електромагнетната енергија од антената на RFID читачот, но и за рефлектирање на дел од енергијата назад до читачот. Читачот испраќа електромагнетни бранови кои индуцираат струја во антената на тагот, тагот го рефлектира пренесениот сигнал и додава информации преку модулација на рефлектираниот сигнал.

Освен тоа, таговите имаат кола со предавател/приемник, кола за генерирање енергија и логика на машината на состојби, која е потребна за следење на RFID протоколот и за поддршка на комуникацијата помеѓу читачот и таговите.

Полупасивните тагови комуницираат на сличен метод како пасивните тагови, меѓутоа користат батерија за одржување на меморијата во тагот или за напојување на електрониката која се користи за модулација на рефлектираниот сигнал.

Активните тагови се напојуваат од внатрешна батерија, која се користи за работа на струјните кола во микрочипот, како и за пренос на сигналот до читачот. Активните тагови се многу помоќни од пасивните или полупасивните тагови. Така, тие имаат поголем домет/меморија и повеќе функции, но и повисока цена.

RFID читачот е способен да чита и/или запишува податоци на таговите преку безжичен пренос. Врз основа на типот на меморијата, RFID таговите може да се класифицираат во две категории: тагови со меморија за читање и запишување (може да се запишат 32 до 128 kBytes), и тагови со меморија само за читање.

B. Радио фреквенција

RFID таговите работат во три фреквентни опсези: ниска фреквенција (LF, 30~500 kHz), висока фреквенција (HF, 10~15MHz) и ултра висока фреквенција (UHF, 850~950MHz, 2.4~2.5GHz, 5.8GHz) [1].

LF таговите се доволно брзи за многу апликации и се поефтини во однос на HF таговите, но имаат пократок домет и помали брзини за читање. Типични апликации за LF таговите се контрола на пристап, идентификација на животни и контрола на инвентар. Најчести фреквенции кои се користат за LF таговите се 125~134.2 kHz и 140~148.5 kHz.

HF таговите имаат среден опсег и брзина на пренос, но се поскапи од LF таговите. Типични апликации на HF тагови се контрола на пристап или паметни картички, кои работат на 13.56MHz.

UHF таговите имаат најголем домет и брзина на пренос. Опсегот е 3-6 метри кај пасивните тагови, а повеќе од 30 метри кај активните тагови. Големата брзина на пренос им овозможува на UHF таговите читање во многу кратко време. Оваа карактеристика е многу важна во апликации каде означените објекти се движат многу брзо и остануваат во рангот на читачот само за кратко време, како автоматизирани системи за наплата на патарина или мониторинг на железнички сообраќај. Типични фреквенции на UHF таговите се 868MHz (Европа), 915MHz (САД), 950MHz (Јапонија) и 2.45GHz.

RFID е комуникација со единечен скок и не постои комуникација меѓу RFID таговите [8].

RFID читачот емитува до сите тагови кои се во неговиот домет, избира одреден таг за комуникација и разменува информации со избраниот таг. Овој процес е доста комплексен кога во опкружувањето има голем број тагови или кога два или повеќе читачи се препокриваат. Затоа, потребни се дополнителни техники за избегнување на колизија, за да се гарантира дека комуникацијата е организирана на структуриран начин, така што ќе се овозможи сите тагови да учествуваат во овој процес. За надминување на проблемот со колизијата, оваа технологија користи два вида техники за антиколизија. Првата е базирана на резервација (TDMA/FDMA/CDMA) и истата гарантира комуникација без колизија, додека другата е базирана на натпреварување (Слотирана ALOHA/CSMA) и истата работи на децентрализиран начин, но проблемот тука е што понекогаш се појавува колизија. RFID користи backscatter техника и оперира во UHF опсег меѓу 865-956MHz. Тоа овозможува домет помеѓу 3-4m користејќи 30cm антена на читачот и 10cm антена на тагот.

Денес, RFID има широка примена во следењето на синџирот на набавки, управување со залихи во малопродажба, контрола на пристапот за паркирање, следење на книги во библиотека, маратонски трки, следење на авионски багаж, електронски сигурносни клучеви, наплата на патарина, заштита од кражба, како и во здравствената заштита.

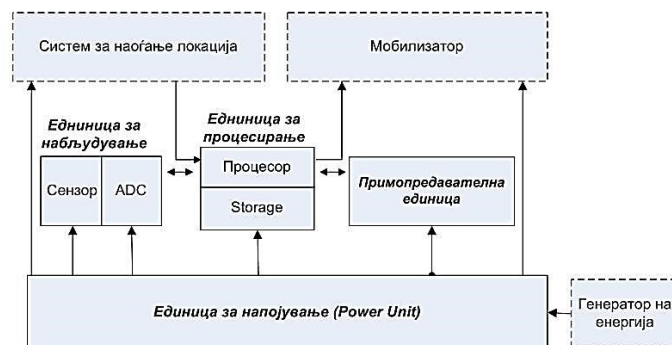
IV. WSN

Безжичната сензорска мрежа – WSN, е систем кој е способен за самостојна работа (self-configuring, self-networking, self-diagnosing, self-healing), во времетраење од недели до години, што ги прави овие мрежи атрактивно решение за многу апликации за мониторинг на околина, биомедицински надгледувања, дистрибуиран надзор, здравствена заштита, контрола на пристап и слично [7]. Безжичната сензорска мрежа се состои од голем број густо поставени сензорски јазли кои може да бидат поставени на земја, во воздух, во возила, во згради, па дури и во човечките тела. Идејата за WSN се базира на колаборативен труд и соработка меѓу голем број јазли,

кои имаат компоненти за набљудување, процесирање на податоци и компоненти за комуникација [9].

A. WSN комуникациска архитектура

Сензорскиот јазол е составен од четири основни компоненти: Единица за набљудување, единица за процесирање, примопредавателна единица и единица за напојување. Во зависност од примената, може да има и дополнителни компоненти, како систем за наоѓање на локација, генератор на енергија и мобилизатор (Слика 2). Единиците за набљудување обично се состојат од два дела: сензори за читање светлина, температура, звук, притисок или слични физички параметри, и аналого-дигитални конвертори (ADCs). Аналогните сигнали произведени од сензорите врз основа на надгледуваниот феномен (објект или појава) се конвертираат во дигитални сигнали со ADC, а потоа се внесуваат во единицата за процесирање. Процесирачката единица, која генерално има мал капацитет на меморија, управува со процедурите преку кои сензорот може да соработува со другите јазли за да ги изврши доделените задачи за набљудување. Кога се избира процесирачка единица, многу се важни потрошувачката на енергија, потребната големина на чипот, пресметувачката моќ и меморијата на чипот.



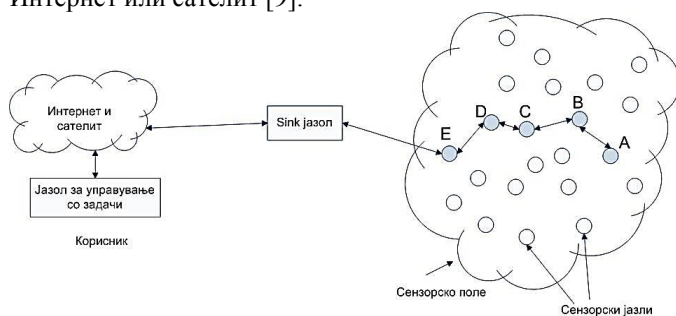
Слика 2: Компоненти на сензорски јазол

Единицата на примопредавателот ги поврзува јазлите во мрежата. Изборот на примопредавател со ниска потрошувачка на енергија е круцијален за систем со ниска потрошувачка, бидејќи енергијата која ја троши примопредавателот завзема најголем дел од потрошувачката на целиот систем. Уште една важна компонента на сензорските јазли е изворот на енергија. Управувањето со батеријата е важна во WSN, бидејќи батеријата не може да се замени.

Сензорските јазли обично се расфрлани во сензорското поле како на Слика 3. Секој од дистрибуираните сензорски јазли има капацитет за да собира податоци, да ги процесира и да ги рутира до sink јазолот, кој е агрегат на сите или некои од информациите. За да се намали потребата од пренос на големи растојанија, а со тоа и да се постигне ефективна употреба на енергијата, се користи безжична комуникација со повеќе скокови за препраќање на податоците.

Ако сите јазли комуницираат директно со sink јазолот, оптеретеноста во комуникацијата, особено на долги растојанија, брзо ќе ги пресуши мрежните енергетски ресурси. Затоа, сензорите работат на самоорганизиран и децентрализиран начин, со што се одржува најдобра

поврзаност што е можно подолго и се овозможува комуникација со повеќе скокови. Sink јазолот може да комуницира со јазолот за управување со задачи преку Интернет или сателит [9].



Слика 3: Сензорски јазли

Локалното процесирање, исто така, помага за ефективна употреба на енергијата. Така, сензорските јазли се опремени со on-board процесор, па наместо да испраќаат необработени податоци, тие ги користат своите процесирачки способности и ги испраќаат само потребните и делумно обработените податоци, со што значително се намалува времето на пренос.

Како што е опишано во [9], стекот на протоколи кои се користат од sink јазолот и сензорските јазли се состои од апликациско ниво, транспортно ниво, мрежно ниво, податочко ниво, физичко ниво, рамнина за управување со моќноста, рамнина за управување со мобилноста и рамнина за управување со задачи.

Во зависност од задачите за набљудување, на апликациско ниво може да се вградат и користат различни типови на апликациски софтвер. Транспортното ниво помага во одржувањето на текот на податоци, доколку сензорската мрежа го побара тоа. Ова ниво е особено важно кога кон системот се пристапува преку Интернет или други надворешни мрежи. Мрежното ниво се грижи за рутирање на податоците кои се доставени од транспортното ниво. MAC протоколот се грижи за креирање на мрежната архитектура, воспоставување на комуникациски линкови за трансфер на податоци, како и за фер и ефикасна употреба на комуникациските ресурси помеѓу сензорските јазли. Физичкото ниво ги адресира потребите за едноставна, но робустна модулација, пренос и техники за примопредавање.

Понатаму, рамнините за управување со моќноста, мобилноста и задачите ги мониторираат енергијата, движењето и распоредувањето на задачите помеѓу сензорските јазли. Рамнината за управување со моќноста управува со тоа како сензорскиот јазол ја користи неговата енергија. Рамнината за управување со мобилноста ги детектира и регистрира движењата на сензорските јазли. Рамнината за управување со задачите ги балансира и распоредува и задачите за набљудување кои се доделени на одреден регион/област. Овие рамнини за менаџирање се потребни за да се овозможи ефективна соработка меѓу сензорските јазли, делење ресурси и заштеда на енергија.

B. Безжична поврзаност

Како резултат на потребата за стандард кој ќе ги исполни барањата за ниска цена и потрошувачка на енергија на безжичните мрежи, развиен е ZigBee стандардот [8]. ZigBee е софтверски стандард кој е на врвот од IEEE802.15.4 безжичните стандарди за пренос на податоци со мала брзина. ZigBee безжичната технологија ја одредува мрежата, безбедноста и апликациските слоеви, а IEEE802.15.4 ги одредува физичкото (PHY) и Media Access Control (MAC) нивото. IEEE802.15.4 работи во 2.4GHz ISM опсег и може да поддржи до 250kb/s брзина на пренос на податоци во домет од 10 до 70m. ZigBee е дизајниран за да ги надополни Bluetooth и Wi-Fi технологиите. Овозможува поддршка за вмрежување на голем број на јазли (преку 65000).

Hybrid star-mesh топологијата имплементирана во ZigBee овозможува робустна и сестрана комуникациска мрежа со ниска потрошувачка на енергија и ниска латентност. Хиерариската топологија ги групира јазлите така што cluster sink јазлите може да прават агрегација и редукција на податоците со цел да заштедат енергија. ZigBee е нискоенергетска мрежа која што може да оперира со години, само со употреба на пар AA батерии, мало временско задоцнување (од состојба на спиење /sleep state/ до будна состојба потребни се 15ms, а за поврзување на мрежата се потребни 30ms) и е високо безбедна мрежа бидејќи користи Напреден Стандард за Криптирање (AES-128bit) за енкрипција и автентикација. ZigBee може да се користи во прекинувачи на светло, греење, вентилација, клима уреда, мерење на струја, плин, вода, наводнување, индустриски постројки, медицински уреди и мониторинг на околината.

WSN може да биде базирана на IP или не-IP протоколи. 6LowPAN (Безжични персонални мрежи со мала моќност кои се базираат на IPv6) стандардот (IPv6 преку 802.15.4) е развиен во IETF и претставува стандарден Интернет протокол за адаптирање за потребите на WSN и со тоа да се овозможи стандардизација на работата на IP апликациите. 6LowPAN се развива заедно со ZigBee стандардот. Во овој процес секој сензорски јазол ќе биде снабден со IPv6 адреса и тие ќе бидат директно поврзани со IP мрежата.

V. ИНТЕГРАЦИЈА НА RFID И WSN

RFID и WSN се две значајни технологии кои имаат широка примена и неограничени потенцијали за идна употреба. RFID овозможува детекција и идентификација на објекти кои не се откриваат лесно со постоечките сензор технологии, но истите не нудат информации за условите на детектираните објекти. Сензорите, од друга страна, овозможуваат информации за условите на објектите и околината. Интеграцијата на RFID и WSN ја максимизира нивната ефективност и дава нови перспективи за широк опсег на корисни апликации. Резултирачката интегрирана технологија се карактеризира со проширени капацитети, скалабилност и мобилност, како и намалени непотребни трошоци [3].

Во [2] се дискутираат разликите меѓу RFID и WSN технологиите. RFID и WSN претставуваат две

комплементарни технологии, а постојат и голем број предности од спојувањето на овие две технологии. RFID се многу поефтини од сензорските јазли. Во некои WSN апликации поекономично решение е да се користат RFID тагови, наместо сензорски јазли. Уште повеќе, бидејќи објектот во кој е вграден RFID тагот може да се следи, RFID технологијата овозможува надолжување на безжичните сензорски мрежи во следењето на објекти кои инаку се тешки/невозможни за следење. И WSN нуди бројни предности во однос на традиционалните RFID системи. Сензорите може да овозможат различни набљудувачки капацитети на RFID таговите, внесуваат логика во јазлите, со што се овозможува RFID читачите и таговите да имаат интелигенција. Исто така, се овозможува RFID системот да работи во повеќе скокови, со што потенцијално се проширува неговата примена. Со комбинација на карактеристиките на RFID (идентификација и позиционирање) и WSN (набљудување, идентификација, позиционирање, комуникација со повеќе скокови), се дефинираат неколку апликативни сценарија за комбинација на RFID и WSN вклучувајќи:

1. Интеграција во која RFID се користи за идентификација, а WSN се користи за набљудување:

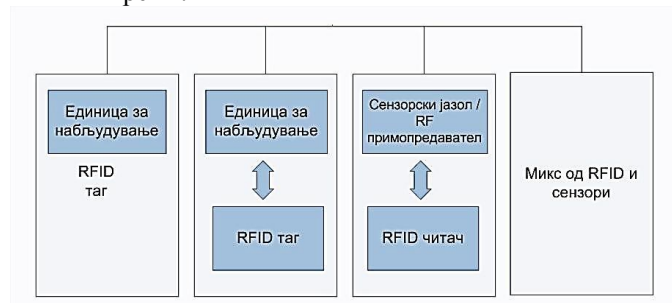
- Сензорите и RFID таговите се прикачуваат на ист објект. Може да се користат за следење на температура, PH вредност, вибрација, аголна наклоненост, крвен притисок, пулс на срце и слично. Комуникацијата обично се постигнува преку RFID протоколи.
- RFID тагот се прикачува на објект, а WSN се користи за набљудување на објектот. Пример за оваа апликација е музеј, каде RFID читачот е интегриран во камерата, а таговите се прикачени на објектите во музејот. Откако објектот ќе се регистрира, RFID може да овозможи дополнителни информации за истиот.
- RFID тагот е прикачен на објектот, а WSN се користи за чувствување на околината. Типична апликација вклучува мобилни роботи кои се базираат на RFID за детекција на нечувствителни објекти и на WSN за собирање информации за температура, влажност и други информации поврзани со околината.

2. Интеграција во која и RFID и сензорите се користат за идентификација на објекти или луѓе. Репрезентативна апликација за тоа е кога RFID информацијата од тагот може да се прочита само со „fingerprint scan“ автентикација.
3. Интеграција во која WSN се користи за обезбедување локација, а RFID се користи за идентификација на објекти или луѓе, или пак како помош на позиционирањето кое се прави со сензори.
4. Интеграција во која WSN се користи за обезбедување комуникација со повеќе скокови, а RFID за идентификација и следење објекти или луѓе. Типична апликација се мрежи за здравствена заштита на постари луѓе.

VI. АРХИТЕКТУРА НА ИНТЕГРИРАНИ RFID И WSN

Направени се повеќе обиди за класификација на интеграцијата на RFID со WSN [2,3], но најопфатна класификација е дадена во [2]. Така, опишани се четири класи на интеграција (Слика 4):

- Интеграција на RFID тагови со сензори,
- Интеграција на RFID тагови со безжични сензорски јазли,
- Интеграција на RFID читачи со безжични сензорски јазли или безжични уреди и
- Микс на RFID системи и безжични сензорски мрежи.

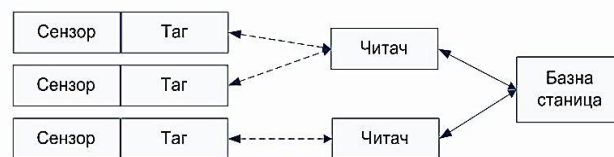


Слика 4: Класификација на интегрирани RFID и WSN

А. Интеграција на RFID тагови со сензори

Интеграцијата во оваа класа овозможува додавање на способности за набљудување на RFID таговите. RFID таговите со сензори (сензор-тагови) се способни да ги примаат читањата на сензорот и да ги пренесат до читачот. Тие ги користат истите протоколи и механизми за читање на ID таговите како и за колекција на насетените податоци. Бидејќи интегрираните сензори во RFID таговите се користат само за набљудување, моменталните протоколи на овие RFID тагови се базираат на комуникации со единечен скок.

Во оваа архитектура, интегрираните сензор-тагови се користат за собирање на насетените информации во врска со околината, постоечките услови и асоцираните објекти. Интеграцијата на RFID со сензорските јазли се базира на конверзија на аналогниот сигнал преку A/D модулот, а резултирачките податоци од читачите се препраќаат до базната станица. Системската архитектура е прикажана на Слика 5.



Слика 5: Системска архитектура на интегрирани сензор-тагови

Во зависност од појавите кои се чувствуваат/регистрираат, се разликуваат апликации: 1) во кои појавите мора константно да се надгледуваат и 2) кои побаруваат надгледување само на специфични временски интервали. Моменталните RFID апликации за набљудување опфаќаат мониторирање на физички

Сензор-таговете се инсталираат во конвенционални уреди, како на пример часовник кој го носи пациентот. Адаптирани се три различни сензори за мерење на температура, крвен притисок и пулс. Интегрираните сензори периодично земаат податоци за виталните знаци на пациентот, а потоа ги анализираат прелиминарните податоци. Читачите кои се инсталирани во возилата, работните канцеларии или домовите на пациентите, ги процесираат регистрираните насетените податоци, кои потоа се испраќаат до докторите преку Интернет. Сензор-тагот може да се поврзе со читачот и директно да испрати сигнал до докторот во итни случаи. Системот оперира во UHF 915MHz. SE-RFID читачот е директно поврзан со PC преку USB конекција. Ова овозможува критичните податоци да се зачувуваат во оддалечена база за понатамошни дијагнози.

Голем број на индустриски решенија кои користат WLAN RFID тагови се користат за системи за одредување на локација во реално време (real-time location systems - RTLSs). AeroScout T3 таговите се Wi-Fi базирани активни RFID тагови кои се користат во апликации за следење на опрема и луѓе во реално време во затворен и во отворен простор. Тагот има вграден температурен сензор, па за да се зачува батеријата, се интегрира со сензор за движење кој го оневозможува известувањето кога нема движење [5].

В. Интеграција на RFID тагови со WSN јазли и безжични уреди

Сензор-таговете од првата класа имаат ограничени комуникациски способности. Во high-end апликациите, можно е да се интегрираат RFID тагови со WSN јазли и безжични уреди, така што и интегрираните тагови ќе можат да комуницираат со повеќе безжични уреди, не само со читачите.

Врз основа на комплексноста и функцијата на интегрираниот јазол, се разликуваат:

- 1) WSN јазли со RFID способности,
- 2) напредни WSN јазли со повеќе антени кои освен RFID користат и други протоколи,
- 3) сензорски јазли во кои RFID таговете се прикачени за да се зачува батеријата или за обезбедување информација за идентификација.

Во класата 1), се разгледуваат WSN јазли кои се однесуваат како тагови на тој начин што тие имаат единствен ID број кој може да се користи за идентификација на објекти или луѓе. Јазлите од оваа класа може да имаат повеќе сензори и дополнителни комуникациски способности во споредба со RFID таговете: комуникација помеѓу јазлите за да се формира мрежа со повеќе скокови, формирање самоорганизирачка мрежа, како и користење на енергетско-ефикасни рутирачки протоколи за размена на информации.

Интегрираните тагови и WSN главно се базираат на постоечките безжични стандарди, како Zigbee и WLAN. Моменталните решенија, поради потребата за комуникација на голема далечина, главно вклучуваат UHF и микробранови фреквенции.

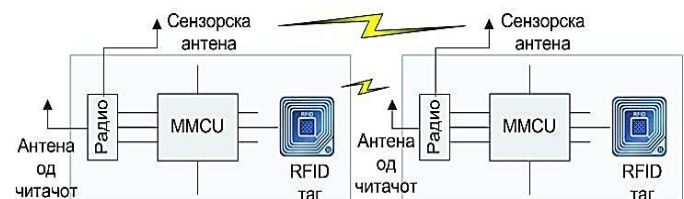
Интеграцијата дефинирана како класа 2), е поле отворено за истражувања во кое во моментот постојат мал број на решенија. Тука се разгледува Zigbee технологија за активен RFID систем. Придобивките од таков систем се овозможувањето на комуникација помеѓу читачот и серверот, помеѓу два читачи, помеѓу читач и активен RFID таг и помеѓу два активни RFID тагови со употреба на истиот ZigBee протокол. Активниот RFID таг е всушност Zigbee-оспособен WSN јазол со додаден идентификациски број.

Класата 2) вклучува напредни WSN јазли со RFID карактеристики. Платформата со безжичен паметен сензор, за комуникација во точка-до-точка топологија, користи безжични технологии како Wi-Fi, Bluetooth и RFID. Платформата користи надворешни сензори кои се опремени со интерфејс на паметни сензори (smart sensor interface -SSI). Интерфејсот ги зема податоците од сензорите и овозможува податочен комуникациски интерфејс со централната контролна единица. Сензор/актуатор споен со SSI е паметен сензорски јазол. Архитектурата на паметен сензорски јазол е дадена на Слика 7.



Слика 7: Архитекура на паметен сензорски јазол

Класата 3) е комбинација од RFID и WSN во кои RFID може да се користи за будење на WSN јазолот. Секој сензорски јазол е интегриран со RFID таг и е снабден со RFID читачки способности. Постојат два сета на антени во секој јазол. Едниот е за RF сензорското радио за комуникација со сензорскиот јазол, а другиот е за RFID радиото. Составен дел на сензорскиот јазол е прикажан на Слика 8. Интегрираниот таг го слуша радиото на RFID читачот од соседните јазли. Ако се детектира активност во каналот, тагот го буди сензорот за да го слуша каналот, а потоа прима податоци преку RF сензорското радио. Доколку нема никаква активност, сензорскиот јазол останува во режим на спиење. Предложена е RFID-импулсна техника за да се елиминира напразното наслушување на јазолот, а на таков начин се зачувува енергијата која е критичен ресурс кај безжичните сензорски јазли. RFID-импулсната техника овозможува будење на сензорските јазли по барање.



Слика 8: Компоненти на интегрирани сензорски јазли

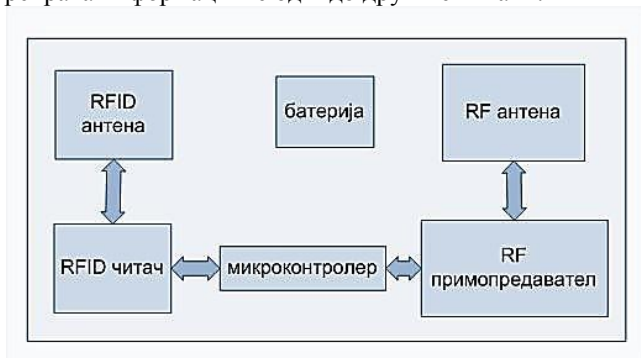
С. Интеграција на RFID читачи со WSN јазли и безжични уреди

Друг тип на интеграција на RFID и сензори е комбинацијата на RFID читачи со безжични сензорски јазли и безжични уреди. Интегрираните читачи се способни да регистрираат услови во околината, безжично да комуницираат едни со други, да ги читаат идентификациските броеви од означените објекти и ефективно да пренесуваат информации до host-от.

Според функциите кои се интегрирани на сензорските јазли, во [2] е направена поделба на моменталните решенија во 3 класи: 1) RFID читачи со прикачени сензори, 2) RFID читачи со WSN јазли, каде се прави разлика помеѓу системите во кои WSN јазлите се користат за обезбедување комуникација со повеќе скокови со мрежата на RFID читачи, и поинтелигентни читач/WSN единици кои може да регистрираат, читаат тагови, извршуваат основни операции/одлуки и да изведуваат комуникација со повеќе скокови со други WSN или читач/WSN единици и 3) RFID читачи интегрирани со сензори преку многу понапредни безжични уреди, како на пример цепни PC-а.

Во првата класа, RFID читачите се интегрирани со безжични уреди кои се користат за безжични комуникации во Wi-Fi стандард. Едно индустриско решение е ALR-9770 series multi-protocol RFID читачот, кој е развиен од компанијата Alien Technology.

Постојат повеќе академски и индустриски решенија за интеграцијата на RFID читачите и WSN од втората класа. Во [1] е претставена интеграција на RFID во ad hoc мрежа. Основната идеја на системот е RFID читачот да се поврзе со RF приемник кој има рутирачки функции и може да ги препраќа информациите од и до другите читачи.



Слика 9: Структура на интегрирани WSN јазол и RFID читач

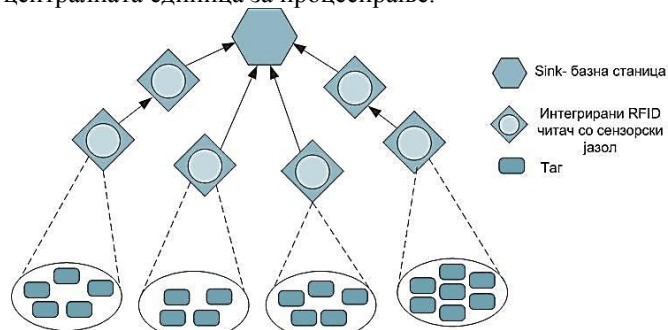
На Слика 9 е прикажан интегрираниот јазол кој се состои од RFID читач, RF приемник/предавател и микроконтролер кој ги контролира различните компоненти во јазолот. Микроконтролерот се користи и за контрола на RFID читачот и другите компоненти кои одат во мод на мирување, кога не се зафатени.

Интегрираните читачи во сензорските јазли популарно се наречени „паметни јазли“. Тоа се всушност сензорски јазли кои може да се користат како RFID читачи, но со додадени способности за набљудување. Паметните јазли можат да пренесуваат информации и да се конфигурираат како relay јазли во сензорската мрежа. Тие може да комуницираат меѓу себе со креирање на ad hoc комуникациска мрежа. Паметните јазли функционираат

како рутери и ги препраќаат информациите до бараната дестинација. Јазлите ги собираат информациите од RFID таговите во нивниот домет и комуницираат меѓу себе за да ги пренесат податоците до sink/базната станица. Архитектурата на оваа интегрирана мрежа е дадена на Слика 10.

Philips ICODE стандардот е адаптиран стандард за RFID системот. ICODE е индустриски стандард за HF RFID решенија. Има можност за читање од и запишување на тагот, а може да чита и до 200 тагови во секунда. Постојат голем број вградени платформи кои се достапни за RF приемниците, како Berkeley mote, Mica, Mica2, Mica2Dot и MCS Cricket произведени од CrossBow Technology.

Прототип на RFID и сензорски мрежи за здравствена заштита на постари лица е опишана во [13]. Системот се состои од повеќе сензори и RFID компоненти. Додадени се HF и UHF читачи во сензорските јазли, кои се користат главно за препраќање на информациите од читачите до централната единица за процесирање.



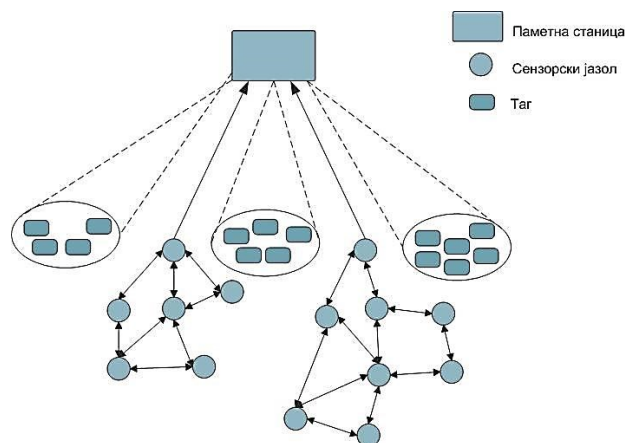
Слика 10: Интеграција на RFID читачи со сензорски јазли

За следење на шишенцата со лекови се користи UHF RFID читач, кој може да ги чита сите шишенца кои се во негов домет. Детекцијата и следењето на пациентите е овозможено со UHF таг кој асоциираниот читач може да го детектира на растојание 3-6 метри. Целта на понудениот прототип е да се следи квантитетот на лекови кои им се потребни на старите луѓе, но и да им се помогне да ги земаат истите во точна доза.

Во третата класа, RFID читачите и сензорите се комбинираат со мултифункционални уреди, како мобилни телефони и персонални дигитални асистенти (PDA). RFID-базираните сензорски мрежи кои се патентирани од Gentag овозможуваат да им се додадат сензорски мрежи на RFID читачите во безжичните уреди како мобилни телефони, PDAs, лаптопи [5].

D. Мешана архитектура од RFID тагови и сензори

Во оваа архитектура, RFID таговите и сензорите се физички одделени уреди кои работат независно, но коегзистираат заеднички во интегрирана мрежа. Предноста од ваква мешана архитектура е во тоа што не е потребно да се дизајнираат нови интегрирани јазли и сите операции и соработка меѓу RFID и WSN може да се направи на софтверско ниво.



Слика 11: Мешана архитектура од RFID тагови и сензорски јазли

Оваа архитектура, претставена на Слика 11, се состои од три типови уреди: паметни станици, RFID тагови и сензорски јазли [7]. Паметна станица е специјален уред кој се состои од RFID читач, микропроцесор и мрежен интерфејс. Тие се способни да ги собираат информациите од таговите и сензорските јазли, а потоа да ги пренесуваат собраните информации до базната станица. Бидејќи немаат ограничувања со енергијата, паметните станици може да ги користат традиционалните Интернет протоколи. Така, тие се користат не само за процесирање на податоците, туку и за рутирање на податоци. Комуникациски протокол кој може да се користи во ваква хетерогена околина е 802.11/WiFi технологијата.

Софтверска платформа за интеграција на RFID и WSN според предложената мешана архитектура е „RFID Anywhere“, која интегрира бизнис логика и процеси со најразлични технологии за собирање и рутирање на податоци. „RFID Anywhere“ овозможува ефикасна интеграција на RFID тагови/читачи, сензори за околина, бар кодови и мобилни уреди.

VII. ПРИМЕНА НА ИНТЕГРАЦИЈА НА RFID И WSN ВО МЕДИЦИНА

RFID и WSN, како посебни технологии имаат широка примена во медицината во апликации како итна медицинска помош, рехабилитација од удар, дентални импланти, како и следење на персоналот и опремата во болниците. Сепак, со интеграција на овие две технологии нивните потенцијали и примена се прошируваат. RFID и сензорските мрежи може да се користат за изградба на „паметни болници“, каде интеграцијата на двете технологии ја зголемува ефикасноста на работата на болниците, а трошоците значително се намалуваат. Исто така, се подобрува и квалитетот на третманот на пациентите, бидејќи е овозможен континуиран мониторинг, а докторите може полесно да бидат информирани во случаи на ненадејна промена на состојбата на пациентите. Нивната примена во лабораториски услови вклучува валидација на примероците на пациентите и подобрена точност на лабораториските резултати, следење на резервите со крв, валидација на крвната група на крвта и контролирано отстранување на отпадните материјали. RFID и WSN

технологиите може да се користат и за телемедицински услуги.

A. Генерална употреба на интегрирани RFID и WSN во медицината

Апликации на интегрирани RFID и WSN во медицината вклучуваат следење на температура [10], мерење на крвен притисок, пулс, или pH вредност [11].

Во [11] е опишана апликација во терапија со ортодонтски протези, каде ефикасноста на третманот многу зависи од времетраењето на носењето на протетското помагало. Ортодонтот треба да ја знае вредноста на овој параметар, за да може да го оптимизира порамнувањето на забите. За таа цел, во протезата на пациентот е вграден минијатурен сензор, а истиот периодично ја мери температурата на денталната протеза. Зачуваните вредности за температурата од сензорот се земаат преку безжичен RFID интерфејс до базната станица и се презентираат на PC или лаптоп, со што стоматологот се информира за употребата на протезата.

1) Примена на интегрирани RFID и WSN во болниците

Во овој дел, најпрво се опишани апликации за следење на пациенти, персонал [14] и опрема [15] во болниците, а потоа е даден пример за одржување и следење на осетливи медицински материјали/ кеси крв [18].

a) Следење на пациенти и опрема во болниците

Во [14] е опишана апликација со која се следи протекот на барањата и услугите на болничкиот персонал. За да може точно да се следи текот на луѓето во болницата, се користат преносни RFID и асоцирани RFID читачи, а сензорските мрежи се додадени на безжичната архитектура за да се подобри конекцијата и собирањето на податоци.

Во оваа апликација, RFID таговите се носат како пластични ленти околу зглобовите на пациентите. Докторите и сестрите може да имаат вградени RFID тагови во картичките за контрола на пристап во различни простории. Информациите за пациентите и болничкиот персонал се зачувани во база и се асоцирани со единствени ID-а за идентификација. RFID читачите кои може да бидат фиксни или мобилни, ги читаат ID-ата на таговите и преку безжичната мрежа ги препраќаат до DB серверот. Апликацијата има потенцијал да ја подобри грижата и третманот на пациентите, бидејќи може да се анализираат податоците за времето поминато во различните фази од третманот.

RadarFind [15] RTLS е систем со кој се овозможува следење на пациентите и опремата во болниците. Овозможена е и веб апликација преку која може да се мониторира локацијата и статусот на медицинската опрема, болничките кревети и медицинскиот персонал. RadarFind тагот има индикатор за промена на статусот: „достапен“, „во употреба“ и „за чистење“. RadarFind TempView системот за следење на температурата ја мониторира температурата на ладилниците во кои се чуваат за лекови, вакцини, примероци од ткива и крв. Може да се креираат извешти за собраните податоци, а

ако температурата ги надмине дозволените вредности се вклучува аларм како предупредување.

Универзитетската болница во Ghent во Белгија [5], има имплементирано RFID базиран RTLS со кој медицинските сестри се снабдуваат со информации за локацијата на пациентот во итни случаи. Имплементираната RFID сензорска мрежа може да детектира пациент кој има срцев удар и да испрати предупредување кое ја покажува локацијата на пациентот. Во оваа апликација се користат Aero Scout T2 активни Wi-Fi тагови кои го пренесуваат ID-ата од таговите до болниците преку Wi-Fi мрежа. Слично решение е претставено во [20].

b) Интелигентни системи за следење и мониторинг на кеси со крв

Kim, et al. развиле и демонстрирале систем кој ја мониторира температурата на кесите со крв и ја следи нивната локација [18,16]. Користејќи ги и двете технологии, RFID и WSN, развиен е 3T (time, temperature, tracking) систем со кој се подобрува управувањето со температурата на кесите со крв и се спречува несоодветното давање крв. Системот го следи движењето на локацијата на кесите со крв во определени временски интервали и ја мониторира промената во температурата. Исто така, генерира извештаи кои се доставуваат до медицинскиот персонал.

Системот користи Crossbow Technology MTS420CA сензори за снимање на температурата од кесите со крв, ладилниците и банките за крв. Се користи и заедно со MICAz mote за следење на одредени фактори, како влажност и забрзување на светлина. ZigBee, или IEEE 802.15.4 безжичната технологија, се користи за пренесување на податоците за температурата до sink јазолот, MIB510CA сензор, кој, исто така, е закачен на MICAz platform mote. За RFID температурните сензори, се користат TempSens од компанијата KSW Co. Тие се активни тагови кои го користат опсегот 13.56MHz. Секој има вградена paper-type батерија која трае повеќе од 16 месеци и SRAM меморија за 64 температурни податочни мерења. Системот вклучува и систем за следење на локација (LTS), што вклучува host компјутер, контејнери, оператори, контролери и shift контролери.

Системскиот процес започнува со ладилникот во банката за крв. Внатре, RFID и сензорите ги собираат податоците за температурата (ID-а на кесите со крв, температура на ладилник и сл.), и комуницираат со надворешниот sink јазол. Податоците потоа се испраќаат и до лаптоп компјутерот и до RFID читачот. Овие податоци потоа се зачувуваат во DB сервер, кој е поврзан во рамки на болницата и со информацискиот систем на болницата, дозволувајќи му на медицинскиот персонал да пристапува кон информациите или преку безжичните локални мрежи (WLAN) или преку web сервер. Кога се зема кесата со крв од ладилникот, LTS ја пренесува до крајно означеното место. LTS гарантира дека овие кеси со крв се следат, а медицинскиот персонал е известен за нивното пристигнување. DB серверот, исто така, му овозможува на медицинскиот персонал да го побара времето кога е издадена кесата со крв и нејзината точна локација.

Овој систем е тестиран, а неговата употребливост и ефикасност се потврдени во болницата Shin-chon Severance Hospital во Сеул, Korea. Се покажало дека овој ефикасен, интелигентен систем за транспорт на кеси со крв ја подобрува ефикасноста на времето и напорот на медицинскиот персонал. Уште повеќе, системот овозможува поточна, аналитичка историја на податоци, па затоа го намалува степенот на човечка грешка, во случај на употреба на крв со слаб квалитет или несоодветна крвна група.

2) Примена на интегрирани RFID и WSN во здравствена заштита надвор од болниците

Во овој дел најпрво се објаснува пример за безжичен мониторинг систем, Health Tracker 2000 [17]. Потоа, даден е краток опис на RFID видео сензорски мрежи искористени за мониторинг во надворешни услови [19] и телемедицински услуги, чија цел е да се подобри далечинското дијагностицирање и да се намали времето за одговор за време на итни медицински случаи. На крај, е опишан прототип на домашен систем за помош при земање лекови наменето за постарите лица [13].

a) Безжични мониторинг системи во здравството

Teaw et al. дизајнирале безжичен мониторинг систем за здравствена заштита the Health Tracker 2000 [17]. Тие ги комбинираат безжичните сензорски мрежи, RFID и постоечките технологии за мониторинг на виталните знаци, со што е овозможено истовремено следење на локацијата и на виталните знаци на пациентите.

Во овој систем пациентот носи уред Patient-Tracker, од каде податоците за виталните функции се испраќаат до базната станица (BS). Базната станица, после прибирањето на различните податоци, ги испраќа собраните податоци до станицата за мониторинг, која може да е сместена кај жител на семејството, негувател или пак болница. Patient-tracker уредот може да се имплементира со помош на постоечките технологии. Со една базна станица може да се следат еден и повеќе пациенти. Системот може да се инсталира во сите типови на куќи или објекти. RF брановите испраќаат податоци за виталните знаци и локацијата на пациентот до нивните роднини или медицински персонал, а исто така испраќаат алармни сигнали во ситуации кога е загрозен животот на пациентите.

За термичките сензори се користи National Semiconductor LM 92, бидејќи има минимален напон од 2.7V. За мерење на кислородот во крвта се користи Nonin ipod, како дигитален оксиметарски сензор кој се става над прстот на пациентот. Тој го мери и пулсот на пациентот. Системот Health Tracker 2000 користи и RFID за следење на различни состојби. И тука секој пациент носи RFID tag, а додаден е читач на базната станица. RFID и WSN технологиите овозможуваат инсталација на системот Health Tracker 2000 во сите домови; RF брановите ги пренесуваат информациите за виталните знаци и локацијата до централниот компјутер за мониторинг преку минијатурна предавателна мрежа. Ова е уште еден пример со кој се овозможува сеприсутна здравствена заштита надвор од болниците.

Intel Research Seattle и University of Washington предлагаат прототип на систем за „паметен дом“ наречен “Caregiver’s Assistant and CareNet Display”, кој е способен да детектира, мониторира и да ги зачувува дневните активности на постарите лица преку собирање податоци со помош на RFID сензор-тагови прикачени на различни објекти во домовите. Информациите собрани од објектите и времето во кои биле регистрирани се собираат и пренесуваат преку WSN [4].

b) *RFID збогатени видео сензорски мрежи за мониторинг на здравјето на пациентите*

Во [19] е предложена примена на RFID видео сензорски мрежи за мониторинг во надворешни услови. Видео сензорските мрежи (video sensor networks-VSN), се користат за следење само на пациенти кои се означени со RFID тагови, со што значително е намален сообраќајот на информации, а се подобруваат перформансите на мрежата. Со додадените механизми за набљудување, VSN обезбедуваат не само видео снимки, туку и физиолошки информации за пациентите, како висок крвен притисок. Предложен е и механизам базиран на итни барања со кој на видео снимките кои содржат идентификатори за итни ситуации им се дава приоритет. Со овој систем се овозможува подобра идентификација на здравствената состојба на пациентите и брзо превземање акција во итни случаи.

c) *Домашна здравствена заштита за стари лица*

Интегрирана шема на RFID и WSNs за домашен мониторинг и мониторинг на здравствени домови за стари лица е презентираан во [13]. Целта на понудениот прототип е да се следи квантитетот на лекови кои им се потребни на старите луѓе, но и да им се помогне да ги земаат истите во точна доза.

Системот се состои од HF RFID читач, UHF RFID читач, тежинска скала (weight scale), базна станица, и три мода на работа. Во секое шишенце со лекови се сместуваат HF RFID тагови за нивна идентификација, додека HF RFID читачот се користи за следење на локацијата на шишенцата со лекови кои се наоѓаат во неговиот опсег. Преку читање на таговите во редовни интервали, системот е способен да определи кога и кое шишенце е земено или вратено од пациентот. Движењето или замената на шишенцата се регистрира преку редовните читања на рангот на читачот. Тежинската скала ја мери количината на лекови. Со комбинација на промените на тежинската скала и во HF таговите, може да се определи кој лек и колкава количина од лекот бил искористен од страна на пациентот. Исто така, пациентот носи UHF таг кој може да се детектира од асоцираниот RFID читач на далечина 3-6 метри и добива известувања од доделениот RFID читач да го земе потребниот лек (преку звучен или светлосен аларм). Како помош при земањето лекови, може да се овозможи и графички приказ за различните лекови/витамини и потребната доза.

3) *Мобилни телемедицински услуги*

Во прилог на подобрување на ефикасноста и менаџирањето на грижата за пациентите во болниците,

RFID и безжичните сензорски мрежни технологии овозможуваат уникатна можност за обезбедување на квалитетна здравствена заштита за пациентите надвор од болниците. Xiao et al. предлагаат здравствен систем за мониторинг на пациенти во реално време кој може да користи RFID и паметни сензори за прибирање на податоци за виталните знаци на пациентите, вклучувајќи и електро-кардиограм (ECG), пулс, температура, ниво на кислород во крвта, како и киселост во внатрешноста на езофагусот [14]. Освен тоа, инкорпорираани се и функции за интелигентно следење на локацијата на пациентите, особено при итни случаи.

Во овој систем, прикачени се микросензори на пациентот за прибирање на податоци за виталните знаци. RFID таговите се користат за идентификација и локација на пациентите. Податоците кои се собрани од RFID таговите и сензорите потоа се испраќаат до сензорските глави и RFID читачи соодветно, кои потоа се пренесуваат до PC, PDA, или мобилен телефон. Медицинскиот персонал на тој начин може да ја надгледува состојбата на пациентите и да прави далечинска дијагноза било каде и во било кое време. Така, со овој систем може да се подобри точноста на далечинската дијагноза и да се намали критичното време на одговор во итни случаи. Покрај тоа, потенцијално може да овозможи сеприсутен систем за здравствена заштита надвор од болниците.

VIII. ЗАКЛУЧОК

Интеграцијата на RFID и WSN без сомнение е значаен чекор кој ќе овозможи развој на повеќе технолошки напредоци и бројни апликации со широка примена во доменот на медицината и здравствената заштита. Се овозможува детекција и идентификација на објекти, но и добивање информации за условите и околината на детектираните објекти. Резултирачката интегрирана технологија се карактеризира со проширени капацитети, скалабилност и мобилност, како и намалени непотребни трошоци. Првенствено, придобивките од интеграцијата се согледуваат во подобрувањето на квалитетот на третманот на пациентите и зголемување на ефикасноста на работата на болниците, како и овозможувањето телемедицински услови.

БИБЛИОГРАФИЈА

- [1] *Integration of RFID and Wireless Sensor Networks*, Hai Liu¹, Miodrag Bolic¹, Amiya Nayak¹, Ivan Stojmenović^{2,1}, SITE¹, University of Ottawa, Ottawa, K1N 6N5, Canada 2EECE, The University of Birmingham², Birmingham, B15 2TT, United Kingdom, 2007
- [2] *Taxonomy and Challenges of the Integration of RFID and Wireless Sensor Networks*, Hai Liu, Miodrag Bolic, Amiya Nayak, Ivan Stojmenovic, *IEEE Network* November/December 2008
- [3] *RFID and Sensor Networks : Architectures, Protocols, Security and Integrations*; Yan Zhang, Laurence T. Yang, Jiming Chen, CRC Press, Taylor & Francis Group 2010
- [4] *Fast, Detailed Inference of Diverse Daily Human Activities*; Philipose, M., Consolvo, S., Choudhury, T., Fishkin, K., Perkowitz, M., Smith, I., Fox, D., Kautz, H., Patterson, D.
- [5] *RFID Journal ; Belgium Hospital Combines RFID Sensors to Monitor Heart Patients*, <http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/3120/-1/1>

- [6] *The RFID technology and its current application*, Elisabeth Ilie-Zudor, Zsolt Kemény, Péter Egri, László Monostori, The Modern Information Technology in the Innovation Processes of the Industrial Enterprises-MITIP 2006, ISBN ,963 86586 5 7, pp.29-36
- [7] *Integration of RFID into Wireless Sensor Networks: Architectures, Opportunities and Challenging Problems*; Lei Zhang and Zhi Wang; Fifth International Conference on Grid and Cooperative Computing Workshops, 2006.
- [8] *RFID and Wireless Sensor Networks*; Dr.P.C.Jain, K.P.Vijaygopalan; Proceedings of ASCNT – 2010
- [9] RFID Helps Medlog Monitor Pharmaceutical Cold Chain,
- [10] *A 5.1- μ W UHF RFID Tag Chip integrated with Sensors for Wireless Environmental Monitoring*; Namjun Cho, Seong-Jun Song, Sunyoung Kim, Shiho Kim* and Hoi-Jun Yoo
- [11] *A Prototype on RFID and Sensor Networks for Elder Healthcare: Progress Report*; SIGCOMM'05 Workshops, August 22–26, 2005
- [12] *RFID Journal*, Passive Tag Powers Sensors, Switches; <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1520/1/1>; J. Collins, Apr. 2005.
- [13] *A Wireless Health Monitoring System*, Edward Teaw, Guofeng Hou, Michael Gouzman, K. Wendy Tang, Amy Kesluk, Jason Farrell, Matthew Kane, Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Information Acquisition, Hong Kong and Macau, China, June 27 - July 3, 2005
- [14] *Smart Blood Bag Management System in a Hospital Environment*; Soo-Jung Kim, Sun K. Yoo, Hyun-Ok Kim, Ha-Suk Bae, Jung-Jin Park, Kuk-Jin Seo, Byung-Chul Chang; Lecture Notes in Computer Science, 2006, Volume 4217/2006, 506-517, DOI: 10.1007/11872153_44
- [15] *Security and privacy in RFID and applications in telemedicine*, IEEE Communication Magazine, Special issue on Quality Assurance and Devices in Telemedicine, Xiao, Y., Shen, X., Sun, B., Cai, L., April 2006, 64–72.
- [16] <http://radarfind.com/pages/37/Radarfind-rtls-patient-tracking/>
- [17] *RFID Journal*, St. Andrew's Healthcare Gets Help in Real Time; <http://www.rfidjournal.com/article/view/7948>, Claire Swedberg"; Oct. 18, 2010
- [18] *Utilizing RFID Technology for Biomedical Sensor Applications*; M. Brandl, K H Kellner, G. Grabner, and J. Grabner, IFMBE Proceedings, 2009, Volume 25/11, 131-133, DOI: 10.1007/978-3-642-03891-4_35
- [19] *Wireless sensor networks: a survey*; I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci: Volume 38, Number 4, 15 March 2002
- [20] *Wireless Healthcare Monitoring with RFID-Enhanced Video Sensor Networks*; Hindawi Publishing Corporation International Journal of Distributed Sensor Networks Volume 2010, Article ID 473037