

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мастер инжењера електротехнике и рачунарства Николе Бежанића

Одлуком бр. 5043/12-3 од 27.01.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мастер инжењера електротехнике и рачунарства Николе Бежанића под насловом

Модел имплементације сервисно оријентисаних мрежа паметних претварача

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Никола Бежанић је стекао звање мастер инжењера електротехнике и рачунарства 26.10.2011. године одбранивши мастер рад под насловом „Имплементација сервисно оријентисане архитектуре у мрежи паметних претварача“ на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, уписао је 15.11.2012. године.

Кандидат је пријавио тему докторске дисертације под насловом „Модел имплементације сервисно оријентисаних мрежа паметних претварача“ 17.06.2015. године на Електротехничком факултету у Београду, при чему је за ментора предложио доц. др Ивана Поповића.

На седници Комисије за студије трећег степена Електротехничког факултета, одржаној 06.07.2015. године, дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације и Наставно-научном већу предложена Комисија за оцену услова и прихватање теме у следећем саставу: др Вујо Дрндаревић (редовни професор Електротехничког факултета у Београду), др Мирослав Лутовац (редовни професор Факултета за информатику и рачунарство у Београду, Универзитета Сингидунум) и др Александар Ракић (доцент Електротехничког факултета у Београду). Др Иван Поповић је предложен за ментора дисертације.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета, на 788. седници одржаној 10.07.2015. године, потврдило је предложену Комисију за оцену услова и прихватање теме, као и предложеног ментора дисертације.

Дана 17.07.2015. године одржана је јавна усмена одбрана теме докторске дисертације пред комисијом у следећем саставу: др Вујо Дрндаревић (редовни професор Електротехничког факултета у Београду), др Мирослав Лутовац (редовни професор Факултета за информатику и рачунарство у Београду, Универзитета Сингидунум) и др Александар Ракић (доцент Електротехничког факултета у Београду). Комисија је на јавној усменој одбрани оценила кандидата оценом задовољно.

На основу извештаја Комисије за оцену услова и прихватање теме и пратеће документације, предложена тема је прихваћена на 790. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета, која је одржана 15.09.2015. године.

Сагласност на тему докторске дисертације, дало је Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 19.10.2015. године (број одлуке 61206-4478/2-15 од 19.10.2015. године).

Кандидат је урађену дисертацију поднео на преглед и оцену 24.12.2015. године.

Комисија за студије трећег степена, на седници одржаној 12.01.2016. године, констатовала је да је кандидат предао урађену дисертацију, па је након увида у садржај дисертације и пратећих докумената потврдила испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за преглед и оцену дисертације у следећем саставу: др Иван Поповић (доцент Електротехничког факултета), др Вујо Дрндаревић (редовни професор Електротехничког факултета у Београду) и др Мирослав Лутовац (редовни професор Факултета за информатику и рачунарство у Београду, Универзитета Сингидунум).

Наставно-научно веће Електротехничког факултета је на 795. седници, одржаној 19.01.2016. године, именовало Комисију за преглед и оцену докторске дисертације у саставу: др Иван Поповић, доцент, др Вујо Дрндаревић, редовни професор, др Мирослав Лутовац, редовни професор Факултета за информатику и рачунарство у Београду, др Александар Ракић, доцент и др Лазар Сарановац, ванредни професор (број одлуке 5043/12-3 од 27.01.2016. године).

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом „Модел имплементације сервисно оријентисаних мрежа паметних претварача“, у ширем смислу припада научној области Техничких наука – електротехнике, а у ужем смислу области Електронике, за коју је матичан Електротехнички факултет.

За ментора дисертације је одређен др Иван Поповић, доцент Електротехничког факултета Универзитета у Београду, због остварених научних доприноса у области сензорских мрежа, система у реалном времену и дистрибуираних наменских рачунарских система. Др Иван Поповић је аутор већег броја радова у истакнутим међународним часописима. Одговарајући научни радови ментора су наведени приликом пријаве теме докторске дисертације кандидата.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Никола Бежанић је рођен 08.03.1984. године у Чачку, где је и завршио основну школу и гимназију. Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписао је 2003. године. Дипломирао је са просечном оценом 8,35 на Одсеку за електронику, одбраном дипломског рада под називом „Контрола радне температуре аудио уређаја инфрацрвеним термометром“, 08.12.2009. године. На истом факултету уписао је и дипломске академске студије мастер, модул Електроника, које је завршио са просечном оценом 9,71, одбраном мастер рада под називом „Имплементација сервисно оријентисане архитектуре у мрежи паметних

претварача“, 26.10.2011. године. Докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, модул Електроника, уписао је 2012. године где је тренутно студент треће године. На докторским студијама, положио је све испите предвиђене Наставним планом и програмом модула са просечном оценом 10. Од 01.10.2013. године запослен је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, где је ангажован на пројекту технолошког развоја Министарства просвете, науке и технолошког развоја под називом „Развој и моделовање енергетски ефикасних, адаптабилних, вишепроцесорских и вишесензорских електронских система мале снаге“, ТР-32043.

Никола Бежанић је започео научно-истраживачко искуство 2009. године у сарадњи са Barcelona Supercomputing Center (BSC) шпанским националним центром за суперрачунаре, где се у оквиру пројектних активности бавио техникама уштеде енергије на нивоу архитектуре рачунара. Даље искуство је стекао на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја, радећи на истраживању сервисно оријентисаних сензорских мрежа.

Кандидат је коаутор два научна рада објављена у часописима са ИСИ листе у категоријама М22 и М23, једног рада у часопису националног значаја категорије М52, једанаест радова објављених на међународним и домаћим конференцијама категорије М33 и М63. Такође, учествовао је у изради пет техничких решења категорије М85 и М84. Као учесник летње школе, коаутор је постера чији је сажетак публикован у књизи апстраката.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација обухвата 124 стране куцаног текста, написана је латиничним писмом и садржи 47 слика, 6 табела и 67 библиографских референци. Поред тога, дисертација садржи насловну страну, резиме на српском и енглеском језику, садржај и шест тематских поглавља. Називи поглавља докторске дисертације су: 1. Увод; 2. Преглед стања у научној области; 3. Сервисно оријентисани модел размене података и конфигурације у мрежама паметних претварача; 4. Сервисни агенти као активне компоненте у мрежама паметних претварача; 5. Потенцијал примене предложеног модела; 6. Закључак.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Методологија и план истраживања у вези дисертације се огледају у теоријском делу разматрања погодних модела за реализацију сервисно оријентисаних мрежа паметних претварача и практичном делу примене предложених модела. У уводном делу дисертације, описан је концепт паметних претварача и сервисно оријентисане архитектуре и дат је преглед релевантних стандарда који се користе као полазне спецификације при реализацији нове архитектуре. Централни део дисертације садржи предлоге нових решења за реализацију сервисно оријентисаних мрежа паметних претварача, датих кроз два модела са различитим мрежним топологијама, као и пратеће студије случаја. У завршном делу је размотрена употреба реализованих модела у постојећим актуелним моделима Рачунарства у облаку и Интернета ствари. Докторска дисертација је организована по следећим поглављима.

У првом поглављу је дат кратак опис концепта паметних претварача, сервисно оријентисане архитектуре, као и опис њиховог комбиновања приликом реализације интероперабилних мрежних уређаја. Затим је дат кратак опис структуре тезе и листа главних научних доприноса.

У другом поглављу је дат преглед релевантних стандарда, при чему су дати детаљи интерфејса, протокола и електронских спецификација дефинисаних IEEE 1451.0 стандардом који је коришћен као полазна основа у истраживању. При томе, објашњен је и постојећи концепт надоградње IEEE 1451.0 модела паметног претварача употребом мрежних сервиса, чиме се добија већи степен интероперабилности у раду са паметним претварачима. Дат је увид у начин дефинисања формата за мрежну размену података између уређаја реализованих на произвољним платформама и опис мапирања мрежних сервиса ка стандардним операцијама претварачких уређаја. На крају поглавља је дата анализа постојећих решења и описан је циљ истраживања.

У трећем поглављу је предложен нови модел конфигурације мреже паметних претварача и аутоматизоване размене података у звездастој топологији. Енкапсулација функционалности у форми сервисних компонената даје могућност њихове поновне употребе у мрежи од стране произвољних клијената. Међутим, у таквом моделу се јавља проблем сложености конфигурације система и његовог пуштања у рад. Описани модел издваја послове конфигурације и аутоматизоване комуникације у засебне компоненте које се могу изнова користити у произвољним мрежама, чиме се убрзава развој нових система. Притом, дат је опис генеричког модула паметног претварача, као и опис новог концепта виртуелног претварачког модула, који омогућава интеграцију произвољног апликационог алгоритма у мрежу, употребом већ постојећег мрежног интерфејса паметног претварача. Такође, описана је и функционалност централног менаџерског чвора која се огледа у пословима прикупљања електронских спецификација и конфигурације комуникационих путања. Опис предности датог модела и његова верификација су дати на крају поглавља у виду студије случаја праћења параметара околине, као и студије случаја детекције леда на основу мерења температуре ваздуха, температуре подлоге и релативне влажности ваздуха.

Четврто поглавље даје опис новог, унапређеног модела у односу на модел који је предложен трећим поглављем. Новим моделом се елиминише потреба за посредником у комуникацији између паметног претварача и алгоритма или неког другог мрежног ентитета уз задржавање свих предности постојећег модела. Дат је опис модела комуникације заснованог на употреби активних мрежних компонената у виду сервисних агената који повезују различите уређаје на нивоу њихових канала. Притом, канал се као и у полазном моделу користи као логичка представа физичких крајева комуникације, а опис сваког канала је садржан у одговарајућој електронској спецификацији која се чува у меморији уређаја. Учитавањем електронске спецификације канала од стране централног менаџерског чвора, оператеру се испоручује опис датог канала који користи у даљој конфигурацији сервисних агената. Карактеристике модела су приказане кроз студију случаја интеграције сервиса за предикцију сигнала на бази неуралних мрежа, као и студије случаја управљања температуром сушаре у дистрибуираном систему на бази предиктивног алгоритма.

У петом поглављу је дата анализа примене предложеног модела са становишта различитих имплементација мрежних ентитета у виду виртуелних претварачких модула и са становишта имплементације сервисних агената на бази различитих комуникационих протокола. Конкретно, описан је начин акцелерације енкрипције велике количине података помоћу алгоритма који се у мрежу паметних претварача интегрише у форми виртуелног претварачког модула. Затим је описан пример употребе сервисних агената на бази Simple Network Management Protocol (SNMP) протокола. Поглавље је завршено разматрањем могућности имплементације произвољне мреже и интеграције датог решења у моделе Рачунарства у облаку и Интернета ствари.

У завршном, шестом поглављу докторске дисертације дат је кратак осврт на анализиране проблеме и предложена решења и дата су закључна разматрања. Притом, истакнут је значај увођења виртуелних претварачких модула и сервисних агената, као и флексибилност приликом њихове примене.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Зависност савремених система од употребе претварачких компонената попут сензора и актуатора, условила је константо унапређивање уређаја који интегришу овакве компоненте. Примери оваквих система су бројни и могу се наћи у различитим областима попут авијације, осматрања параметара околине, индустријске аутоматике и слично. Притом, за потребе практичне примене различитих претварачких компонената, потребно је обезбедити функције које омогућавају њихову калибрацију, процесирање података, интеграцију у дигиталне рачунарске мреже и реализацију многих других карактеристика попут ниске потрошње, сигурности, поузданости и интероперабилности.

Паметни претварачи, поред самих претварачких компонената, интегришу овакве функције и омогућавају практичну реализацију система. У том случају, свако појединачно и затворено решење уводи проблем компатибилности са уређајима других произвођача, што је посебно изражено приликом умрежавања већег броја уређаја. У одсуству стандардизације уређаја, интеграција уобичајених рачунарских платформи у мреже претварача често захтева употребу адаптера и скувих решења.

Због великог броја начина на који се може реализовати паметни претварач и великог броја комуникационих протокола, заједничком иницијативом америчког института *National Institute of Standards and Technology* (NIST), удружења инжењера IEEE и индустрије, дефинисана је фамилија стандарда IEEE 1451. Стандардом IEEE 1451.0 уведен је модел паметног претварача за општи случај реализације, при чему су дате дефиниције интерфејса, комуникационих протокола и електронских спецификација. Дате дефиниције су платформски независне и не уводе рестрикције по питању детаља имплементације функционалности којима се приступа преко описаних интерфејса. Тиме је обезбеђена компатибилност уређаја без обзира на различите могућности дизајна попут избора програмског језика и хардверских компоненти. Стандардом се уводи дефиниција претварачких модула, као и њихова комуникација са апликационим процесором као саставним делом паметног претварача који омогућава повезивање уређаја са произвољном мрежом. Претварачки модули примају стандардизоване команде од стране апликационог процесора, при чему се поруке размењују према моделу слојевите архитектуре.

Стандард IEEE 1451.0 је осмишљен тако да покрије широк спектар уређаја од 8-битних микроконтролера, па све до персоналних рачунара у улози апликационог процесора. Поред тога, технологија израде интегрисаних кола је донела значајно побољшање у брзини обраде података и меморијским ресурсима наменских рачунарских система. Коришћењем савремених микроконтролера могуће је добити паметни претварач са интегрисаним апликационим функцијама, комуникационим интерфејсом и периферијама за конверзију сигнала између аналогног и дигиталног домена. Такође, интероперабилност уређаја је могуће додатно унапредити интеграцијом серверског стека и комуникационим протоколима који се заснивају на размени платформски независних текстуалних порука.

У доступној литератури је описана надоградња IEEE 1451.0 модела паметног претварача према принципима сервисно оријентисане архитектуре. Предложено решење је познато под називом *Smart Transducer Web Services* (STWS), чиме је омогућен приступ стандардним операцијама паметног претварача путем Web сервиса. Тиме је значајно унапређен поступак интеграције хетерогених уређаја у мрежу паметних претварача, у којој се комуникација заснива на размени XML порука преко стандардних мрежних портова. Осим

тога, кроз активности Open Geospatial Consortium (OGC) конзорцијума, у оквиру иницијативе OGC - Sensor Web Enablement (OGC-SWE) дат је сет спецификација које обезбеђују размену података и мета података у сензорским мрежама. У том случају STWS сервиси се користе као посредник приликом допремања података од физичког нивоа уређаја до нивоа OGC-SWE апликација које могу покривати различита географска подручја.

Проблем недостатка општег модела и архитектуре за ефикасну конфигурацију и аутоматизовану размену података у мрежама паметних претварача којим се бави докторска дисертација, представља актуелну и савремену научну и истраживачку област. Оригиналност решења које се предлаже дисертацијом се огледа у дефиницији модела имплементације дистрибуираних наменских рачунарских система. Посебна пажња је посвећена униформној интеграцији хетерогених платформи, чиме је обухваћен и скуп мрежних ентитета попут контролних алгоритама и улазно/излазних уређаја. Брза измена конфигурације мреже и могућност plug-and-play повезивања уређаја представљају посебан изазов у сервисно оријентисаном окружењу. Због тога је у дисертацији предложена униформна интеграција и конфигурација апликационих ентитета у форми виртуелних претварачких модула. Верификација предложеног модела је дата студијама случаја које су потврдиле ефикасност решења, при чему су дати и примери формата електронских спецификација за конфигурацију изабраних апликационих ентитета.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде дисертације, кандидат је размотрио релевантну доступну литературу и навео је укупно 67 библиографских референци. На основу увида у наведене библиографске референце може се закључити да је кандидат пажљиво изабрао литературу релевантну за област истраживања дисертације и да садржи радове објављене у реномираним научним часописима, као и значајним конференцијама из разматране научне области. Део одабране литературе је новијег датума, што говори о актуелности разматране проблематике. Листа библиографских референци обухвата и радове настале као резултат рада на тези, на којима се кандидат појављује као аутор или коаутор.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У почетној фази истраживања анализирани су постојећи модели паметних претварача, комуникациони протоколи, интерфејси и начини умрежавања различитих уређаја. Посебна пажња је посвећена IEEE 1451 фамилији стандарда и предложеном начину реализације паметних претварача, као и коришћењу сервисног стека на наменској рачунарској платформи. Поред тога, разматрана је аутоматизација размене података у сервисно оријентисаним мрежама и увођење карактеристика система за рад у реалном времену. На основу анализе стања у области предложени су нови модели имплементације дистрибуираних система, који су верификовани експериментално путем имплементације неколико конкретних сервисно оријентисаних мрежа паметних претварача.

Предложена су два нова модела имплементације мрежа, где су послови конфигурације изоловани у засебан и централизован менаџерски чвор, што је резултирало новом архитектуром која омогућава употребу истог централног чвора на скупу више различитих сензорских мрежа. Централизација је омогућена и захваљујући претходном увођењу новог модела алгорита са могућношћу униформне интеграције. У првом представљеном моделу мреже, размена података између два чвора се врши посредством активне компоненте диспечера смештене на централном чвору, док се у другом моделу уводе активне агентске компоненте за размену података које могу бити покренуте на произвољном чвору.

Пријављивање уређаја, конфигурација мреже и интеракција контролних алгоритама имплементираних у форми виртуелних претварачких модула и паметних претварача са функцијом сензора и актуатора је демонстрирана у локалној мрежи, уз вештачко изазивање случајног кашњења пакета и губитака пакета, како би се испитала робустност имплементације према предложеном моделу. У случају контроле температуре сушаре помоћу предиктивног алгоритма, показано је да се контрола процеса одржава и у присуству поменутих мрежно-индукованих проблема. Такође, експериментално је приказана подршка за временску синхронизацију различитих операција, као и могућност дислокације комплексних функционалности у оквиру мреже како би се добило растеређење наменских рачунарских чворова са ограниченим хардверским ресурсима.

Описане научне методе, као и редослед њихове примене у потпуности одговарају проблему који је разматран и у складу су са циљевима који су постављени на почетку израде дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Нови модели имплементације, као главни резултат тезе могу се применити у различитим имплементацијама сервисно оријентисаних мрежа паметних претварача у којима постоји потреба за задржавањем карактеристика система за рад у реалном времену. Компоненте описане у појединачним студијама случаја су реализоване према моделу који дефинише апликациони слој, што омогућава њихову поновну употребу у мрежама које се базирају на концептима датим IEEE 1451.0 спецификацијом и надоградњом стандарда увођењем STWS сервиса. Притом је дат и предлог формата електронских спецификација за потребе конфигурације одређених пасивних и активних компонената у оквиру архитектуре. Такође, модел пружа могућност потпуне замене функционалности виртуелних претварачких модула, као и комуникационих протокола. Избор комуникационог протокола који користе сервисни агенти према предложеном моделу представља компромис између нивоа интероперабилности и перформанси захтеваних у конкретној имплементацији.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

На основу прегледане докторске дисертације Комисија је проценила да је кандидат мастер инжењер електротехнике и рачунарства Никола Бежанић достигао ниво способности за потпуно самостално обављање научног рада. Кандидат је показао самосталност, систематичност и креативност при изради дисертације у којој су описани оригинални научни доприноси.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Главни доприноси истраживања су садржани у следећим научним резултатима:

- Анализирана је релевантна литература са посебним освртом на стандардизацију паметних претварача и постојеће доприносе у надоградњи модела датог IEEE 1451.0 стандардом. На бази постојећих решења, анализирана је употреба универзалног мрежног интерфејса за приступ различитим мрежним ентитетима попут паметних претварача, алгоритама за обраду података и улазно/излазних уређаја.

- Уведен је модел виртуелног паметног претварача који се може сматрати формом за имплементацију и интеграцију мрежних ентитета који нису конкретни паметни претварачи. Тиме је дата основа за plug-and-play начин повезивања произвољних апликација које се у мрежи виде као физички уређаји.
- Предложен је модел мреже са разменом података између произвољних мрежних ентитета посредством централног сервера, који истовремено има и улогу менаџера за конфигурацију мреже. Допринос се огледа у примени модела на широк спектар мрежа, при чему се исти менаџерски чвор користи у различитим апликацијама, без потребе за поновним програмирањем компоненте задужене за конфигурацију мреже и осталих његових компонента.
- Развијен је модел директног преноса података између произвољних мрежних ентитета, са растерећењем централног сервера који задржава функцију менаџера мреже. Тиме је обезбеђена произвољна топологија мреже коју је могуће конфигурисати путем посебно дефинисаних електронских спецификација. Конфигурабилне активне компоненте у виду сервисних агената се у датом моделу покрећу на мрежним чворовима које одређује оператер и задужене су за контролу независних путања података.
- Уведена је подршка за имплементацију сервисно оријентисаних мрежа паметних претварача са карактеристикама система за рад у реалном времену. Основа за увођење датих карактеристика је дата моделом података који мерним/контролним одбирцима придружује и временску референцу, као и употребом предиктивних алгоритама за компензацију променљивог мрежног кашњења.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

И поред значајних резултата у области стандардизације модела паметних претварача и предложене надоградње стандарда употребом Web сервиса и даље доминира недостатак стандардног модела конфигурације и комуникације у сервисно оријентисаним мрежама паметних претварача. За сваку конкретну мрежу је потребно увек изнова решити проблем конфигурације мреже и модела комуникације и ови проблеми се типично решавају у времену реализације апликационог слоја. У овој тези се полази од претпоставке да се поменути послови могу изоловати у засебне компоненте мреже према унапред одређеном општем моделу. Тиме се добија окружење за развој дистрибуираних мрежа са унапред решеним проблемима конфигурације и комуникације, при чему се корисник окружења фокусира на развој крајњих апликационих функција.

Након стандардизације самих уређаја, приказани резултати истраживања представљају логичан наставак у коме се врши успостављање модела на мрежном/апликационом нивоу. Применом датог модела, омогућава се дислокација комплексних функционалности са наменске рачунарске платформе на платформу са јачим рачунарским ресурсима чиме се омогућава оптимизација потрошње и смањују хардверски захтеви наменског система. Предности датог решења долазе до изражаја у системима у којима има потребе за дислокацијом различитих компоненти. Студија случаја контроле температуре сушаре описује интеграцију предиктивног алгорита у форми виртуелног претварачког модула и дистрибуираних претварачких модула, према датом моделу, што даје могућност развоја комплексних алгоритама управљања, као и брзу замену нефункционалних чворова.

4.3. Верификација научних доприноса

У ужу област теме докторске дисертације кандидата спадају следеће публикације на којима се он наводи као аутор или коаутор:

Категорија M22:

1. **Bežanić, N.**, Popović, I.: Service-oriented Implementation Model for Smart Transducers Network, *Computer Standards & Interfaces*, vol./no. 38C, pp. 78-83, 2015 (**IF₂₀₁₄=0.879**) (ISSN: 0920-5489) (DOI: 10.1016/j.csi.2014.10.004).

Категорија M23:

1. Ratković, I., **Bežanić, N.**, Ünsal, O., Cristal, A., Milutinović, V.: Chapter One – An Overview of Architecture-Level Power- and Energy-Efficient Design Techniques, *Advances in Computers*, vol. 98, pp. 1-57, 2015 (**IF₂₀₁₄=0.302**) (ISSN: 0065-2458) (DOI: 10.1016/bs.adcom.2015.04.001).

Категорија M33:

1. **Bežanić, N.**, Đurić, R., Popović, I.: „Power Management in Service-oriented Smart Transducers Network“, *22nd Telecommunications Forum (TELFOR)*, Belgrade, Serbia, 2014., pp. 991-994 (ISBN: 978-1-4799-6190-0) (DOI: 10.1109/TELFOR.2014.7034573).
2. **Bežanić, N.**, Popović, I., Rakić, A.: „Integration of Signal Prediction Service in Service Oriented Architecture“, *12th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering (NEUREL)*, Belgrade, Serbia, 2014., pp. 201-206 (ISBN: 978-1-4799-5887-0) (DOI: 10.1109/NEUREL.2014.7011506).
3. **Bežanić, N.**, Popović, I.: „Virtual transducers in service-oriented smart transducers network“, *21st Telecommunications Forum (TELFOR)*, Belgrade, Serbia, 2013., pp. 813-816 (ISBN 978-1-4799-1419-7) (DOI: 10.1109/TELFOR.2013.6716354).
4. **Bežanić, N.**, Popović, I.: „Service-oriented sensor network for environmental monitoring“, *20th Telecommunications Forum (TELFOR)*, Belgrade, Serbia, 2012., pp. 1544 – 1547 (ISBN 978-1-4673-2983-5) (DOI: 10.1109/TELFOR.2012.6419515).

Категорија M52:

1. **Bežanić, N.**, Popović-Božović, J., Milutinović, V., Popović, I.: Implementation of the RSA Algorithm on a DataFlow Architecture, *Transactions on Internet Research*, IPSI BgD, vol. 9, no. 2, pp. 11-16, 2013 (ISSN 1820-4503).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

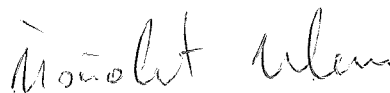
Узимајући у обзир све што је наведено у извештају, Комисија сматра да дисертација испуњава све формалне и суштинске услове и да задовољава опште критеријуме вредновања дисертације. У дисертацији су предложена два иновативна модела имплементације сервисно оријентисаних мрежа паметних претварача, при чему се основни доприноси истраживања огледају у флексибилности конфигурације мреже, дислокацији комплексних функционалности у циљу оптимизације потрошње и смањења хардверских захтева при реализацији наменских рачунарских система, уз омогућавање произвољне топологије и обезбеђивање карактеристика система за рад у реалном времену. Дати модели имају широк

потенцијал за практичну примену у области дистрибуираних наменских рачунарских система и покривају широк спектар платформи и протокола. Кандидат је при изради дисертације показао способност за самостално обављање научног рада.

Комисија предлаже Наставно-научном већу да се докторска дисертација под називом „Модел имплементације сервисно оријентисаних мрежа паметних претварача“, кандидата Николе Бежанића прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Београд, 08.03.2016.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Иван Поповић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



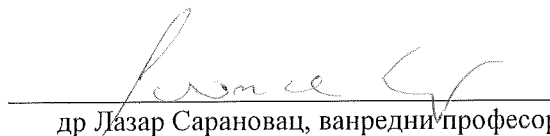
др Вујо Дридаревић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Мирослав Лутовац, редовни професор
Универзитет Сингидунум – Факултет за информатику и рачунарство



др Александар Ракић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Лазар Сарановац, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет