

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

На 752. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду, одржаној 4.09.2012. године, одређени смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата мр Жилберта Тафе под насловом „Нови алгоритми за повећање вероватноће формирања сигурних сензорских баријера коришћењем мобилних чворова“. Ментор докторске дисертације је др Вељко Милутиновић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Након увида у достављени материјал, извршили смо процену квалитета и научног доприноса поднете докторске дисертације, на основу које Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду подносимо следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1 Наслов и обим дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Жилберта Тафе под насловом „Нови алгоритми за повећање вероватноће формирања сигурних сензорских баријера коришћењем мобилних чворова“ је написана у складу са важећим прописима и стандардима Универзитета у Београду. Дисертација је написана на 154 страна и садржи насловну страну на српском и енглеском језику, податке о члановима комисије, посвету, кратак резиме дисертације на српском и енглеском језику, списак објављених радова везаних за тематику докторске дисертације, садржај, 10 поглавља, списак од 111 референци, 36 слика, 6 табела, 4 прилога и биографију кандидата.

1.2 Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат мр Жилберт Тафа је 9.12.2011. пријавио докторску дисертацију под насловом „Нови алгоритми за повећање вероватноће формирања сигурних сензорских баријера коришћењем мобилних чворова“. Наставно-научно веће Електротехничког факултета у Београду је на својој 741. седници одржаној 27.12.2011. именovalo Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације и предложило др Вељку Милутиновића, редовног професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду, за ментора докторске дисертације.

На 744. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду одржаној 6.3.2012. усвојен је извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације под насловом „Нови алгоритми за повећање вероватноће формирања сигурних сензорских баријера коришћењем мобилних чворова“ кандидата мр Жилберта Тафе. Извештај је поднела Комисија у саставу: др Вељко Милутиновић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду, др Мирослав Бојовић, ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду, др Драган Милићев, ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду и др Ранко Поповић, ванредни професор Универзитета Сингидунум.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је на седници одржаној 26.03.2012., дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације мр Жилберта Тафе под насловом „Нови алгоритми за повећање вероватноће формирања сигурних сензорских баријера коришћењем мобилних чворова“.

На 752. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду одржаној 4.09.2012. именована је Комисија за преглед и оцену докторске дисертације кандидата мр Жилберта Тафе под насловом „Нови алгоритми за повећање вероватноће формирања сигурних сензорских баријера коришћењем мобилних чворова“. Чланови именоване Комисије за преглед и оцену докторске дисертације су: др Вељко Милутиновић редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду (ментор), др Мирослав Бојовић ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду, и др Ранко Поповић, ванредни професор Универзитета Сингидунум.

1.3 Место дисертације у одговарајућој научној области

Дисертација припада научној области Електротехнике и рачунарства, односно ужој научној области Рачунарска техника и информатика за коју је матични факултет Електротехнички факултет Универзитета у Београду.

1.4 Кратка биографија кандидата

Жилберт Тафа, магистар електротехничких наука, је рођен у Бару, Црна Гора, 16.07.1974. године. Основну и средњу школу је завршио у Улцињу а Електротехнички факултет завршава 1997. године у Подгорици, на одсеку за електронику. Постдипломске студије уписује 2003. године на ЕТФ-у у Подгорици, на одсеку рачунарства, где магистрира 2006. године са просечном оценом 10.

По завршетку основних студија кандидат се запошљава у Црногорски Телеком где ради као руководиоц за све техничке секторе у оквиру ТК центра. У међувремену ради хонорарно у средњој школи као професор математике, информатике и електротехничке групе предмета. Данас, Жилберт Тафа предаје на предмету Рачунарске мреже на државном Универзитету у Албанији и на приватном Универзитету Кристал у Тирани. Осим у домену образовања, кандидат ради и као стручни сарадник и Агенцији за електронске комуникације Црне Горе. Жилберт Тафа је члан групе за примењену електронику при Електротехничком факултету у Подгорици. Он је, од стране Инжењерске Коморе Црне Горе, лиценциран за пројектовање и надзор извођења телекомуникационих инсталација а поседује и лиценцу судског вештака за област рачунарске технике и телекомуникација, издату од стране Министарства Правде РЦГ.

У току свог досадашњег академског ангажмана, као аутор или коаутор, кандидат је објавио одређени број радова, углавном на међународној научној сцени, међу којима три поглавља за књиге, четири рада у часописима са SCI листе и једанаест радова на међународним конференцијама. Кандидат је такође био рецензент за међународни часопис *IEEE Communications Magazine*, за међународну конференцију *IEEE Mediterranean Conference on Embedded Computing* и за књигу *Smart Healthcare Applications and Services*.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Структура и садржај дисертације

Дисертација је написана на 154 страна и садржи насловну страну на српском и енглеском језику, податке о члановима комисије, посвету, кратак резиме дисертације на српском и енглеском језику, списак објављених радова везаних за тематику докторске дисертације, садржај, 10 поглавља, списак од 111 референци, 36 слика, 6 табела, 4 прилога и биографију кандидата. Дисертација је подељена на следећа поглавља: 1. Увод, 2. Опис проблема, 3. Постојећа решења, 4. Предложено решење, 5. Моделирање услова инсталације, 6. Опис симулатора и алгоритама, 7. Евалуација резултата, 8. Опис развоја решења у контексту СММИ процесне области „техничко решење“, 9. Опис утицаја терена на позицију чвора користећи концептуалне мапе, 10. Закључак. Део материјала који је намењен бољем разумевању и бољем прегледу садржаја докторске дисертације, организован је у виду прилога на крају дисертације. Ова дисертација садржи следеће прилоге: А. Листа скраћеница, Б. Листа слика, Ц. Листа табела, Д. Листинг кода симулатора.

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

Прво поглавље представља увод у коме се описује домен примене БСМ технологије и даје преглед њених најважнијих аспеката, задржавајући (посебним одељком) фокус на представљање покривености као важног показатеља квалитета сервиса као и специјалног случаја покривености баријером. У овом поглављу се представљају и најважнији аспекти СММИ модела и концептуалног моделирања који ће се касније користити у опису пројектовања техничког решења и промене позиција чворова у зависности од услова инсталације. У уводној глави се такође јасно издваја ужи домен истраживања и критеријуми евалуације те се тиме, уз сами увод у област, описује и фокус докторске дисертације.

У другом поглављу се врши опис и дефиниција проблема са акцентирањем тренутног значаја проблема и раста његовог значаја у будућности, посебно у домену војних апликација.

У трећем поглављу се даје кратак преглед литературе по питању покривености уопште, а постојећа решења за побољшање вероватноће формирања сензорских баријера се детаљније описују. Овде се такође врши класификација приступа анализи и побољшању покривености у зависности од третирања енергије, коришћења мобилних чворова, начина инсталације (детерминистичке или стохастичке), итд. Уз опис постојећих решења, даје се кратак критички осврт на сваки од њих.

У четвртном поглављу се описује суштина предложених решења и њихове предности у односу на постојећа решења описана у трећем поглављу.

У петом поглављу се дају сценарији коришћења алгоритама, модели размештаја чворова и основне претпоставке за моделирање мрежних параметара. Овде се дефинише опсег истраживања а такође се и математички описује могућност процене вероватноће покривености подручја, покривености путање и покривеношћу слабом сензорском баријером у мрежама где се чворови размештају на квази случајан начин. Такође, овде се описује и сценарио у оквиру којег ће се, у наредним поглављима, анализирати вероватноћа формирања сигурних сензорских баријера допуњавањем мреже мобилним чворовима.

Коришћени алгоритми и развијени симулатор се описују у шестом поглављу. Овде се прво излаже функционалност развијеног симулатора, његове улазне и излазне величине као и домен коришћења. Затим се, у облику псеудокода, описују алгоритми на основу којег симулатор одређује позиције и број додатних чворова потребних да би се у мрежи формирала бар једна сигурна сензорска баријера. У тези се теоретски описују и сценарији у којима један од описаних алгоритама може обезбедити боље перформансе у односу на други.

Резултати симулације се представљају у седмом поглављу. Под претпоставкама дефинисаним у шестом поглављу, овде се и експериментално изводе критични услови за постојање одређеног нивоа покривености региона, покривености путање и покривеношћу слабом сензорском баријером за регион ограничених димензија и за мрежу реалне коначне густине. Затим се експериментално одређује зависност потребног броја додатних чворова за формирање сигурне сензорске баријере од почетне густине мреже, начина инсталације и радијуса читавања. На крају се налази правилност у погледу зависности броја потребних мобилних чворова од односа странице и радијуса читавања код размештаја базираног на униформној расподели.

У осмом и деветом поглављу се предлажу методологије за опис техничког решења развоја нових алгоритама за побољшање сензорских баријера коришћењем СММІ модела, као и за опис услова имплементације користећи методе концептуалног моделирања, респективно. У осмом поглављу се процес развоја алгоритама за повећање вероватноће формирања сензорске баријере описује кроз процесну област „техничко решење“ док се у деветом поглављу процес позиционирања чвора у рељефно разуђеном терену описује користећи концептуалне мапе.

Коначно, закључак описује најбитније доприносе и обсервације које су проистекле из, и у току, израде ове тезе. Поред закључка, описују се и оквири будућег рада аутора у овој области.

Прилози А, Б и Ц служе за бољу прегледност у погледу скраћеница, списка слика и табела, док се у прилогу Д даје листинг кода који обезбеђује функционисање симулатора.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 Савременост, оригиналност и значај

На основу прегледане докторске дисертације, Комисија оцењује да дисертација обрађује тренутно актуелну област бежичних сензорских мрежа са фокусом на (такође актуелну) подобласт формирања сензорских баријера коришћењем мобилних чворова.

У овој дисертацији се разматра утицај фундаменталних мрежних параметара на квалитет сервиса у типичним војним апликацијама уз предлог два алгорита за формирање сигурних сензорских баријера код стохастички размештених бежичних сензорских мрежа. Користећи нове алгоритме, аутор на оригиналан начин приступа анализи разних аспеката примене мобилности у формирању сензорских баријера, а изведене правилности се могу и директно применити у практичним имплементацијама.

Такође, у овој тези се, на оригиналан начин, процес пројектовања алгоритама у области покривености бежичним сензорским мрежама, описује користећи СММІ методологију. Ова метода данас представља тренд у процесу планирања и вођења процеса у софтверском и системском инжењерству. Коначно, у тези се процес процене позиције чворова у зависности од геоморфолошких структура терена, такође на оригиналан

начин, описује користећи концептуалне мапе које данас представљају основ описа концепата и процеса у семантичком веб-у а базирају се на аутоматско препознавање мултимедијалног садржаја.

Алгоритми предложени у овој тези, као и резултати који проистичу из њиховог извршавања, су посебно значајни за примену са савременим роботима преко којих се, на дистрибуирани начин, уз минималну цену коштања, може овезбедити формирање сигурних сензорских баријера. Добијени експериментални резултати, заједно са осталим доприносима и изведеним закључцима који произилазе из ове дисертације, посебно су значајни у пољу проучавања и развоја метода за формирање сензорских баријера коришћењем мобилности чворова у хибридном мрежама ограничене густине, у којима се статички чворови размештају на квази случајан начин.

Узевши у обзир актуелност теме, оригиналност и значај истраживања обухваћен у овој дисертацији, закључујемо да дисертација садржи потребне стандарде у погледу савремености, оригиналности и значаја за изразу докторске дисертације.

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

Литература која је коришћена у дисертацији у потпуности задовољава све критеријуме доброг покривања области истраживања, адекватности и савремености анализе најновијих резултата и трендова развоја у области истраживања. У својој дисертацији, кандидат је детаљно претражио литературу и коректно навео референце радова који су у вези са тематиком дисертације. Наведено је 111 референци, од чега 6 њига, 48 рад у часописима, 46 рад у конференцијским зборницима, 6 техничка извештаја, 3 референци на материјале и податке доступне на Интернету и једна докторска дисертација. Од тога, 66 коришћене референце су датиране 2005. године и касније, што потврђује актуелност коришћене литературе.

3.3 Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање

Да би се ограничио домен у којем ће се дефинисати проблем и описати његово решавање, најпре је дат опис саме технологије као и улога покривености сензорском мрежом (и сензорском баријером) у оцењивању квалитета сервиса БСМ-базиране апликације. Такође, уводно се дефинишу основне поставке коришћеног СМММ модела и концептуалног моделирања. Затим се, из општег дела, материја сужава ка дефинисању фокуса тезе где се такође указује на тренутни значај решавања проблема и важност коришћења мобилних чворова у побољшању покривености мрежом у актуелним и будућим војним применама.

У циљу описа досадашњег рада и одређивања последње (референтне) тачке до које се у литератури стигло са досадашњим истраживањем у овој области, спроведено је систематско истраживање литературе из области дисертације која се састојала од научних књига и радова објављених у утицајним часописима, конференцијама и на престижним светским универзитетима. У овом делу је извршена и класификација радова у зависности од њиховог фокуса, третирања енергије, начина размештаја чворова, итд., а највећа пажња у описивању литературе везане за покривеност у БСМ системима је посвећена радовима који се баве анализом и повећањем вероватноће формирања сигурних сензорских баријера (коришћењем мобилности у мрежи).

У циљу експерименталне анализе, развијен је Јава симулатор чија је функционалност тестирана користећи претходно описане математичке изведбе. Симулатором је омогућена квантификација резултата за конкретне примене и извођење неких од правилности из резултата који се могу користити у општем случају.

Опис процеса развоја решења је извршен користећи СМММ методологију, што представља први покушај у опису сличних алгоритама методом која се иначе у свету користи од стране реномираних фирми из области софтверског и системског инжењерства. Такође, у циљу дефинисања полазних тачака за будуће истраживање у овој области, проблем утицаја терена на позиционирање чвора се описује методама концептуалног моделирања.

Све коришћене методе су описане довољно детаљно да се истраживачки резултати могу једноставно репродуковати, односно верификовати.

3.3 Оцена примењивости и верификације остварених резултата

Резултати приказани у дисертацији и њихова експериментална верификација, имају директну примењивост у свим практичним имплементацијама где се почетни услови инсталације мреже могу моделирати користећи полазне хипотезе дате у овом раду. Развијени симулатор садржи модуле који омогућавају практичну процену вероватноће покривености региона, детектабилности покретних мета као и

броја мобилних чворова за формирање сензорских баријера у разним сценаријима примене узевши у обзир и ивичне ефекте. Коришћење алгоритама приказаних у овој тези, омогућава БСМ системима проналажење најефикаснијих позиција за постављање нових чворова којима се може допунити мрежа до тзв. сигурне сензорске баријере. Описани начини се у пракси могу примењивати уз коришћење централизованог или дистрибуираног начина контроле робота или мобилних чворова. Функционалност симулатора је претходно верификована кроз упоређивање са математичким описима покривености региона и покривеношћу слабом сензорском баријером.

Добијени резултати имају двоструку вредност у погледу практичне примене: а) они се могу применити директно, за случај када је ширина региона слична ширини наведеној у експерименту, када је дужина региона изражена као мултипл дужине региона дате у експерименту и б) узевши у обзир изведене резултате за квадратне површине обухваћене експериментом, као и изведену правилност која важи у случају униформне расподеле чворова за ове површине, може се, за велики број случајева региона произвољних димензија, одредити број додатних (мобилних) чворова за допуњавање мреже до формирања сигурне сензорске баријере. Примењивост ових метода и резултата је најадекватнија за војне апликације, када се услови имплементације могу описати у домену модела који су коришћени у овој тези.

3.4 Оцена способности кандидата за самосталан научни рад

Резултати досадашњег научноистраживачког рада мр Жилберта Тафе задовољавају све критеријуме Закона о високом образовању и јасно показују да кандидат поседује све услове за самосталан научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОСИ

4.1 Приказ остварених научних доприноса

У дисертацији су извршена зачајна теоријска и практична истраживања која су резултирала следећим доприносима:

- Класификација и систематизација постојећих приступа који третирају покривеност код стохастички размештених бежичних сензорских мрежа, посебно у погледу повећања вероватноће формирања сигурних сензорских баријера коришћењем мобилности у мрежи.
- Математички и експериментални преглед анализе покривености сензорском мрежом и анализе детектабилности покретних мета (у типичним војним апликацијама) за два случаја стохастичког размештаја чворова, када се позиционирање чворова може описати функцијама расподеле вероватноће.
- Предлог алгоритама и развој софтвера за: а) одабир оптималног низа потенцијалних чворова којима се на најефикаснији начин може градити сензорска баријера, б) налажење прекида у линији покривености ових чворова од изворишне до дестинационе ивице региона и одређивање позиција и потребног броја додатних (мобилних) чворова за формирање јаких сензорских баријера у зависности од иницијалне густине мреже, облика региона, начина инсталације и радијуса читавања.
- Анализа резултата и у смислу: а) услова за изједначавање броја прекида са бројем мобилних чворова, у циљу ефикаснијег померања мобилних чворова или робота у мрежи, б) одређивања зависности броја додатних (мобилних) чворова за креирање сигурне сензорске баријере од односа радијуса читавања и странице квадратне површине и ц) одређивања опсега најгорег и најбољег случаја, за формирање сигурне сензорске баријере, коришћењем GPCA алгорита, за случај униформне расподеле чворова.
- Коришћење СММІ методологије за представљање развоја алгоритама за побољшање покривености БСМ системима.
- Предлог кориштења концептуалних мапа у моделирању услова инсталације БСМ система.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

Увидом у саму дисертацију и њене коначне резултате, Комисија констатује да је кандидат успешно одговорио на постављене изазове и питања која су од значаја за рашење постављених проблема.

У дисертацији су разматране могућности повећања вероватноће формирања сигурних сензорских баријера коришћењем мобилних чворова у хибридној мрежи у којој се мобилност користи након иницијалне инсталације хибридне мреже или мреже сачињене само од статичких чворова. За један од предложених алгоритама, развијен је симулатор чија је функционалност верификована упоређивањем резултата са претходно изведеним математичким ампроксимацијама, за покривеност региона и покривеност слабом сензорском баријером.

У тези су обухваћени најзаступљенији војни сценарији имплементације стохастички размештених бежичних сензорских мрежа на отвореном простору где су радијуси читавања сензора такође узети из опсега радијуса читавања најзаступљенијих војних сензора данас. За представљене алгоритме су описани и потенцијални начини практичне имплементације коришћењем централизоване и дистрибуиране контроле мобилних чворова или робота.

Базирајући се на предложене алгоритме, након поновљених симулација, у тези се извлаче важни закључци о утицају мрежних параметара и услова инсталације на формирање сигурних сензорских баријера за случај региона ограничених димензија и ограничене густине мреже. На основу ових закључака, узимајући почетне претпоставке као што су дате у овој тези, може се у пракси апроксимирати број потребних додатних чворова за регион произвољних димензија. Додатно, важни закључци се изводе и по питању критичних услова за изједначавање броја прекида са бројем додатних (мобилних) чворова као и по питању зависности броја додатних чворова од односа радијуса читавања и странице квадратне површине. Ови резултати су важни у смислу редукције потрошње енергије кретања у мрежи као и у процени потребног броја мобилних чворова за регион произвољних димензија, респективно.

Међусобним упоређивањем предложених метода, те сагледавањем предности једне у односу на другу, заједно са описом позиционирања чворова у рељефно разуђеном терену у домену концептуалног моделирања, поставља се платформа за будући смер истраживања у овом правцу. Наиме, интеграцијом описаног GPSCA алгорита у RBPCA алгоритам, прецизнијом симулацијом реалне позиције чворова на терену уз помоћ аутоматског препознавања мултимедијалног садржаја и адекватним моделирањем система, може се повећати прецизност изведених резултата и повећати ефикасност у коришћењу мобилности у мрежи.

4.3 Очекивана примена резултата у пракси

Алгоритми развијени у овој тези се, уз адекватно моделирање почетних услова инсталације, тј. уз адекватно сетовање почетних параметара, могу директно применити за оцену потребног броја и позиција допунских чворова које треба додати у мрежи да би се формирала барем једна сигурна сензорска баријера. У зависности од услова инсталације и енергетског ограничења, за практичну примену се може користити централизовани или дистрибуирани приступ. Резултати симулације могу послужити и за оцењивање исплативости увођења мобилних чворова у датој имплементацији. Из резултата се, осим зависности броја потребних (мобилних) чворова од основних параметара мреже, извлачи и зависност од односа радијуса читавања са страницом квадратне површине региона у датим условима инсталације. Оваква правилност се може користити за практично одређивање броја потребних мобилних чворова у случају произвољне дужине страница тракасте површине. Резултати добијени у оквиру ове дисертације могу се применити у процени очекиваног нивоа покривености мрежом за конкретну стохастичку имплементацију, у оцени исплативости увођења мобилних чворова или робота и у управљању практичном применом алгоритама за допуњавање мреже до нивоа сигурне сензорске баријере.

Осим у делу самог развоја алгоритама, у дисертацији се описује начин развоја решења из мултидисциплинарних области електротехнике и рачунарства (као што је област бежичних сензорских мрежа) користећи строге услове СММI методологије. Овакав приступ, који се базира на раду којег је кандидат објавио на *IEEE* часопису, може послужити студентима електротехнике за оптимизацију и ефикаснији развој решења, посебно када су у питању мултидисциплинарне области. Такође, постављене релације и концепти везани за утицај средине на позицију сензорског чвора, могу послужити за креирање реалнијег симулационог окружења у којем ће се користити аутоматско препознавање мултимедијалног

садржаја и које ће омогућити реалније одређивање позиција нових чворова потребних за формирање сигурних сензорских баријера.

4.4 Подаци о објављеним научним радовима у вези са дисертацијом

Категорија M23 (радови објављени у часописима међународног значаја са IMPACT фактором):

- **Z. Tafa** and V. Milutinović, “Detectability of Static and Moving Targets in Randomly Deployed Military Surveillance Networks,” *Ad Hoc & Sensor Wireless Networks*, vol. 13, no. 3-4, pp. 291-312, 2011 (**IF=0.302**) (ISSN: 15520633, 15519899).
- S. Omerovic, Z. Babovic, **Z. Tafa**, V. Milutinovic, and S. Tomazic, “Concept Modeling: From Origins to Multimedia,” *Multimedia Tools and Applications*, vol. 51, no. 3, pp. 1175-1200, 2011 (**IF=0.885**) (DOI: 10.1007/s11042-010-0642-8).
- G. Rakocevic, **Z. Tafa**, and V. Milutinovic, “A Novel Approach to Data Mining in Wireless Sensor Networks,” прихваћен за објављивање у *Ad Hoc & Sensor Wireless Networks*, 2012 (**IF=0.302**) (ISSN: 15520633, 15519899).

Категорија M22 (радови објављени у часописима међународног значаја са IMPACT фактором):

- **Z. Tafa**, G. Rakocevic, D. Mihailovic, and V. Milutinovic, “Effects of Interdisciplinary Education on Technology-Driven Application Design,” *IEEE Transactions on Education*, vol. 54, no. 3, pp. 462-470, 2011 (**IF=1.157**) (ISSN 0018-9359) (10.1109/TE.2010.2080359).

Категорија M33 (радови саопштени на скуповима међународног значаја, штампани у целини):

- **Z. Tafa**, “Robot-Assisted Algorithms on Providing Path Connectivity and Barrier Coverage in Stochastic Network Deployments”, *Proc. of the Third International ICST Conference on Ad Hoc Networks*, Paris, France, 2011.
- **Z. Tafa**, “Towards Improving Barrier Coverage by Using Mobile Robots,” *Proc. of the IEEE Mediterranean Conference on Embedded Computing 2012*, Bar, Montenegro, pp. 166-169, 2012.
- M. Pejanovic, **Z. Tafa**, G. Dimic, and V. Milutinovic, “A Survey of Military Applications of Wireless Sensor Networks,” *Proc. of the IEEE Mediterranean Conference on Embedded Computing*, Bar, Montenegro, pp. 196-199, 2012.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

5.1 Кратак осврт на дисертацију у целини

У дисертацији се актуелна технологија хибридних бежичних сензорских мрежа третира у погледу побољшања квалитета сервиса коришћењем мобилних чворова када су статички чворови инсталирани на квази случајан начин. Како су овакве врсте инсталација мрежа типичне за војне апликације, сценарији описани у дисертацији се углавном односе на процену квалитета и побољшање покривености у типичним војним сценаријима, са фокусом на процес допуњавања мреже до формирања сигурних сензорских баријера, коришћењем мобилних чворова. У том правцу се, прво врши систематизација и класификација постојећих приступа, као и математички преглед анализе покривености сензорском мрежом и анализе детектабилности покретних мета (у типичним војним апликацијама) за два случаја стохастичког размештаја чворова, када се позиционирање чворова може описати функцијама расподеле вероватноће. Затим се описују два алгорита за допуњавање сензорске мреже уз помоћ мобилних чворова или робота у правцу формирања бар једне сигурне сензорске баријере код хибридне мреже где се чворови позиционирају на квази случајан начин.

Процес пројектовања алгорита за анализу и побољшање сензорских баријера се у дисертацији, на оригиналан начин, представља користећи CMMI методологију а базирајући се на приступу који је аутор користио у припадајућем раду објављеном на IEEE часопису. Такође, у циљу дефинисања правца будућег истраживања, а базирајући се на методе описане у свом раду који је такође објављен на SCI часопису, аутор

разматра аутоматско препознавање мултимедијалног садржаја у циљу прецизнијег одређивања позиција чворова те ефикаснијег коришћења мобилности у мрежи.

Добијени експериментални резултати, заједно са осталим доприносима и изведеним закључцима који произилазе из ове дисертације, посебно су важни у пољу проучавања и развоја метода за формирање сензорских баријера у хибридним мрежама, са накнадним укључењем мобилних чворова или робота. Резултати приказани у дисертацији и њихова експериментална верификација, имају такође и директну примењивост у свим практичним имплементацијама где се почетни услови инсталације мреже могу моделирати користећи полазне хипотезе дате у овом раду.

Након пажљивог читања и детаљне анализе докторске дисертације мр Жилберта Тафе, под насловом „Нови алгоритми за повећање вероватноће формирања сигурних сензорских баријера коришћењем мобилних чворова“, Комисија је констатовала да она садржи све потребне формално-типографске целине и да је написана у складу са стандардима Електротехничког факултета и Универзитета у Београду. Изложени материјал је добро организован кроз поглавља и одељке. Циљеви тезе су јасно наведени и исказани, а предложене методе и истраживачки резултати изложени поступно, систематски и разумљиво. Такође, допринос аутора у области истраживања је наглашен.

5.2 Предлог Комисије Наставно-научном већу

На основу свега изложеног, Комисија констатује да дисертација испуњава све законске, формалне и суштинске услове, као и све критеријуме који се уобичајено примењују приликом вредновања докторске дисертације на Електротехничком факултету у Београду. Комисија сматра да докторска дисертација мр Жилберта Тафе, под насловом **„Нови алгоритми за повећање вероватноће формирања сигурних сензорских баријера коришћењем мобилних чворова“**, садржи оригиналне научне доприносе, па има задовољство и част да предложи Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да ову дисертацију прихвати и одобри њену усмену јавну одбрану.

У Београду, _____ године.

Чланови комисије

др Вељко Милутиновић, редовни професор
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

др Мирослав Бојовић, ванредни професор
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

др Ранко Поповић, ванредни професор
Универзитет Сингидунум