

НАЗИВ ФАКУЛТЕТА: ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

мр Драган Раствовац

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију:</p> <p>На основу предлога Катедре за телекомуникације и обраду сигнала, у складу са чланом 77, став 1, Статута Факултета техничких наука, декан факултета, проф. др Раде Дорословачки је 01.04.2016. године именовao Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације – решење број 012-72/29-2013.</p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ul style="list-style-type: none">• др Зорица Николић, редовни професор, Телекомуникације, изабрана 07.03.2000. године, Електронски факултет, Ниш (председник).• др Војин Шенк, редовни професор, Телекомуникације и обрада сигнала, изабран 18.7.2003. године, Факултет техничких наука, Нови Сад.• др Владо Делић, редовни професор, Телекомуникације и обрада сигнала, изабран 08.07.2015. године, Факултет техничких наука, Нови Сад.• др Милан Наранчић, доцент, Телекомуникације и обрада сигнала, изабран 23.10.2015. године, Факултет техничких наука, Нови Сад.• др Дејан Вукобратовић, ванредни професор, Телекомуникације и обрада сигнала, изабран 01.04.2014. године, Факултет техничких наука, Нови Сад (ментор).
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме:</p> <p>Драган, Никола, Раствовац</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава:</p> <p>18.07.1977. године, Апатин, Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив:</p> <p>Факултет техничких наука, Нови Сад, Енергетика, електроника и телекомуникације - телекомуникације, Дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства – мастер</p>

<p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:</p> <p>Кандидат је похађао магистарске студије.</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:</p> <p>Факултет техничких наука, Нови Сад, "Конструкција ирегуларних LDPC кодова са прогресивним повећањем редувансе за примену у H-ARQ системима", Телекомуникације и обрада сигнала, одбрањена 7.05.2010. године.</p>
<p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:</p> <p>Телекомуникације и обрада сигнала</p>
<p>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</p> <p>Анализа енергетске ефикасности испоруке мултимедијалних сервиса у мобилним ћелијским системима четврте генерације (LTE/LTE-A)</p>
<p>IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</p> <p>Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.</p> <p>Докторска дисертација кандидата мр Драгана Раствоваца под називом "Анализа енергетске ефикасности испоруке мултимедијалних сервиса у мобилним ћелијским системима четврте генерације (LTE/LTE-A)" припада научној области телекомуникације и обрада сигнала. Дисертација садржи следећа поглавља:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Увод 2. Основе мобилних ћелијских система 3. Моделовање мобилне бежичне мреже 4. LTE/LTE-A технологија и MBMS сервис 5. Дизајн и анализа eMBMS сервиса у LTE/LTE-A мрежама 6. Закључак <p>Дисертација је написана на српском језику (латиница), а извод (апстракт) тезе је даг и на српском и енглеском језику. Дисертација садржи 6 поглавља, 132 стране Б5 формата, 75 слика, 13 табела и листу од 147 референци.</p> <p>Мотивација за предмет истраживања докторске дисертације настала је као последица раста популарности испоруке видео садржаја преко "четврте генерације мобилних мрежа (4G)" и драматичним порастом захтева за пропусним опсегом за испоруку овог сервиса. Стога је у 3GPP организацији одговорној за 4G стандардизацију забележена значајна активност за оптимизацију и стандардизацију сервиса за мултикаст и бродкаст (multicast/broadcast) испоруку видео садржаја (eMBMS сервиса) који би значајно растеретио оптерећење мреже. Поред капацитета, последњи трендови у истраживању комуникационих система придају велики значај повећању квалитета услуге уз минимизацију укупног утрошка енергије инфраструктуре (енергетски ефикасне комуникације). Основни циљ истраживања у овој дисертацији је дизајн енергетски ефикасних макро и хетерогених ћелијских LTE/LTE-A структура за испоруку мултимедијалног садржаја путем eMBMS сервиса.</p> <p>Прво поглавље представља увод у коме су дати мотивација, предмет и циљ истраживања.</p> <p>Друго поглавље анализира архитектуру мобилних ћелијских система. Први део поглавља представља основе ћелијског концепта и недавне трендове развоја хетерогених ћелијских мрежа (Heterogeneous Networks) који обухватају базне станице различитих величина – од класичних макро до кућних фемто-базних станица. Други део поглавља дефинише просторни модел расподеле базних станица у хетерогеним мрежама где у последњим истраживањима доминира употреба Поасоновог процес генерисања тачака као задовољавајућег, а аналитички веома погодног, модела расподеле положаја базних станица.</p>

Треће поглавље обухвата преглед модела за бежични пренос сигнала кроз слободан простор као и модела простирања ка корисницима у унутрашњости објеката. Дат је преглед најзначајнијих емпиријских и детерминистичких модела простирања. Фокус је стављен на FSMC (Finite State Markov Chain - Марковљев ланац са коначним бројем стања) модел за понашање фединг коефицијената канала у условима спорог фединга. Након тога следе основи стохастичке геометрије који полазе од Поасоновог процеса расподеле базних станица и теоријски изводе мере покривености простора сигнаlima са базних станица од којих је најважнија расподела вероватноће покривања, тј. квантитативни опис дела површине која је покривена сигналом са једне од базних станица (третирајући остале као интерференцију) који превазилази задату вредност прага односа сигнал-шум.

У четвртном поглављу приказана је архитектура LTE/LTE-A система. Детаљно је описана структура физичког слоја LTE/LTE-A и описа протокол стека између базне станице и корисничког уређаја (протокол стека радио интерфејса). Други део поглавља описује архитектуру MBMS сервиса и ентитета мреже као и ресурса који се користе при MBMS преносу. Коначно, уведене су основне мере енергетске и спектралне ефикасности у хетерогеним ћелијским мрежама.

Пето поглавље приказује резултате истраживања који су усмерени у два правца. Први правац анализира уштеду енергије у различитим eMBMS LTE/LTE-A сервисним структурама базираним на макро-ћелијским HetNets мобилним системима применом 3GPP хексагоналног модела. Други правац представља анализу протока података и оптималну доделу параметара за пренос на физичком слоју за eMBMS-базирану испоруку видео сервиса у HetNets мрежи са две класе базних станица применом стохастичке геометрије.

Шесто поглавље представља закључна разматрања и неке идеје за наставак истраживања.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У првом, односно уводном поглављу на јасан и концизан начин описан је предмет, текући проблеми, потреба и циљ истраживања. У поглављу је дат и историјски преглед развоја мобилних ћелијских система.

У другом поглављу описане су могуће архитектуре, тј. просторне расподеле базних станица у мобилним ћелијским системима. У дисертацији се посматра испорука мултимедијалног садржаја преко макро ћелијских и HetNets система у урбаним срединама. У првом делу поглавља дате су теоријске основе хексагоналног (традиционалног) модела расподеле базних станица, док се у другом делу описује Поасонов модел расподеле базних станица. У данашњим урбаним срединама чак и макро базне станице нису хексагонално расподељене, већ све ближе прате Поасонов процес расподеле. На тај начин у урбаним областима, Поасонов модел није више стандард само за моделовање потпуно случајне расподеле локација малих ћелија, већ се све више универзално користи и за макро ћелије и основа је анализе мобилних ћелијских система базираних на стохастичкој геометрији.

У трећем поглављу дефинисане су две независне целине. Прва се надовезује на претходно поглавље анализом снаге пријемног сигнала на позицији крајњег корисника и условима за успостављање везе (линка) у мобилној ћелијској мрежи. Ово поглавље бави се теоријским основама и фундаменталним карактеристикама преноса сигнала од базне станице до крајњег корисника. У поглављу су представљени различити модели простирања сигнала. У другој целини дат је теоријски преглед моделовања мобилног ћелијског система применом стохастичке геометрије: мотивација за примену стохастичке геометрије и основни резултати који се односе на вероватноћу покривања произвољне тачке у простору са сигналом одређеног предефинисаног прага односа сигнала и шума.

У четвртном поглављу дата је основна архитектура LTE/LTE-A система и постојеће стање

у области минимизације укупне потрошње енергије у мобилним ћелијским комуникационим системима на темељу релевантне литературе. Корисници намећу значајне захтеве оператерима захтевајући поуздану и брзу испоруку све веће количине садржаја. Примена LTE/LTE-A система има за циљ да обезбеди испуњење корисничких захтева са једне стране, а са друге, оператери ће извршити иновацију свог постојећег система. Циљ иновираних система оператерима пружа потенцијално мање трошкове одржавања и инсталације, као и међусобну компатибилност система различитих произвођача и оператера. LTE/LTE-A систем у себи има интегрисан MBMS сервис који омогућава истовремену испоруку истог мултимедијалног садржаја великом броју корисника кроз тзв. multicast или broadcast метод преноса. Огромна потражња за великим протоком података узроковала је драматичан пораст густине базних станица и сврстала их у доминантне потрошаче укупне енергије у мобилној ћелијској мрежи. На основу тога, већина анализа енергетске ефикасности фокусирана је према оптимизацији рада базних станица што је и предмет истраживања ове дисертације. Енергетска ефикасност базних станица постала је главни фактор приликом пројектовања радио приступних мрежа.

У петом поглављу представљени су главни резултати истраживања. Описан је модел система за испоруку садржаја у MBMS архитектури LTE/LTE-A система. Дефинисани су модели енергетске потрошње уређаја (базних станица) у мрежи и аналитички су евалуирани трошкови преноса видео садржаја константног протока (CBR – Constant Bit Rate) у смислу енергије потребне за реализацију сервиса. Дефинисана је и нова мера испоруке сервиса, тзв. енергија сервиса (Energy of Service) која је потом узета као основа за поређење различитих конфигурација мреже за испоруку истог сервиса. Посебно, разматране су две врсте MBMS система предложене у 3GPP-у, а то су SC-eMBMS и SFN-eMBMS. Предности две архитектуре сервиса једне у односу на другу и параметри система када је боље користити једну од њих су анализиране.

У шестом поглављу представљена су закључна разматрања истраживања. Наведено је шта је урађено у истраживању, шта се постиже и могући будући правци истраживања.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

У својој укупној продукцији, кандидат има осамнаест објављених научних радова од којих: један у међународном часопису са SCI листе (M23), један у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком (M24), десет радова објављено у зборнику саопштења са међународног скупа штампаног у целини, као и пет саопштења са скупа националног значаја штампано у целини, и један рад је објављен у међународном часопису. Четири рада укључујући и рад публикован у међународном часопису са SCI листе директно припадају области дисертације.

Списак научних радова који су објављени на основу резултата истраживања у оквиру рада на овој дисертацији су:

1. Khirallah, C., Rastovac, D., Vukobratović, D., Thompson, J. "Design of Bandwidth and Energy Efficient Video Broadcasting Services over LTE/LTE-A", IEICE Transactions on Communications, Vol. E-97B, No. 08, August 2014, ISSN: 0916-8516. [http://search.ieice.org/bin/pdf.php?lang=E&year=2014&fname=e97-b_8_1504\(M23\)](http://search.ieice.org/bin/pdf.php?lang=E&year=2014&fname=e97-b_8_1504(M23))
2. Rastovac, D., Vukobratović, D., Khirallah, C., Thompson, J.: "The Design of Multimedia

Multicasting Services in LTE HetNets Using Stochastic Geometry," IEICE Information and Communications Technology Forum 2015, Manchester, United Kingdom, June 2015, ISBN: 978-83-932602-1-8. <http://i-scover.ieice.org/proceedings/ICTF/2015/pdf/SESSION8-1.pdf>(M33)

3. Rastovac, D., Khirallah, C., Vukobratović, D., Thompson, J.: "Energy Efficiency of Video Broadcasting Services in LTE Heterogeneous Networks," IEICE Information and Communications Technology Forum ICTF 2013, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, May 2013. <http://i-scover.ieice.org/proceedings/ICTF/2013/pdf/COMM5-3.pdf>(M33)

4. Растовац, Д., Вукобратовић, Д.: “ Моделовање LTE-A канала помоћу FSMC модела за OFDM системе“, 20. телекомуникациони форум ТЕЛФОР 2012, Београд, Новембар 2012, ИСБН: 978-1-4673-2982-8, стр. 436-439. (M63)

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Оригинални резултати истраживања приказани су у петом поглављу. Наведени добијени резултати у потпуности испуњавају циљеве истраживања дефинисане у уводном поглављу.

Основни резултат истраживања ове дисертације је допринос дизајну енергетски ефикасних макро и хетерогених LTE/LTE-A конфигурација за испоруку мултимедијалних сервиса. Разматране су две конфигурације предложене у 3GPP стандардизацији: SC-eMBMS и SFN-eMBMS сервис, које ће имати значајну улогу у будућим реализацијама система за масовну испоруку видео садржаја (нпр. сервиса дигиталне телевизије) путем мобилних ћелијских система у 4G технологији. Разматрани су односи између енергије потребне за испоруку сервиса, оставивог дигиталног протока и употребљеног пропусног опсега при реализацији две могуће верзије eMBMS сервиса. Дати су јасни закључци када један од посматране две конфигурације представља енергетски ефикасније решење. Разматран је и SC-eMBMS у оквиру хетерогених LTE/LTE-A мрежа при чему је показано је да се расподелом велике густине eNB-е мале снаге смањује потрошња енергије у односу на расподелу мале густине макро eNB-е велике снаге, што додатно иде у прилог трендовима увођења малих базних станица за растерећење мреже, пре свега при испоруци мултимедијалног садржаја.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

У дисертацији су јасно и прецизно представљени проблеми проучавања и добијени резултати, као и значај ових резултата у ширем контексту у мобилним радио комуникацијама. Резултати добијени истраживањем приказани су прегледно и систематично и илустровани одговарајућим графичким приказима.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе захтеване Статутом Факултета техничких наука и Универзитета у Новом Саду, као и Законом о високом образовању.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Оригиналан допринос ове дисертације произилази из чињенице да се дизајном различитих макро и хетерогених LTE/LTE-A структура за испоруку мултимедијалних сервиса уз примену расподеле велике густине базних станица мале снаге минимизује потрошња енергије у односу на расподелу мале густине макро базних станица велике снаге. У оквиру овог правца, дат је једноставан аналитички приступ за евалуацију просечног протока сервисне услуге, која је ограничена захтевима вероватноће покривености сервисом. На основу овог приступа изведени су пропусни опсег и утрошак енергије по јединици сервиса (типично, видео канала константног дигиталног протока). Добијени резултати омогућују универзалан начин да се евалуира пропусни опсег и енергетска ефикасност при пројектовању мултимедијалних услуга у надолазећим конфигурацијама LTE/LTE-система.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Комисија сматра да дисертација нема недостатака који би утицали на резултате истраживања.

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

- да се докторска дисертација под насловом ”Анализа енергетске ефикасности испоруке мултимедијалних сервиса у мобилним ћелијским системима четврте генерације (LTE/LTE-A)” прихвати, а кандидату мр Драгану Раствоцу одобри одбрана.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ:

др Зорица Николић, редовни професор,
Електронски факултет, Ниш, председник
комисије

др Војин Шенк, редовни професор,
Факултет техничких наука, Нови Сад, члан

др Владо Делић, редовни професор,
Факултет техничких наука, Нови Сад, члан

др Милан Наранџић, доцент,
Факултет техничких наука, Нови Сад, члан

др Дејан Вукобратовић, ванредни професор,
Факултет техничких наука, Нови Сад, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.