

НАЗИВ ФАКУЛТЕТА Факултет техничких наука

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовео комисију</p> <p>15.07.2013, Декан Факултета Техничких Наука у Новом Саду.</p> <p>2. Састав комисије са знаком 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> <p>Председник: др Владимир Црнојевић, ванредни професор, УНО Телекомуникације и обрада сигнала, 8.07.2010, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду;</p> <p>Члан: др Алекса Зејак, научни саветник, УНО Телекомуникације и обрада сигнала, 20.06.2007. РТ-РК, Нови Сад;</p> <p>Члан: др Татјана Лончар-Турукало, доцент, УНО Телекомуникације и обрада сигнала, 26.04.2012. Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду;</p> <p>Ко-ментор: др Горан Димић, научни сарадник, УНО Телекомуникације и обрада сигнала, 15.06.2006, Институт Михајло Пупин, Универзитет у Београду;</p> <p>Ментор: др Драгана Бајић, редовни професор, УНО Телекомуникације и обрада сигнала, 15. 06. 2006, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду;</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме:</p> <p>Никола, Радун, Зоговић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава:</p> <p>01. 09. 1974, Смедеревска Паланка, Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив</p> <p>Електротехнички факултет универзитета у Београду, Електроника, телекомуникације и аутоматика - смер Електроника, Дипломирани инжењер електротехнике</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија</p> <p>-</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:</p> <p>Електротехнички факултет универзитета у Београду, „Нови протокол за комуникацију у реалном времену у извијачком систему АРТИС“, н.о. Архитектура и организација рачунарских система и</p>

мрежа, 14.6.2006.

6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:

Магистар електротехничких наука

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Однос енергетске ефикасности и поузданости у бежичним сензорским мрежама

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

У дисертацији је квантитативно одређен однос енергетске ефикасности и поузданости у бежичним сензорским мрежама, на физичком слоју и слоју контроле приступа медијуму. Квалитативно и квантитативно су дефинисани простор циљева и простор одлучивања. Због комплексности проблема, простор одлучивања је сведен на пројекцију четири димензије, које на циљеве утичу конкурентно: битска брзина, дужина пакета, максималан број покушаја слања пакета и предајна снага. Простор циљева је дефинисан преко метрика укупне енергије по биту корисних података (за енергетску ефикасност) и процента успешно пренетих пакета (за поузданост). Пронађене су оптималне вредности односа енергетске ефикасности и поузданости у смислу вишециљне оптимизације са Парето приступом, без преференци. Размотрене су различите технике за постизање бољег Парето фронта у односу на савремену праксу преноса података на физичком слоју и слоју контроле приступа медијуму у бежичним сензорским мрежама. Развијени су оригинални РФП-модел зависности укупне снаге предајника од предајне снаге и модел, помоћу којег је, користећи ергодиичну природу процеса слања пакета, могуће трансформисати целобројну димензију простора одлучивања – максималан број покушаја слања пакета, у реалну димензију – средња вредност максималног броја покушаја слања пакета.

Анализа енергетске ефикасности под условом потпуне поузданости показује да су могуће уштеде 20-50% када се адаптивне технике на оба слоја здруже у односу на адаптивне технике на физичком слоју. Све адаптивне технике показују знатно побољшање у односу на уобичајену праксу слања кратких пакета максималном расположивом снагом.

Анализа односа енергетске ефикасности и поузданости када се однос подешава дужином пакета, предајном снагом и бројем покушаја слања пакета, показује да однос може да се подешава али да Парето фронт није континуалан. Ова чињеница је супротна интуицији, а одговор лежи у разлици простора где су енергетска ефикасност и поузданост дефинисани као континуалне величине и простора циљева дефинисаног као скуп тачака достижних из простора одлучивања. Показује се да модификацијом целобројне димензије простора одлучивања – максималан број покушаја слања пакета, у реалну димензију – средња вредност максималног броја покушаја слања пакета, повећава резолуција оба простора, а интервали дисконтинуитета Парето фронта могу да се сведу на прихватљиве, са практичне тачке гледишта.

Анализа односа енергетске ефикасности и поузданости када простор одлучивања има све четири димензије показује да је са повећањем броја димензија у простору одлучивања могуће постићи боље Парето оптималне вредности циљева.

Дисертација је организована у пет поглавља.

У првом поглављу је дат увод у проблематику енергетске ефикасности и поузданости у бежичним сензорским мрежама. Изложени су аргументи због којих је битно да се енергетска ефикасност и поузданост разматрају истовремено. Изложене су најбитније чињенице у вези са вишециљним приступом проблему одређивања односа ова два циља. Изложена је и организација саме дисертације.

У другом поглављу су детаљно размотрени сви аспекти бежичних сензорских мрежа, који су битни за разумевање проблема односа енергетске ефикасности и поузданости. Изложена је историјска перспектива развоја области умрежавања сензора, размотрене су главне величине на физичком слоју и слоју приступа медијуму које утичу на енергетску ефикасност и поузданост и дата је општа дефиниција вишециљног проблема.

У трећем поглављу су анализирани сви аспекти битни за моделовање система трансмисије и математички алати за решавање проблема: метрике, модели, технике трансмисије и математички апарат за Парето оптимизацију нелинеарних и неконвексних проблема.

У четвртом поглављу је конкретизован проблем оптимизације односа енергетске ефикасности и поузданости при чему је комуникациони систем базиран на ЦЦ1000 радио уређају.

У петом поглављу су изложени закључци дисертације.

Укупан број поглавља: 5

Укупан број страна: 135

Укупан број слика: 44

Укупан број табела: 9

Укупан број референци: 144

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Уводно поглавље даје неопходне информације за разумевање проблематике односа енергетске ефикасности и поузданости у бежичним сензорским мрежама. Изложена је основна супротстављеност ова два циља и проблеми који су се дешавали када се енергетска ефикасност постизала без разматрања поузданости. Показано је да вишециљни приступ оптимизацији без преференци као општи приступ проблему односа ова два циља даје бољи увид у проблематику од приступа оптимизације једног циља под ограничењима другог. Изложена је битност како инжењерског аспекта, који се састоји у јасном дефинисању циљева и промењивих одлучивања тако и математичког аспекта који треба да омогући проналажење оптималних решења у простору циљева и простору одлучивања. До квалитетније Парето оптималне криве могуће је доћи модификацијом простора одлучивања и/или модификацијом функција пресликавања из простора одлучивања у простор циљева.

У другом поглављу је детаљно изложена битност оба циља. Енергетска ефикасност је битна због очекиваног дугог животног века батеријски напајаних сензорских чворова, а поузданост због могућности реалне примене у прикупљању података. Крајњи корисници очекују да прикупљени подаци буду валидни. Изложено је стање истраживања у области сензорских мрежа, са историјском перспективом и показано је да је проблематика односа енергетске ефикасности и поузданости актуелна тема. Размотрен је утицај свих главних промењивих величина на физичком слоју и слоју контроле приступа медијуму на ова два циља чиме је у пуној комплексности дефинисан простор одлучивања. Анализом утицаја промењивих одлучивања на циљеве, за вишециљну оптимизацију су селектоване само оне промењиве које на циљеве утичу конкурентно, а да је њихово подешавање на савременим радио уређајима подржано, док су остале промењиве узете параметарски тако да максимално доприносе циљевима. Дата је општа дефиниција вишециљног проблема. Овако свеобухватан приступ дефинисању проблема односа енергетске ефикасности и поузданости је оригиналан допринос ове дисертације.

У трећем поглављу је дефинисан модел система. Да би биле одређене одговарајуће метрике за енергетску ефикасност и поузданост, системски су анализирани метрике на прва два комуникациона слоја. Приказана су и два оригинална модела. Први модел је РФП-модел за зависност укупне снаге коју троши предајник од излазне снаге. Модел је заснован на подацима о реалним предајницима и унапређује све претходне моделе. Други модел користи ергодичну природу слања пакета да би трансформисао целобројну димензију простора одлучивања – максималан број покушаја слања пакета, у реалну димензију – средња вредност максималног броја покушаја слања пакета. Оба модела су оригиналан допринос дисертације.

У четвртном поглављу је конкретизован вишециљни проблем односа енергетске ефикасности и поузданости на случају примене ЦЦ1000 радио уређаја. Проблем је решаван методом одговарајућих ограничења датих у виду једнакости за нелинеарне и неконвексне проблеме вишециљне оптимизације, нумеричком евалуацијом. Анализирани су: (и) случајеви различитих техника слања пакета са циљем енергетске ефикасности под условом потпуне поузданости, (ии) однос енергетске ефикасности и поузданости када се подешавају дужином пакета, максималним бројем покушаја слања пакета и предајном снагом, промењивим одлучивања за чије је подешавање довољно да само предајник има информацију о каналу, (иии) однос енергетске ефикасности и поузданости када се подешава и битска брзина за чије подешавање и пријемник мора да располаже информацијом о каналу. Закључци свих анализа дају оригиналан допринос дисертације.

Закључци и преглед теме и доприноса дати су у оквиру петог поглавља са напоменама везаним за тренутне и будуће прваца истраживања.

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

M22 - Рад у часопису:

1. Zogovic, Nikola ; Dimic, Goran ; Bajic, Dragana; *PHY-MAC Cross-Layer Approach to Energy-Efficiency and Packet-Loss Trade-off in Low-Power, Low-Rate Wireless Communications*, IEEE Communications Letters, Volume: 17 , Issue: 4, 2013, pp 661 – 664, IF 1.234 (2011), ISSN 1089-7798

M33 - Радови у зборницима водећих међународних конференција:

1. Dragana D. Bajic, Goran Dimic and Nikola Zogovic: *A Hybride Procedure with Selective Retransmission for Aggregated Packets of Unequal Length* IEEE International Conference on Communications 2013: IEEE ICC'13- Selected Areas in Communications Symposium (ICC'13 SAC), Budapest, Hungary, june 2013, 2671-2675
2. G. Dimic, N. Zogovic, D. Bajic: “*Supportive Relay with Heterogeneous Transceivers: Quantification of Energy Efficiency Improvement*”, Proceedings of IEEE ICC2013 Workshop E2Nets, Budapest, Hungary, 9-13 June 2013, pp 468-472
3. Горан Димић, Никола Зоговић, Драгана Бајић, „*A wireless transceiver power consumption model and two-hop vs. Single-hop energy efficiency ratio*“, *Future Network & Mobile Summit 2012, Berlin, Germany, 4th - 6th July, 2012*
4. Горан Димић, Никола Зоговић, Драгана Бајић, „*Energy efficiency of supportive relay with novel wireless transmitter power consumption model*“, *2012 Int. Conf. On Selected Topics in Mobile Wireless Networking (iCOST)*, Avignon, France, 2nd - 4th July, 2012
5. Горан Димић, Никола Зоговић, Драгана Бајић, Лидиа Краус, „*Energy Efficiency of Supportive Relay with Heterogeneous Transceivers*“, *The first International Workshop on Emerging Communication Technologies 2012 (WECT'12)*, Будва, Црна Гора, 5. октобар, 2012.
6. Бојан Шмидлинг, Никола Зоговић, „*A Controller for Transmission Parameters Adaptation to Wireless Channel with Energy-Efficiency Goal*“, Зборник радова ТЕЛФОР, Београд, 20. – 22. новембар 2012.
7. Никола Зоговић, Горан Димић, Драгана Бајић, „*Channel loss based energy consumption model for low-power wireless communication*“, *3rd Wireless Sensor Networks –Theory and Practice Workshop*, Париз, Француска, фебруар 2011.
8. Никола Зоговић, Горан Димић, Драгана Бајић, „*Transmitter power consumption modeling in low-power communications*“, *The Second International Workshop on Sensing Technologies in Agriculture, Forestry and Environment EcoSense11*, Београд, Србија, април 6-7, 2011.
9. Никола Зоговић, Горан Димић, Драгана Бајић, „*The impact of packet length and packet error rate on energy-efficiency in low-power wireless communications*“, *The Second International Workshop on Sensing Technologies in Agriculture, Forestry and Environment EcoSense11*, Београд, Србија, април 6-7, 2011.
10. Милош Јевтић, Никола Зоговић, Горан Димић, „*Comparison of Wireless Sensor Network Simulators*“, *The Second International Workshop on Sensing Technologies in Agriculture, Forestry and Environment EcoSense11*, Београд, Србија, април 6-7, 2011.
11. Никола Зоговић, Горан Димић, Драгана Бајић, „*Packet length and transmission power adaptation for energy-efficiency in low-power wireless communications*“, Зборник радова TELSIKS, Ниш, 2011.
12. Никола Зоговић, Горан Димић, Драгана Бајић, „*PHY-MAC Cross-Layer Approach to Energy-Efficiency Improvement in Low-Power Communications*“, *The Eighth International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS)*, Aachen, Germany, 6th - 9th November, 2011

13. Никола Зоговић, Горан Димић, Драгана Бајић, „*Quality of Service Provisioning in WSN - Overview of Medium Access Control- and Physical-Layer Issues*“, *The First International Workshop on Sensing Technologies in Agriculture, Forestry and Environment BioSense09*, Нови Сад, Србија, октобар 2009.
14. Никола Зоговић, Горан Димић, Драгана Бајић, „*Low-power wireless transceiver – total channel-loss based power consumption model*“, *9th Int. Symp. On Electronics and Telecommun. ISETC'10, Timisoara, Romania, November 2010*.
15. Никола Зоговић, „*The Impact of Datagram Partition and Checksuming on Datagram Latency*“, Зборник радова *TELSIKS*, Ниш, 2005, 4 стране

М63: - Радови у зборницима домаћих конференција:

1. Никола Зоговић, Горан Димић, Драгана Бајић, „*L – model: link level power consumption model for low-power wireless communications based on total channel-loss*“, Зборник радова ЕТРАН, Доњи Милановац, 2010.
2. Милош Јевтић, Никола Зоговић, Горан Димић, „*Evaluation of Wireless Sensor Network Simulators*“, Зборник радова ТЕЛФОР, Београд, 2009.
3. Никола Зоговић, Горан Димић, Драгана Бајић, „*Wireless Sensor Networks: QoS Provisioning at MAC and Physical Layers*“, Зборник радова ТЕЛФОР, 2009.
4. Лазар Супић, Никола Зоговић, Горан Димић, „Приказ *TinyOS* оперативног система за бежичне сензорске мреже“, Зборник радова ЕТРАН, Врњачка Бања, 2009 Никола Зоговић, Лазар Супић, Младен Дулановић, Милан Оклобција, „Преглед изабраних развојних окружења за *TinyOS* оперативни систем“, Зборник радова ЕТРАН, Врњачка Бања, 2009
5. Никола Зоговић, Горан Димић, „Захтеви и технолошке могућности за комуникацију у прецизној пољопривреди“, Зборник радова ТЕЛФОР, Београд, 2008.
6. Никола Зоговић, Горан Димић, „Евалуација радио-примопредајника за приману у бежичним сензорским мрежама“, Зборник радова ЕТРАН, Београд, 2008.
7. Никола Зоговић, „Преглед комерцијално расположивих платформи за реализацију бежичних сензорских мрежа“, Зборник радова ЕТРАН, Београд, 2007

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.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Дисертација је фокусирана на проналажење квантитативног односа енергетске ефикасности и поузданости у бежичним сензорским мрежама на прва два комуникациона слоја. За разлику од досадашњих радова на ову тему који су имали приступ оптимизације само једног циља, енергетске ефикасности, или, у бољем случају једног циља под ограничењем другог циља, у овој дисертацији је примењен Парето приступ вишециљне оптимизације без преференци. Простор одлучивања је пажљиво одређен тако да представи све битне димензије на физичком слоју и слоју приступа медијуму, које утичу на ова два циља. Метрике којима су циљеви квантификовани су одабране тако да пруже вишим комуникационим слојевима увид у перформансе прва два слоја.

Анализирано је неколико случајева: оптимизација енергетске ефикасности под условом потпуне поузданости; оптимизација оба циља када само предајник располаже информацијом о каналу и оптимизација оба циља када и предајник и пријемник располажу информацијом о каналу. Показано је да примена адаптивних техника знатно побољшава енергетску ефикасност у односу на савремену праксу слања кратких пакета максималном расположивом снагом. Резултати истраживања показују да, супротно интуицији, Парето фронт није континуално гометријско место тачака. Међутим, показано је да повећањем резолуције у простору одлучивања, интервали прекида Парето фронта у простору циљева могу да се сведу на, са практичног аспекта, задовољавајућу величину. Показано је и да увођење додатних димензија у простору одлучивања у процес оптимизације циљева омогућава проналажење бољих Парето оптималних решења.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

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

Комисија позитивно оцењује приказ и тумачење резултата истраживања. Коришћене методе и извођење самог модела приказани су на јасан и разумљив начин са довољним нивоом детаља у излагању који омогућују лакше праћење идеја. Инжењерски проблем односа употребе ресурса и постигнутог квалитета циљаног сервиса је на адекватан начин преведен у одговарајући математички модел да би по добијању решења математичким апаратом она била коректно протумачена са аспекта физичких величина.

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

Комисија сматра да је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме. Истраживање кандидата фокусира се на квантитавној процени оптималног односа уложене енергије и постигнуте поузданости на основу резултата објављених у међународним часописима и конференцијама.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Комисија сматра да дисертација садржи све битне елементе карактеристичне за дисертацију у области електротехнике – телекомуникација и обраде сигнала – телекомуникационе мреже. Поред теоријског увода који пружа неопходне информације везане за саму природу процеса комуникације у телекомуникационим мрежама, који се анализира, дисертација даје решења за побољшање коришћених метода као и проналажење оптималних решења, што је у складу са инжењерским циљевима проналажења оптималних решења за употребу ресурса и постизања што бољег квалитета циљаног сервиса. Резултати истраживања су примењиви у области бежичног умрежавања сензорских уређаја.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Дисертација пружа неколико оригиналних доприноса науци. Развијена су два оригиналана модела. Први је за зависност укупне снаге предајника од снаге предате антени. Овај модел је развијен због недостатка одговарајућег модела који је био потребан да би се енергија, коју троши предајник, на правилан начин квантификовала, у зависности од слабљења канала и жељеног нивоа сигнала на пријемнику. Други модел је за адаптивну технику аутоматске ретрансмисије пакета, код које је могуће очекивану вредност максималног број покушаја подесити на било коју не-негативну реалну вредност чиме је повећана резолуција којом може да се подеси очекивани број покушаја слања пакета у односу на раније приказане технике, код којих је подешавање било целобројно.

Оригиналан допринос је и вишециљни приступ проблему са одређивањем свих Парето оптималних решења, без преференци, чиме се дизајнеру мреже пружа потпуни увид у однос ова два циља и оставаља му се на вољу конкретно подешавање односа. По сазнањима комисије, однос утрошене енергије и постигнуте поузданости у преносу пакета података системима за комуникацију малом снагом, до сада није разматран на овакав начин.

Оригиналан допринос је и резултат који показује да Парето фронт није континулан, што је супротно интуицији.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања Комисија нема замерки за реализацију како резултата, тако и текста дисертације.
X ПРЕДЛОГ:
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
- да се на основу изложеног докторска дисертација кандидата Николе Зоговића прихвати, а кандидату одобри одбрана

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Др Владимир Црнојевић ванр. проф., председник,
ФТН, Универзитет у Новом Саду+

Др Алекса Зејак, научни саветник, члан,
РТ-РК, Нови Сад

Др Татјана Лончар-Турукало, доцент, члан
ФТН, Универзитет у Новом Саду

Др Гиран Димић, научни сарадник, ко-ментор,
Институт Михајло Пупин, Универзитет у Београду

Др Драгана Бајић, редовни професор, ментор
ФТН, Универзитет у Новом Саду

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.