

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 |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Датум и орган који је именовao комисију Решењем бр. 012-199/20-2017 од 27. 09. 2018. године, на основу Одлуке Научно-наставног већа Факултета техничких наука, а у складу са Статутом Факултета техничких наука, декан Факултета техничких наука проф. др Раде Дорословачки, именовao је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације. 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: <ol style="list-style-type: none"> 1. др Драгана Бајовић, председник комисије, доцент, ужа област Телекомуникације и обрада сигнала, изабрана у звање 01. 12. 2015, Факултет техничких наука, Нови Сад. 2. др Душан Јаковетић, доцент, ужа област Информационе технологије, изабран у звање 15. 11. 2015, Природно-математички факултет, Нови Сад. 3. др Владо Делић, редовни професор, ужа област Телекомуникације и обрада сигнала, изабран у звање 28. 03. 2013, Факултет техничких наука, Нови Сад. 4. др Зорица Николић, редовни професор, ужа област Телекомуникације, изабрана у звање 07. 03. 2000, Електронски факултет, Ниш. 5. др Војин Шенк, редовни професор, ужа област Телекомуникације и обрада сигнала, изабран у звање 18. 07. 2003, Факултет техничких наука, Нови Сад. |
| II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Име, име једног родитеља, презиме: Александар, Ђорђе, Миња 2. Датум рођења, општина, држава: 19.06.1987, Зрењанин, Србија 3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Енергетика, електроника и телекомуникације, Мастер инжењер електротехнике и рачунарства 4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2011. година, Енергетика, електроника и телекомуникације 5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: / 6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: / |
| III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: Одређивање перформанси декодера заштитних кодова (енг. <i>Determining performance of channel decoders</i>) |
| IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикана и сл. |
| <p>Докторска дисертација садржи 130 страна, 7 поглавља (нумерисаних 1-7), 28 слика, 5 табеле, и 143 извода из литературе. Дисертација је писана на енглеском језику, али садржи проширени резиме на српском језику.</p> |

Дисертација садржи следећа поглавља:

1. Introduction and Motivation

Part I – Novel Quasi-Analytical Simulation Method

2. System Model

3. Simulation of a Communication Link

4. Quasi-Analytical Simulation Method

5. Numerical Results

Part II – TCM Design by Optimized Set Partitioning

6. Multidimensional Coded Modulation

7. Optimized Set Partitioning

У поглављу 1 дат је преглед доприноса дисертације. Описана је проблематика којом се дисертација бави, мотивација за сваки од анализираних проблема, као и кратак опис резултата. Поглавље 1 такође садржи и кратак преглед литературе, структуру тезе као и коришћену математичку нотацију. Преостали текст докторске дисертације је подељен у два дела. У првом делу (поглавља 2-5) је предложен нови квазианалитички поступак за симулирање перформанси декодера заштитних кодова, док је у другом делу (поглавље 6 и 7) развијен нови алгоритам за дизајн свечичних кодова оптимизованих за поделу скупа (енг. Optimized set partitioning – OSP). Перформансе ових нових кодова су естимирание употребом алгоритма развијеног у првом делу.

У поглављу 2 дефинисан је **геодезијски канал** – формалан модел комуникационог канала који обједињује велики број постојећих модела који се често срећу у пракси. Овде спадају бинарни канал са брисањем (енг. Binary Erasure Channel – BEC), бинарни симетрични канал (енг. Binary Symmetric Channel – BSC) и канал са белим адитивним Гаусовим шумом (енг. Additive White Gaussian Noise – AWGN). Уведен је нови модел декодера (**звезда домен декодер**) и показано је да многи декодери који се срећу у пракси задовољавају овај модел.

У поглављу 3 је дат кратак преглед постојећих симулационих поступака са детаљима за практичну имплементацију.

У поглављу 4 развијен је нови квазианалитички поступак за одеђивање вероватноће грешке заштитних кодова. Алгоритам је развијен за случај геодезијског канала. Дата су уопштења алгоритма за BSC и AWGN канале. Урађена је детаљна анализа предложеног алгоритма и показано је математички да је нови алгоритам значајно брзи (више редова величине) од Монте Карло поступка за симулацију.

У поглављу 5 су дати нумерички резултати. Нови алгоритам за симулацију је поређен са постојећим поступцима (Монте Карло метод и метод узорковања по значајности) по питању тачности и брзине. Показано је да је нови поступак значајно бржи од постојећих метода за исту тачност.

У поглављу 6 описана је вишедимензионална кодована модулација. Дат је опис сферичних кодова и показано је како сферични кодови могу да се користе за дизајн трелис-кодоване модулације (енг. Trellis Coded Modulation – TCM).

У поглављу 7 развијен је нови алгоритам (OSP) за дизајн сферичних кодова, базиран на методи променљиве одбојне силе, који су прилагођени TCM коду. Показано је да је могуће постићи значајни добитак у односу на постојеће кодове коришћењем овог метода.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У првом поглављу кандидат је навео преглед релевантне литературе из области истраживања и дао је мотивацију за сваки од анализираних проблема. Проблеми који су разматрани у дисертацији су инспирисани потребама ултра поузданих комуникација са малим кашњењем (енг. Ultra Reliable Low Latency Communications – URLLC), које чине саставни део будућег 5G стандарда. Јасно је изложена потреба за истраживањем и дат је преглед најбитнијих доприноса дисертације.

Комисија сматра да су потребе за истраживањем јасно мотивисане и да су циљеви истраживања недвосмислено оправдани уводним разматрањем. Контекст истраживања је јасно и концизно постављен.

Остатак дисертације је подељен у два дела. Први део (поглавље 2, 3, 4 и 5) уводи нови квазианалитички поступак за одређивање вероватноће грешке декодера заштитних кодова. Други

део (поглавље 6 и 7) уводи нове сферичне кодове који су унапред припремљени за поделу скупа и који укомбинацији са TCMом постижу боље перформансе од постојећих кодова који се користе у пракси.

У другом поглављу кандидат поставља математички модел који се разматра. Прво дефинише нови модел комуникационог канала – геодезијски канал, који обједињује велики број постојећих модела. У овом поглављу је демонстрирано да ВЕС канал спада у ову категорију. За геодезијски канал је дефинисан нови општи модел декодера (тзв. звезда домен декодер) и предложено је да многи практични декодери спадају у ову категорију. Експлицитно је показано да су два значајна декодера – Ordered Statistics Decoder и Polar Successive Cancellation Decoder, звезда домен декодери. За дати тип декодера, дефинисана је вероватноћа грешке. Ова девиниција је коришћена у остатку дисертације.

Комисија сматра да је математички модел добро постављен и јасно дефинисан. Резултати приказани овде су од практичног и теоријског значаја. Ово поглавље садржи велики број примера који доприносе бољем разумевању изложене тематике.

У трећем поглављу дат је преглед постојећих симулационих поступака за естимацију вероватноће грешке заштитних кодова. Прво је дефинисан општи симулациони поступак и дефинисана је тачност естиматора. Дате су две метрике за одређивање тачности симулационог поступка. Затим је дат кратак преглед Монте Карло поступка и поступка за узорковање по значајности (енг. Importance Sampling).

Комисија сматра да је овај део неопходан због комплетности тезе. Јасно су дефинисани постојећи симулациони поступци који ће се користити за поређење у даљем тексту.

Најважнији допринос ове дисертације описан је у четвртом поглављу. Овде је изведен општи квазианалитички поступак за естимацију перформанси заштитних кодова. Дато је уопштење за BSC и AWGN канале, и изведена је варијанса естиматора и алгоритамска комплексност поступка. На крају поглавља дата је детаљна анализа предложеног поступка.

Комисија сматра да је алгоритам добро образложен и његове перформансе јасно дефинисане. Предложени симулациони поступак представља оригинални допринос дисертације, у области телекомуникација што је и потврђено математичким и експерименталним резултатима.

Пето поглавље садржи нумеричке резултате. Квази-аналитички поступак које је развијен у поглављу четири је упоређен са постојећим симулационим поступцима који су описани у поглављу 3. Резултати јасно показују да је нови симулациони поступак за исту тачност, неколико редова величине брзи од постојећих. Закључци о оствареним резултатима, као и даљи правци истраживања, наведени су на крају поглавља.

Комисија сматра да нумеричке симулације јасно показују побољшање новог квазианалитичког симулационог поступка у односу на постојеће алгоритме. Комисија такође сматра да су закључци донесени у складу са изложеном дискусијом и да су поткрепљени изнесеним експерименталним резултатима.

Шесто поглавље уводи сферичне кодове и описује проблем конструкције вишедимензионалне трелис кодоване модуларације (енг. multidimensional TCM). Ово поглавље уводи појам поделе скупа (енг. set partitioning) и показује како се сферични кодови могу поделити, за потребе TCMа.

Комисија сматра да је контекст конструкције трелис кодоване модуларације на основу сферичних кодова јасно постављен, и да изнете теоријске основе представљају основу за разумевање резултата изнесених у наредном поглављу.

Најважнији допринос другог дела дисертације дат је у седмом поглављу. Изведен је нови алгоритам за конструкцију сферичних кодова који су оптимизовани за поделу скупа. TCM кодови су конструисани помоћу најбољих класичних сферичних кодова и помоћу нових сферичних кодова – оптимизованих за поделу скупа. Примећено је да нови сферични кодови, иако слабији од

најбољих класичних сферичних кодова, у комбинацији са TCMом постижу боље перформансе. Закључци о оствареним резултатима, као и даљи правци истраживања, наведени су на крају поглавља.

Комисија је мишљења да је проблем конструкције сферичних кодова, оптимизованих за поделу скупа јасно постављен и алгоритам добро изведен. Нови кодови показују видно побољшање у односу на класичне. Закључци су јасно и концизно изнесени.

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.

1. M. Shirvanimoghaddam, M. Sadegh Mohamadi, R. Abbas, A. Minja, C. Yue, B. Matuz, G. Han, Z. Lin, Y. Li, S. Johnson, B. Vucetic (2018) "Short Block-length Codes for Ultra-Reliable Low-Latency Communications", IEEE Communications Magazine, прихваћен за објављивање [M21a] (arXiv:1802.09166)
2. A. Minja, I. Stanojević, V. Šenk (2015) "Novel Quasi-Analytical Simulation Method for Estimating the Error Probability over the BSC", 38th International Conference on Telecom. and Signal Processing, TSP 2015, Prague, Czech Republic, 09-11.07.2015. [M33]
3. A. Minja, I. Stanojević, V. Šenk (2014) "Novel Quasi-Analytical Simulation Method for Estimating the Error Probability in AWGN Channel", 37th International Conference on Telecommunications and Sig. Processing, TSP 2014, Berlin, Germany, 01-03.07.2014. [M33]
4. A. Minja, I. Stanojević, V. Šenk (2013) "TCM Design Optimizing Set Partitioning of 3-dimensional Spherical Codes", 21st Telecommunications Forum, TELFOR 2013, Belgrade, Serbia, 26-28.11.2013. [M33]

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Основни резултат истраживања и допринос ове дисертације јесте развој новог симулационог поступка за одређивање вероватноће грешке декодера заштитних кодова.

У циљу развоја овог алгоритма уведен је нови модел комуникационог канала који обједињује велики број постојећих модела и омогућава заједнички третман истих. За такав модел канала дефинисан је нови тип декодера и показано је да неки декодери од великог практичног значаја спадају у ову категорију. За дати квазианалитички поступак је изведена варијанса естимације и алгоритамска комплексност и дата је детаљна анализа. Математички резултати су верификовани симулацијом.

У другом делу тезе уведени су сферични кодови који су унапред припремљени за поделу скупа и прилагођени датом TCM коду. Развијен је алгоритам за генерисање таквих кодова и демонстрирано је да имају много боље перформансе од оних који се тренутно користе у пракси. Резултати истраживања су значајни, како са теоријског, тако и са практичног аспекта.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

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

Комисија је прегледом докторске дисертације утврдила да је кандидат систематично, јасно и прегледно приказао резултате истраживања. Презентација је прегледна и концизна, са

одговарајућим илустрацијама и примерима неопходним за лакше разумевање материје која је изложена. Комисија је мишљења да су резултати истраживања тумачени коректно, са јасном аргументацијом која је заснована на резултатима истраживања. Приказана решења имају јасне теоријске и практичне доприносе који су потврђени и одговарајућим симулацијама.

Дисертација је проверена у софтверу за детекцију плагијаризма **iThenticate**. Извештај о подударности је показао да је дисертација оригинално ауторско дело кандидата.

У складу са наведеним, Комисија **ПОЗИТИВНО** оцењује начин на који су резултати приказани и тумачени.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ 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

ДА, дисертација је у потпуности написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме. Резултати дају јасне и потпуне одговоре на проблеме који су били мотивација и предмет проучавања.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

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

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Научни доприноси дисертације су:

1. Теоријски допринос докторске дисертације јесте увођење новог формалног модела комуникационог канала – геодезијски канал и дефинисање звезда домен декодера, који има неке веома пожељне особине. Значајан допринос јесте и то да је показано да неки значајни декодери (Ordered Statistics Decoder и Polar Successive Cancellation decoder) спадају у ову категорију.
2. У оквиру дисертације развијен је и нови симулациони поступак који је значајно брзи од свих постојећих поступака, што је показано и математички и експериментално. Поред овог теоријског доприноса, изведена је варијанса естиматора и алгоритамска комплексност овог поступка.
3. Дата је детаљна анализа предложеног квазианалитичког поступка за симулацију вероватноће грешке заштитних кодова.
4. Уведени су сферични кодови оптимизовани за поделу скупа, који су прилагођени датом ТСМ коду.
5. Развијен је нови поступак за генерисање сферичних кодова оптимизованих за поделу скупа.
6. Експериментално је показано да ови нови кодови постижу значајно боље перформансе у односу на постојеће кодове.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Комисија сматра да дисертација **нема** недостатака који би утицали на резултате истраживања. Резултати су комплетни, а циљ истраживања је у потпуности испуњен.

| |
|--|
| X ПРЕДЛОГ: |
| На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже: |
| да се докторска дисертација кандидата Александра Миње под насловом „ Одређивање перформанси декодера заштитних кодова ” (енг. ”Determining performance of channel decoders”) прихвати , а кандидату одобри одбрана докторске дисертације |

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

др Драгана Бајовић, доцент,
Факултет техничких наука, Нови Сад, председник комисије.

др Душан Јаковетић, доцент,
Природно-математички факултет, Нови Сад, члан комисије.

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

др Зорица Николић, редовни професор,
Електронски факултет, Ниш, члан комисије.

др Војин Шенк, редовни 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.