



Универзитет у Београду
Већу научних области техничких наука

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно чл.46 ст.5.тач.4 Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“ бр.131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата

Мр ПАВЛА (ВОЈИСЛАВ) ВУЛЕТИЋА

Кандидат Мр Павле Вулетић предао је урађену докторску дисертацију под називом:
„Стратегије метода активне процене доступног пропусног опсега на путањама у рачунарским мрежама“

Универзитетско веће научних области техничких наука је дана 07.3.2011.године дало сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Павла Вулетића образована је на седници 19.4.2011./24.5.2011.године, одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 850/3, у саставу:

Име и презиме члана Комисије	Звање	Установа у којој је запослен
1. Др Зоран Јовановић	редовни професор	Електротехнички факултет у Београду
2. Др Душан Старчевић	редовни професор	Факултет организационих наука у Београду
3. Др Јелица Протић	ванредни професор	Електротехнички факултет у Београду
4. Др Јован Ђорђевић	редовни професор	Електротехнички факултет у Београду
5. Др Славко Гајин	доцент	Електротехнички факултет у Београду

Наставно-научно веће Факултета усвојило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 24.5.2011.године.

Прилози:

1. Извештај Комисије са предлогом
2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја

ДЕКАН
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Миодраг Поповић



На основу чл.128 Закона о високом образовању и чл.66 и 68 Статута Електротехничког факултета у Београду, Наставно-научно веће на седници од 24.5.2011.године, донело је

ОДЛУКУ

Усваја се извештај комисије у саставу: др Зоран Јовановић, редовни професор Електротехничког факултета, др Душан Старчевић, редовни професор Факултета организационих наука у Београду, др Јелица Протић, ванредни професор Електротехничког факултета, др Јован Ђорђевић, редовни професор Електротехничког факултета, др Славко Гајин, доцент Електротехничког факултета, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под насловом: „Стратегије метода активне процене доступног пропусног опсега на путањама у рачунарским мрежама“ коју је предао мр Павле Вулетић, и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука.

Сагласност на тему докторске дисертације дата је на седници Већа научних области техничких наука 07.3.2011.године, под бројем 06-4721/23-11.

Допринос докторске дисертације је верификован кроз рад објављен у часопису са SCI листе који је кандидат мр Павле Вулетић објавио у својству аутора:

P. Vuletić, J. Protić, „Self-similar cross-traffic analysis as a foundation for choosing among active available bandwidth measurement strategies“, Computer Communications, DOI: 10.1016/j.comcom.2010.10.016

Комисија за усмену одбрану именована је у саставу: др Зоран Јовановић, редовни професор Електротехничког факултета, др Душан Старчевић, редовни професор Факултета организационих наука у Београду, др Јелица Протић, ванредни професор Електротехничког факултета, др Јован Ђорђевић, редовни професор Електротехничког факултета, др Славко Гајин, доцент Електротехничког факултета.

ДЕКАН

Електротехничког факултета

Проф. др Миодраг Поповић

Ag. M.

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Извештај комисије за оцену докторске дисертације кандидата мр Павла Вулетића, дипл. инж.

На 731. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду одржаној 19.4.2011. године, одређени смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације мр Павла Вулетића, дипл. инж. електротехнике под насловом: „Стратегије метода активне процене доступног пропусног опсега на путањама у рачунарским мрежама”. Након прегледа добијеног материјала, Наставно-научном већу Електротехничког факултета подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Увод

1.1 Наслов и обим докторске дисертације

Докторска дисертација мр Павла Вулетића, под називом: „Стратегије метода активне процене доступног пропусног опсега на путањама у рачунарским мрежама” је изложена на 104 стране, укључујући списак цитиране и коришћене литературе.

1.2 Хронологија одобравања и израде дисертације

Мр Павле Вулетић је пријавио докторску дисертацију 24.11.2010 године на Катедри за Рачунарску технику и информатику Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Кандидат је за ментора предложио проф. др Зорана Јовановића. Обавештење о пријави докторске дисертације је објављено на 726. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета 21.12.2010. На основу те пријаве и предлога Катедре, формирана је комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме. Комисију су чинили ментор др Зоран Јовановић редовни професор, др Јелица Протић, ванредни професор и др Славко Гајин, доцент, сви са Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме је поднела извештај Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду у којем је констатовала да кандидат испуњава све формалне и суштинске услове за приступање изради докторске дисертације, као и да је предложена тема „Стратегије метода активне процене доступног пропусног опсега на путањама у рачунарским мрежама” научно актуелна у домену метода надгледања и управљања рачунарским мрежама. Комисија је предложила Наставно-научном већу Електротехничког факултета да кандидату мр Павлу Вулетићу одобри израду докторске дисертације под горе наведеним насловом. На основу извештаја Комисије и пратеће документације тема докторске дисертације „Стратегије метода активне процене доступног пропусног опсега на путањама у рачунарским мрежама”, под менторством проф. Зорана Јовановића је одобрена 25.1.2011. од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета, а 7.3.2011. од стране Стручног већа научних области техничких наука Универзитета у Београду.

1.3 Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација под називом: „Стратегије метода активне процене доступног пропусног опсега на путањама у рачунарским мрежама” припада техничким наукама, ужој научној области Рачунарска техника и информатика.

1.4 Биографски подаци о кандидату

Павле Вулетић је рођен 26.11.1972. у Београду, где је завршио основну и средњу школу. Дипломирао је 1996. на Електротехничком факултету Универзитета у Београду на Одсеку за електронику, телекомуникације и аутоматику, смер Електроника, са просечном оценом током студија 9.02 и оценом 10 на дипломском раду под називом „Поправка квалитета слика добијених трансформационим кодовањем” (ментор проф. Миодраг Поповић). На Електротехничком факултету Универзитета у Београду је 2001. године одбранио магистарску тезу под називом "Виртуелне приватне мреже реализоване помоћу IPsec скупа протокола" (ментор проф. Зоран Јовановић), чиме је стекао звање магистра.

Од децембра 1996. године, до априла 1998. године радио је као стипендиста Министарства за науку Републике Србије у Институту Михајло Пупин, у лабораторији за рачунарске системе. Од априла 1998. године до данас, запослен је у Рачунарском центру Универзитета у Београду као водећи инжењер у пословима рачунарских комуникација. Као члан тима за комуникациону подршку учествовао је у изради великог броја пројеката из области рачунарских мрежа, на текућим пословима одржавања и развоја Академске мреже Србије као и у више међународних FP5 и FP6 пројеката (SEEREN, SEEREN2, SEEFIRE). У оквиру SEEFIRE пројекта је водио један радни задатак који се бавио техничком анализом „dark fibre” технологија. Од априла 2009. води истраживачки задатак у оквиру европског FP7 GN3 пројекта који се бави принципима управљања и контроле вишедоменских мрежних сервиса. Области интересовања су му рачунарске мреже, методе активног мерења, статистичке особине саобраћаја у рачунарским мрежама и методе управљања комплексним рачунарским мрежама.

2. Опис дисертације

2.1 Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација је подељена у 9 поглавља:

1. Увод
2. Методе за активно мерење доступног пропусног опсега
3. Проблем тачности активног мерења доступног пропусног опсега
4. Особине себи-сличних случајних процеса
5. Стратегије активног мерења
6. Статистичке особине Интернет саобраћаја
7. Предлог методе за одређивање доступног пропусног опсега
8. Експериментална провера
9. Закључак

Дисертација садржи 39 слика и 8 табела.

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

У уводном поглављу је описан значај активне процене параметара рачунарских мрежа, са посебним освртом на активну процену доступног пропусног опсега. Истакнуто је велико интересовање за решавање овог проблема у истраживачким круговима, али и недовољна тачност предложених решења.

У наредном поглављу је дата компаративна анализа и класификација постојећих алата за активну процену појединих параметара мреже. Описане су и детаљно објашњене основне претпоставке на којима се заснивају, те кључни механизми рада ових алата, као и њихове оперативне карактеристике. Такође објашњена су поједина техничка ограничења мерних уређаја (рачунара) која утичу на тачност резултата добијених мерењем.

У трећем поглављу је дат преглед експерименталних резултата алата за активну процену доступног пропусног опсега саопштених у литератури који показују честа велика одступања процењених од стварних вредности. Ова одступања су посебно велика када је у експериментима коришћен реалан саобраћај из рачунарских мрежа. У наставку поглавља је проблем тачности процене доступног пропусног опсега постављен као проблем одређивања средње вредности случајног процеса из одбирака узетих на различите начине. Такође аргументовано је истакнут значај анализе статистичких особина Интернет саобраћаја на временским скалама почев од просечног времена између долазака пакета, јер су то временске скале на којима се врши одабирање саобраћаја методама за активну процену параметара мреже, а до сада нису довољно истражене.

Следеће поглавље даје преглед основних дефиниција и особина себи-сличних случајних процеса, као и методе за њихову детекцију и процену статистичких параметара које су коришћене даље у раду.

У петом поглављу је представљена оригинална метода за анализу стратегија одабирања себи-сличних случајних процеса. Анализиран је однос и утицај параметара као што су трајање одбирка, међусобно растојање и њихов број на тачност процене доступног пропусног опсега. Показано је да постоји одступање у брзини опадања варијансе у зависности од промене ових параметара у односу на оно што се очекује када је случајни процес с независним одбирцима. Такође, показано какав је међусобни однос брзина опадања варијансе мерења у зависности од ових параметара, што пресудно утиче на стратегију активног мерења доступног пропусног опсега.

У шестом поглављу је применљивост претходне анализе на активна мерења у реалним условима потврђена у потпуности кроз статистичку анализу процеса количине саобраћаја неколико различитих снимљених низова пакета са различитих тачака на Интернету. Показано је да упркос томе што постоје незнатна одступања у неким случајевима у односу на монофрактално понашање на временским скалама од значаја за проблем активног мерења, та одступања се не одражавају у законима опадања варијансе у зависности од промене трајања одбирака, њиховог међусобног растојања и броја. Показано је да постоји поклапање са теоријским резултатом из петог поглавља.

Наредно поглавље преиспитује могућност занемаривања неких претпоставки које се типично узимају у обзир приликом дизајна алата за активну процену доступног пропусног опсега. Посебно су анализирани случајеви фер опслуживања редова за чекање и посматрања капацитета путање у генералном случају када капацитет путање није ограничен само капацитетима линкова већ и процесорском снагом мрежних елемената. Представљена је

оригинална метода за процену доступног пропусног опсега која је у стању да да процену доступног пропусног опсега у генералном случају.

Експериментална верификација рада ове методе је дата у осмом поглављу. Показано је да у различитим мрежним условима предложена метода даје боље резултате процене од осталих постојећих алата за процену доступног пропусног опсега.

3. Оцена дисертације

3.1 *Савременост, оригиналност и значај*

Докторска дисертација „Стратегије метода активне процене доступног пропусног опсега на путањама у рачунарским мрежама” представља савремен, оригиналан и значајан допринос разматраној проблематици. Значај ових истраживања се огледа кроз актуелност теме и велики број радова који се појавио у последњим годинама у области активне процене мрежних параметара. Оригиналност истраживања се огледа у оригиналном начину постављања проблема активне процене доступног пропусног опсега, као проблема процене средње вредности себи-сличног случајног процеса, оригиналној математичкој анализи метода одабирања себи-сличних случајних процеса, као и анализи статистичких особина Интернет саобраћаја на малим временским скалама, од интереса за проблем активне процене доступног пропусног опсега. Такође предложена је и нова оригинална метода за процену доступног пропусног опсега, која показује боље резултате од постојећих.

3.2 *Осврт на референтну и коришћену литературу*

У докторској дисертацији је коришћена савремена литература из области активне процене доступног пропусног опсега и статистичких особина и начина одабирања Интернет саобраћаја. Ова литература је аутору послужила као полазна основа за израду оригиналне анализе одабирања себи-сличних случајних процеса и израду нове методе за процену доступног пропусног опсега. Кандидат је у дисертацији навео 90 цитата, а већина коришћених радова је из часописа са SCI листе.

3.3 *Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање*

Истраживање се заснива на развоју математичког модела који показује утицај начина одабирања оваквих процеса на тачност процене доступног пропусног опсега. Овај модел представља основу за развој алгорита за процену доступног пропусног опсега, а показује утицај параметара као што су трајање тестних низова, растојање између њих и њихов број на тачност процене доступног пропусног опсега. Оваква анализа је нова и до сада се није појављивала у литератури.

Применљивост овог математичког модела је проверена кроз анализу статистичких особина неколико јавно доступних низова саобраћаја снимљених на различитим тачкама на Интернету коришћењем *wavelet* трансформације, са акцентом на анализу веома малих временских скала. Ова методологија је опште прихваћена у савременим радовима у области испитивања статистичких особина Интернет саобраћаја и активног мерења доступног пропусног опсега, а резултати су у потпуности проверљиви и поновљиви.

Приликом експерименталне верификације рада, кандидат је детаљно анализирао све постојеће варијанте експерименталне провере рада метода за активну процену доступног пропусног

опсега. Одабрана методологија на најбољи начин показује и пореди особине алата за активну процену доступног пропусног опсега. Експерименти извршени у лабораторији са репликама снимљених низова пакета са Интернета омогућавају понављање и проверу резултата под еквивалентним условима. Експерименти извршени на и стварним путањама у рачунарским мрежама пружају увид у рад алата у реалним условима.

3.4 Оцена примењивости и верификације остварених резултата

Сама тема дисертације, развој нове методе за процену доступног пропусног опсега, је у потпуности посвећена решавању једног практичног проблема који окупира пажњу већег броја истраживача у области рачунарских мрежа. Решавање овог проблема ће олакшати планирање и проверу рада мулти-доменских мрежних сервиса и дати нове могућности апликацијама које одобравају приступ у мрежу или врше верификацију механизма квалитета сервиса и споразума о квалитету сервиса од стране корисника. Такође, извршена анализа стратегија одабирања себи-сличних процеса доприноси бољем разумевању процеса у рачунарским мрежама и открива правце могућих побољшања, како алата за процену доступног пропусног опсега тако и других алата који се користе у анализи рачунарских мрежа. С обзиром на то да је верификација резултата извршена са реалним Интернет саобраћајем, теоријски резултати добијени у овом раду су у потпуности применљиви у пракси. Такође, одабрани јавно доступни снимљени низови пакета са Интернета, као и стратегије експерименталне верификације омогућавају независно понављање и проверу свих добијених резултата.

3.5 Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Кроз рад на докторској дисертацији, као и кроз вишегодишње ангажовање на међународним и домаћим научним и стручним пројектима у оквиру Академске мреже Србије и Рачунарског центра Универзитета у Београду, кандидат се успешно развио у самосталног истраживача у области рачунарских мрежа. Поседује богато и разноврсно искуство, неопходно стручно и теоријско знање и друге индивидуалне квалитете неопходне за успешан научно-истраживачки рад.

4. Остварени научни допринос

4.1 Приказ остварених доприноса

Ова дисертација је проширила постојећа знања и остварила научни допринос у области рачунарска техника и информатика. Настала је као плод вишегодишњег рада у мрежној лабораторији Рачунарског центра Универзитета у Београду и на Академској мрежи Србије.

Основни научни доприноси докторске дисертације „Стратегије метода активне процене доступног пропусног опсега на путањама у рачунарским мрежама” су:

- Теоријско објашњење ограничења постојећих метода за активну процену доступног пропусног опсега и разлога за њихов непоуздан рад
- Израда оригиналног математичког модела који објашњава утицај различитих параметара одабирања осталог саобраћаја на тачност процене доступног пропусног опсега.
- Потврђена је применљивост изведеног математичког модела у најразличитијим мрежним сценаријима који се срећу у пракси.

- Предложен је нов алгоритам за активну процену доступног пропусног опсега у генералном случају који је у експерименталним проверама показао боље перформансе од постојећих алата.
- Извршена је анализа граница генералне применљивости и тачности метода активне процене доступног пропусног опсега у реалним условима.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

Сагледавањем постављене хипотезе, циљева истраживања и добијених резултата рада констатујемо да је кандидат успешно одговорио на сва битна питања и дилеме који су се наметнули у току истраживања. Развијени математички модел одабирања процеса количине саобраћаја представља важан корак у даљем истраживању у области активне процене мрежних параметара јер јасно указује на утицај и међусобни однос различитих параметара одабирања на прецизност мерења и указује на грешке које су прављене код постојећих алата. Резултати су у потпуности применљиви у пракси јер одабрани математички модел одговара ономе што се среће у реалним условима, што је потврђено анализом низова Интернет пакета. Такође, експериментална верификација рада предложене методе за процену доступног пропусног опсега је показала њену већу прецизност и применљивост у ширем скупу мрежних сценарија.

4.3 Очекивана примена резултата у пракси

Предложена метода за активну процену доступног пропусног опсега је показала боље резултате од постојећих сличних алата. У том смислу може се очекивати да уз интеграцију са OWAMP и TWAMP протоколима постане алат који би био шире коришћен за активну процену доступног пропусног опсега. Такође, с обзиром на очекивану већу прецизност алата са повећањем капацитета веза, може да се очекује да ће алати за активну процену доступног пропусног опсега у будућности имати ширу примену.

Математички модел одабирања случајног процеса количине саобраћаја пружа теоријску основу за развој нових активних мрежних алата којима би се вршила процена различитих параметара. Анализа статистичких особина количине саобраћаја на врло малим временским скалама је указала на правце развоја генератора саобраћаја који би на довољно квалитетан начин репродуковали кључне статистичке особине саобраћаја, а тренутно не постоје.

4.4 Верификовани научни доприноси

Допринос докторске дисертације је верификован кроз рад објављен у часопису са SCI листе који је кандидат мр Павле Вулетић објавио у својству аутора:

P. Vuletić, J. Protić, „Self-similar cross-traffic analysis as a foundation for choosing among active available bandwidth measurement strategies“, Computer Communications, DOI: 10.1016/j.comcom.2010.10.016

5. Закључак и предлог

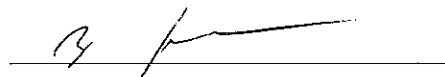
Докторска дисертација кандидата мр Павла Вулетића, под називом „Стратегије метода активне процене доступног пропусног опсега на путањама у рачунарским мрежама” представља савремен и оригиналан научни допринос кроз свеобухватно сагледавање проблема активне процене доступног пропусног опсега, комбиновања различитих теорија и иновационог приступа проблему. Ценећи оно што је приказано у докторској дисертацији и чињеницу да је

анализирана проблематика веома актуелна у научној јавности, са задовољством се констатује да је кандидат мр Павле Вулетић, дипл. инж. успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима докторске дисертације. Кандидат је дошао до оригиналних, проверљивих, поновљивих и у пракси применљивих резултата у области активног истраживања и показао висок ниво способности и самосталности у доношењу и спровођењу одлука у току израде докторске дисертације. На тај начин је демонстрирао способност за самосталан научни рад.

На основу прегледа докторске дисертације кандидата мр Павла Вулетића, под називом „Стратегије метода активне процене доступног пропусног опсега на путањама у рачунарским мрежама”, Комисија за оцену са задовољством констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да овај Извештај прихвати, дисертацију стави на увид јавности и упути Извештај на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а да се након тога кандидат позове на јавну одбрану.

У Београду 19.4.2011.

Потписници извештаја – комисија:

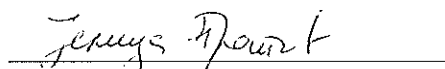


др Зоран Јовановић, редовни професор

Електротехничког факултета Универзитета у Београду, ментор

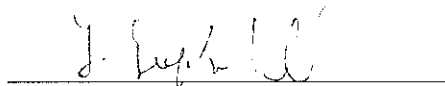
др Душан Старчевић, редовни професор

Факултета организационих наука Универзитета у Београду



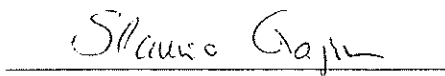
др Јелица Протић, ванредни професор

Електротехничког факултета Универзитета у Београду



др Јован Ђорђевић, редовни професор

Електротехничког факултета Универзитета у Београду



др Славко Гајин, доцент

Електротехничког факултета Универзитета у Београду