

Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду

На 721. Седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду одржаној 28.09.2010. године, одређени смо за чланове *Комисије за преглед и оцену докторске дисертације* мр. инж. Мирјане Радивојевић под насловом *“Анализа квалитета сервиса у Етернет пасивним оптичким мрежама базираним на мултиплексирању по таласним дужинама”*. Ментор докторске дисертације је др. Петар Матавуљ, ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Након прегледа достављеног материјала подносимо Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Наслов и обим дисертације

Наслов докторске дисертације је *“Анализа квалитета сервиса у Етернет пасивним оптичким мрежама базираним на мултиплексирању по таласним дужинама”*. Дисертација је написана на 173 стране (једноструки проред), садржи насловну страну, садржај, 69 слика, 6 табела, 6 поглавља, 1 прилог, списак коришћене литературе и списак скраћеница.

1.2 Хронологија одобравања и израде дисертације

Тема, под насловом *“Анализа квалитета сервиса у Етернет пасивним оптичким мрежама базираним на мултиплексирању по таласним дужинама”*, одобрена је на Наставно-научном већу Електротехничког факултета 08. септембра 2009. године, а Веће области техничких наука Универзитета у Београду дало је на то сагласност 20. новембра 2009. године.

Кандидат је урађену дисертацију поднео на преглед и оцену 21. септембра 2010. године, а Наставно-научно веће Електротехничког факултета је 28. септембра 2010. године именovalo Комисију за преглед и оцену докторске дисертације.

1.3 Место дисертације у одговарајућој научној области

Дисертација припада научној области Оптичке комуникације и мреже, за коју је матичан Електротехнички факултет Универзитета у Београду.

1.4 Биографски подаци о кандидату

Мирјана Радивојевић је рођена 17.08.1977. године у Ваљеву. Завршила је гимназију у Ваљеву. На Електротехничком факултету у Београду, одсек за Телекомуникације, дипломирала је 2001. године са просечном оценом 9.10 на тему *“Практична реализација и тестирање компоненти у DWDM технологији”* (ментор професор Јован Радуновић). Магистарску тезу под називом *“Анализа и моделовање протокола у Етернет пасивној оптичкој мрежи”*, одбранила је у априлу 2008. године на Електротехничком факултету (ментор професор Петар Матавуљ).

У Министарству унутрашњих послова Републике Србије радила је до јануара 2004. године у Управи за информатику на одржавању рачунарске мреже и пројекту за увођење идентификационих докумената. Након тога прелази у РБ Генерал Економик, на радно место Самостални инжењер за мреже

где је радила дизајн, имплементацију и систем интеграцију великих система. Од 2005. године радила је на пројектима за крајње кориснике ЈП ПТТ, Војска РС, Београдска берза, ФТН Нови Сад, НА Тањуг и друге. У августу 2006. године прелази у компанију SBB на радно место Главни систем инжењер за IP мрежу где се бави одржавањем и развојем оптичке, бежичне, метро Етернет и MPLS мреже, као и заштитом комплетног система. У септембру 2008. године прелази на Рачунарски факултет у Београду као асистент за рачунарске мреже. Поред предмета Пројектовање мрежа, Теорија оптичких комуникација, *Triple-play* мреже и других, учествује на различитим пројектима на самом факултету. Поседује Cisco сертификате CCNA, WLAN SE, CCNP, CCDP, CCIEW и ради као предавач на Cisco курсевима у CET-у.

Током своје досадашње каријере Мирјана Радивојевић била је аутор два рада у међународним часописима са *impact* фактором, два рада у часопису националног значаја и 5 радова презентованих на националним конференцијама штампана у целини; у свим радовима као први аутор. Сви радови су уско повезани са темом докторске дисертације. Коаутор је, такође, једног рада презентованог на међународној конференцији и једног рада презентованог на националној конференцији који се баве имплементацијом квалитета сервиса у бежичним мрежама. Радови објављени у међународним часописима имају *impact* факторе од 2.196 односно 0.765 и уско су повезани са темом докторске дисертације.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Структура и садржај дисертације

Дисертација је написана на 173 стране са једноструким проредом, садржи насловну страну, садржај, 69 слика у тексту и 43 слике у прилогу, 6 табела, 6 поглавља, списак коришћене литературе, списак скраћеница и један прилог. Подељена је на следећа поглавља: 1. Увод, 2. Квалитет сервиса, 3. WDM EPON мрежа, 4. Архитектура система, 5. Симулације модела и анализа резултата и 6. Закључак. У оквиру прилога представљене су *Matlab Simulink* шеме предложених модела као и *pseudo cod* писан у језику C++ коришћен за реализацију појединих функција. По својој форми и садржају, поднети рад задовољава све стандарде за докторску дисертацију.

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

Увод даје кратак преглед развоја приступних широкопојасних мрежа, са акцентом на коришћење Етернет пасивне оптичке мреже (EPON) за релаизацију нове генерације приступних мрежа и значај имплементације квалитета сервиса у приступној мрежи који је условљен огромним повећањем броја Интернет корисника, као и појавом великог броја мултимедијалних апликација за које је потребно обезбедити одговарајући пропусни опсег. Поред тога, у уводу је концизно наведен садржај појединих поглавља.

У другом поглављу под називом **Квалитет сервиса** је објашњен концепт *triple-play* мреже као IP система који треба да подржи истовремени пренос података, говора и видео сервиса. С обзиром да је за реализацију такве мреже неопходна подршка за квалитет сервиса у овом поглављу је објашњена теорија диференцираних сервиса као и начини имплементације подршке за квалитет сервиса у WDM (Оптичке мреже са мултиплексирањем по таласним дужинама), EPON и WDM EPON мрежама (Етернет пасивне оптичке мреже базиране на мултиплексирању по таласним дужинама).

У трећем поглављу под називом **WDM EPON мрежа** су описане карактеристике и приципи имплементације WDM технологије у Етернет пасивној оптичкој мрежи. Дата је детаљна анализа механизма и протокола који омогућавају пренос података у WDM EPON мрежи, објашњење механизма за контролу приступа медијуму за пренос и дата је анализа карактеристика које ће морати да задовољи опрема, како на страни корисника тако и на страни провајдера сервиса, која ће се имплементирати у приступним мрежама нове генерације. Поред тога, дат је и детаљан преглед досадашњег развоја и предложених решења за реализацију WDM EPON мрежа.

У четвртом поглављу под називом **Архитектура система** приказани су и анализирани предложени модели за реализацију хибридне TDM/WDM EPON мреже у којој се за контролу комуникације и размену података користи проширење стандардизованог MPCP (*Multipoint Control Protocol*) протокола дефинисаног IEEE 802.3ah стандардом. Докторска дисертација по први пут представља три модела за алокацију таласних дужина и пропусног опсега у хибридном TDM/WDM EPON систему са подршком за имплементацију квалитета сервиса: FWPBA (*Fixed Wavelength Priority Bandwidth Allocation*) модел, DWPBA (*Dynamic Wavelength Priority Bandwidth Allocation*) модел и DWPBA-TCH (*Dynamic Wavelength Priority Bandwidth Allocation with Traffic Class Hopping*) модел. Сваки од модела за пренос саобраћаја користи четири таласне дужине и омогућава пренос различитих класа саобраћаја на различитим таласним дужинама. У оквиру сваког модела су предложена решења за имплементацију *inter- i intra-* ONU алгоритама за распоређивање пакета. Посебан акценат стављен је на подршку квалитета сервиса као један од најважнијих трендова у развоју оптичких мрежа. У циљу имплементације квалитета сервиса, дисертација представља нови приступ у коме се расподела таласних дужина дефинише по различитим класама саобраћаја а не по оптичким мрежним јединицама, као што је до сада био случај у литератури. На овај начин се избегава потреба за имплементацијом додатних комплексних алгоритама у циљу подршке за квалитет сервиса чиме се смањује цена система и повећава његова свеукупна ефикасност. За сваки од предложених модела у дисертацији је представљен математички модел, као и анализа функционисања система у случају његове имплементације, заједно са анализом подршке за различите класе сервиса које постоје у *triple play* мрежи.

У петом поглављу под називом **Симулације модела и анализа резултата** извршена је анализа предложених модела. Модели су симулирани коришћењем програма *Matlab* и програмског пакета *Simulink* како би се потврдиле њихове перформансе и верификовала предност предложених модела у односу на класичне EPON системе. За сваки од предложених модела реализована је посебна логичка архитектура оптичког линијског терминала (OLT), смештеност код провајдера сервиса, као и оптичких мрежних завршетака (ONU), смештених код крајњих корисника, које подржавају захтеве и принципе преноса података дефинисане сваким моделом. За сваки од модела кроз вишеструко поновљене симулације мерени су следећи параметри: средње и максимално кашњење пакета, варијација кашњења пакета (*jitter*), заузетост реда чекања, проценат изгубљених пакета, ефикасност система и пропусна моћ. Математичка анализа и тестирање рада модела приказани у дисертацији потврђују ефикасност предложених модела и потврђују њихову супериорност у односу на класичне EPON системе.

Поглавље **Закључак** сажето рекапитулира предложене моделе, наводи резултате анализе и доприноси дисертације, и сугерише даље правце истраживања.

Поглавље **Референце** даје преглед литературе коришћене за израду дисертације. Списак литературе садржи 93 библиографска записа.

У прилогу је приказана комплетна архитектура сваког од предложених модела са свим компонентама и њиховом логичком структуром. Поред тога, дат је и *pseudo code* функција које се користе за реализацију појединих компоненти у архитектури, написан у програмском језику C++.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 Савременост, оригиналност и значај

Подручје истраживања дисертације је развој широкопојасне оптичке приступне мреже као и имплементација квалитета сервиса што представља круцијалан корак у даљем развоју, не само приступних система, већ генерално и саме глобалне информационо-комуникационе мреже. Решавање проблема загушења односно недостатка пропусног опсега у приступној мрежи данас је веома актуелно јер је уско повезано за преносом мултимедијалних апликација и сервиса што је потврђено и објављеним радовима.

У раду је као потенцијално најбоље решење предложено коришћење WDM технологије у EPON мрежи што би омогућило коришћење и више различитих таласних дужина за пренос саобраћаја у приступној мрежи и на тај начин приближило капацитете приступне мреже брзинама које већ постоје у MAN и *core* мрежама које се данас углавном реализују коришћењем WDM технологије, као и LAN мрежама. Имплементацијом WDM технологије у приступној мрежи сервис провајдери би могли да одговоре на захтеве крајњих корисника по питању увођења нових сервиса и потребног пропусног опсега.

У раду су представљена три модела за реализацију хибридне TDM/WDM EPON мреже који у потпуности подржавају имплементацију квалитета сервиса. Предложени модели су базирани на потпуно новом и по први пут презентованом приступу у коме се имплементација квалитета сервиса везује директно за класу саобраћаја а не за појединачну ONU (терминална оптичка јединица) јединицу као што је до сада био случај у литератури. Поред тога, у раду је дата упоредна теоријска анализа предложених модела као и резултата добијених симулацијом како би се анализирале и упоредиле карактеристике предложених решења. Да би верификација добијених резултата била потпуна и потврђена оправданост увођења WDM технологије у EPON мрежу у раду је дата анализа и поређење добијених резултата са резултатима добијеним симулацијом једноканалног EPON система.

Значај дисертације је вишеструк. Пре свега, по први пут је систематски дат преглед техника квалитета сервиса и теорије диференцираних сервиса са аспекта њихове имплементације у оптичким мрежама, као и начини имплементације подршке за квалитет сервиса у WDM, EPON и WDM EPON мрежама. Друго, остварен је научни допринос у развоју нових модела за реализацију преноса у приступној мрежи који су базирани на потпуно новом приступу и омогућавају подршку за имплементацију квалитета сервиса директно кроз алгоритам за алокацију таласних дужина и пропусног опсега. Треће, поред математичког модела и прилагођења стандардизованих протокола у раду је за сва три модела извршено моделовање оптичког линијског терминала, као и оптичких мрежних завршетака помоћу симулационог алата који је развијен коришћењем *Matlab* програмског пакета. На овај начин је директно омогућена реализација предложених модела и у пракси.

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

У својој дисертацији, кандидат је детаљно претражио постојећу литературу и коректно навео референце на радове који су у вези са темом дисертације. Наведена су 93 библиографска записа, од чега 12 књига, 34 рада у часописима, 18 радова у конференцијским зборницима, 7 техничких извештаја доступних преко Интернета, 21 RFC, IEEE и ITU стандарда доступна преко Интернета и једна магистарска теза. Не узимајући у обзир стандарде, 64 референце су објављене после 2000. године, што потврђује актуелност коришћене литературе.

3.3 Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање

Методологија истраживања у оквиру предложене докторске дисертације састоји се у следећем:

- Анализа постојећих решења за реализацију WDM EPON система,
- Анализа постојећих алгоритама за подршку квалитета сервиса у EPON системима,
- Развој нове архитектуре за реализацију WDM EPON система,
- Развој нових алгоритама за подршку имплементације квалитета сервиса у EPON системима,
- Моделовање оптичког линијског терминала и оптичких мрежних јединица како би се реализовали предложени модели за подршку квалитета сервиса,
- Симулација и провера предложених модела,
- Анализа и поређење резултата добијеним вишеструким симулацијама за сваки од модела, као и анализа и поређење добијених резултата са резултатима добијеним симулацијом једноканалног EPON система

Кандидат је у дисертацији дао анализу до сада предложених модела за реализацију WDM EPON система, референцирао их и објаснио њихове суштинске недостатке. Затим је у раду систематски изложена архитектура предложених модела, математички модели који описују њихово функционисање, као и анализа резултата добијених симулацијом. У раду су поред тога дата поређења добијених резултата са сопственим претходно научно верификованим и признатим моделом који омогућава подршку за имплементацију квалитета сервиса у класичном једноканалном EPON систему, а која потврђују перформансе предложених решења. На овај начин, кораци које је кандидат предузео у свом раду водили су, са једне стране, непосредном решавању конкретних проблема везаних за проблем недостатка пропусног опсега у приступној мрежи. Са друге стране, међутим, водили су сагледавању проблема у ширем контексту и развоју потпуно новог оптичког система за реализацију приступне мреже следеће генерације, што дисертацију чини посебно значајном.

3.4 Оцена применљивости и верификације остварених резултата

У докторској дисертацији предложени модели за алокацију таласних дужина и пропусног опсега су детаљно објашњени кроз теоријски опис протокола, приказане математичке моделе на којима се базира рад појединих оптичких јединица у систему, приложене *Simulink* шеме и *pseudo-code* секвенце реализованих модела у програмском језику *Matlab*. Све коришћене методе су описане довољно детаљно да се истраживачки резултати могу једноставно репродуковати, односно верификовати. Предложене методе су развијене имајући на уму потврђене моделе, али су истовремено и генералног карактера, и уз одговарајуће модификације могу се применити и за тестирање других модела за алокацију пропусног опсега и таласних дужина у EPON и WDM мрежама.

3.5 Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је у свом раду показао самосталност, систематичност, свеобухватност и зрелост. Посебно треба истаћи тежњу кандидата ка генерисању нових идеја и њихову имплементацију у савремене токове развоја оптичких мрежа. Тиме се у потпуности исказао као научни радник.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1 Приказ остварених научних доприноса

Кључни проблем везан за пренос мултимедијалних апликација као што су интерактивне видео апликације, интерактивне видео игре, видео телефонија, видео конференција и многе друге, везан је за недостатак пропусног опсега у приступној мрежи. Наиме, већина ових апликација захтева гарантовани квалитет сервиса по питању кашњења пакета и пропусне моћи пре свега, тако да подршка за имплементацију квалитета сервиса постаје кључни параметар за реализацију приступних мрежа будуће генерације.

Кандидат је у дисертацији по први пут представио систематизован преглед теорије диференцираних сервиса и техника за реализацију подршке за имплементацију квалитета сервиса у EPON, WDM и WDM EPON мрежама. Објашњени су принципи рада протокола за комуникацију између линијског терминала и оптичких мрежних јединица, алгоритама за алокацију пропусног опсега и дат је преглед до сада предложених решења за реализацију WDM EPON система.

Главни научни резултати и доприноси докторске дисертације мр Мирјане Радивојевић односе се на предлагање архитектуре хибридног TDM/WDM EPON система као и модела за алокацију таласних дужина и пропусног опсега који се базирају на потпуно новом приступу (алокација по класи сервиса) и омогућавају директну подршку за имплементацију квалитета сервиса кроз алокацију ресурса без увођења додатних сложених математичких алгоритама. За сваки од предложених модела, поред теоријског објашњења функционисања модела, изведени су и анализирани и математички модели. Поред тога,

извршено је и моделовање оптичког линијског терминала и оптичких мрежних јединица помоћу симулационог алата који је развијен коришћењем програма *Matlab* и програмског пакета *Simulink*, што одговара реалној ситуацији у пракси по питању кашњења и доделе ресурса у реалном времену, како би се реализовали предложени модели што представља додатни допринос дисертације.

Перформансе предложених модела су верификоване поступком сложене вишеструке симулације. На основу добијених резултата дато је поређење предложених модела по реалним параметрима (средње вредности кашњења пакета, варијације кашњења пакета, заузетости бафера, проценту изгубљених пакета, пропусне моћи) и према свеукупној комплексности система. Да би верификација добијених резултата била потпуна и оправдано увођење WDM технологије у приступну мрежу у раду је дато и поређење добијених резултата са резултатима добијеним симулацијом класичних EPON система са подршком за имплементацију квалитета сервиса (система који су тренутно инсталирани у неким приступним мрежама).

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

У дисертацији су предложене, описане, теоријски анализиране, моделоване и окарактерисане три нове методе за алокацију пропусног опсега и таласних дужина у EPON мрежи базираној на имплементацији технологије мултиплексирања по таласним дужинама. Све три предложене методе су засноване на потпуно новом принципу у коме се алокација таласних дужина везује за приоритет односно класу саобраћаја чиме се директно, без увођења комплексних математичких модела, реализује подршка за имплементацију квалитета сервиса. Сва три предложена модела подржавају пренос на четири таласне дужине које се додељују статички или динамички при чему је подршка за квалитет сервиса реализована кроз подршку стандардизованог модела диференцираних сервиса.

Методи рада кандидата обухватају теоријски (аналитичко-алгоритамски приступ), развој модела и нумеричку симулацију. Кандидат је равномерно искористио сваки овај приступ и укомпоновао све у складну целину. Резултати до којих је кандидат дошао имају теоријску и практичну вредност. Теоријска вредност је у томе што је први пут предложен нови приступ у решавању проблема подршке за квалитет сервиса у приступној EPON мрежи, која отварају пут ка даљем развоју приступних мрежа следеће генерације. Практична вредност је у томе што се техничка решења до којих је кандидат дошао могу директно употребити у пројектовању и производњи централне и терминалних јединица унутар оптичке приступне мреже.

Могућа даља истраживања би обухватила даљи развој алгоритама како би се поред подршке за квалитет сервиса, која укључује *Intra* и *Inter* – ONU распоређивање пакета, даље увела подршка за напредне технике као што су *adaptive fairness* и *admission control* у оптичким јединицама.

4.3 Очекивана примена резултата у пракси

Подручје примене истраживачких резултата је реализација уређаја и система за размену података у оптичкој приступној мрежи. Резултати су непосредно применљиви у реализацији оптичког линијског терминала и оптичких мрежних јединица, који би с обзиром да је у дисертацији за њихову реализацију предложено коришћење C-опсега, били погодни за имплементацију, како по питању цене тако и по питању подршке постојеће опреме у мрежама сервис провајдера за дати таласни опсег. Поред тога, предложени модели би се могли имплементирати у оквиру софтверског алата који би се користио за моделовање приступне оптичке мреже јер нуде решење за симулацију, како крајњих корисника, тако и приступних оптичких линијских терминала и оптичких мрежних јединица лоцираних код провајдера сервиса.

Резултати до којих је кандидат дошао могли би бити основа за доношење неког новог будућег стандарда за EPON мреже следеће генерације.

4.4 Верификација научних доприноса

Део истраживачких резултата из петог поглавља докторске дисертације садржан је у раду:

- [1] M. Radivojević, and P. Matavulj, "Novel Wavelength and Bandwidth Allocation Algorithms for WDM EPON with QoS Support," *Photonic Network Communications*, vol. 20, no. 2, pp. 173-182, Oct. 2010. (ISSN 1387-974X, IF 0.765, M23, ранг 42/76 (телекомуникације), 41/70 (оптика), <http://www.springerlink.com/content/82q5hq2782928t7x/>)

Други рад у врхунском међународном часопису, из области докторске дисертације, је:

- [2] M. Radivojević, and P. Matavulj, "Implementation of Intra-ONU Scheduling for Quality of Service Support in Ethernet Passive Optical Networks," *Journal of Lightwave Technology*, vol.27, no.18, pp. 4055-4062, Sept. 2009. (ISSN 0733-8724, IF 2.185, M21, ранг 36/245 (електротехника), 9/70 (оптика), http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4907116)

Доприноси објављени у поменутих радовима представљају део основних резултата истраживања представљених у докторској дисертацији кандидата (прва два од три предложена модела). Ти доприноси су допуњени резултатима (трећи предложени модел) који се користе за израду нових радова чије је писање у току.

Остали радови који су у директно проистекли из истраживања везаних за докторску дисертацију су следећи:

- [3] M. Radivojević, P. Matavulj, "Algorithm for implementation of the wavelength division multiplexing in EPON," *TELFOR Journal*, vol.2, no.1, pp.38-42, 2010. (ISSN 1821-3251)
- [4] М. Радивојевић, П. Матавуљ, "Квалитет сервиса у Етернет пасивним оптичким мрежама следеће генерације", *Телекомуникације*, година III, број 5, стр. 25-39, 2010. (ISSN 1820-7782)
- [5] М. Радивојевић, П. Матавуљ, "Динамичка алокација таласних дужина и пропусног опсега у WDM EPON мрежи," *Зборник радова конференције ТЕЛФОР 2010*, Београд, 2010.
- [6] М. Радивојевић, П. Матавуљ, "Алгоритам за имплементацију мултиплексирања по таласним дужинама у EPON мрежи," *Зборник радова конференције ТЕЛФОР 2009*, стр. 724-727, Београд, 2009.
- [7] М. Радивојевић, П. Матавуљ, "Подршка за квалитет сервиса у EPON мрежи," *Зборник радова III конференције ЕТРАН*, ТЕ4.6-1-4, Палић, 2008.
- [8] М. Радивојевић, П. Матавуљ, "Моделовање кашњења у EPON мрежи," *Зборник радова конференције ТЕЛФОР 2008*, стр. 464-467, Београд, 2008.
- [9] М. Радивојевић, П. Матавуљ, "Динамичка алокација пропусног опсега у EPON мрежи коришћењем NG протокола," *Зборник радова конференције ТЕЛФОР 2007*, стр. 425-428, Београд, 2007.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

5.1 Кратак осврт на дисертацију у целини

Предмет истраживања докторске дисертације је имплементација квалитета сервиса у пасивним оптичким мрежама базираним на мултиплексирању по таласним дужинама. Основни предмет истраживања докторске дисертације је моделовање алгоритама за алокацију пропусног опсега и таласних дужина у WDM EPON мрежи са подршком за имплементацију квалитета сервиса, дефинисање архитектуре уређаја и симулација рада целог система како би се потврдиле перформансе предложених решења.

Након пажљивог читања Комисија је констатовала да поднета дисертација садржи све неопходне садржајне целине и да је написана у складу са уобичајним стандардима који се користе за писање

докторске дисертације. Изложени материјал је систематизован и добро организован. Циљеви дисертације су јасно наведени. Предложени модели, остварени резултати и допринос истраживања су верификовани кроз наведене научне публикације.

5.2 Предлог Комисије Наставно-научном већу

Комисија констатује да дисертација испуњава све законске, формалне и суштинске услове, као и све критеријуме који се примењују приликом вредновања докторске дисертације на Електротехничком факултету у Београду и да садржи оригиналне научне доприносе.

Стога, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да докторску дисертацију мр Мирјане Радивојевић, под насловом *“Анализа квалитета сервиса у Етернет пасивним оптичким мрежама базираним на мултиплексирању по таласним дужинама”* прихвати и одобри њену усмену јавну одбрану.

У Београду, 19. 10. 2010. године

Чланови Комисије:

др *Петар Матавуљ*, ванредни професор (ментор)
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

др *Јован Радуновић*, редовни професор
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

др *Владанка Аћимовић Распоповић*, редовни професор
Саобраћајни факултет Универзитета у Београду

др *Дејан Гвоздић*, редовни професор
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

др *Милан Јанковић*, доцент
Електротехнички факултет Универзитета у Београду