



# УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ - ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73, 11000 Београд, Србија

Тел. 011/324-8464, Факс: 011/324-8681

## КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 16.05.2017. године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Бранка Китановића под насловом „Физичка оптимизација LTE мреже“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. Биографски подаци кандидата

Бранко Китановић је рођен 28.03.1990. године у Београду. Средњу школу је завршио у Београду са одличним успехом. Електротехнички факултет у Београду уписао је 2009. године. Завршио је одсек Телекомуникације и информационе технологије, смер Системско инжењерство. Дипломирао је у јануару 2015. године са просечном оценом на испитима 8,03, на дипломском са оценом 10. Мастер студије на Електротехничком факултету у Београду је уписао октобра 2015. на Модулу за системско инжењерство и радио комуникације. Положио је све испите са просечном оценом 8,40.

#### 2. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 137 страна, са укупно 190 слика, 6 табела и 17 референци. Рад садржи уводно поглавље, 4 поглавља и закључак (укупно 6 поглавља) као и списак коришћене литературе, списак скраћеница, списак слика и списак табела.

Прво поглавље представља увод у коме су описани предмет и циљ рада. Представљен је сам појам физичке оптимизације LTE (*Long Term Evolution*) мреже, као и комплетан сценарио и анализа која је детаљније разрађена у наредним главама мастер рада.

У другом поглављу је дат кратак преглед развоја мобилне телефоније, број активних корисника код нас и у свету. Приказани су подаци истраживања од стране домаће регулаторне агенције, и укратко су објашњене прве три генерације мобилних мрежа, њихов настанак и потреба за даљим развојем. Објашњене су основне карактеристике друге генерације мобилних мрежа, а потом је уследила и детаљнија прича о трећој генерацији. Наведени су основни делови, приказане су и објашњене модуларне технике и дат је детаљан опис техничких карактеристика треће генерације. Такође, наведене су и неке од значајнијих функција која се јављају у новијим стандардима.

У трећем поглављу је детаљно објашњена потреба а затим и настанак и развој мрежа четврте генерације, LTE. Дат је кратак опис организације 3GPP која се бави развојем ових стандарда. Упоредене су теоретске брзине преноса за мреже треће и четврте генерације. Детаљно је описана конфигурација за прелазак са система треће на систем четврте генерације и интерфејси који се користе у LTE мрежи. Приказана је и објашњена архитектура, као и компоненте мреже. Свака од компоненти је објашњена и наведени су основни циљеви ове технологије. Такође, упоређени су мрежни елементи и сигнални протоколи за све активне технологије. Приказани су и неки од основних параметара LTE технологије. Детаљно је дато објашњење техника приступа као и модуларне технике које се користе на пријемној и предајној страни ове технологије. Наведене су предности и мане ових модуларних техника. Приказани су и објашњени предајници за OFDM и SC-FDMA модуларне технике. На крају ове главе објашњена је и MIMO стратегија преноса.

Четврто поглавље детаљно описује нулта мерења. У уводном делу овог поглавља објашњена је мерна опрема и њене техничке спецификације. Приказани су и објашњени екрани *Ascom*-ових лиценцираних апликација које се користе за мерења. На мобилном терминалу приказана је апликација *Tems Pocket 15.3.1.3023*. док се за обраду мерења користи лиценцирана верзија софтвера *Tems Discovery 11.1.8*. Од мерне опреме поред мобилног терминала којим су вршена мерења брзине протока на *downlink*-у и *uplink*-у коришћен је и скенер марке *PCTEL SeeGull MX* којим је мерен спектар намењен за LTE, који је током мерења везу са рачунаром имао користећи лиценцирану верзију *Ascom*-овог програма *Tems Investigation 15.2*. Објашњени су основни аргументи за избор сектора базних станица које је неопходно тилтовати и мењати им азимуте. За конкретне примере су показане зоне са лошијим покривањем и на основу прегледаних параметара дат предлог промене на одређеним секторима базних станица. Кроз примере је дат приказ зона са лошим покривањем, базне станице које се понашају као *overshooter*-и и зоне у којима је изражена интерференција па из тог разлога не постоји доминантна ћелија а постоји повећан број *handover*-а што је разлог за физичку оптимизацију на базној станици. Такође, за сваку базну станицу за коју је предложена промена приказани су и њени параметри пре извршене оптимизације.

У оквиру петог поглавља обрађени су резултати после верификационих мерења. Упоредене су вредности са нултих и верификационих мерења и приказани су добици/губици самог поступка оптимизације. За сваку промену за одређене секторе базне станице, поново су дате зоне покривања после оптимизације и као и приказ одређених параметара на којима се види побољшање/погоршање. Такође, кроз хистограме су упоређени одређени параметри пре и после оптимизације. Приказани су укупни протоци после оптимизације за оба смера преноса. На крају овог поглавља приказане су табеле зависности са којих је показано да за побољшање одређених параметара после оптимизације постоји и побољшање брзине протока. Оптимизација је указала и на индикаторе који указују да је на овај начин могуће детектовати и друге проблеме које оператор може да има у оквиру своје мреже.

Шесто поглавље је закључак у оквиру кога је описан значај реализоване оптимизације као и путокази за њено даље унапређење. Резимирани су резултати рада и кроз табелу су приказане све извршене промене на мрежи као и који су добици/губици тих промена.

### **3. Анализа рада са кључним резултатима**

Мастер рад дипл. инж. Бранка Китановића се бави физичком оптимизацијом мреже четврте генерације. Бављење оваквом тематиком налази примену код свих мобилних оператера и заузима озбиљно место у генералној оптимизацији мреже. Оптимизација захтева детаљно праћење више параметара од значаја, њихово упоређивање и доношење одлука које секторе је и колико потребно тилтовати. Приликом оптимизације се мора водити рачуна и о генералној статистици базних станица које се тилтују, јер превелике промене могу изазвати интерференцију, лошије покривање, па се чак може десити и да нека зона која би требало да буде покривена том базном станицом буде искључена из покривања због великог тилта.

Основни доприноси рада су: 1) побољшана зона покривања на мереној рути после верификационих мерења; 2) повећана брзина протока у зонама у којима је на нултим мерењима та брзина била смањена; 3) већа искоришћеност самих могућности система из перспективе реалног корисника.

### **4. Закључак и предлог**

Кандидат Бранко Китановић се у свом мастер раду бавио физичком оптимизацијом тренутно најновије генерације система мобилне телефоније. Кандидат је показао да се кроз оптимизацију мреже (промену тилтова ћелија и промену њихових азимута) може побољшати

покривање територије од интереса а самим тим и повећати искоришћеност система посматрано са стране просечног корисника.

Кандидат је исказао самосталност и систематичност у своме раду као и иновативне елементе у решавању проблематике ове врло актуелне теме у области јавних мобилних система.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Бранка Китановића прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 01. 06. 2017. године

Чланови комисије:

Мирјана Симић-Пејовић  
др Мирјана Симић-Пејовић, ванр. проф.

М. Бјелица  
др Милан Бјелица, ванр. проф.