



# 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 07.07.2020. године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Јован Чабрило под насловом „Мерење заузетости спектра у когнитивном радију“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. Биографски подаци кандидата

Јован Чабрило је рођен 13.01.1993. године у Краљеву. Средњу школу је завршио у Краљеву са одличним успехом. Електротехнички факултет у Београду уписао је 2012. године. Завршио је одсек Телекомуникације и информационе технологије, смер Системско инжењерство. Дипломирао је у септембру 2018. године са просечном оценом на испитима 7,28, на дипломском са оценом 10. Мастер студије на Електротехничком факултету у Београду је уписао октобра 2018. године на Модулу за системско инжењерство и радио комуникације. Положио је све испите са просечном оценом 7,80.

#### 2. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 36 страна, са укупно 18 слика и 27 референци. Рад садржи увод, 4 поглавља и закључак (укупно 6 поглавља) и списак коришћене литературе.

Прво поглавље представља увод у коме су описани предмет и циљ рада. Представљен је сам когнитивни радио, почев од описа тренутног стања ресурса спектра данас, па до идеје и аргументације за његов настанак. Дати су примарни задаци и принцип рада когнитивног радија.

У другом поглављу је разматран принцип функционисања когнитивног радија, анализа заузетости спектра у когнитивном радију, као и управљање овим ресурсом у когнитивном радију. Анализа спектра (*spectrum sensing*) у когнитивном радију се дефинише као процес који детектује тренутно слободне делове спектра (спектралне шупљине) у иначе лиценцираном спектру. То је процес детекције сигнала примарних корисника у различитим димензијама спектралног простора (време, локација, угао, ...). Тачна процена заузетости спектра даје прецизне информације у вези са одређеним опсегом. На тај начин се смањује непотребно кашњење сервиса секундарних (когнитивних) корисника, побољшава проток система, а најважније је да се тако избегавају сметње на примарном тј. лиценцираном кориснику.

У трећем поглављу је описана методологија истраживања у циљу проналаска адекватног мерног система за мониторинг спектра, као и предлози и начини мерења заузетости спектра у Европи, Америци и Азији. Истраживања покривају широк фреквенцијски опсег, како би се добила квантитативна мера заузећа спектра, и стекао увид у стварни ниво заузетости додељених фреквенцијских опсега у разним деловима света. Мерни систем за мониторинг спектра није стандардизован, па се оставља операторима или регулаторним телима да изнађу најбоље решење за мерење заузетости спектра. Суштина истраживања у оквиру овог мастер рада су управо предлози мерних система за мониторинг спектра реализованих у неким Европским, Америчким и Азијским земљама, а за потребе мониторинг спектра у оквиру когнитивног радија.

Четврто поглавље детаљно описује мерење заузетости спектра у разним деловима света, применом предложених мерних система. На тај начин сагледава се стварна заузетост постојећег спектра, и тиме додатно аргументује идеја самог когнитивног радија. Разматрани

су конкретни мерни системи за мониторинг спектра у когнитивном радију, као и резултати мерења заузетости спектра применом ових система, у опсегу учестаности од 75 MHz до 7075 MHz. На основу мерења уочени су занимљиви закључци, нпр. да је искоришћеност спектра испод 1 GHz релативно висока, а најчешће је неискоришћен у опсегу између 1 GHz и 3 GHz. Иако скоро у потпуности лиценциран, показало се да је просечна заузетост спектра у анализираним случајевима прилично ниска и износи 22,57 %.

Пето поглавље је закључак у оквиру кога је описан значај анализе заузетости спектра и поређења спроведених у раду. Резимирани су резултати рада и дате су смернице за могућа даља истраживања и унапређења.

### 3. Анализа рада са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Јована Чабрила се бави начинима мерења заузетости спектра за потребе когнитивног радија. Бржи раст апликација бежичне комуникације и уређаја захтева већу заузетост ресурса спектра. Већ неколико година уназад, проблем представља недостатак слободних фреквенцијских опсега. Ефикасна искоришћеност спектра је неопходна због коришћења савремених бежичних комуникационих система, који захтевају и омогућавају пренос великим брзинама. Процент заузетости спектра варира у зависности од локације, времена - доба дана, густине насељености, географског положаја, опсега рада самих система, док се статичка расподела спектра, као и само управљање спектром се не разликује много од земље до земље широм света. Добијени резултати показују да су неки спектрални опсежи интензивно искоришћени, неки умерено, неки су слабо искоришћени, а постоје и они који су потпуно слободни. Добијени су резултати о просечној заузетости спектра, у фреквенцијском и временском домену, и показују да је веома ниска заузетост, свега 22,57 %, за цео анализирани опсег између 75 MHz и 7075 MHz.

Основни доприноси рада су: 1) детаљна анализа и начини мерења заузетости спектра у когнитивном радију; 2) закључци изведени на основу истраживања која су спроведена у Европи, Америци и Азији; 3) могућност наставка истраживања нових методологија и модела предвиђања за заузетост спектра.

### 4. Закључак и предлог

Кандидат Јован Чабрило се у свом мастер раду бавио истраживањем која се односе на мерне системе за мониторинг спектра за потребе когнитивног радија. Иако сам мерни систем као и мерна методологија нису стандардизовани, кандидат је показао да различити мерни системи у суштини дају сличне резултате у различитим деловима света у мерењу заузетости спектра у когнитивном радију. Кандидат је исказао самосталност и систематичност у своме поступку као и иновативне елементе у решавању проблематике ове врло актуелне теме у области когнитивних радио система.

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

Београд, 02. 09. 2020. године

Чланови комисије:

*M. Simić - Pejović*

др Мирјана Симић-Пејовић, ванр. проф

*M. Bjelica*

др Милан Бјелица, ред. проф.