

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 08.09.2026 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Дуња Михајловић под насловом „Управљање мобилношћу и анализа хендовера у LEO нетерестријалним мрежама“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Дуња Михајловић је рођена 17.02.2000. године у Пожаревцу. Завршила је основну школу „Десанка Максимовић“ у Пожаревцу као вуковац. Уписала је природно-математички смер у Пожаревачкој гимназији коју је такође завршила као вуковац. Електротехнички факултет уписала је 2018. године на студијском одсеку Електротехника и рачунарство. Дипломирала је на модулу Телекомуникације и информационе технологије - смер Системско инжењерство 2023. године са просечном оценом 8,87. Дипломски рад одбранила је у јулу 2023. године са оценом 10. Мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за Информационо комуникационе технологије уписала је у октобру 2023. године. Положила је све испите са просечном оценом 9,80.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидаткиња Дуња Михајловић је као припрему за израду мастер рада истражила научну и стручну литературу из области сателитских мрежа и могућности њихове интеграције са мобилним мрежама кроз концепт нетерестријалних мрежа (NTN, Non-Terrestrial Networks). Разматране су карактеристике 5G система, архитектура сателитских нетерестријалних мрежа и сценарији њихове могуће интеграције и примене.

У оквиру истраживачког рада посебна пажња посвећена је проблематици хендовера и специфичностима које настају као последица високе мобилности сателитских платформи у ниској Земљиној орбити (LEO, Low Earth Orbit). Наиме, због кретања сателита, промена приступне тачке је неопходна и у сценаријима када је корисник непокретан. Проучавани су критеријуми за избор опслужујућег сателита, узроци честих и непотребних промена везе, као и утицај маргине хистерезиса на стабилност хендовер процедуре. Разматрана је и могућност доношења одлуке на основу геометријског положаја сателита, односно угла елевације.

У оквиру практичног дела рада развијен је симулациони модел у програмском језику Python, којим се моделује кретање већег броја LEO сателита, при чему су, поред временски променљивог растојања између земаљске станице и сателита, обухваћени и пропагациони ефекти моделовани применом Рајсовог модела фединга са ефектом сенке чији параметри зависе од угла елевације сателита.

На основу развијеног модела испитана су два приступа међусателитском хендоверу: одлучивање према односу снаге сигнала и шума и вредности маргине хистерезиса, и одлучивање према углу елевације. Добијени резултати упоређени су по питању различитих критеријума: броју хендовера, трајању везе са појединачним сателитом, вероватноћи отказа, капацитету и кашњењу.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 57 страна, 27 слика и 3 табеле. Мастер рад садржи увод, осам централних поглавља и закључак, списак литературе са 27 референци, као и спискове скраћеница, слика и табела.

У оквиру првог поглавља представљени су предмет, циљ и организација рада. Објашњен је значај LEO NTN система и указано на проблем честих хендовера који настаје због брзог кретања LEO сателита. Друго поглавље даје преглед развоја мобилних и сателитских комуникација и основних карактеристика 5G система. У трећем поглављу разматрани су сценарији примене сателитских NTN мрежа у 5G окружењу. Четврто поглавље приказује архитектуру и основне елементе сателитских NTN система. У петом поглављу описане су специфичности мобилности и технички изазови хендовера у LEO мрежама. Шесто поглавље садржи опис претпоставки које су коришћене при формирању симулационог модела, опис геометрије посматраног система, као и опис модела телекомуникационог канала између сателита и корисника. У седмом поглављу анализиран је хендовер заснован на мерењу квалитета сигнала, док је осмо поглавље посвећено хендоверу заснованом на углу елевације и утицају офсета елевације. У оквиру деветог поглавља

упоређени су резултати два претходно разматрана приступа. У десетом поглављу изложени су закључци рада.

4. Анализа са кључним резултатима

Мастер рад кандидаткиње Дуње Михајловић бави се анализом сателитских система у LEO орбити и проблематиком хендовера који настаје услед високе мобилности сателита. Извршена је детаљна анализа научне и стручне литературе која се односи на могућности интеграције LEO система са терестријалним мрежама кроз концепт NTN мрежа. Развијен је симулациони модел у програмском језику Python, којим се моделује истовремено кретање већег броја LEO сателита. Пропагациони ефекти у каналу моделирани су применом Рајсовог модела фединга са ефектом сенке, у којем параметри канала зависе од тренутног угла елевације. Извршена је упоредна анализа два критеријума за међусателитски хендовер у LEO систему. Анализиран је хендовер код којег се одлука доноси на основу тренутног квалитета радио-везе процењеном на основу односа снаге сигнала и шума уз примену маргине хистерезиса, као и хендовер на основу угла елевације сателита. Резултати показују да одлучивање према тренутној вредности односа сигнал–шум, без хистерезиса, доводи до великог броја непотребних промена сателита услед флукуација канала, док повећање маргине хистерезиса смањује број хендовера и продужава трајање везе са појединачним сателитом, при чему превелика маргина може одложити прелазак на повољнији сателит и повећати вероватноћу отказа везе. Примена хендовера који је заснован на углу елевације резултује дужим непрекидним интервалима опслуживања и мањим трајањем моделираног кашњења. Упоредна анализа посматраних механизма указује да је при избору приступа потребан компромис између стабилности везе, броја хендовера и перформанси система.

5. Закључак и предлог

Кандидаткиња Дуња Михајловић је у мастер раду успешно анализирала проблем међусателитског хендовера у LEO мрежама и показала како избор критеријума за промену опслужујућег сателита утиче на перформансе телекомуникационе везе. На основу релевантне литературе изложене су специфичности мобилности у сателитским NTN мрежама, при чему је развијен симулациони модел који омогућава квантитативно поређење разматраних приступа.

Анализа је показала да маргина хистерезиса ефикасно смањује број непотребних хендовера насталих као последица тренутне флукуације радио-канала, али да њен избор захтева усклађивање стабилности везе и вероватноће отказа. Геометријски приступ, заснован на углу елевације, у посматраном моделу обезбеђује предвидљивије промене опслужујућег сателита и мање кашњење, уз ограничења у перформансама система. Резултати анализе указују да избор приступа у хендовер процедури представља сложен компромис између различитих показатеља перформанси и захтева система.

Кандидаткиња Дуња Михајловић је у свом мастер раду успешно анализирала проблематику управљања мобилношћу и изазове у реализацији хендовера у LEO окружењу. Кандидаткиња је показала добро разумевање материје коју је описала у раду, самосталност, систематичност и способност реализације и анализе симулационих резултата.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад кандидаткиње Дуње Михајловић прихвати као мастер рад и да се кандидаткињи одобри јавна усмена одбрана.

Београд, 13.09.2026. године

Чланови комисије:

др Весна Благојевић Ванредни професор
сагласан, 13.09.2026.

др Предраг Иваниш Редовни професор
сагласан, 13.09.2026.