

## ВЕЋУ ДЕПАРТМАНА ЗА ПОСЛЕДИПЛОМСКЕ СТУДИЈЕ

Одлуком Већа Департмана за последипломске студије број 4-121/2021 од 25.5.2021. године, одређени смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Милана Станојевића, дипломираног инжењера Електротехнике под називом *Утицај фединга на комуникацију сензорских чворова у бежичним носивим телесним сензорским мрежама за војну примену*, о чему подносимо следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. Основни подаци о кандидату и докторској дисертацији

Кандидат Милан Станојевић завршио 1995. године је Војну Гимназију у Београду. Године 2000. стекао је звање Дипломирани инжењер електротехнике - Смер Ваздухопловна електроника и телекомуникације (петогодишње интегрисане студије) на Електротехничком факултету у Београду, а такође је у истој години стекао звање **Дипломирани инжењер електротехнике: Специјалност Системи управљања - Смер Ракетни системи на Војнотехничкој академији – ваздухопловно технички смер** у Београду. Године 2014. је успешно завршио Командно-штабну школу Војне академије. Од 2016. године је студент докторских студија на Универзитету Сингидунум у Београду.

Од 2000. године радио је у 8. ракетном дивизиону 250. ракетне бригаде ПВО Војске Србије као Помоћник команданта за ваздухопловнотехничку и техничку службу. Од 2007. године радио је као референт за техничку подршку у Војно безбедносној агенцији Министарства одбране Републике Србије. Од 2014 обавља дужност Начелника одсека за телекомуникације и техничку експлоатацију. Од 2009. године ради као предавач у Центру за усавршавање кадрова Војнобезбедносне агенције на курсевима Оперативна техника и телекомуникације.

Кандидат Милан Станојевић је аутор (коаутор) 1 (један) рада који је објављена у часопису на СЦИ (SCIE) листи (Међународни часопис са импакт фактором), који је садржајно повезан са пријављеном темом докторске дисертације. Поред тога, он је један од аутора у 1 (једном) раду који је објављен у врхунском часопису од националног значаја који је такође садржајно директно повезан са пријављеном темом докторске дисертације. Један је од аутора 3 (три) рада која су саопштена на Међународним скуповима и објављена у целини у одговарајућем зборнику или часопису. Кандидат Милан Станојевић има вишегодишње искуство на руководећим пословима у Војсци



Србије и Војнобезбедносној агенцији Министарства одбране Републике Србије у областима телекомуникација и рачунарске технике. Такође је стекао је и значајно педагошко искуство током рада на уско стручним предметима у области телекомуникација у Центру за усавршавање кадрова Војнобезбедносне агенције.

#### **Објављени радови:**

##### **Списак резултата M10: /**

##### **Списак резултата M20:**

1. N. Stanojević, B. Prlinčević, I. Milovanovic, P. Spalević, **M. Stanojević**, S. Panić, Performance analysis of transmission visible watermarked image over zero boresight double Ricean turbulence channel, 2021, Journal of Communications Technology and Electronics, Vol. 66, No. 12, pp. 1370-1377. (M23)

##### **Списак резултата M50:**

1. M. Stanojević, A. Mohammed Salih, M. Alsadi: Vojna primena bežičnih senzorskih mreža i njeni sigurnosni i bezbednosni aspekti, Vojno delo, 6, Vol.19, str. 222-247, 2019, [http://www.vojnodelo.mod.gov.rs/arhiva.php?clanak=&id\\_broja=21&page=2](http://www.vojnodelo.mod.gov.rs/arhiva.php?clanak=&id_broja=21&page=2). (M51)

##### **Списак резултата M30:**

1. **Milan Stanojević**, P. Spalević, I. Milovanović and S. Stanojčić, "The use of secure secure wireless sensor networks to control and protect critical infrastructure," in Proceedings of 52nd International Scientific Conference On Information, Communication And Energy Systems and Technologies, Portorož, 2017, <https://erk.fe.uni-lj.si/2017/program.php#TC.3>. (M33)
2. **Milan Stanojević**, P. Spalević, I. Milovanović, S. Stanojčić, „The use of secure wireless sensor networks to control and protect critical infrastructure“, International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies, Faculty of Electronic Engineering, University of Niš - ICEST, 2017., <http://icestconf.org/wp-content/uploads/2018/02/ICEST2017.pdf>. (M33)
3. **Milan Stanojević**, P. Spalević, A. Jevremović, N. Stanojević, I. Vujičić, „Sigurna detekcija i praćenje objekata u kompromitovanoj bežičnoj senzorskoj mreži“, 17th International Symposium INFOTEH-JAHORINA, 21-23 March 2018., <https://infoteh.etf.ues.rs.ba/zbornik/2018/> (M33)

Докторска дисертација кандидата Милана Станојевића је урађена на укупно 140 страна. Списак литературе обухвата 149 референци које чине научни радови, књиге, зборници радова, законски прописи као и електронски извори. Уз основни текст дисертација садржи и 48 слика-графикана и 11 табела. Докторска дисертација кандидата Милана Станојевића је била подвргнута провери софтвером за установљавање преклапања/плагијаризма (iThenticate Plagiarism Detection Software). *Укупан процентуални износ запажених преклапања износи 5 % дисертације.*

## **2. Предмет и циљ истраживања**

Предмет истраживања ове дисертације је анализа карактеристика бежичног преноса сигнала у нултом усмереном двоструком Рајсовом турбулентном каналу у



присутству фединга са посебним нагласком на карактеристике FSO преноса, са циљем дефинисања оптималних услова за пренос сигнала, као и дефинисање оптималних вредности параметара таквог преноса. Изведени су изрази у затвореном облику за функције густине вероватноће расподеле и кумулативну функцију расподеле односа сигнал-шум (SNR) на пријему када се бежични пренос врши кроз канале са федингом. Анализиране су стандардне мере квалитета, односно перформансе примљеног сигнала, као што су број битних грешака (BER- Bit Error Rate) и средња квадратна грешка (MSE- Mean Square Error), које су добијене за случајеве преноса у функцији различитих вредности параметара система. Побољшање ових мера перформанси анализирано је за случај преноса слике са уграђеним воденим жигом кроз турбулентни канал применом различитих алгоритама. У тези је разматрано неколико статистичких модела којима се врши моделовање сигнала на пријему у условима различитих физичких утицаја. Коришћени су модели Рајсовог комуникационог канала у присуству фединга са циљем процене могућности слабљења утицаја фединга при преносу сигнала у каналу. У раду је извршена анализа утицаја појављиве фединга и ефекта сенке при бежичном преносу сигнала, при чему су разматране су могућности примене различитих статистичких модела којима би се умањили штетни ефекти утицаја сметњи и побољшао квалитет пријемног сигнала.

Циљ истраживања је био показати да се применом адекватног приступа у моделовању комуникационог канала предложених у дисертацији може постићи смањење штетних ефеката фединга у каналу и одредити оптималне вредности параметара за изабрани начин преноса сигнала.

### 3. Хипотетички оквир истраживања

На основу циљева рада произилази следећи хипотетички оквир који се састоји од генералне хипотезе и посебних хипотеза.

*Генерална хипотеза:*

Анализом постојећег поступка пропагације таласа и карактеристика бежичног преноса FSO сигнала између сензорског чвора на телу војника до сензорског чворишта у условима присутне деградације пријемног сигнала проузрокованог обликом тела, положаја сензора у односу на сензорско чвориште и услед кретања самог тела са присутним федингом окружења, могуће је одредити оптималне параметре FSO преноса.

*Посебне хипотезе:*

- На основу анализе стандардних мера и параметара који дефинишу карактеристике бежичног FSO преноса сигнала у условима фединг окружењу, могуће је пројектовати FSO линк за пренос сигнала са захтеваним нивоом квалитета сигнала на пријему.
- Повећање ефикасности преноса и унапређење квалитета сигнала на пријему за услове FSO преноса сигнала у фединг окружењу могуће је остварити избором одговарајућег статистичког модела FSO комуникационог канала.



#### 4. Методологија истраживања

Приликом израде докторске дисертације, примењене су различите научне методе које омогућују валидно остварење научног и друштвеног циља истраживања.

Истраживање приказано у овој дисертацији изведено је на основу научних метода, које укључују историјске методе, метод анализе садржаја, аналитичке методе, методе моделовања и симулације, као и статистичке методе.

Применом историјског метода проучени су резултати истраживања других аутора који су користили следеће расподеле за опис варијација амплитуде сигнала у каналима са федингом као што су Рејлијева, Рајсова, Накагами-м, Вејбулова,  $\alpha$ - $\mu$ ,  $\kappa$ - $\mu$ ,  $\eta$ - $\mu$ ,  $K$  и  $K_2$  (генерализована- $K$ ) расподела.

Метода комплексног посматрања и анализа садржаја су примењене приликом обраде резултата преузетих из садржаја доступних докторских дисертација и радова публикованих у релевантним научним часописима. Ови резултати су употребљени у циљу дефинисања правца истраживања проблема примена диверзити технике за смањење утицаја  $\alpha$ - $\kappa$ - $\mu$ - $g$  и  $\kappa$ - $\mu$ - $g$  фединга на перформансе бежичног система.

Применом аналитичког метода, као и метода симулације утврђене су могућности примене нултог усмереног двоструког Рајсовог турбулентног канала за смањење утицаја фединга на перформансе бежичног FSO система преноса.

Применом адекватних статистичких модела дошло се до одређених параметара функција првог и другог реда, који су моделовани у различитим условима простирања и који су обрађени у овој докторској дисертацији.

Након поставке почетних услова за пренос у предложеном моделу и процене могућности преноса сигнала у наведеним системима, разматрани су оптимални сценарији преноса кроз одређивање оптималне вредности параметара преноса. Такав методолошки приступ је подразумевао да се у раду примене методе анализе и синтезе.

#### 5. Кратак приказ садржаја докторске дисертације

Рад се састоји из осам поглавља, закључка и списка коришћене литературе.

У поглављу 1 је представљена карактеризација теме од које се кренуло у истраживање у дисертацији, и објашњени су циљ истраживања и примењене методе истраживања како би били задовољени основни методолошки захтеви – објективност, поузданост, општост и систематичност.

У поглављу 2 је дат преглед досадашњег места и улоге коју бежичне сензорске мреже имају у погледу мониторинга животних функција и како се мења значај истих према употреби носивих технологија у различитим делатностима.

У поглављу 3 анализиран је функционални модел бежичне носиве телесне сензорске мреже, досадашњи развој и изазови који су се појавили у примени. Анализирани су функционални делови са нагласком на телекомуникационим модулима. Предложен је функционални модел бежичног оптичког преноса у слободном простору, који би се реализовао као хибридни модел и то као синергија радиофреквентног и оптичког комуникационог система.



У поглављу 4 анализиран је досадашњи развој и употреба бежичних носивих телесних сензорских мрежа за војну примену, са посебним освртом на мониторинг животних функција војника у критичним ситуацијама на бојишту. Дат је предлог будућег функционалног модела бежичне носиве телесне сензорске мреже за примену у Војсци Србије уз предлог тестног хардвера који би за комуникациони модел имао хибридни RF/FSO комуникациони систем. Такође су наведени и изазови који би такав комуникациони модел имао у погледу пропагације.

У поглављу 5 су дефинисани појмови који се односе на FSO комуникационе системе и на случајеве када се они користе у бежичним носивим телесним сензорским мрежама, преглед сметњи које се могу јавити приликом пропагације светлосних снопова на телу, са тела и слободном простору. У поглављу су наведени и основни модулациони модели FSO комуникација, који најближе могу описивати простирање светлосног снопа у бежичним носивим телесним сензорским мрежама.

У поглављу 6 су описане карактеристике монохроматске слике и дигиталних водених жигова, методе и технике инсертовања и екстракције воденог жига у слици.

У поглављу 7 дат је преглед досадашњих истраживања и тестирања која су претходила, а која се довели до коначног модела FSO канала за пренос дигиталне слике са инсертованим воденим жигом. Представљени су аналитички резултати и дата анализа таквог модела.

У поглављу 8 представљен је функционални модел за пренос слике са утиснутим воденим жигом кроз нулти усмерени двоструки Рајсов канал, чијом би имплементацијом у бежичним носивим телесним сензорским мрежама био дат допринос у погледу поузданог преноса и заштите мултимедијалних садржаја. Представљени су симулациони резултати тестирања преноса кроз нулти усмерени двоструки Рајсов канал, приказани су резултати преноса слике са инсертованим видљивим дигиталним воденим жигом и дата анализа утицаја фединга (сцинтилације) у комуникационом каналу на слику и екстраковани дигитални водени жиг.

На крају је представљен закључак дисертације, који је добијен теријском анализом и експерименталном нумеричком и графичком евалуацијом.

## **6. Постигнути резултати и научни допринос докторске дисертације**

Сагледавањем перформанси бежичног преноса у комуникацији сензорских чворова у бежичним носивим телесним сензорским мрежама за војну примену у фединг окружењу одређене су оптималне вредности параметара линка за које се обезбеђује захтевани квалитет преноса и интеграција са FSO системима.

Применом предложених метода преноса и избором адекватног модела преноса, избором заштите пренешеног сигнала, типом кодовања и алгоритмом могу се остварити велике брзине преноса и висок ниво квалитета примљеног сигнала. Тема докторске дисертације је актуелна, а допринос предложеног истраживања је у моделовању комуникационог канала сензорских чворова у бежичним носивим телесним сензорским мрежама за војну примену у условим фединга са циљем обезбеђења сигурног и поузданог преноса података уз прихватљиве критеријуме брзине, квалитета и



ефикасности преноса. У складу са предметом и циљем, постављеним претпоставкама и методама истраживања, добијени резултати овог научно-истраживачког рада представљају значајан допринос напретку у овој области. Закључак је да су добијени резултати који анализом бежичног преноса између сензорских чворова у бежичним носивим телесним сензорским мрежама за војну примену у условим фединга доказани кроз поствљене хипотезе.

#### 7. Мишљење и предлог Комисије о докторској дисертацији

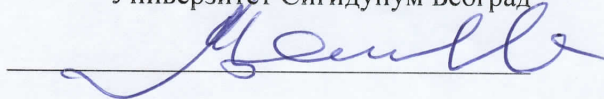
На основу свега изложеног Комисија је мишљења да докторска дисертација кандидата **Милана Станојевића**, по својој теми, приступу, структури и садржају рада, квалитету и начину излагања, методологији истраживања, начину коришћења литературе, релевантности и квалитету спроведеног истраживања и донетим закључцима задовољава критеријуме захтеване за докторску дисертацију, те се може прихватити као пододна за јавну одбрану.

Сагледавајући укупну оцену докторске дисертације кандидата **Милана Станојевића** под називом: *Утицај фединга на комуникацију сензорских чворова у бежичним носивим телесним сензорским мрежама за војну примену*, предлажемо Већу департмана за последипломске студије и Сенату Универзитета Сингидунум да прихвати напред наведену докторску дисертацију и одобри њену јавну одбрану.

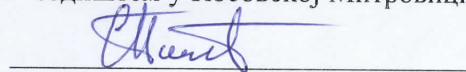
Београд, 5.9.2022.

Чланови комисије:

проф. др Младен Веиновић, председник  
Универзитет Сингидунум Београд



проф. др Стефан Панић, члан  
Природно-математички факултет  
Универзитета у Приштини са привременим  
седиштем у Косовској Митровици



проф. др Петар Спалевић, ментор  
Универзитет Сингидунум Београд

