

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Komisija II stepena Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu imenovala nas je za članove Komisije za pregled i ocenu master rada kandidata **Dina Solar Nikolića** pod naslovom „**Modelovanje fedinga bežičnih radio kanala pomoću skrivenih Markovljevih modela**“. Nakon pregleda rada podnosimo sledeći

IZVEŠTAJ

1. Biografski podaci

Dino Solar Nikolić rođen je 29. jula 1990. godine u Beogradu. Osnovnu školu i Matematičku gimnaziju završio je u Beogradu. 2009. godine upisao je Elektrotehnički fakultet u Beogradu. Diplomirao je oktobra 2013. godine na Odseku za telekomunikacije i informacione tehnologije, smer Radio komunikacije, odbranom diplomskog rada „Rutiranje u bežičnim senzorskim mrežama“. Tokom osnovnih studija postigao je prosečnu ocenu 8.62. Diplomске akademske – master studije na Elektrotehničkom fakultetu, na Smeru za sistemsko inženjerstvo i radiokomunikacije, upisao je 2013. godine.

2. Predmet master rada

Specifičnosti radio kanala postavljaju fundamentalna ograničenja na performanse mobilnih komunikacionih sistema. Za razliku od komunikacija koje se ostvaruju žičanim putem, radio kanali su ekstremno nestabilni. Analiza radio kanala ume da bude izuzetno složena. Najdominantniji efekat radio kanala je višestruka propagacija, odnosno *multipath* propagacija koja dovodi do pojave *multipath* fedinga. Feding predstavlja svako smanjenje nivoa signala u nekoj tački propagacionog medijuma u odnosu na nivo stabilnog radio kanala. Modelovanje *multipath* fedinga je jedan od najzahtevnijih problema u dizajnu radio sistema.

Savremeni trendovi razvoja mobilnih telekomunikacionih sistema podrazumevaju: sve veći broj servisa koji postavljaju zahteve za znatnim povećanjem dostupnog protoka, sveprisutnost mobilnih terminala, inteligentne antenske sisteme (posebno MIMO sisteme itd. Važan nedostatak postojećih modela često jeste odsustvo ili nedovoljno razmatranje dinamičkog ponašanja kanala i podrobnije razmatranje karakteristika pojedinačnih *multipath* komponenti u realnim okruženjima.

Savremene metode merenja i modelovanja treba da omoguće formiranje *multipath* propagacionog modela u kome bi se prevazišli nedostaci postojećih, a u maksimalno mogućoj meri sačuvalе njihove dobre osobine.

Tema ovog rada je formiranje i analiza dinamičkog modela *multipath* fedinga zasnovanog na skrivenim Markovljevim modelima (*Hidden Markov Models - HMM*). U radu je detaljno izložen problem modelovanja fedinga kao i detaljan matematički opis skrivenih Markovljevih modela. Zatim je autor pristupio izgradnji novog modela koji je nadogradnja postojećih Markovljevih lanaca. Treba istaći da je ovo nov model i u radu su izloženi rezultati analize novog modela.

3. Osnovni podaci o master radu

Master rad kandidata Dina Solar Nikolića „**Modelovanje fedinga bežičnih radio kanala pomoću skrivenih Markovljevih modela**“, obuhvata 60 strana štampanog teksta sa 26 slike, 3 tabele i 16 citiranih bibliografskih referenci. Rad je organizovan tako da sadrži sažetak, šest poglavlja uključujući i uvod i zaključak, spisak literature i prilog sa predstavljenim MATLAB kodom koji čini softversku osnovu novokreiranog modela.

4. Sadržaj i analiza rada

U sažetku je ukratko opisan predmet rada i dat je pregled sadržaja ostalih poglavlja.

Prvo poglavlje ukratko opisuje problematiku rada i razloge izrade master teze.

U drugom poglavlju je objašnjena opšta problematika višestruke propagacije i fedinga u radio sistemima. To uključuje objašnjenje porekla višestruke propagacije i posledice, kao i pregled parametara koji se koriste za opisivanje kanala koji je izložen fedingu i najvažnije same dinamike pojava i nestajanja individualnih putanja. Navedena je klasifikacija fedinga kao i kratak opis nekih od značajnijih modela kanala.

Treće poglavlje se bavi skrivenim Markovljevim modelima (u daljem tekstu skraćeno SMM). Izložen je teorijski aspekt definisanja HMM modela i pregled specifičnih tipova i podvrsta. Dat je detaljan matematički opis parametara i osnovnih problema SMM koji uključuju algoritme računanja relevantnih verovatnoća i proces "učenja" modela. Zatim dolazi opis nekoliko, za rad, potencijalno važnih modifikacija osnovnog SMM modela.

Četvrto poglavlje daje pregled nekih dosadašnjih primena SMM u drugim oblastima istraživanja uz osvrt na opis izuzetno plodonosne primene u prepoznavanju govora. Takođe, dat je kratak opis primena u pozicioniranju i modelovanju višestruke propagacije za specijalni Saleh-Valenzuela *indoor* model kanala.

Peto poglavlje isiče značaj razvoja dinamičkih modela višestruke propagacije i detaljno opisuje formiranje novog HMM principa modelovanja višestruke propagacije kao inovativnog koraka u razvoju dinamičkih modela sa Markovljevim lancima u osnovi. Dat je pregled odabranih ulaznih parametara novog modela i tipova koji će biti testirani. Deo SMM parametara je koncipiran na ranije utvrđenim karakteristikama dinamike ražanja i umiranja komponenti višestruke propagacije, dok je za izbor observabli generisano nekoliko mogućih pristupa problemu. U nastavku je opisana procedura primene novoformiranog modela na ranije utvrđene eksperimentalne rezultate koji obuhvataju baze sa velikim skupovima diskretnih impulsnih odziva kanala zabeleženih u urbanoj sredini za aktivni prijemnik UMTS mobilnog sistema.

Kao najznačajniji segment master rada peto poglavlje obuhvata analizu rezultata dobijenih praktičnom realizacijom novog modela u programu MATLAB i formiranje odgovarajućih zaključaka. Programski je implementiran HMM model sa izračunatim parametrima koji su opisani u prethodnom poglavlju. Generisanje rezultata obuhvatilo je i proračun greške niza formiranih stanja, kao i posmatranih observabli od interesa, i važnu komparaciju i proračun autokorelacionih funkcija izmerenih i simuliranih skupova diskretnih impulsnih odziva razmatranog kanala. Predstavljene su prednosti i nedostaci odabira određene grupe parametara primenjenih HMM modela. Na samom kraju istaknut je zaključak o pozitivnim ishodima primene modifikovanog skrivenog autoregresivnog skrivenog markovljevog reda (MAHMM) na modelovanje višestruke propagacije radio kanala i predviđanje ponašanja radio kanala u urbanim uslovima višestruke propagacije.

U poslednjem, šestom poglavlju, izloženi su mogući pravci daljeg usavršavanja modela. Sumirane su prednosti i nedostaci predstavljenog pristupa i dati su konkretni predlozi za proširenje modela. Istaknuti su osnovni doprinosi master teze i predstavljene su smernice za dalji rad u ovoj oblasti.

5. Zaključak i predlog

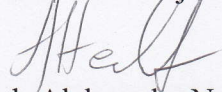
U okviru master rada kandidata Dina Solar Nikolića razvijen je i verifikovan novi način za modelovanje višestruke propagacije. Najvažniji doprinosi master rada su sledeći:

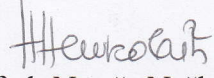
- Analiza problema dinamičkog modelovanja višestruke propagacije i davanje novih smernica primene skrivenog Markovljevog modela i njegovih podtipova u ovom domenu istraživanja.
- Empirijska analiza i definisanje optimalnih parametara stanja i observabli standardnog i modifikovanog autoregresivnog skrivenog Markovljevog modela. Verifikacija parametara na velikim skupovima mernih rezultata definisanih za višestruku propagaciju, kao i rađanje i umiranje individualnih komponenti impulsnih odziva kanala u urbanim uslovima.
- Softverska implementacija modela u programu MATLAB, otvorena za analizu novih grupa mernih rezultata i proširivanje modela i za druge sredine.
- Pregled prednosti i mana novoopisanog pristupa u modelovanju dinamike višestruke propagacije. U okviru rad date su smernice za dalju nadogradnju i primenu u domenu usavršavanja mernih prijemnika savremenih sistema.

Na osnovu izloženog, članovi Komisije predlažu Komisiji II stepena Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da rad **Dina Solar Nikolića**, pod naslovom „**Modelovanje fedinga bežičnih radio kanala pomoću skrivenih Markovljevih modela**“ prihvati kao master tezu i da kandidatu odobri javnu usmenu odbranu.

Beograd, 17.09.2014.

Članovi komisije:


prof. dr Aleksandar Nešković


prof. dr Nataša Nešković