

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Komisija za drugi stepen studija Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu imenovala nas je za članove Komisije za pregled i ocenu master rada kandidata **Dušice Simić** pod naslovom „**Optimizacija kNN algoritma primenjenog za određivanje pozicije GSM korisnika u indoor okruženju**“. Nakon pregleda rada podnosimo Nastavno-naučnom veću sledeći

IZVEŠTAJ

1. Biografski podaci

Dušica Simić je rođena 19. aprila 1992. godine u Ljuboviji. Završila je Gimnaziju „Vuk Stefanović Karadžić“ u Ljuboviji. 2011. godine upisala je Elektrotehnički fakultet u Beogradu. Diplomirala je septembra 2015. godine na Odseku za telekomunikacije i informacione tehnologije, smer Radio komunikacije, odbranom diplomskog rada pod naslovom „*Praktična realizacija kNN modela za pozicioniranje GSM korisnika u indoor okruženju*“. Tokom osnovnih studija postigla je prosečnu ocenu 9.02. Diplomске-akademske master studije na Elektrotehničkom fakultetu, smer Sistemsko inženjerstvo i Radio komunikacije, upisala je 2015. godine.

2. Predmet master rada

Radio mreže svojim korisnicima omogućavaju vrlo osobenu beneficiju, koju druge mreže ne mogu, a to je da budu mobilni. Sa funkcijom mobilnosti, ključni atribut postaje lokacija, stoga određivanje lokacije korisnika u radio mrežama postaje glavno oruđe koje mobilnim korisnicima omogućava pravi servis u pravo vreme i na pravom mestu. Navedeno u kratkim crtama, opšti zahtevi koji se postavljaju za servis pozicioniranja mogu se svesti u sledećih par:

- što tačnije i pouzdanije pozicioniranje,
- kratko vreme odziva od upita za pozicioniranjem do dobijanja odgovora, i
- pozicioniranje koje je nezavisno od vrste okruženja (podjednako dobro u ruralnom, suburbanom, urbanom, indoor okruženju...).

Treći zahtev, odnosno pozicioniranje nezavisno od tipa okruženja, predstavlja veliki problem kada se za pozicioniranje koristi satelitski GPS (*Global Positioning System*). To se naročito odnosi na pozicioniranje u zatvorenom prostoru odnosno, dalje u tekstu, indoor pozicioniranje. Upravo taj nedostatak zajedno sa dugim vremenom odziva sistema, predstavlja dodatnu motivaciju za uvođenje novih rešenja za pozicioniranje u zatvorenom prostoru, posebno koristeći druge sisteme, kao što su npr. javni mobilni sistemi, koji imaju veću dostupnost u indoor okruženju.

Način na koji se vrši optimizacija metoda za pozicioniranje, kao i rešavanje problema vezanih za ostvarivanje veće tačnosti i pouzdanosti u proceni lokacije mobilnog korisnika zajedno sa ostalim zahtevima korisnika, a sve to u sprezi sa zahtevima standardizacionih tela, umnogome zavisi od tipa sredine u kojoj je potrebno vršiti pozicioniranje. Po ugledu na modele propagacije signala koji u obzir uzimaju profil terena, metode za pozicioniranje, pored karakteristika okruženja, u obzir uzimaju i prirodu prostiranja samih radio talasa, mehanizme kao što su: refleksija, difrakcija, rasejanje, *fading*. Sam način na koji se vrši procena lokacije korisnika zavisi od tipa okruženja, te se obično govori o outdoor okruženju (pozicioniranje u otvorenom prostoru), i indoor okruženju (pozicioniranje u zatvorenom prostoru). Razlog za ovakvu podelu je taj što su pri outdoor pozicioniranju dostupne precizne metode satelitskog pozicioniranja, poput GPS-a, dok u indoor okruženjima, glavni ograničavajući faktor je taj što obično nema direktne optičke vidljivosti (eng. LoS - *Line of Sight*) sa referentnim baznim stanicama, zbog čega mnoge uspešne metode koje se primenjuju u outdoor uslovima, postaju bezuspešne u indoor uslovima.

Sama predikcija propagacije signala u zatvorenom prostoru je izuzetno složen proces, čija simulacija ne zahteva samo velike računarske resurse, već i vrlo detaljno poznavanje prostora (polazeći od rasporeda prostorija, prozora, debljine zidova, tipa građevinskog materijala i konstrukcije samog objekta), pa se ovakav pristup u indoor pozicioniranju izuzetno retko koristi. Potrebno je napomenuti da na prostiranje signala izrazito utiče i prisustvo i kretanje ljudi, a to je parametar koji je izuzetno teško uvrstiti u proračune. Iz svih navedenih razloga, bez obzira na

tehnologiju koja se koristi za *indoor* pozicioniranje (bilo to WLAN ili javne mobilne mreže), izabrana metoda se zasniva na tzv. *fingerprinting*-u.

Fingerprinting u doslovnom prevodu znači *uzimanje otiska prsta*, a suština metode se ogleda u upoređivanju *otiska* nekog od parametra signala sa već postojećim *otiskom* u bazi. Kada se nađe poklapanje, vrši se identifikacija *otiska*. Dakle, osnovna ideja kod *fingerprinting*-a se zasniva na detekciji lokacije mobilne stanice na osnovu karakteristika radio signala koje ta mobilna stanica meri na određenom mestu u mreži. Sam način na koji se vrši upoređivanje otisaka, definiše se algoritmom. U ovom master radu primenjivaće se unapređen kNN model - „najbližeg suseda“ (eng. *k Nearest Neighbour*, skraćeno kNN). Osnovni kNN metod se zasniva na nalaženju najboljeg poklapanja *fingerprint*-a u tački u kojoj se vrši pozicioniranje sa postojećim *fingerprint*-ovima u prethodno kreiranoj bazi. Kod primene kNN algoritma, obično se ispitivanje tačnosti vrši za različite vrednosti parametra k i to počev od najmanje vrednosti 1 do većeg broja, koji može težiti ukupnom broju referentnih tačaka, kojim se raspolaže u bazi. Unapređenje osnovne kNN metode ogleda se u uvođenju segmentacije zatvorenog prostora od interesa na potprostore i realizacije pozicioniranja u dva koraka. Prvo se određuje potprostor u kome se korisnik nalazi, nakon čega se određuju koordinate korisnika u okviru datog potprostora.

Cilj ovog master rada je minimiziranje srednje greške pozicioniranja, u poređenju sa onom koja se dobija primenom osnovnog kNN algoritma. Prvo će se primeniti kNN algoritam u vidu klasifikatora koji određuje potprostor u kome se korisnik nalazi, a koji može biti definisan na osnovu logičke, odnosno geometrijske podele prostora od interesa. A potom, nakon izvršene procene klase (potprostora), primeniće se kNN algoritam za određivanje tačne pozicije korisnika, ali koji uzima u obzir samo trening tačke koje pripadaju procenjenoj klasi.

3. Osnovni podaci o master radu

Master rad kandidata Dušice Simić pod nazivom „**Optimizacija kNN algoritma primenjenog za određivanje pozicije GSM korisnika u *indoor* okruženju**“, obuhvata 119 strana štampanog teksta sa 88 slika i 32 tabele. Rad je organizovan tako da sadrži pregled, uvod, tri poglavlja, zaključak i spisak literature.

4. Sadržaj i analiza rada

Prvo poglavlje predstavlja uvod u problematiku i prezentuje motivaciju za odabir teme, kao i ciljeve koje rad treba da zadovolji. Pored toga, pružen je i kraći pregled organizacije rada.

U drugom poglavlju dat je osnovni pregled sa karakteristikama radio sistema u okviru koga su vršena merenja. Predstavljani su osnovni zahtevi koji se postavljaju po pitanju preciznosti određivanja položaja korisnika u *indoor* okruženju, kao i mere uspešnosti primenjene praktične metode koja se koristi u tu svrhu. Izložen je teorijski pregled specifičnih efekata koji se javljaju pri propagaciji radio signala u zatvorenom prostoru, kao i ograničenja koja se time nameću kada je reč o određivanju prostornog položaja mobilnog korisnika u takvim uslovima. Dodatno, teorijski je predstavljena tehnika *fingerprinting*-a, koja se zasniva na detekciji lokacije mobilne stanice na osnovu karakteristika radio signala koje ta mobilna stanica meri na određenom mestu u mreži. Kao osnovni predstavnik determinističkih metoda, koja koristi najbolje poklapanje *fingerprint*-a u tački u kojoj se vrši pozicioniranje, korišćena je metoda k najbližih suseda (eng. *k Nearest Neighbour*).

Treće poglavlje započinje pregledom metode rada, koji podrazumeva tok merenja, odnosno sprovođenje merne procedure, specifikaciju korišćenog mernog uređaja kao i formiranje referentne baze *fingerprint*-ova. U nastavku poglavlja su predstavljene dve metode segmentacije prostora od interesa, u kom su vršena merenja. Logička segmentacija prostora od interesa odgovara realnom rasporedu prostorija, kabineta, učionica, laboratorija, hodnika i prolaza u prizemlju zgrade Elektrotehničkog fakulteta, gde je sprovedena pomenuta merna procedura. Nasuprot predstavljenoj ideji, geometrijska podela ne uzima u obzir unutrašnju strukturu prostora, već vrši podelu prostora na izvestan broj klasa (potprostora), u skladu sa izabranom osom simetrije i brojem podela na potprostore. Logička i geometrijska podela prostora od interesa ima za cilj da referentne tačke *fingerprint* baze veže za određene pripadajuće klase, odnosno potprostore, a korišćenjem poboljšane metode kNN algoritma, vrši se procena klase (potprostora) test tačaka. Kao rezultat izvršavanja primenjenog algoritma, dobijaju se vrednosti u relativnoj greški procene klase, za obe primenjene metode pri klasifikaciji. U nastavku poglavlja predstavljen je način kako se određuje greška koja se unosi pri estimaciji položaja tačke iz test i verifikacionog skupa, a koja se računa nakon klasifikacije.

Kroz četvrto poglavlje predstavljeni su rezultati izvršavanja poboljšanog kNN algoritma, primenjenog u razvijenim modelima za pozicioniranje. Poglavlje započinje opisom formiranja referentne, odnosno test i verifikacione baze *fingerprint*-ova, na kojima će se testirati, odnosno, verifikovati preloženi poboljšani modeli za pozicioniranje. U nastavku su dati rezultati primene kNN algoritma kao klasifikatora pri logičkoj, odnosno, geometrijskoj segmentaciji prostora od interesa, za potrebe procene klase (potprostora) tačaka testnog skupa, a

potom i za estimaciju položaja istih, uzimajući u obzir samo referentne tačke procenjene klase (potprostora). Predstavljani su rezultati koji se dobijaju primenom teorijskog modela kNN algoritma, koji ne uvodi segmentaciju prostora od interesa, zbog međusobnog poređenja rezultata. Poglavlje zaključuje primena poboljšanih metoda na verifikacionom skupu, potom uporedna analiza rezultata dobijenih primenom optimizovanog modela kNN algoritma sa logičkom, odnosno geometrijskom klasifikacijom i neoptimizovanog modela kNN algoritma. Izloženi su mogući uzroci odstupanja od očekivanih rezultata, kao i predlozi za dalje unapređenje poboljšanih modela za pozicioniranje.

U petom poglavlju je dat zaključak i dodatno je analiziran doprinos ove master teze. Dati su i predlozi za dalji rad, koji se, pre svega, odnose na razvoj i unapređenje primenjenih poboljšanih modela za pozicioniranje.

5. Zaključak i predlog

Master rad Dušice Simić prikazuje rezultate primene poboljšanih metoda za pozicioniranje, koji se odnose na primenu kNN algoritma, uz predložena dva načina segmentacije prostora od interesa, za procenu potprostora, a potom i za estimaciju položaja mobilnog korisnika unutar procenjenog potprostora. Glavni doprinosi master rada su sledeći:

- Predložena je postavka za eksperimentalno skupljanje podataka, specifikacija mernog uređaja, i urađena su merenja na osnovu kojih je formirana relevantna baza *fingerprint*-ova, koja se koristi za testiranje i verifikaciju poboljšanih metoda za pozicioniranje u zatvorenom prostoru.
- Razvijen je poboljšani model za pozicioniranje koji na osnovu logičke segmentacije prostora od interesa, vrši najpe procenu potprostora, a potom i estimaciju položaja mobilne stanice u tom delu prostora.
- Razvijen je poboljšani model za pozicioniranje koji na osnovu geometrijske segmentacije prostora od interesa, na unapred određen broj podela, vrši najpe procenu potprostora, a potom i estimaciju položaja mobilne stanice u tom delu prostora.
- Kroz simulacije je testirana a potom i verifikovana uspešnost razvijenih optimizovanih modela za pozicioniranje, baziranih na kNN algoritmu.
- Dat je predlog daljeg unapređenja razvijenih optimizovanih modela za pozicioniranje, za koje se očekuje da bi dali bolje rezultate po pitanju tačnosti i preciznosti procene prostornog položaja mobilne stanice u zatvorenom prostoru.

Na osnovu izloženog, članovi Komisije predlažu Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da rad Dušice Simić, pod naslovom „**Optimizacija kNN algoritma primenjenog za određivanje pozicije GSM korisnika u indoor okruženju**“, prihvati kao master tezu i da kandidatu odobri javnu usmenu odbranu.

Beograd, 27.06.2016.

Članovi komisije:

Prof. dr. Nataša Nešković

Prof. dr. Aleksandar Nešković