

PREGLED 4G LTE SISTEMA I TEHNIKE LOKALIZACIJE**4G LTE SYSTEM AND LOCALIZATION TECHNIQUES**Nemanja Bilinac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – 4G LTE sistem napravio je velike promjene u ICT tehnologiji. Prethodni mrežne generacije nisu ni blizu 4G LTE sistemu u pogledu zadovoljenja potreba krajnjih korisnika. Samim tim 4G LTE je postavio visoke standarde u pogledu daljeg razvoja ove oblasti, kao i sve veće zahtjeve krajnjih korisnika. Tu bitnu ulogu imaju razne tehnike lokalizacije u okviru 4G LTE sistema. Na taj način jasno se nameće činjenica da je 4G LTE standard jedna od ključnih stavki u pogledu nove industrijske revolucije, koju će činiti novonastupajući mrežni standardi u vidu 5G sistema, koji još nije ušao u potpunu komercijalnu upotrebu na globalnom nivou.

Ključne reči: 4G LTE, Tehnike lokalizacije

Abstract – The 4G LTE system brought major changes in ICT technology. Previous network generations are nowhere near 4G LTE systems in terms of meeting the needs of end users. Therefore 4G LTE has set high standards in terms of further development of these areas, as well as the growing demands of end users. Different localization techniques within 4G LTE system play important role. Due to this, it is clearly stated that the 4G LTE standard is one of the key items in terms of new industrial revolutions, which will be made of the emerging network standards in the form of a 5G system that has not yet entered full commercial use globally.

Keywords: 4G LTE, Localization techniques

1. UVOD

Evidentna je sve veća težnja ka komunikaciji mašina-mašina ili čovjek-mašina, sve većoj upotrebi uređaja poput dronova koji imaju funkciju pokretnih baznih stanica, senzora koji prikupljaju neke podatke iz okoline u kojoj se nalaze koji takođe mogu biti mobilni u okviru neke bežične mreže i još mnogo drugih lokaciono baznih orijentisanih servisa. Prava ekspanzija se tek očekuje što nesumnjivo pozicionira komunikacione tehnologije, kao i lokalizaciju među ključne faktore za pravilno izvršenje funkcija koje moderni servisi zahtjevaju.

Upravo je lokalizacija sa fokusom na 4G LTE sistem glavna tema ovoga rada. U radu će pored opštih tehnika koje se koriste u lokalizaciji mrežnih čvorova biti riječi o infrastrukturi koja podržava ove lokalizacione tehnike, kao i smetnje koje svakako otežavaju pravilnu procjenu pozicije čvorova u okolini. Na kraju rada prikazan je eksperiment pomoću RSS lokalizacione tehnike.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dejan Vukobratović, red. prof.

2. LOKALIZACIONE TEHNIKE

Lokalizacione tehnologije možemo da podjelimo u dvije glavne kategorije, a to su:

- Lokalizaciona tehnologija bazirana na satelitu
- Lokalizaciona tehnologija bazirana na mrežnoj infrastrukturi [1].

Lokalizacione tehnologije bazirane na satelitu se uglavnom koriste u slučaju lokalizacije na otvorenom prostoru. Najrasprostranjeniji ovakav sistem koji se najviše koristi je GPS (eng. *Global Positioning System*) lokalizacioni sistem (Slika 1).



Slika 1. Infrastruktura GPS Sistema

Kod lokalizacionih tehnologija koje se isključivo baziraju na mrežnu strukturu prvenstveno je potrebno odrediti rastojanje između čvorova mreže.

Za određivanje rastojanja između čvorova mreže, postoje razne metode, a to su:

- Lokalizacija na osnovu vremena prijema (Time of arrival – ToA)
- Lokalizacija na osnovu vremenske razlike prijema (Time Difference of Arrival – TDoA)
- Lokalizacija na osnovu mjerenja dolaznog pravca (Angle of arrival – AoA)
- Lokalizacija na osnovu snage prijemnog radio signala (Received Signal Strength – RSS) [2].

TDoA tehnika lokalizacije je opisana posebno kao zasebno poglavlje, jer je to jedna od najzastupljenijih tehnika lokalizacije u praksi.

3. LOKALIZACIONA INFRASTRUKTURA

Validnost procjenjene lokacije nekog mobilnog čvora u mreži u velikoj mjeri zavisi od tipa infrastrukture koja omogućava lokalizaciju.

Ističu se dva načina implementacije u pogledu lokalizacione infrastrukture, a to su:

- Izgradnja posebno namjenjene strukture za lokalizaciju
- Iskorišćenje već postojeće infrastrukture čija je prvobitna namjena komunikacioni servis.

Kada je riječ o prvom načinu implementacije glavna pozitivna stvar je da se mogu ostvariti visoke lokalizacione performanse koje se mogu ostvariti korišćenjem specijalnog referentnog signala, kao i specijalizovano namjenjeni hardver za to. Što se tiče negativnih strana tu se ističu veoma skup hardver i ograničenja u sistemskoj skalabilnosti. Što se tiče drugog načina, pozitivna strana je ta da se nema skupih hardverskih komponenti koje pored toga zahtevaju i dosta vremena za njihovo pravilno raspoređivanje. Negativna strana je ta da se zahtjevaju dodatni sofisticirani algoritmi, da bi se poboljšale performanse samoga sistema. U tom slučaju kompleksnost algoritma i njegova kohezija sa već postojećom infrastrukturom predstavljaju velike izazove.

Lokalizacione strukture koje se najčešće koriste su:

- GNSS (eng. Global Navigation Satellite System)
- Čelijska mrežna infrastruktura
- Wi-Fi infrastruktura
- Lokalizacioni sistem baziran na UWB (eng. Ultra Wideband) tehnologiji

Kada je u pitanju pokrivenost područja, svaka od navedenih infrastruktura ima svoje parametre. U okviru GNSS sistema pokrivenost je globalna, ali je preciznost veoma diskutabilna u nekim gusto naseljenim sredinama i samim tim sporna za neke osjetljive aplikacije. Zbog toga se koriste druge lokalizacione strukture. Kod čelijske strukture pokrivenost po jednom fiksnom čvoru varira od 25 do 500 metara u zavisnosti koja je generacija u pitanju. Naravno kako je gušći spektar, sve veći zahtjev korisnika i pokrivenost opada, odnosno ima sve više fiksnih čvorova. Wi Fi infrastruktura (Slika 2) kao i UWB tehnologija (Slika 3) koriste se za neka lokalna okruženja.



Slika 2. Wi-Fi infrastruktura



Slika 3. UWB tehnologija

4. GLAVNI IZVORI GREŠAKA

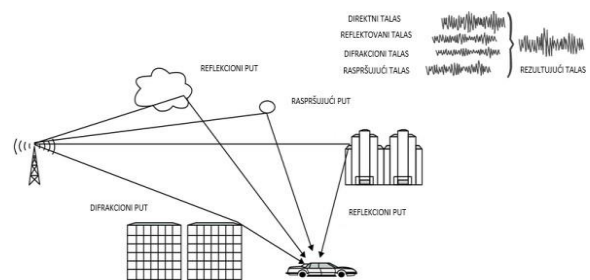
Jasno je da nije moguće izvršiti stoprocentno tačnu procjenu lokacije, ali treba nastojati da negativan uticaj

izvora grešaka, kao i neizbježan uticaj pristrasnosti prilikom mjerenja lokacije mobilnog čvora bude sveden na što je manje mogući nivo. Danas je ovo posebno veliki izazov imajući u vidu činjenicu da sve veći broj aplikacija zahtjeva što bržu i precizniju procjenu lokacije, odnosno real-time praćenje uređaja.

Tri glavna izvora grešaka su:

- Feding
- Sistemske greške
- Propagacije u uslovima bez optičke vidljivosti.

Feding je jedan od izvora grešaka koji su posebno karakteristični bežičnom kanalu i predstavlja izuzetno veliki nivo degradacije signala prilikom njegovog prostiranja od predajnika do prijemnika. Sredina u kojoj je to posebno prisutno je gradska zona u kojoj ima dosta prepreka u vidu drveća, zgrada i mnogih drugih. (Slika 4)



Slika 4. Višestruki feding

Problem NLoS je najviše prisutan u gusto naseljenim gradskim zonama, gdje se nalazi veliki broj prepreka koje izazivaju razne dodatne komponente originalnog signala i dobijanje superponiranog signala na prijemu što svakako nije poželjno. Pojave koje su posljedica uslova bez optičke vidljivosti su refleksija, refrakcija, difrakcija i rasijanje.

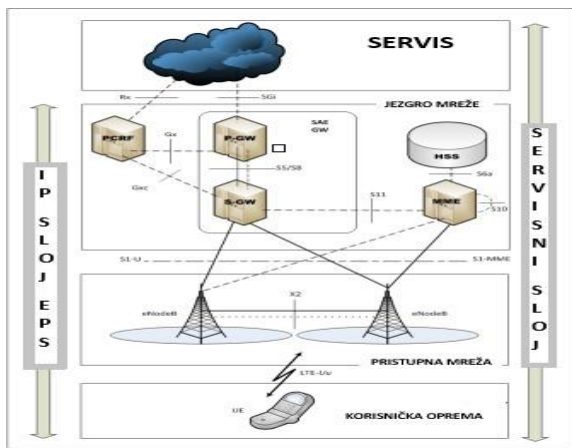
Sistemska izvor grešaka se jako često dešava u realnim sistemima za procjenu lokacije. Ovaj tip grešaka je generisan unutar samoga sistema, a ne od nekog spoljašnjeg faktora kao što je bio slučaj sa prethodna dva izvora grešaka [3].

5. LONG TERM EVOLUTION (LTE)

Četvrta generacija mobilne komunikacione mreže odnosno LTE, predstavljala je veliki tehnološki napredak u pogledu mobilnih komunikacija. Razvoj 4 generacije se može podijeliti na **standardni LTE** i **napredni LTE**.

Kada je u pitanju standardni LTE, on je bio smatran standardom u okviru 3GPP (eng. 3rd Generation Partnership Project), koji je bio priprema faza u okviru treće generacije mobilne komunikacione mreže za četvrtu generaciju. Proces intenziviranog razvoja LTE standard je počeo 2008 godine, sa posebnim fokusom na IP jezgro mreže, OFDMA (eng. Orthogonal Frequency Division Multiple Access) interfejsu, poboljšanju HSDPA (eng. High Speed Downlink Point Access) i HSUPA (eng. High Speed Uplink Point Access) protokola kao i unaprijeđenje MSR (eng. Multi Standard Radio) segmenta.

Time je dobijena dosta kompaktnija i poboljšanja sveukupna mrežna arhitektura standardnog LTE (Slika 5).



Slika 5. Arhitektura standardnog LTE

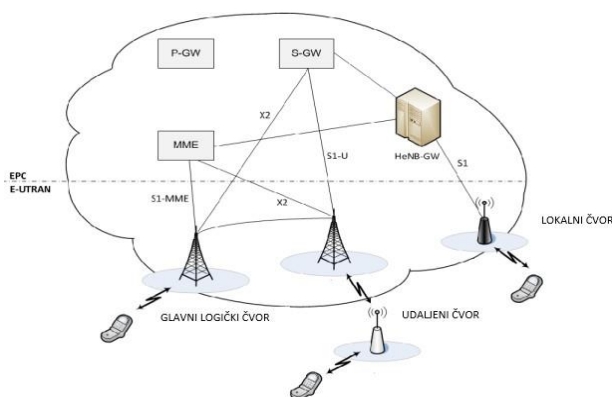
Kao rezultat stalnog rasta u količini podataka, povećanje želje krajnjih korisnika za novim servisima krenulo se u težnju za unaprijeđenjem radio interfejsa.

Praktično je ova faza razvoja krenula da se realizuje od 2011 godine, kada je i zvanično puštena u komercijalnu upotrebu četvrta generacija mobilnih komunikacija. LTE standard u okviru ove generacije je prešao sa standardnog nivoa na novi, poboljšani napredni LTE.

Kao glavni ciljevi naprednog LTE bili su:

- Fleksibilno i brže postavljanje mreže
- Bolja pokrivenost i unaprijeđena spektralna efikasnost
- Veća fleksibilnost u pogledu raspodjela širokopoljnog spektra
- Sveprisutnost i isplativost širokopoljne mreže [4]

Ovim je dobijena još kompaktnija mrežna arhitektura naprednog LTE standarda (Slika 6).



Slika 6. Arhitektura naprednog LTE

6. TDoA (Time Difference of Arrival)

Najveća razlika u odnosu na ToA lokalizacionu tehniku jeste činjenica da se ne posmatra distancu između svakog fiksnog čvorova i prijemnika, već se to posmatra sa aspekta para fiksnih čvorova u odnosu na prijemnik. Osiguranje kvaliteta servisa u 4G LTE mreži, predstavlja veliki izazov za sve one koji su uključeni u proces planiranja, implementiranja i održavanja mreže.

Uz pomoć TDoA tehnike se u okviru 4G LTE mreže, može izvršiti lokacija korisnika na udaljenosti manjim od 100 metara sa dosta velikom pouzdanošću.

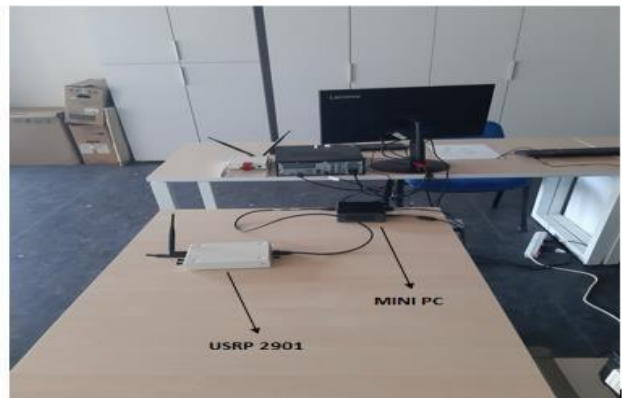
Bitno je istaći da i pored toga što je TDoA među najčešće korišćenim lokalizacionim tehnikama, u praksi se ona veoma često kombinuje sa nekim drugim lokalizacionim tehnikama [5].

7. EKSPERIMENTALNI DIO

U okviru ovoga poglavlja detaljno je opisan praktični dio rada. Fokus je na unutrašnjoj pokrivenosti prostorije signalom, korišćenjem OpenAirInterface softverske platforme kao i Nokia EPC Core Network softvera pomoću kojih se podiže mini bazna stanica. OpenAirInterface je kao softverska platforma podignut na PC-u, dok je Nokia EPC Core Network softver kao podrška pored 4G LTE mreže i za novonastupajuću 5G mrežu, podignut na mini PC-u. Sve to je spušteno na jedan USRP (eng. Universal Software Defined Radio) uređaj model 2901, koji emituje signal unutar prostorije i simulira jednu realnu 4G LTE baznu stanicu.

Mjerenja sa unaprijed utvrđenih pozicija u prostoriji su izvršena korišćenjem mobilnog telefona putem Electro Smart aplikacije, koji je uspostavio konekciju sa mini baznom stanicom (Slika 8).

Na slici 7 prikazana je oprema koja je korišćena u izvođenju eksperimentalnog dijela rada.



Slika 7. Eksperimentalna oprema



Slika 8. Mjerne pozicije

Sama aplikacija daje vrijednosti signala preko RSSI vrijednosti izraženim u dbm. Na ovaj način se preko RSS tehnologije, simulira rad jedne stvarne 4G LTE stanice. U okviru OpenAirInterface softvera, preko glavnog PC smo podesili parametre vezane za MCC (eng. Mobile Country Code) i MNC (eng. Mobile Network Code). Pošto svaka država ima svoj rezervisani MCC i MNC za svaki svoj operator, vrijednosti koje su stavljene za MCC

i MNC su 901, 70 respektivno i nisu parametri niti jedne države na svijetu jer su to rezervisane vrijednosti. Naša bazna stanica predstavlja mini mrežu pod nazivom ICONIC, i koristi se za neke lokalne eksperimentalne svrhe.

IP adresa koja je dodijeljena linku za komunikaciju, odnosno baznoj stanici je 192.184.0.1, dok je adresa dodijeljena mobilnom telefonu 192.184.0.1. Sve ovo je funkcija Nokia EPC Network Core softvera. Proces komunikacije prikazan je na slici 9.

```

192.184.0.2 ICMP      100 Echo (ping) request id=0x15e0, seq=487/59137, ttl=64 (reply in 662)
192.184.0.2 GTP <ICMP> 136 Echo (ping) request id=0x15e0, seq=487/59137, ttl=64 (reply in 661)
192.184.0.1 GTP <ICMP> 136 Echo (ping) reply id=0x15e0, seq=487/59137, ttl=255 (request in 660)
192.184.0.1 ICMP      100 Echo (ping) reply id=0x15e0, seq=487/59137, ttl=255 (request in 659)
192.184.0.2 ICMP      100 Echo (ping) request id=0x15e0, seq=488/59393, ttl=64 (reply in 666)
192.184.0.2 GTP <ICMP> 136 Echo (ping) request id=0x15e0, seq=488/59393, ttl=64 (reply in 665)
192.184.0.1 GTP <ICMP> 136 Echo (ping) reply id=0x15e0, seq=488/59393, ttl=255 (request in 664)
192.184.0.1 ICMP      100 Echo (ping) reply id=0x15e0, seq=488/59393, ttl=255 (request in 663)
192.184.0.2 ICMP      100 Echo (ping) request id=0x15e0, seq=489/59649, ttl=64 (reply in 670)
192.184.0.2 GTP <ICMP> 136 Echo (ping) request id=0x15e0, seq=489/59649, ttl=64 (reply in 669)
192.184.0.1 GTP <ICMP> 136 Echo (ping) reply id=0x15e0, seq=489/59649, ttl=255 (request in 668)
192.184.0.1 ICMP      100 Echo (ping) reply id=0x15e0, seq=489/59649, ttl=255 (request in 667)

```

Slika 9. Komunikacija između mini bazne stanice i mobilnog telefona

Na slici 10 prikazani se logovi koje je uhvatila aplikacija tokom mjerenja.

| No. | mnc | mcc | ci |
|------|-----|-----|------|
| 1024 | 70 | 901 | 3584 |
| 1025 | 70 | 901 | 3584 |
| 1026 | 70 | 901 | 3584 |
| 1027 | 70 | 901 | 3584 |
| 1028 | 70 | 901 | 3584 |
| 1029 | 70 | 901 | 3584 |
| 1030 | 70 | 901 | 3584 |
| 1031 | 70 | 901 | 3584 |
| 1032 | 70 | 901 | 3584 |
| 1033 | 70 | 901 | 3584 |
| 1034 | 70 | 901 | 3584 |
| 1035 | 70 | 901 | 3584 |
| 1036 | 70 | 901 | 3584 |

Slika 10. Logovi uhvaćeni od strane aplikacije

Obrada prikupljenih podataka urađena je u Matlab softverskom alatu. (Slika 11)

```

% MATLAB
% Sadržaj:
% 1. Učitavanje podataka iz datoteke
% 2. Obrada podataka
% 3. Izlazni rezultati

% Učitavanje podataka
load('data.mat');

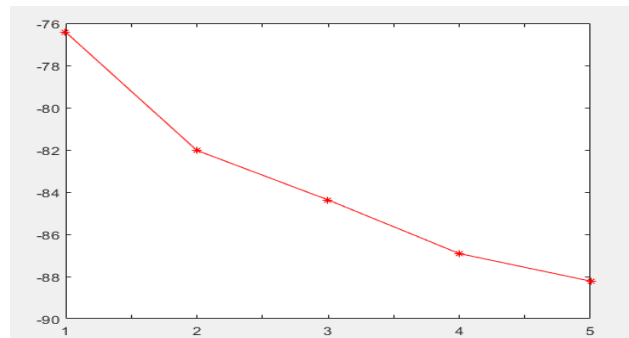
% Obrada podataka
% ...

% Izlazni rezultati
% ...

```

Slika 11. Rad u Matlabu

Posebna pažnja je posvećena dobijanju srednje vrijednosti signala sa svake mjerne pozicije u prostoriji (Slika 12).



Slika 12. Srednje vrijednosti signala sa različitih mjernih pozicija

8. ZAKLJUČAK

Novi trendovi u svijetu svakako će ovu oblast oblikovati tako da čini izuzetno bitan faktor u implementaciji novih tehnoloških dostignuća.

Kada je u pitanju eksperimentalni dio rada jasno je da i u zatvorenom prostoru postoji slabljenje signala udaljavanjem prijemnika od predajnika. Bitna je napomenuti činjenicu da je prostorija u kojoj je vršeno mjerenje dužine oko 15-ak metara.

Razdaljina koju smo obuhvatili izabranim mjernim pozicijama je oko 6 do 7 metara, što nam jasno govori da je pola prosorije uzeto u analizu pokrivenosti signala koje emituje naša bazna stanica. Dakle postoji slabljenje signala ali je taj nivo opadanja dosta manji od spoljašnjeg scenarija.

9. LITERATURA

- [1] Drawil, Nabil M., Haitham M. Amar, and Otman A. Basir. "GPS localization accuracy classification: a context based approach."
- [2] O. Bialer, D. Raphaeli, and A. J. Weiss, "Maximum-likelihood direct position estimation in dense multipath"
- [3] C.Gentner, T.Jost, W.Wang, S. Zhang, A. Dammann, and U. -C. Fiebig, "Multipath assisted positioning with simultaneous localization and mapping"
- [4] Akyildiz I. F., "The Evolution to 4G cellular systems: LTE-Advanced"
- [5] Roberts, R., "Tdoa localization techniques"

Kratka biografija:



Nemanja Bilinac rođen je u Srbiju 1996. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Komunikacione tehnologije i obrada signala odbranio je 2021.god. kontakt: nemanja.bilinac96@gmail.com