Tehnike prijelaza između mobilnih sustava za glasovnu komunikaciju

Kubat, Toni

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:507733

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

Stručni studij

Tehnike prijelaza između mobilnih sustava za glasovnu komunikaciju

Završni rad

Toni Kubat

Osijek, 2018

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK**

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 12.10.2018.

Ime i prezime studenta:	Toni Kubat
Studij:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Informatika
Mat. br. studenta, godina upisa:	AI 4391, 27.09.2017.
Ephorus podudaranje [%]:	14

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom**: Tehnike prijelaza između mobilnih sustava za glasovnu komunikaciju**

izrađen pod vodstvom mentora Mr.sc. Anđelko Lišnjić

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK**

Obrazac Z1S: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za obranu završnog rada na preddiplomskom stručnom studiju

Osijek, 13.09.2018.

Odboru za završne i diplomske ispite

Imenovanje Povjerenstva za obranu završnog rada na preddiplomskom stručnom studiju

Ime i prezime studenta:	Toni Kubat
Studij, smjer:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Informatika
Mat. br. studenta, godina upisa:	AI 4391, 27.09.2017.
OIB studenta:	64230089592
Mentor:	Mr.sc. Anđelko Lišnjić
Sumentor:	
Sumentor iz tvrtke:	
Predsjednik Povjerenstva:	Izv. prof. dr. sc. Vanja Mandrić-Radivojević
Clan Povjerenstva:	Izv. prof.dr.sc. Slavko Rupčić
Naslov završnog rada:	Tehnike prijelaza između mobilnih sustava za glasovnu komunikaciju
Znanstvena grana rada:	**Telekomunikacije i informatika (zn. polje elektrotehnika)**
Zadatak završnog rada	Mobitel je elektronički uređaj koji se koristi za pokretne telekomunikacije preko mobilnih mreža koje se stalno nadograđuju i mijenjaju. Zadatak je obraditi kodiranje između mobilnog telefonskog aparata i mobilne stanice te kako sustav odlučuje o tome koja će bazna stanica prihvatiti korisnika kada je on u pokretu, posebice kada prelazi iz jednog sustava u drugi sustav, s naglaskom prijelaza s 2G mreže na 3G mrežu i obratno.
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/bodaPostignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/bodaJasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/bodaRazina samostalnosti: 3 razina
Datum prijedloga ocjene mentora:	13.09.2018.

Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

Sadržaj

1 UVOD 5
2 TELEKOMUNIKACIJSKE MREŽE 6
2.1 O komunikacijskim mrežama 6
2.1.1 Bežični mrežni sustav 6
2.1.2 Vrste bežičnih mreža 8
2.1.3 Fiksne mreže 10
2.1.4 Mobilne mreže 12
2.2 Generacije mobilnih mreža 13
2.2.1 Prva generacija 14
2.2.2 Druga generacija 15
2.2.3 Treća generacija 16
2.2.4 Četvrta generacija 19
3 HANDOVER 20
3.1 Primjer *handovera* 22
3.2 *Locating* u *handoveru* 24
3.3 Uspostava i ispuštanje mobilnog poziva 26
3.4 Metode *handovera* 28
5. PRAKTIČNI DIO 31
6. ZAKLJUČAK 35
7. LITERATURA 36

1 UVOD

Čovjeku kao društvenom biću komunikacija je osnova života. Suvremeni život u sve se većoj mjeri oslanja na tehnologiju. Da bismo mogli funkcionirati u tom okruženju moramo znati sve više svojstava i načina rada tehnoloških uređaja. Neki od tih uređaja su nam, primjerice, osobno računalo i mobilni telefon, čija se uporaba uglavnom oslanja na komunikaciji između njih za što je potreban pristup mreži i internetu. Konstantnim nadograđivanjem funkcioniranja mobilnih mreža koje se stalno mijenjaju shodno napretku tehnologije i sustava za komunikaciju dolazi do potiskivanja znanja o funkcioniranju tih sustava te zamjene površinskim znanjem o načinu korištenja. Porastom složenosti i raznolikosti računalnih mreža, opada mogućnost da jedna osoba detaljno poznaje sve elemente koji su sadržani u nekoj od mnogih računalnih mreža. Danas gotovo svaka osoba koristi mobilni telefon, te s većom ili manjom količinom znanja zna postići ono što želi iako ne zna kako sve to funkcionira. Osim za obavljanje telefonskih poziva, danas se mobilni telefoni koriste i za druge oblike prenošenja informacija kao što su slanje tekstualnih i multimedijskih poruka i elektroničke pošte. Koju god funkciju da obavljamo na mobilnom uređaju, ključni dio je povezanost sa mrežom budući da se dolazni poziv može dogoditi u bilo kojem trenutku.

Stoga je jako bitno da se pri prelasku mobilnog uređaja iz mreže u mrežu ili iz dijela istog sustava u drugi dio tog sustava zadrži kontinuitet komunikacije. To se postiže funkcijama tehnike prijelaza između mobilnih sustava za glasovnu komunikaciju. Mobilni telefon je spojen na mrežu pomoću baznih stanica koje su prostorno raspoređene tako da svojim dosegom pružanja signala pokrivaju područja u kojima se korisnici kreću. S obzirom da mobitel koristimo u pokretu njegova povezanost s mrežom mora biti konstantna da ne bi došlo do prekida poziva ili drugih aktivnosti koje zahtijevaju povezanost na mrežu.

U radu su obrađeni načini kodiranja između mobilnog telefonskog aparata i mobilne stanice te kako sustav odlučuje o tome koja će bazna stanica prihvatiti korisnika kada je on u pokretu, posebice kada prelazi iz jednog sustava u drugi sustav. *Handover* se odnosi na proces prebacivanja poziva u tijeku ili prenošenja podataka s jednog kanala u mobilnoj mreži na drugi kanal. Kada se korisnik mobilnog uređaja kreće s područja ćelije jedne bazne stanice na područje druge, tijekom trajanja poziva, poziv će biti prebačen na drugu baznu stanicu. *Handover* će se dogoditi kada primljeni signal pada ispod razine prihvatljivosti zadržavanja.

2 TELEKOMUNIKACIJSKE MREŽE

2.1 O komunikacijskim mrežama

Telekomunikacijska mreža se sastoji od skupa predajnika, prijemnika, komutacije, podsustava i komunikacijskih kanala kojima je sve međusobno povezano. Osnovni telekomunikacijski sustav se sastoji od tri osnovna dijela koja su uvijek prisutna u nekom obliku:

1. Predajnik - prima informaciju, pretvara ju u signal, te odašilje u prijenosni medij
2. Sustav preko kojeg se prenosi sadržaj komunikacije i signalizacija.
3. Prijemnik - prima signal iz prijenosnog medija te ga pretvara natrag u korisnu informaciju.

2.1.1 Bežični mrežni sustav

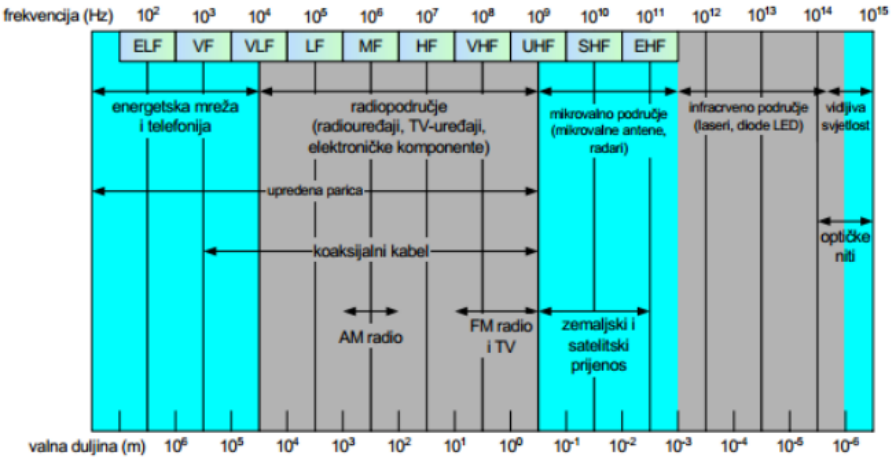
U bežičnim mrežnim sustavima veze se uspostavljaju elektromagnetskim signalima. Signali služe kao nositelji informacija koje se u njega upisuju postupkom moduliranja. Spektar elektromagnetskih signala dijeli signale po frekvenciji i svojstvima i po tome postoje radijski signali, mikrovalovi, infracrveni signali, x-zrake itd. Zbog svojih različitih svojstava neki signali su pogodniji od drugih kao nosioci u određenim uvjetima.

Bežični sustavi korišteni su prvo za prijenos radijskih i televizijskih programa. Razlika radijskih i televizijskih programa te prijenosa podataka je u broju primatelja. Radijem i televizijom želimo prenijeti informacije većem broju primatelja, dok u prijenosu podataka želimo prenijeti podatak samo jednom korisniku i onemogućiti da prenesene informacije budu dostupne drugima.

Kod prijenosa sadržaja žičanom vezom nije postojao problem ometanja signala dok je kod bežičnog prijenosa bio najteže rješiv. Da bi informacija ostala sačuvana i sigurna potrebno je definirati način rada prijenosnog sustava tako da sadržaj može vidjeti samo primatelj, a da je pritom oni do kojih može doći ne mogu razumjeti.

Da signali nebi utjecali jedan na drugoga u relevantnoj mjeri započela je podjela frekvencija i ograničavanje snage signala odašiljača. Potrebno je pažljivo svakoj grupi sustava

dodjeljivati frekventni spektar za korištenje tako da nebi došlo do preklapanja frekvencija i pogrešaka.



Slika 2-1 Raspored mreža po valnim duljinama signala.

Prijenos radijskih programa AM (*Amplitude modulation*) i FM (*Frequency modulation*), televizijski programi, mobilna telefonija i satelitski prijenos zauzimaju određene frekventne pojaseve. Između dvaju frekvencija sa istog područja mora postojati određeni razmak tako da se signali na tim područjima međusobno ne ometaju.

Kod bežičnog prijenosa postoji puno metoda zapisivanja i prijenosa sadržaja. Neke od temeljnih metoda fizičkog prijenosa podataka su: FDMA (*Frequency Division Multiple Access*), TDMA (*Time Division Multiple Access*) i CDMA (*Code Division Multiple Access*).

FDMA - Frekventno područje koje sustav ima na raspolaganju dijeli se na nekoliko frekventnih pojaseva, svaki takav pojas dijeli se na vremenske intervale. Svakoj komunikaciji dodjeljuje se svaki n-ti dio u jednom frekventnom pojasu. Izvor toka podataka umeće digitalne zapise svojih sadržaja u one otvore koji su mu dodijeljeni, tako da svaki n-ti otvor jednog kanala prenosi digitalne zapise sadržaja jedne komunikacije odnosno digitalne zapise glasa jednog razgovora. Primatelj dijeli signale koje prima na vremenske dijelove i tako razdvaja komunikacije koje se izvode na istom kanalu. Svaki n-ti dio sadržaja koji se prenosi na jednom kanalu je dio iste komunikacije, iz tih dijelova se dalje reproducira telefonski razgovor ili neki drugi informacijski sadržaj. Najpogodnija je za analogne sustave tako da je bila glavna metoda zapisivanja i prijenosa u mobilnoj telefoniji prve generacije (1G).

TDMA - Metoda prijenosa podataka kod koje se frekventni pojas dijeli na vremenske intervale tijekom kojih se prenosi sadržaj jedne komunikacije. Na taj način ostvaruje se višestruka komunikacija kroz jedan kanal. Vremenski intervali mjere se u mikrosekundama i svaka komunikacija dobiva podjednak broj intervala prijenosa. TDMA metoda je pogodna za prijenos digitalnih sadržaja pa je glavna metoda zapisivanja i prijenosa u mobilnoj telefoniji druge generacije (2G). [1]

CDMA - Metoda prijenosa podataka koja ostvaruje višestruki prijenos tako da svaka komunikacija koristi različit niz bitova kojima kodira svoje sadržaje. Sadržaji svih komunikacija se zapisuju na isti kanal, budući da se razlikuju po kodu, primatelji ih razdvajaju uzimajući samo korisne sadržaje. Izvor mora kodirati sadržaje kodom kojeg primatelj poznaje, on mora biti unaprijed dogovoren. Sustavi mobilne telefonije treće generacije koriste ovu metodu zapisivanja i prijenosa sadržaja na fizičkoj razini.

2.1.2 Vrste bežičnih mreža

Kod bežičnog prijenosa podataka javlja se niz čimbenika o kojima ovisi izbor načina prijenosa kao i niz specifičnih problema koje treba savladati. Neki od njih su odabir frekvencije prijenosa i potreba za licencom, snaga signala koja se koristi, uloga potrošnje energije mobilnih uređaja, međusobne interferencije signala i zaštite sadržaja. Neki od istaknutih sustava bežičnog prijenosa su *Bluetooth* (standard 802.11.), *Wi-Fi* (standard 802.11.), *WiMAX* (standard 802.11) i treća generacija mobilne telefonije (3G). [1]

Bluetooth omogućuje bežično povezivanje uređaja i prijenos podataka između raznih naprava i sustava. Mreža vrši prijenos na vrlo ograničenom prostoru i radi na frekventnom pojasu od 2,45 GHz, za čije korištenje nije potrebna licenca. Brzina prijenosa je oko 2,1 Mbps što udovoljava namjeni. Ima vrlo širok spektar primjena u različitim tehnologijama.

Wi-Fi je zaštitni znak za obitelj bežičnih lokalnih mreža wireless LAN (*Local Area Network*). WLAN (*Wireless Local Area Network*) se sastoji od više točaka pristupa bežičnim putem i žičanog distribucijskog sustava koji vezuje točke pristupa u jednu mrežu. Točke pristupa omogućavaju međusobnu komunikaciju naprava koje su spojene na nju i naprava koje su spojene na druge točke pristupa, zbog međusobne povezanosti distribucijskog sustava. Omogućava prijenos na udaljenosti do 100 metara i ostvaruje brzine prijenosa do 54 Mbps. Da bi se računalo moglo povezati na bežičnu mrežu ono mora imati adapter za Wi-Fi mrežu ili bilo koju drugu iz

obitelji 802.11. Prijenosna računala uglavnom imaju ugrađen adapter, a u slučaju da nemaju on se može ugraditi. [1]

WiMAX bežični mrežni sustav omogućava veću mobilnost i doseže veće propusnosti od Wi-Fi sustava. Prednost se očituje u udaljenosti s koje se računalo može povezati na sustav, ali ovisi o okruženju u kojem se nalazi (zaprekama koje signal mora savladati poput zgrada i elektromagnetskih polja) pa tako može sezati od 100 m do 50 kilometara. WiMAX koristi frekvencije prijenosa od 2 do 66 GHz ovisno o okolini budući da su neke frekvencije otpornije na zapreke od drugih. Sustav koristi antene velikog dosega (WiMAX tornjevi) i lokalne antene (pretplatničke stanice) koje se montiraju na vrhove zgrada ili kuća. Tako imamo udaljenost između WiMAX tornja i pretplatničke stanice i udaljenost između pretplatničke stanice i računala.

Mreža je centralni dio komunikacijskog sustava, njezin zadatak je omogućavanje pružanja komunikacijskih i informacijskih usluga. Prema njihovoj opsežnosti mreže dijelimo na PAN, LAN, MAN i WAN:

1. PAN (*Personal Area Network*) - Mreža osobnog prostora, služi za spajanje uređaja u neposrednoj blizini. Doseg mreže mjeri se u samo nekoliko metara, primjer je bluetooth.
2. LAN (*Local Area Network*) - Mreža lokalnog prostora. Lokalnost mreže je određena ukupnom dužinom spojnih kablova mreže ili dosegom elektromagnetskog signala kod bežičnih mreža. Ta dužina obično iznosi nekoliko kilometara, ali kod nekih mreža lokalnog tipa može biti veća. Maksimalan broj čvorova u takvim mrežama kreće se od par stotina do tisuću.
3. MAN (*Metropolitan Area Network*) - Mreža koja se prostire na prostoru jednog grada pa se tako naziva gradska mreža. Takve mreže se mogu prostirati na području od nekoliko desetaka kilometara. Neke mreže toga tipa koriste specifične metode prijenosa podataka, koje se razlikuju od metoda prijenosa kod LAN i WAN mreža. Kombinacija LAN I WAN mreža je dovoljno dobra pa primjena MAN mreža i nije nešto naročito česta.
4. WAN (*Wide Area Network*) - Mreža širokog prostora. Nema specifičnih ograničenja fizičkog prostora za njihova širenja, osim mogućnosti da se fizički dospije u neke prostore na zemlji. Najpoznatija mreža te vrste je Internet.

Ograničene su jedino brojem raspoloživih adresa čvorova jer broj tih adresa ograničava broj čvorova koji mogu biti uključeni u mrežu.

[2]



Slika 2-2 *Tipovi računalnih mreža.*

Prema načinu prijenosa signala telekomunikacijske mreže dijelimo na fiksne i mobilne telekomunikacijske mreže.

2.1.3 Fiksne mreže

Fiksne mreže omogućuju komunikaciju žičanim prijenosom i funkcioniraju jedino ako korisnik koristi pristupnu točku u petlju. Priključak na petlju u fiksnoj telefonskoj mreži direktno povezuje korisnika sa centralom pomoću parice (kabela).

Parice su se koristile do pojave ISDN-a (*Integrated Services Digital Network*). Prelaskom na ISDN, slanje signala prelazi s analognog na digitalni čime dolazi do poboljšanja u brzini i kvaliteti. Postiže brzinu *dial-up* veze do 56 kbps. Korištenje ISDN-a naplaćuje se po minuti za korištenje interneta i telefonskih poziva..

Postoje dva osnovna pristupa ISDN-u:

- BRI (*Basic Rate Interface*) - sastoji se od dvije telefonske linije (kanala) od 64 kbps te jednog kanala od 16 kbps.
- PRI (*Primary Rate Interface*) - sastoji se od nekoliko kanala i njihov maksimum ovisi o telefonskoj mreži.

U Hrvatskoj oba su pristupa (BRI, PRI) dostupna potrošačima. ISDN je zbog male brzine kasnije zamijenjen DSL-om.

DSL (*Digital Subscriber Loop*) - tehnologija koja omogućava digitalni prijenos i pristup internetu preko lokalne telefonske mreže. Pruža brzine od 128 kbps do 20 Mbps ovisno o inačici sustava. Prva inačica koristila je brzine do 160 kbps. Neke od inačica su:

RADSL (*Rate-Adaptive Digital Subscriber Line*) - brzina prema potrebi do 1 Mbps

SDSL (*Symmetric Digital Subscriber Line*) - pruža brzinu oko 1 Mbps.

HDSL (*High Dana Rate Digital Subscriber Line*) - pruža brzinu oko 2 Mbps.

VDSL (*Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line*) - brzina do 52 Mbps

Privatni korisnici uglavnom koriste asimetričnu inačicu ADSL zbog pristupačnosti u cijeni i raširenosti.

ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) - naziv za digitalnu pretplatničku liniji DSL koju karakterizira smanjenje brzine prijenosa podataka od računala u korist povećanju brzine prema računalu. Sustav omogućuje istovremeno korištenje telefonske linije i interneta na istoj bakrenoj parici jer koriste raspon frekvencija iznad frekvencija potrebnih za rad telefona. Mana ADSL-a je mogućnost slabljenja signala s obzirom na udaljenost korisnika od centrale, korisnik neće moći postići željene brzine ili uopće neće moći dobiti uslugu. Maksimalna udaljenost od centrale je oko 5 km, a na 1 km udaljenosti brzina i pouzdanost su optimalni.

VoIP (*Voice over Internet Protokol*)- tehnologija za prijenos komunikacijskih usluga preko IP-a (Internet mreže). Pruža prijenos glasa i multimedije preko bilo koje internetski bazirane mreže. Kvaliteta veze i prijenosa ovisi samo o brzini korištene internetske veze. U našem slučaju to znači da ako se *handover* odgađa predugo, kvaliteta VoIP sesije (telefonskog poziva) će biti upitna. Korisnik će to osjetiti kao blagi zastoj u razgovoru, a u najgorem slučaju doći će do prekida razgovora. *[2]*

2.1.4 Mobilne mreže

Mobilni telefoni danas sve manje služe telefoniranju, a sve više pružanju raznih usluga prijenosa podataka i time postaju sve sličniji računalima u području komunikacijskih usluga. Mobilni uređaji obavljaju pozive unutar mreže u koju pristupaju pomoću signala koji pruža bazna stanica. [1]

Mreža se može podijeliti u 3 glavna dijela:

- mobilna stanica – nosi je pretplatnik;
- bazna stanica – kontrolira radio vezu s mobilnom stanicom;
- mrežni podsistem – sadrži mobilnu stanicu MSC (*Mobile Switching Center*) koji uspostavlja veze među korisnicima.

Mobilna stanica se sastoji od mobilne opreme i identifikacijske SIM (*Subscriber Identity Module*) kartice. SIM omogućuje mobilnost, pa korisnik nije vezan samo za određeni mobilni uređaj, nego SIM može ubaciti u bilo koji uređaj. Svaki SIM sadrži tajni kod koji služi za njegovu identifikaciju. Svaki uređaj posjeduje IMEI (*International Mobile Equipment Identity*), jedinstveni generirani broj koji je dodijeljen svakom mobitelu. Koriste ih za identifikaciju u GSM (*Group Speciale Mobile*), UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) i LTE (*Long Term Evolution*) mrežama. [3]

Bazna stanica se sastoji od komunikacijskog i kontrolnog dijela. Komunikacijski dio definira ćelije i barata protokolima za radio-vezu s mobilnim stanicama. U većim naseljima potreban je veći broj komunikacijskih stanica, pa je bitno da su što pouzdanije, lakše za prijenos i jeftinije. Kontrolni dio podešava radio-kanale, izmjenjuje frekvencije i obavlja *handove*r, pa predstavlja vezu između mobilne stanice i MSC-a. [3]

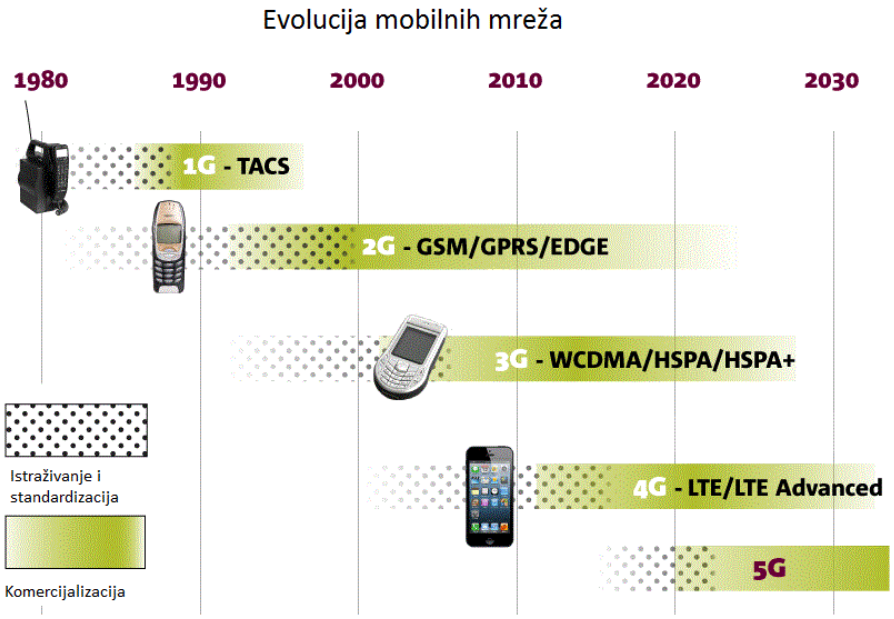
Mrežni podsistem je središnja komponenta mrežnog podsistema je MSC koji osim preklapanja osigurava i dodatne funkcije kao što su registracija, provjera autentičnosti, lociranje, *handover*. MSC omogućuje i veze s fiksnim mrežama poput ISDN-a i PSTN-a (*Public Switched Telephone Network*). Sve administrativne informacije o svakom pretplatniku registriranom na određenoj GSM mreži, zajedno s trenutnom lokacijom mobilne stanice, sadržane su u *Home Location Registar* (HLR). Za omogućavanje preusmjeravanja poziva postoji i *Visitor Location Registar* (VLR) koji sadrži određene administrativne podatke iz HLR-a potrebne za kontrolu poziva. Uz njih postoji i *Equipment Identity Registar* (EIR) koji sadrži popis svih ispravnih mobilnih uređaja na mreži, a u kategoriju neispravnih uređaja spadaju i ukradeni. Postoji i

zaštićena baza podataka pod nazivom *Authentication Center* (AuC) koja sadrži kopije tajnih kodova iz svake pojedine SIM kartice svakog pretplatnika, koje su korištene za provjeru autentičnosti i za enkripciju radio-kanala. [3]

2.2 Generacije mobilnih mreža

Tabela 1 Evolucija mobilnih mreža

Tehnologija	1G	2G	2.5G	3G	4G
Godina dizajniranja	1970.	1980.	1985.	1990.	2000.
Implementacija	1984.	1991.	1999.	2002.	2010.
Usluge	Analogni glas	Digitalni glas	Veći kapacitet, prijenos u paketima	Veći kapacitet, Veći bandwith	Potpuno IP baziran, brzina višestruko podignuta
Standardi	NMT, AMPS, TACS, ETACS	GSM,	GPRS, EDGE	WCDMA, CDMA2000	Jedinstveni standard
Bandwith	19 kbps	14,4 kbps	384 kbps	2 Mbps	100 Mbps
Tehnika Multipleksiranja	FDMA	TDMA, CDMA	TDMA, CDMA	CDMA	CDMA
Mreža	PSTN	PSTN	PSTN, paketna mreža	Paketna mreža	internet



Slika 2-3 Evolucija mobilnih mreža

2.2.1 Prva generacija

1G mreža odnosi se na prvu generaciju mobilnih mreža. Koriste brzinu od 29 kbit/s do 56 kbit/s. Njezin razvoj uzrokovala je potreba za prijenosom poziva iz jedne ćelije u drugu kako se korisnik kreće u području pokrivenom s nekoliko ćelija. Tehnologija koristi metodu multipleksiranja s podjelom frekvencije FDMA. U ćelijskim sustavima, signal između bazne stanice i uređaja mora biti dovoljno jak samo da dosegne njihovu udaljenost. Ćelijski sustavi su zahtijevali nekoliko prekretnica u tehnologiji, kao što je *handover* zbog kojeg se razgovor može nastaviti kako se mobilni telefon kreće iz ćelije u ćeliju.

Nastala je 1980-ih i bila je korištena do zamjene s 2G mrežom. Važno je napomenuti da je prva generacija koristila analogni signal dok je sljedeća generacija 2G već koristila digitalni signal. Oba sustava koriste digitalni signal za povezivanje, ali je glas u 2G kodiran u digitalni signal, dok je u 1G analogni signal moduliran većom frekvencijom. Neki od standarda su NMT (eng. *Nordic Mobile Telephone*) koji se koristi u nordijskim zemljama, Nizozemskoj, Švicarskoj, istočnoj Europi i Rusiji, imamo i AMPS (eng. *Advanced Mobile Phone System*) korišten u Sjevernoj Americi i Australiji, dok je u Japanu korišteno više sustava.

Prvu komercijalnu mrežu ćelija 1979. realizirala je Japanska tvrtka *Nippon Telegraph and Telephone* (NTT), u početku samo za grad Tokyo i okolicu. U samo 5 godina NTT-ova mreža proširuje se na cijeli Japan i postaje prva nacionalna 1G mreža u svijetu.

2.2.2 Druga generacija

2G odnosi se na drugu generaciju mobilnih mreža, dolazi nakon 1G mreža s velikim poboljšanjem, prenošenje govora digitalnim signalom u odnosu na dosadašnji analogni prijenos. 2G uvodi usluge kao što su SMS poruke, *roaming* i korištenje multimedijskih sadržaja preko mobilnih uređaja. SMS poruke jako su zainteresirale javnost, pogotovo mlađe generacije. Prve poruke između korisnika poslane su 1993. Sve poruke poslane preko 2G mreže su kodirane tako da jedino korisnik (uređaj) kojem je poruka poslana može primiti i pročitati poruku.

Većina sustava mobilne telefonije 2G koristi metodu multipleksiranja s podjelom vremena (TDMA). Tu metodu može se koristiti u kombinaciji s metodom multipleksiranja s podjelom frekvencija (FDMA). Metoda prijenosa podataka kod koje se frekvencije iz šireg pojasa frekvencija dijele na više užih pojaseva frekvencija. Na jednom kanalu odvija se više prijenosa u isto vrijeme podjelom kanala na frekventne pojaseve u kojima se odvija prijenos. Mobilne tehnologije 2G komprimiraju digitalne zapise glasa, govor se komprimira na 8 Kbps i prenosi bežičnim vezama propusnosti 8 Kbps. Ova propusnost dovoljna je za odvijanje razgovora, ali ne i usluga poput interneta koje zahtijevaju veće propusnosti.

Razvoj 2G sustava i tehnologije omogućilo je smanjenje veličine mobitela, znatno povećanje kapaciteta baterije i poboljšanja u elektronici. Boljem funkcioniranju sustava doprinijelo je i uvođenje većeg broja ćelija i odašiljača.

1980-ih zbog zasebnosti razvijanja analognih sustava mobilne komunikacije od strane svake države došlo je do ne kompatibilnosti sustava što je ograničilo komunikaciju samo na razinu države. Iz tog razloga 1982. godine došlo je do nastanka skupine GSM čiji je zadatak bio napraviti kvalitetni jeftini mobilni sustav koji bi sve zemlje zajedno koristile. Prvu komercijalnu 2G mrežu ćelija prema GSM standardu realizirala je Finska 1991. godine i ubrzo zamjenjuje 1G. Daljnjim napretkom 2G je zamijenjen sa 2.5G, 2,75G, 3G pa 4G, iako se u mnogim dijelovima svijeta i dalje koristi.

Problemi s 2G mrežom javljaju se kod slabije naseljenih područja gdje se teže prenosi signal od mobilnog telefona do bazne stanice zbog slabog signala. Digitalni signal je puno bolji kod povoljnih uvjeta, ali problemi nastaju u trenutku kad uvjeti nisu tako povoljni. U takvim situacijama digitalni signal ima povremene prekide i onda se prednost daje analognom signalu.

GSM (*Group Speciale Mobile*) - Najpoznatiji sustav mobilne telefonije 2G, prvi komercijalni digitalni sustav mobilne telefonije. Sustav koristi metodu prijenosa sadržaja TDMA i metodu skakutanja frekvencija (*Frequency Hopping*). Kod GSMa i prometni i kontrolni kanali su digitalni. Krenuo je u komercijalnu uporabu 1992. godine od strane ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*).

GSM je ćelijska mreža u kojoj se mobilni uređaji spajaju na mrežu tražeći ćelije u svojoj blizini. Radi u četiri frekvencijska opsega. Većina GSM operatera radi na 900 MHz ili 1800 MHz-a, a neki koriste 850 MHz-a i 1900 MHz-a. GSM 1800 i 1900 su namijenjeni za gusto naseljena područja i jedan je od načina kako iskoristiti ograničen doseg frekvencije dostupan mobilnoj telefoniji. [2]

GSM je sustav koji omogućava prijenos glasa i poruka, ali daljnji razvoj tehnologija koji se baziraju na njegovoj infrastrukturi omogućava njegov opstanak i daljnje korištenje. Tehnologije kao EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*), GPRS (*General packet Radio Service*) i UMTS koje su nastale na temelju GSM tehnologije razvijale su komunikaciju s većim brzinama prijenosa s boljim tehničkim svojstvima.

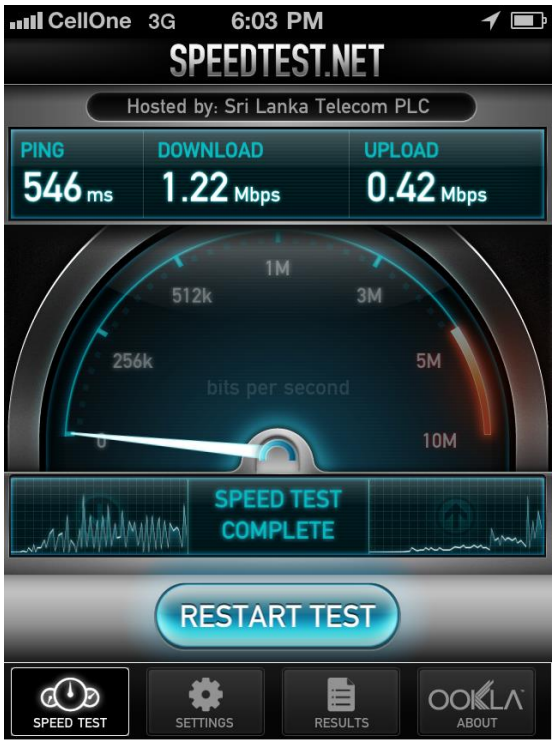
EDGE je unaprijeđena GSM mreža koja omogućava veći propusni opseg i brži prijenos podataka. Koristi brzine od 40 Kbps-a za *upload* do 100 Kbps-a za *download.*

GPRS (*General packet Radio Service*) bežična podatkovna komunikacijska usluga projektirana da zamijeni usluge s prespajanjem kanala dostupne u GSM mrežama druge generacije. Distribuira pakete podataka od nekoliko različitih terminala u sustavu preko više kanala te može postići brzinu do 114 Kbps-a. Ta brzina je dovoljna za pregled web stranica tekstualnog sadržaja bez većih poteškoća.

2.2.3 Treća generacija

Kako je korištenje 2G mreže postalo široko korišteno i kako su ljudi počeli svakodnevno koristiti mobilne telefone tako je porasla i potreba za bržim i boljim pristupom internetu. Budući

da 2G tehnologija nije mogla zadovoljiti zahtjeve za brzinom počelo se s radom na novoj generaciji mobilnih mreža. Načelni ciljevi bili su povećati propusnost veza i razviti jedinstven standard koji će ujediniti sustave mobilne telefonije na globalnoj razini. Teoretska brzina koju u optimalnim uvjetima 3G mreža može pružiti je 2 Mbit/s dok se u realnosti kreće oko 384 Kbit/s.



Slika 2-4 Prikaz mjerenja brzine 3G mreže

Prva komercijalna mreža 3G pokrenuta je u Japanu od strane telekomunikacijske tvrtke NTT Doco Mo, 2001. godine koristeći WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) tehnologiju. 2002. godine prva 3G mreža s CDMA2000 1xEV-DO tehnologijom pokrenuta je u Južnoj Koreji od tvrtke SK Telecom. U ostalim dijelovima svijeta prihvaćeniji je bio sustav s WCDMA tehnologijom. U Hrvatsku 3G mreža dolazi u komercijalnu uporabu 2005. godine od strane T-Mobile-a.

Sustavi mobilne komunikacije 3G donijeli su mnogo veće propusnosti veza, što je omogućilo da se preko mobitela ostvaruje širok spektar komunikacija i podatkovnih usluga. Mobiteli omogućavaju telefoniranje uz video poziv, pristup internetu, primanje televizijskih i radijskih programa i pristup drugim informacijskim sustavima i uslugama. Iako su mobiteli već dugo imali mogućnost pristupa internetu, sve do široke proširenosti 3G mreže korisnici nisu pristupali mobilnom internetu. Pojava kompaktnih bežičnih usmjerivača (routera) omogućila je pristup 3G mreži više korisnika odjednom preko Wi-Fi-a. Popularnost 3G mreže se može vidjeti u podatku da je do kraja 2007. godine broj korisnika dosegao 295 milijuna, što je oko 9%

ukupnih korisnika mobilnih uređaja. Od tog broja dvije trećine se koristilo WCDMA standardom, a pružatelji usluga zaradili su preko 120 milijardi dolara.

Sustav koristi CDMA za zapisivanje i prijenos sadržaja. Bazna stanica prima sadržaje od više komunikacija, koristi različit kod za kodiranje sadržaja, prosljeđuje primljene sadržaje dalje, izravnim primateljima ili u žičani distribucijski sustav odnosno centralu koja je vezana za javnu telefonsku mrežu (PSTN). Komunikacija koristi različit (slučajan) kod za zapisivanje sadržaja i na signal zapisuje taj kod kako bi primatelj mogao dekodirati sadržaje.

Glavna razlika između 2G i 3G tehnologije je upotreba izmjenjivanja paketa u odnosu na dosadašnje kružno izmjenjivanje za prijenos podataka. U 3G mrežama najvažnija je promjena fokusa s glasovnih na multimedijske usluge. Povećanjem brzine prijenosa podataka otvorio se prostor za nove mogućnosti poput video poziva i mobilne televizije.

Treća generacija kao i prethodne ima više predstavnika kao što su UMTS (Europa i Japan), TD-SCDMA (Kina), CDMA2000 (SAD i Kanada) i WCDMA. Najčešći, to jest prevladavajući standard je UMTS.

UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) – je sustav ćelija treće generacije koji se temelji na GSM standardu. Koristi metodu zapisivanja i prijenosa sadržaja koja se naziva širokopojasni CDMA (WCDMA). Omogućava propusnost do 1,92 Mbps-a što je ogromno povećanje u odnosu na sustav GSM. Prvi puta je predstavljen 2001. godine od strane 3GPP-a, korišten većinom u Europi, Japanu i Kini na područjima pokrivenosti 2G mrežom. UMTS standard pokriva bežičnu mrežu, mrežnu jezgru i ovjeravanje korisnika u mreži. Podržava maksimalnu brzinu do 21 Mbit/s, ali u praksi doseže znatno nižu.

WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) - Tehnologija širokopojasnih digitalnih radio komunikacija koja koristi multipleksiranje višestrukih korisnika na jedan ograničeni spektralni pojas. Zbog brzine do 2 Mbit/s-a najćešće je korištena u mobilnoj tehnologiji za pristup internetu, multimediji, videu i aplikacijama.

CDMA2000 – sustav koji se temelji na WCDMA tehnologiji sa sposobnosti korištenja signala s vremenskim kašnjenjem. Prednost je mogućnost smještanja više korisnika po MHz-u propusnosti, dok je nedostatak nemogućnost korištenja *roaminga.*

2.2.4 Četvrta generacija

Četvrta generacija mobilne mreže bazirana na LTE tehnologiji, donosi bolju kvalitetu usluga i brži internetski promet. Prvi puta predstavljena 2009. godine u Švedskoj. Kao nasljednik treće generacije, 4G se fokusira na ubrzanje prijenosa koje se može natjecati i s kućnim internetom. S (teoretskom) brzinom od 100 Mbps-a, 4G je daleko iznad brzine od 2 Mbps-a njenog prethodnika.

Tabela 2 Razlike 3G i 4G mreže.

Značajke	**3G Mreža**	**4G Mreža**
Glavne usluge	Pozivi	Pozivi, podatkovni promet, multimedija
Osnovna mreža	WAN i Komunikacijski preklopnik	Širokopojasni IP i Paketno upravljanje
Mrežna arhitektura	WAN	WAN/WLAN
Brzina	384 kbps – 2 Mbps	20 Mbps – 100 Mbps
Širina frekventnog pojasa	5-20 MHz	100 MHz
Frekventni pojas	1800 – 2400 MHz	2 – 8 GHz
Pristupne tehnologije	CDMA	OFDM i CDMA
Preklopna tehnologija	Mrežno/paketno	Digitalno upravljanje

U području komunikacija dolazi do stalnog rasta potražnje za brzinom zbog promjene svrhe mobilnih uređaja na korištenje interneta, aplikacija, gledanja videa, slika i slično. Dva predstavnika sustava 4G su WiMAX tehnologija te LTE.

Mobile WiMAX (*Mobile Worldwide Interoperability for Microwave Access*) - prvi puta korišten u Južnoj Koreji 2006. godine. LTE *(Long Term Evolution*) - prvi puta korišten u Norveškoj i Švedskoj 2009. Godine.

Osnovni Mobile WiMAX i LTE standardi se koriste i dalje, ali su u nekim dijelovima već zamijenjeni za nove, poboljšane inačice. Mobile WiMAX ima „izdanje 2“ (release 2), a LTE „Napredni LTE“ (LTE Advanced).

Daljnji razvoj mreža donosi petu generaciju koja još nije implementirana, a njeni podatci nisu dostupni na internetu.

3 HANDOVER

Handover se odnosi na proces prebacivanja poziva u tijeku ili prenošenja podataka sa jednog kanala u mobilnoj mreži na drugi kanal. Kada se korisnik mobilnog uređaja kreće s područja ćelije jedne bazne stanice na područje druge, tijekom trajanja poziva, poziv će biti prebačen na drugu baznu stanicu. *Handover* će se dogoditi kada primljeni signal pada ispod razine prihvatljivosti zadržavanja, više o tome u nastavku. [4]

Budući da se korisnik s mobilnim telefonom često kreće dok razgovara signal se može pogoršati, pogotovo uz rubove ćelija. Da bi se riješili toga problema sistem mora provjeravati hoće li signal iz susjedne ćelije poboljšati kvalitetu signala - ako je to slučaj - prebaci poziv na taj kanal. Taj proces uključuje 3 faze:

1. Neprestano provjeravanje snage signala i odnosa snage signala i šuma između telefona i bazne stanice;
2. Analiza koja rezultira odabirom prihvatljivije stanice (ostanak na staroj ili prebacivanje na novu)
3. Prebacivanje na stanicu s boljim signalom.

Postoje četiri tipa *handovera* u GSM mreži:

1. *Intra BTS* (*Base Transciever Station*) *handover* - Mobilni telefon ostaje povezan za BTS-om, ali mijenja frekvenciju.
2. *Intra BSC* (*Base Station Contoller*) *handover* - Događa se kada se korisnik kreće s područja pokrivenosti jednog BTS-a na područje drugog. Oba su pod kontrolom istog BSC-a koji vrši promjenu.

3. *Inter BSC handover* - Događa se kod izmjene BTS-a kontroliranih od strane različitih BSC-ova. U tom slučaju MSC je zadužen za *handover.*
4. *Inter MSC handover* - Događa se kod promjene BTS-a koji su kontrolirani od strane drukčijih BSC-a, a BSC-ovi su kontrolirani od strane drugačijih MSC-a. Dva MSC-a se dogovore o načinu rješavanje *handovera.*

Kod UMTS sustava postoje *Hard, Soft* i *Softer* handover:

1. *Hard handover* odnosi se na uklanjanje svih starih radio veza prije uspostavljanja novih radio veza (*Break Before Make*). *Hard handover* može biti primjetan ili neprimjetan. Primjetan *hard handover* znači da *handover* nije vidljiv korisniku. U praksi, *handover* koji zahtjeva promjenu prijenosne frekvencije, poznat i kao među-frekvencijski *handover*, je uvijek izveden kao *hard handover*. [4]

2. *Soft handover* znači da su radio veze dodane i uklonjene na način da UE uvijek ostavlja barem jednu radio vezu za UTRAN (*Universal Terrestrial Radio Access Network*). *Soft handover* izvodi se sredstvima makro raščlanjenosti, što se odnosi na stanje u kojem je nekoliko radio veza aktivno u isto vrijeme. Inače, *soft handover* može se koristiti kada se mijenjaju ćelije koje rade na istoj frekvenciji.

3. *Softer handover* je poseban slučaj *soft handovera* gdje radio veze koje su dodane i uklonjene pripadaju istom Node B (mjesto udruženo postavljenih BTS-a pomoću kojih se kontrolira nekoliko ćelija). U *softer* handoveru, Node B može primiti signal u makro raščlanjenosti s maksimalnim omjerom kombinacija.

Neki od pojmova koje treba objasniti su:

BTS (*Base Transciever Station*) - Uređaj koji omogućava bežičnu komunikaciju između uređaja i mreže. Jedan od dijelova BSS-a (*Base Station Subsystem*) odgovoran za mobilni promet. Pod kontrolom BSC-a pomoću funkcije za kontrolu baznih stanica (BCF). Sastoji se od primopredajnika (vrši primopredaju signala u pozivima i s BSC-om), pojačivača snage, multipleksora, antena i kontrolne funkcije. U 3G mrežama naziva ga se Node B ili bazna stanica, dok se u LTE standardu koristi skraćenica eNB za *evolved node B.*

BSC (*Base Station Contoller*) - Dio mobilne mreže koji kontrolira jednu ili više baznih stanica (BTS). Glavne funkcije su mu kontrola radijske mreže, BTS *handover* i uspostavljanje poziva. Pod kontrolom MSC-a upravlja zadatcima, a kompliciranije prepušta MSC-u.

MSC (*Mobile Switching services Centre*) - Dio mobilne mreže koji se bavi spajanjem poziva prenoseći digitalne pakete glasa s jednog mrežnog puta na drugi (*routing*). Također sadrži podatke koji su potrebni za mobilnu podršku korisnika, poput korisničke registracije i informacija o autentičnosti.

HLR (*Home Location Register*) – Centralna baza podataka koja sadrži detalje o korisniku mobilnog telefona koji koristi mobilnu mrežu. Sadrži detalje o svim SIM karticama mobilnog operatera. Svaki SIM sadrži jedinstveni identifikator zvani IMSI koji je primarni ključ svake HLR baze.

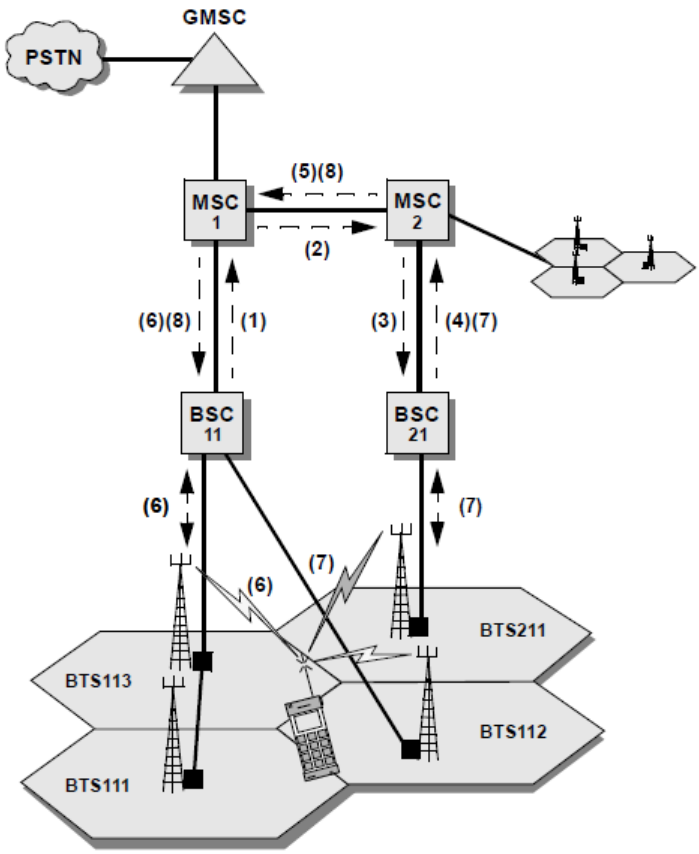
VLR (*Visitor Location Register*) - Baza podataka koja sadrži odabrane informacije o korisnicima koji se kreću u lokalnom području MSC-a/ili korisnici koji su došli iz tuđe mreže (operatera). Prema slici x,y je vezan za MSC i uloga mu je rasteretiti broj upita koji se upućuju HLR-u. Idealno bi bilo da postoji jedan VLR po MSC-u, ali je moguće i da jedan VLR služi više MSC-ova.

AuC (*Authentication Centre*) - Glavna komponenta HLR-a. Potvrđuje SIM (Security Information Management) karticu kada mobilni uređaj pokušava uspostaviti vezu u području pokrivenom signalom. Brine o sigurnosti, onemogućuje korištenje korisnikove mreže od strane treće osobe.

UTRAN (*Universal Terrestrial Radio Access Network*) - Kolektivni naziv za mrežu i opremu koja spaja mobilne uređaje s javnom telefonskom mrežom ili internetom.

3.1 Primjer *handovera*

Mobilni uređaj nalazi se u ćeliji BTS112 i kreće se prema BTS211. Ćelija BTS112 je pod nadležnosti BSC11 pod MSC1, dok je ćelija BTS211 pod nadležnosti BSC21 pod MSC2. Pretpostavlja se da je originalna veza uspostavljena između korisnika fiksne mreže preko GMSC, MSC1, BSC11 i BTS112 i mobilnog telefona. [4]



Slika 3-1 Prikaz Handovera u mreži [4]

Locirajuća funkcija u BSC11 je uvidjela potrebu mobilnog telefona za prespajanjem, s obzirom na kvalitetu signala koju je prijavila BSC11 bazna stanica. Mobilni telefon je sam također prijavio kvalitete signala iz baznih stanica u blizini ćelije BTS112, uključujući bazne stanice u ćelijama upravljanih od strane drugih MSC-a i BSC-a.

Analizirajući sve te podatke BSC11 je u mogućnosti identificirati određeni broj ćelija (uobičajeno najboljih 6) koje pružaju prihvatljivu kvalitetu signala, uključujući BTS211. BSC11 nije odgovoran za nijednu od susjednih ćelija. [4]

1. BSC11 informira svoj MSC da mobilni telefon treba *handover*. Također predlaže ćelije koje su pogodne za *handover* i daje prioritet ćeliji BTS211.
2. Nakon analize situacije, MSC1 šalje signal MSC2 tražeći *handover* na ćeliju BTS211. MSC1 također šalje podatke o korisniku koje su pohranjene u njegovoj bazi podataka (VLR).
3. MSC2 naređuje BSC21 da dodjeli slobodan kanal mobilnom telefonu.
4. BSC21 dodjeljuje slobodan kanal.

5. MSC2 pokazuje kanal u BTS211 na koji bi mobilni telefon trebao biti spojen. Nakon toga MSC1 i MSC2 rezerviraju novi put za spajanje preko njihovih "prekidača".
6. MSC1 naređuje BSC11 da provjeri je li mobilni telefon spojen na novi kanal u BTS211 nakon toga BSC11 naređuje mobilnom telefonu da promjeni kanal.
7. Nakon što mobilni telefon promjeni kanal mora potvrditi tu naredbu. Potvrda je primljena na BSC21 i poslana MSC2. Ako potvrda nije primljena do vremena početka korištenja veza se prekida.
8. MSC2 pravi posrednu vezu od MSC1 do BSC21 i prenosi potvrdu do MSC1. MSC1 pravi novu vezu između GMSC i MSC2 preko sebe i odbacuje staru vezu između GMSC i BSC11. Tada se naređuje BSC11 da otpusti originalni promet kanala u BTS112. [4]

Proces *handovera* je sada završen. Ako odabrana ćelija ne prihvati *handover,* sljedeća ćelija na listi će biti odabrana.

3.2 *Locating* u *handoveru*

U digitalnim sustavima kvaliteta signala je promatrana kroz različite sustave mjerenja kvalitete na svim kanalima. Dok u analognim sustavima postoji ton SAT (*Supervisory Audio Tone*) koji nadgleda sve frekvencije koje prolaze kroz kanal. Frekvencija tona je nešto viša od najviše frekvencije koju mogu proizvesti korisnici. Bazna stanica šalje SAT s glasom mobitelu koji ga prima i šalje ga nazad u baznu stanicu gdje se provjerava odnos snage signala i šuma. [4]

Mana ovog načina provjere je mogućnost da bazna stanica primi SAT ne samo od mobilnog telefona iz svog područja već i od drugog mobilnog telefona iz druge ćelije koji koristi istu frekvenciju. Da bi izbjegli takvu pogrešku šalje se nekoliko SAT frekvencija (većinom 5970, 6000 i 6030 Hz) te ćelije koje koriste iste kanale gdje se mogu dogoditi problemi koriste drukčije SAT frekvencije.

Dvije razine alarma se koriste kod mjerenja signal/ šum odnosa:

- Signal-šum odnos zahtjeva za *handover* (SNH) i
- Signal-šum odnos za puštanje (SNR)

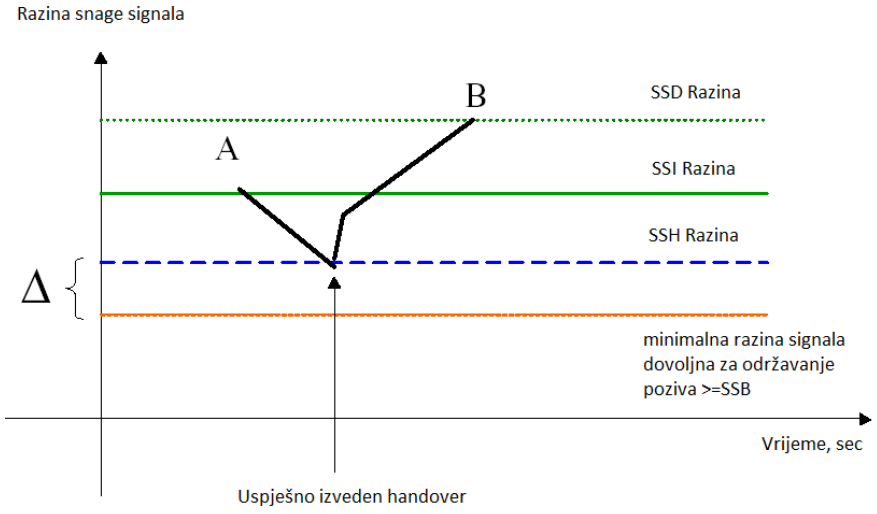
Ako je rezultat mjerenja manji od SNH vrijednosti zahtjeva se *handover*. Ako pokušaj za *handoverom* ne uspije i odnos signal-šum nastavi padati do SNR vrijednosti poziv se prekida.

Snimljena razina snage signala uspoređuje se sa sljedećim razinama:

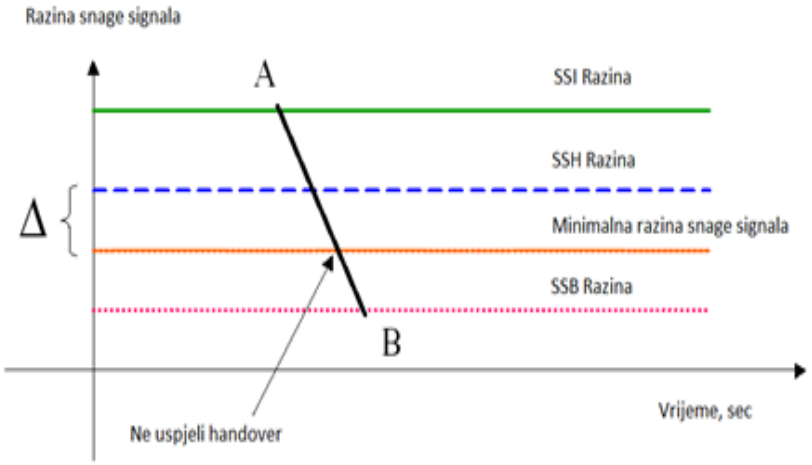
- *Signal strength decrease* (SSD) inicira zahtjev za smanjenjem snage;
- S*ignal strength increase* (SSI) inicira zahtjeva za pojačanjem snage;
- *Signal strength handoff* (SSH) inicira zahtjev za *handoverom*; i
- *Signal strength blocking* (SSB) inicira zahtjev za blokiranjem kanala.

Ako izmjerena snaga signala prelazi SSD vrijednost, mobilnom telefonu je naređeno da smanji izlaznu snagu signala (prejaki izlazni signal može dovesti do smetnji/međudjelovanja u drugim ćelijama). Naređenje o povećanju snage izlaznog signala je dano kada je izmjereni signal ispod razine SSI vrijednosti. Ako signal nastavi dalje padati mreža će narediti da se snaga izlaznog signala poveća do maksimuma ovisno o vrsti mobilnog uređaja. Ako se snaga signala ne poveća, zvuk će se izobličiti i ako snaga signala dosegne SSH vrijednost, mreža će pokušati napraviti *handover*. [4]

SSB vrijednost se koristi u ispitivanju mirnih kanala. Ako vrijednost snage signala prelazi SSB vrijednost to je naznaka ometanja iz druge ćelije i završit će blokiranjem kanala.



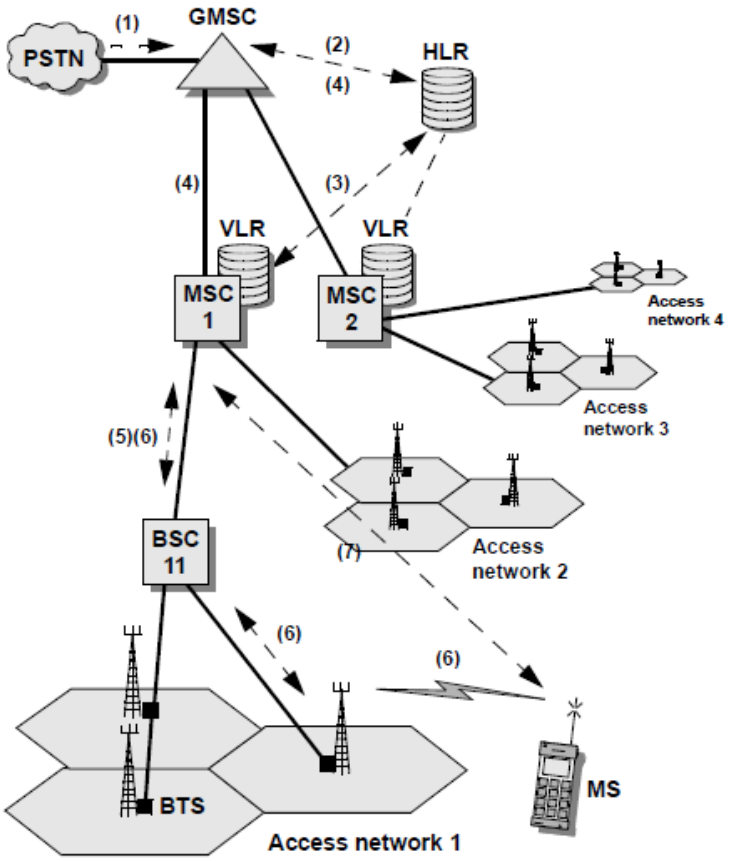
Slika 3-2 *Prikaz uspješnog handovera*



Slika 3-3 *Primjer neuspjelog handovera*

3.3 Uspostava i ispuštanje mobilnog poziva

Slika prikazuje vezu između telefona u fiksnoj mreži (PSTN) i mobilnih telefona u mobilnoj mreži.



Slika 3-4 Uspostava poziva u mreži [4]

1. Korisnik u fiksnoj mreži upisuje broj mobilnog telefona korisnika B. PSTN identificira broj i pravi vezu s pozvanom mrežom GMSC (*Gateway Mobile Switching Centre*).
2. GMSC ne zna kroz koji MSC se može doći do mobilnog telefona, niti je li mobilni telefon slobodan, zauzet, uključen ili isključen. Da bi mogao nastaviti GMSC mora zatražiti put kroz mrežu do broja mobilnog telefona od HLR-a.
3. Registracijska funkcija konstantno šalje HLR-u podatke o lokaciji mobilnog telefona kako bi znao u području kojeg MSC-a ga se može naći. Ako je mobilni telefon uključen i slobodan, HLR će nazvati VLR područja i zatražiti slobodan broj usmjeravanja (routing number). Podatci o korisniku mobilnog telefona će biti poslani uz zahtjev.
4. GMSC prima put do broja i koristi ga da bi odabrao put u PLMN (*Public Land Mobile Network*). U ovom primjeru GMSC prebacuje poziv na MSC1.

5. MSC1 konzultira svoj VLR da bi našao u kojoj grupi ćelija se mobitel kreće. (Informiranje VLR-a o lokaciji mobilnog telefona je dio registracijske funkcije). MSC tada naređuje BSC11 da pronađe mobilni telefon.
6. BSC11 tada šalje prozivajući poziv svim ćelijama za koje je nadležan u kojima se može nalaziti mobitel u trenutku. Kada je poziv prihvaćen, BSC11 dodjeljuje mobitelu kontrolni kanal za signaliziranje s MSC1. Kanal za radio kontakt između MSC1 I BSC11 je također rezerviran za poziv.
7. Signaliziranje između MSC i mobilnog telefona završava s postavljanjem kanala kroz BSC11 i MSC1. Veza je uspostavljena između telefona u fiksnoj mreži i mobilnog telefona. [4]

Procedura za spajanje poziva iniciranih mobilnim telefonom je jednostavnija što se tiče uspostave, ili GMSC nije uključen (poziv između dva mobitela u istoj mreži) ili mora samo uspostaviti vezu s drugim mobilnim telefonom ili fiksnom mrežom. Posebna situacija je ako mobilni telefon ne može biti spojen jer u njegovoj ćeliji nema slobodnog kanala. Mreža će tada pokušati spojiti preko susjedne ćelije.

3.4 Metode *handovera*

U GSM, mreža (BSC) odlučuje kada je *handover* potreban, dok u DECT (*Digital Enhanced Cordless Telecommunications*) sustavima mobilni uređaj mjeri snagu signala i određuje kada je *handover* potreban. Zaduživanje mobilnog telefona za proces donošenja odluka smanjuje očitavanje mreže.

Tabela 3 Odlučivanje o handoveru

Metoda	**Mjerenje**	**Odluka**
Network-controlled handover (NCHO) - NMT, AMPS	Mreža	Mreža
Mobile-assisted handover (MAHO) – GSM, D-AMPS, PDC	Mreža i mobilni uređaj	Mreža
Mobile-controlled handover (MCHO) – DECT, CT3	Mreža i mobilni uređaj	Mobilni uređaj

Mrežom kontrolirani *handover* (NCHO – *Network-controlled handover*) je uobičajen za analogne sustave. Mreža mjeri kvalitetu signala preko bazne stanice i određuje kada će se dogoditi *handover*, dok mobilni telefon ne radi mjerenja. Ova metoda rezultira intenzivnom izmjenom izgnala između bazne stanice i čvora za odlučivanje o *handoveru*, dok je zračna izmjena signala minimizirana.

MAHO (*Mobile-assisted Handover*) metoda kojom mobilni telefon konstantno mjeri snagu signala iz susjednih baznih stanica i šalje snimljene vrijednosti baznoj stanici na koju je trenutno spojen. U isto vrijeme mobilni telefon i bazna stanica testiraju kvalitetu uspostavljene veze. Na bazi tih provjera mreža odlučuje kada će se dogoditi *handover*. Prednost ove metode je činjenica da se situacija mobilnog telefona uzima u obzir budući da i mobilni telefon vrši mjerenja. Također potreba za mjerenjem u susjednim baznim stanicama će drastično opasti. U usporedbi s NCHO metodom nedostatak ovog načina je povećana zračna izmjena signala. Unatoč povećanju, izmjena snimljenih vrijednosti predstavlja samo nekoliko postotaka ukupnog prometa pa ne predstavlja neki značajan problem. [4]

MCHO (*Mobile-controlled Handover*) je sličan MAHO metodi osim u jednom aspektu; odluka o *handoveru* je prepuštena mobilnom telefonu. Rezultat je sustav koji brzo reagira na promjene u radio okolini. U drugu ruku može biti teže promijeniti uvjete za *handoverom* u

decentraliziranim sustavima. U nekim situacijama *handover* se ne može provesti. Svi kanali u novoj ćeliji mogu biti zauzeti, pogotovo u dijelovima mreže gdje se obujam prometa naglo povećava. Također i nekorišteni kanali mogu biti blokirani radio smetnjama, te u tom slučaju mobilni telefon mora ostati povezan s originalnim kanalom iako mu kvaliteta opada. U najboljem slučaju mobilni telefon se spaja s trećom ćelijom sa slobodnim kanalom, u najgorem slučaju kvaliteta glasa opada do razine koja uzrokuje prekid poziva.

U nekim zemljama gdje se različiti operateri natječu u istom geografskom području, oni ponekad sklapaju ugovore koji im omogućavaju da jedni drugima ustupe korištenje vlastitih sustava. To znači da se *handover* može dogoditi između susjednih ćelija koje pripadaju drugačijim mobilnim mrežama.

5. PRAKTIČNI DIO

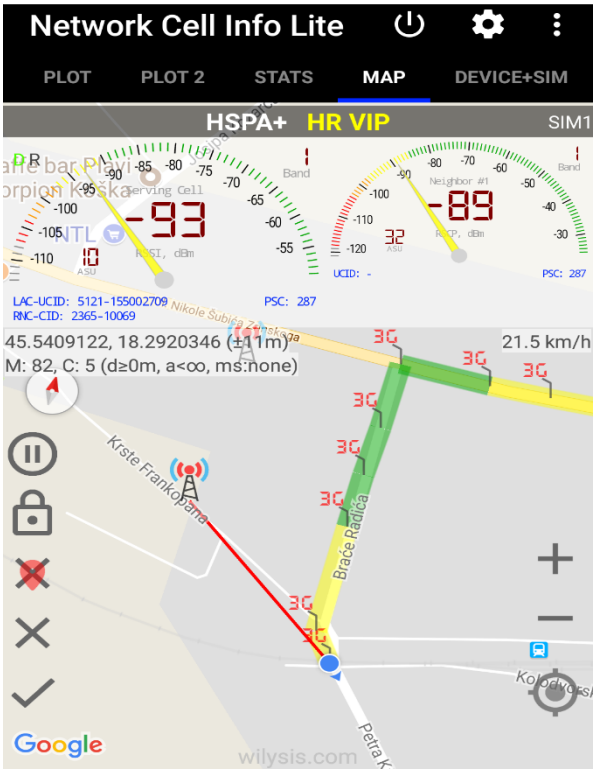
Budući da se svaki mobilni telefon spaja na određenu baznu stanicu, na određenoj mreži koju omogućuje određeni operater analizirati ću neke od karakteristika te veze pomoću aplikacije *Network Cell Info Lite*. Aplikacija za android uređaje koristi mrežu da bi pokazala geografski položaj korisnika, pozicije baznih stanica i njihovu međusobnu udaljenost, te kada je objekt u pokretu i *handover* između BS.

Neka od obilježja aplikacije su:

1. Gotovo *real-time* nadgledanje ćelijskih i *WiFi* signala
2. GSM, CDMA, UMTS (WCDMA), IWLAN, LTE, LTE+ podrška
3. Grafičke podatke snage signala ćelija u blizini (do 6 ćelija)
4. Mapa s pozicijama i podatcima o ćelijama
5. Ocrtavanje puta i podatci o signalu na markerima
6. Statistike veze (2G, 2,5G, 3G, 3.5G, 4G)
7. Brzina kretanja korisnika
8. Udaljenost obližnjih baznih stanica i udaljenost od bazne stanice na koju je uređaj trenutno spojen
9. Osvježavanje podataka na razini 0.5 sekundi

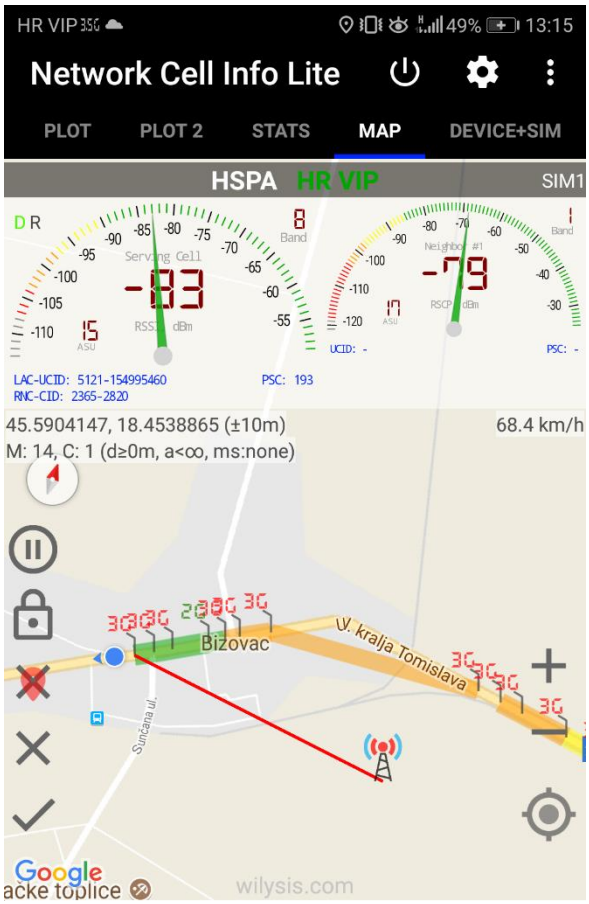
Praktični rad je napravljen pomoću aplikacije Network Cell Info Lite za android mobilne uređaje. Otvaranjem aplikacije koristi se povezanost uređaja za obližnju baznu stanicu kako bi se utvrdio geografski položaj korisnika. Nakon povezivanja aplikacija pokazuje položaj korisnika i položaj tornja te njihovu međusobnu udaljenost. Prikazuje se tip mreže, operater, snaga signala trenutnog tornja i snage signala tornjeva u blizini. Budući da je namjena aplikacije podređena kretanju korisnika, mjereni su rezultati u pokretu. Kretanjem aplikacija osvježava podatke na razini 0,5 sekundi te u svakom trenutku možemo vidjeti promjenu koju smo učinili promjenom položaja. Od početnog mjesta do krajnjeg aplikacija bilježi markere na kojima memorira mjerene podatke i daje im naziv (1G, 2G, 3G, 4G) ovisno o povezanosti koja je bila uspostavljena na tome mjestu. Udaljavanjem od bazne stanice (tornja) na koji je uređaj povezan može se vidjeti pad snage signala s tog tornja i povećanje snage obližnjih tornjeva, pritom se uređaj povezuje na toranj koji pruža jači signal tj. obavlja *handover*.

Uočeno je da se snaga signala smanjuje ako se između uređaja i tornja nalazi prepreka, velik utjecaj imaju zgrade i kuće (tvrdi objekti) i drveće. Postoji razlika snage signala koju pruža jedan toranj s obzirom na drugog bez obzira na udaljenost, mogući razlozi su starost, prirodne prepreke, preopterećenost i mnogi drugi.



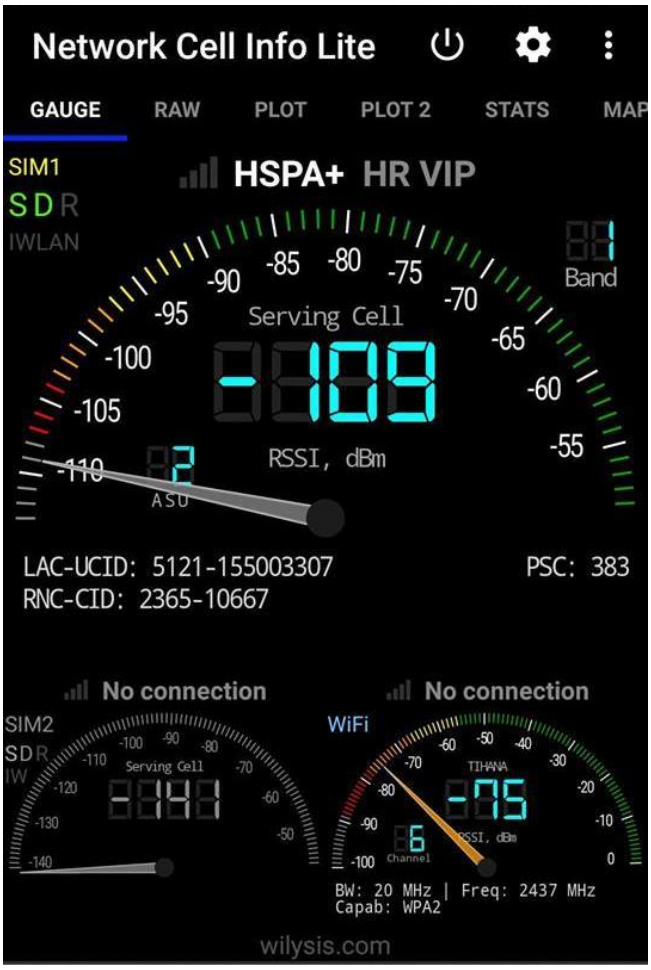
Slika 5-1 Kretanje korisnika s prikazom snage signala i vrste mreže na pozicijama tijekom puta

Kretanjem kroz ulicu aplikacija bilježi na kojem dijelu puta je bila povezanost 3G, 2G ili 4G. Plavi kružić označava trenutnu poziciju korisnika, crvena linija koja vodi od korisnika do tornja pokazuje zračnu udaljenost, a žutom i zelenom bojom su označeni dijelovi prijeđenog puta.



Slika 5-2 Kretanje korisnika u prostoru i povezanost s obližnjom baznom stanicom

Tijekom kretanja aplikacija ostavlja markere po putanji, oznaka markera je povezanost na 2G, 3G ili 4G. Također se mjeri udaljenost do slijedeće najbliže stanice na koju se uređaj može povezati.



Slika 5-3 Snaga signala [dBm]

Aplikacija u svom radu prati više podataka, mjerenje snage signala Wi-Fi mreže i povezanosti na VIP mrežu.

6. ZAKLJUČAK

Razvoj komunikacija u svijetu jedan je od najvažnijih ciljeva globalizacije društva. Modernizacijom telekomunikacijskih mreža se ide u korak sa svijetom. Važno je da pored operatera i korisnici posjeduju znanje i imaju uvid u procedure i procese koji se događaju pri komuniciranju, jer je uporaba usluga bez određenog stupnja znanja nemoguća za korisnika mobilnih uređaja.

Današnje društvo je fokusirano na mobilnu telefoniju i već se svatko zna koristiti mobilnim uređajem neovisno o godinama. Promjena primjene mobilnih uređaja sa uporabe isključivo poziva na uporabu interneta donijela je nove izazove za operatere. Napretkom mobilnih mreža došlo je do velike potrebe za mobilnosti korisnika, a time i kontinuiranom komunikacijom tijekom kretanja. Tu promjenu omogućio je sustav baznih stanica i primjena *handovera*.

Kako se korisnik kreće u prostoru spojen je na baznu stanicu koja ima doseg unutar svoje ćelije, korisnik koji izlazi iz područja dosega jedne bazne stanice, ulazi u područje druge (tj. u njezinu ćeliju) da ne bi došlo do prekidanja poziva mobilni uređaj se prebacuje na drugu baznu stanicu, taj proces naziva se *handover* ili *handoff*. Bez procesa *handovera* mobilnost korisnika tijekom poziva ili korištenja usluga ne bi bila moguća, no najveći izazov svima je *handover* između različitih mreža i operatera.

Težnja je da se funkcija *handover-a* implementira kako bi se korisnik mogao kretati između različitih operatera, različitih mreža i njihovih inačica. Budući da je mobilnost korisnika i dalje osnovno svojstvo mobilnih uređaja, možemo očekivati da će se proces *handovera* nadalje usavršavati ili će biti zamijenjen nekim novim procesom. Do tad će svaki poziv biti odrađen pomoću baznih stanica i svaki prijelaz poziva između stanica će biti odrađen metodom *handovera.*

7. LITERATURA

[1] Mario Radovan, (2010) „Računalne Mreže“

[2] Martin Sauter, (2011) „From GSM to LTE“

[3] http://spvp.zesoi.fer.hr/seminari/2000/gsm/mobilni_telefoni/1.htm

[4] Ericsson Telecom, (1998) „Understanding Telecommunications 2“

[5]Ericsson Telecom, (1998) „Understanding Telecommunications 1“

[6] https://www.researchgate.net/publication/295819666_BTS_BSC_MSC_details

[7] http://forums.techeblog.com/others-cell-phone/1205-cell-phone-generations-1g-2g-3g-now-4g.html

[8] Biju Issac, (2017) „Study of UMTS handover scenarios“

[9] http://www.assignmenthelp.net/assignment_help/Computer-Networks-and-Types

8. ŽIVOTOPIS

Toni Kubat, rođen 23. Studeni 1995. godine u Valpovu. Osnovnu školu Matije Petra Katančića pohađao je u Valpovu, srednju školu upisao 2010 i završio 2014. godine u Valpovu u Ekonomskoj školi, stekavši zvanje Ekonomista. . Maturirao je 2014. godine te upisuje stručni studij Informatike na Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek.

Ime i Prezime:

Toni Kubat