

Analiza tehnoloških promjena u mobilnim mrežama kroz različite generacije

Hmelina, Kristijan

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:385710>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-16**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Hmelina Kristijan

**ANALIZA TEHNOLOŠKIH PROMJENA U
MOBILNIM MREŽAMA KROZ RAZLIČITE
GENERACIJE**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ANALIZA TEHNOLOŠKIH PROMJENA U MOBILNIM
MREŽAMA KROZ RAZLIČITE GENERACIJE

(ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL CHANGES
THROUGH DIFFERENT GENERATIONS OF MOBILE
NETWORKS)

Mentor: dr. sc. Marko Matulin

Student: Kristijan Hmelina, 0135225437

Zagreb, 2016.

ANALIZA TEHNOLOŠKIH PROMJENA U MOBILNIM MREŽAMA KROZ RAZLIČITE GENERACIJE

Sažetak

U radu je napravljena analiza tehnoloških promjena kroz generacije mobilnih mreža. Prva generacija mobilne mreže (1G) puštena je u promet od strane NTT (*Nippon Telegraph and Telephone*) Japanskog operatora u Japanu 1979. godine. NMT (*Nordic Mobile Telephone*) mobilna mreža je bila analogna i namijenjena isključivo govornoj komunikaciji. Međutim, s drugom generacijom (2G) započinje nagli razvoj mreže, tehnologije i mobilnih uređaja s obzirom na to da druga generacija koristi digitalnu radio transmisiju koja rezultira boljom kvalitetom usluga kod slabog signala i velikih smetnji. Mreža treće generacije (3G) donosi veće brzine prijenosa podataka i pristupa Internetu. Isto tako ističe upotrebu paketnog moda za prijenos podataka, u odnosu na prvu i drugu generacije mobilnih mreža koje su namijenjene prvenstveno za prijenos govora komutiranim kanalom. Nadalje, u radu je napravljena analiza pokrivenosti signalom u RH. Mnogobrojni telekomunikacijski operatori u RH pružaju korisnicima različite usluge, a trenutno su vodeći HT i Vipnet.

KLJUČNE RIJEČI: mobilne mreže, tehnološke promjene, arhitektura, GSM, UMTS, pokrivenost signalom

ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL CHANGES THROUGH DIFFERENT GENERATIONS OF MOBILE NETWORKS

Summary

In this thesis an analysis of technological changes through different generations of mobile networks is performed. First generation of mobile network (1G) was released by NTT (*Nippon Telegraph and Telephone*), the Japanese operator, in 1979. NMT (*Nordic Mobile Telephone*) mobile network was analog and designed exclusively for voice communication. With the second generation of mobile network (2G) the rapid development of network technology begins as well as mobile devices, due to the fact that the second generation uses digital radio transmission, which results in better services quality at low signal levels and interference. Third generation network (3G) brings higher speed transmission and Internet access. It also highlights the use of redirecting packet data, in comparison to the first and second generation mobile

networks that are designed primarily for voice transmission, i.e. circuit switched transmissions. Furthermore, the thesis presents the results of the analysis of the signal coverage in the Republic of Croatia. Many telecommunications operators in Croatia offer users a variety of services, but HT and Vipnet are currently the leaders.

KEY WORDS: mobile networks, technological changes, architecture, GSM, UMTS, signal coverage

SADRŽAJ

| | |
|--|-----------|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. RAZVOJ MOBILNIH MREŽA PRVE GENERACIJE | 2 |
| 3. MREŽE DRUGE GENERACIJE I UVOĐENJE PAKETSKOG MODA | 5 |
| 3.1. Arhitektura GSM sustava | 6 |
| 3.1.1. Mobilna stanica (MS) | 7 |
| 3.1.2. Bazna stanica (BSS) | 7 |
| 3.1.3. Mrežni podsustav..... | 8 |
| 3.2. Sustavi generacija mobilnih mreža 2,5G..... | 10 |
| 3.3. HSCSD..... | 10 |
| 3.4. GPRS pristupna tehnologija | 10 |
| 3.5. EDGE..... | 12 |
| 4. ZNAČAJKE 3G MOBILNIH MREŽA..... | 14 |
| 4.1. Arhitektura UMTS mreže | 15 |
| 4.1.1. Jezgrena mreža | 16 |
| 4.1.2. Pristupna mreža | 19 |
| 4.2. Osnovne značajke UTRA FDD zračnog sučelja | 20 |
| 4.3. Kodiranje..... | 21 |
| 4.4. Meko i mekše prekapčanje | 23 |
| 4.5. HSDPA | 24 |
| 4.6. HSUPA..... | 25 |
| 4.7. HSPA+..... | 25 |
| 5. POKRIVENOST SIGNALOM | 27 |
| 5.1. Analiza pokrivenosti signalom Hrvatskog telekoma | 27 |
| 5.2. Analiza pokrivenosti signalom Vipnet-a..... | 29 |
| 6. KARAKTERISTIKE TERMINALNIH UREĐAJA..... | 31 |
| 7. ZAKLJUČAK..... | 33 |
| LITERATURA..... | 35 |
| POPIS KRATICA..... | 37 |
| POPIS SLIKA | 40 |

1. UVOD

Mobilne mreže počele su se razvijati sukladno razvoju bežičnih tehnologija, potražnjom za mobilnošću prilikom telefoniranja te pristupom Internetu. Vidljivo je to i iz perspektive današnjih mobilnih uređaja koji se koriste posljednjom generacijom mobilnih mreža, budući da nude puno više funkcionalnosti od klasičnih uređaja za telefoniranje. Mobilne mreže su u posljednjih nekoliko godina doživjele svoj veliki napredak. No na početku razvoja mobilnih mreža nije se dalo ni naslutiti kakvu će važnost one imati u današnjem “modernom” odnosno užurbanom načinu života.

U ovome radu će biti prikazane mogućnosti, odnosno značajke mobilnih komunikacijskih sustava različitih generacija. Rad se sastoji od sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Razvoj mobilnih mreža prve generacije
3. Mreže druge generacije i uvođenje paketskog moda
4. Značajke 3G mobilnih mreža
5. Pokrivenost signalom
6. Karakteristike terminalnih uređaja
7. Zaključak.

Drugo poglavlje opisuje razvoj mobilnih mreža prve generacije, odnosno NMT mreže koja je bila najpoznatija i koja je zamijenila već postojeće mreže u Skandinavskim zemljama.

U trećem poglavlju se daje uvid u mreže druge generacije te uvođenje paketnog moda prijenosa podataka. GSM (eng. *Global System for Mobile Communication*) je kao jedan od vodećih standarda obilježio drugu generaciju mobilnih mreža. Također će biti prikazane i tehnologije po kojima je druga generacija mobilnih mreža prepoznatljiva.

Četvrto poglavlje obuhvaća značajke mobilnih mreža treće generacije, te njezinu arhitekturu i tehnike višestrukog pristupa. Ujedno će biti prikazane i UTRA FDD (eng. *Universal Terrestrial Radio Access Frequency Division Duplex*) i UTRA TDD (eng. *Time Division Duplex*) značajke zračnog sučelja. Peto poglavlje prikazuje pokrivenost 2G i 3G signalom na području RH. Uspoređena su dva najveća telekom operatora u RH.

U šestom poglavlju su navedene karakteristike mobilnih uređaja koji su se koristili u pojedinim generacijama. U posljednjem poglavlju se nalaze zaključna razmatranja.

2. RAZVOJ MOBILNIH MREŽA PRVE GENERACIJE

Krajem prošlog stoljeća broj korisnika mobilnih mreža je bio vrlo mali u odnosu na današnje standarde korištenja istih, ali velika popularnost koju je mobilna telefonija imala u Finskoj i Švedskoj rezultirala je razvojem 1G mobilnih mreža. Najpoznatija je bila NMT mreža koja je postala operativna 1981. godine. Nešto kasnije standard je prihvaćen i u zemljama Središnje i Istočne Europe što je bio značajan poticaj njenom daljnjem razvoju i usavršavanju.

Različiti standardi su uvelike utjecali na ograničavanje pokretljivosti korisnika preko državnih granica, pa prema tome pretplatnici prve generacije mreža gotovo da nisu mogli koristiti svoje telefone u drugim državama. Konkurencija na globalnoj i lokalnoj razini se smanjila zbog zakonskih ograničenja i nedostatka jedinstvenog standarda, što je u konačnici rezultiralo višim cijenama usluga, [1].

NMT standard koristio se na dva frekvencijska područja. Na frekvencijskom području 450 MHz zajedničkim radom operatora iz četiriju skandinavskih zemalja: Švedske, Danske, Norveške i Finske, uz aktivno sudjelovanje proizvođača opreme. Ovaj standard je kasnije proširen i na frekvencijsko područje 900 MHz. Ubrzo je standard prihvaćen i u Zapadnoj Europi, Azijsko-Pacifičkom području, te zemljama Perzijskog Zaljeva i Sjeverne Afrike, a kasnije i u zemljama Centralne i Istočne Europe.

NMT mobilna mreža je analogni sustav javne pokretne telefonije prve generacije namijenjen isključivo govornoj komunikaciji. Karakteriziraju je jednoslojna ćelijska struktura te relativno veliki korisnički terminali, prvenstveno za ugradnju i uporabu u vozilu. Kod mobilnih uređaja prve generacije 1G koristio se jedan odašiljač na zgradi i jedan kanal za slanje i primanje poruka. Slika 1 prikazuje uređaj prve mobilne generacije.

AMPS (eng. *Advanced Mobile Phone System*) je napredni mobilni analogni sustav koje se razvio u Bellovom laboratoriju, a u Americi je službeno uveden 1986. godine. AMPS koristi odvojene ćelije za svaki razgovor od kojih svaka koristi neki skup frekvencija. Broj korisnika je veći što su ćelije manje, a tim više dolazi i do povećanja kapaciteta sustava.

TACS (eng. *Total Access Communication System*) je zastarjela verzija AMPS-a koja se koristila u europskim zemljama. TACS sustav je imao mogućnost rada u frekvencijskom području od 800 MHz i 900 MHz. TACS standard specificira oko tisuću radijskih kanala, a širina kanala je 25 kHz.

Tablica 1. Karakteristike standarda prve generacije (1G)

| STANDARD | AMPS | TACS | NMT |
|-------------------------------------|---------|---------|-----------|
| Frekvencijsko područje (MHz) | 825-845 | 890-915 | 453-457,5 |
| Broj radio kanala | 666 | 1000 | 180 |
| Širina radio kanala (kHz) | 30 | 25 | 25 |
| Dupleksni razmak (MHz) | 45 | 45 | 10 |
| Polumjer ćelije (km) | 2,0-20 | 2,0-20 | 1,8-40 |

U tablici 1 je dan opis važnijih karakteristika pojmova koje su navedene kroz opis prve generacije. Ujedno su prikazane i promjene koje su se događale iz sustava u sustav i njihov napredak kroz prikaz povećanja frekvencijskog područja, većeg broja radio kanala, veće širine kanala, dupleksnog razmaka i polumjera ćelije što omogućuje poboljšanje kvalitete telekomunikacijskih usluga. Iz tablice se može primijetiti i razlika u kapacitetu i području pokrivanja te nekompatibilnost sustava u različitim standardima.

Glavni nedostatak prve generacije mobilne tehnologije je korištenje analognog signala umjesto digitalnog, s obzirom da je analogni signal manje učinkovit za prijenos informacija. Smetnje se javljaju češće kod analognog nego kod digitalnog signala, a izuzev toga mobilni uređaji prve generacije su teži, slabijih tehničkih mogućnosti i kraćeg životnog vijeka baterije. Prva generacija mobilnih mreža nije imala veliki izbor mobilnih uređaja u odabiru dizajna a isto tako ni što se karakteristika tiče, iako je uvelike pridonijela razvoju mobilne tehnologije i prijenosu informacija [2].



Slika 1. Mobilni uređaj u automobilu, [3]

Važno je napomenuti kako je to bila analogna mreža koja je bila izvedena u dvije inačice: NMT - 450 i NMT - 900. Prva inačica (NMT – 450) radila je na frekvenciji od 450 MHz, a druga (NMT – 900) koja je nastala 1986. godine zbog sve većeg interesa korisnika, radila je na frekvenciji od 900 MHz. Jedna od glavnih razlika među njima nije bila samo u frekvencijama na kojima rade, nego i u tome što je standard NMT – 900 omogućavao veći prijenos podataka od starijeg NMT standarda [4].

Standard NMT – 900 smatra se analognim prethodnikom današnjeg GSM-a zbog toga što je taj standard jedini tada omogućavao funkciju slobodnog kretanja radio-mobilnih pretplatnika, primanje i odašiljanje poziva u svakom trenutku s istog mobilnog telefona, neovisno o tome u kojoj su se zemlji Europe trenutačno nalazili. U prvih pet godina rada NMT mreža u Skandinaviji imala je oko 150 tisuća korisnika, što ju je tada činilo najvećom mobilnom mrežom na svijetu. Brzina prijenosa varirala je između 600 i 1200 bita u sekundi, a drugi način prijenosa podataka zvao se NMT *Mobidigi* i omogućavao je brzinu prijenosa od 380 bita u sekundi [4].

S vremenom su broj korisnika pokretne mreže, te tadašnji trendovi mjesečnog i godišnjeg porasta ubrzo prerasli kapacitete mogućnosti sustava NMT, odnosno 1G mobilnih mreža. S tim pokazateljima došlo je do potrebe za povećanjem kapaciteta, odnosno težilo se tome da se čim učinkovitije iskoristi frekvencijski spektar. Neki od čimbenika koji su znatno pridonijeli tome da se s razvojem mobilnih mreža nastavi bili su prijenos podataka, potreba za zaštitom informacija te upotreba ručnih pretplatničkih uređaja smanjenih dimenzija. No daleko od toga NMT mobilna mreža nije se prestala razvijati ni usavršavati nego je nastojala čim bolje približiti se sustavima druge generacije mobilnih mreža [4].

3. MREŽE DRUGE GENERACIJE I UVOĐENJE PAKETSKOG MODA

Potreba za povećanjem kapaciteta odnosno učinkovitijem iskorištenju frekvencijskog spektra uz druge čimbenike kao što su: mogućnost prijenosa podataka, potreba zaštite informacija, upotreba malih ručnih pretplatničkih uređaja, hijerarhijska ćelijska struktura, globalno područje djelovanja itd. doveli su do razvoja digitalnih sustava javne pokretne telefonije sustava druge generacije. Tri vodeća standarda za sustave 2G su:

- ✚ IS-54/136 (eng. *Interim Standard*) i IS-95 u uporabi su u SAD-u,
- ✚ PDC (eng. *Personal Digital Cellular*) korišten u Japanu, te
- ✚ GSM (eng. *Global System for Mobile Communications*).

Prvo standardizirano rješenje razvile su Skandinavske zemlje i uvele novi, najrašireniji standard pod nazivom GSM koji je komercijalno krenuo u uporabu sredinom 1991. godine. Prvi komercijalni poziv preko GSM mreže obavio je iste godine tadašnji finski premijer Harri Holkeri. GSM standard se vrlo brzo širio a rezultat toga bio je vidljiv već nakon dvije godine kada se razvilo više od 36 GSM mreža u 22 različite zemlje [5].

Najveća razlika između mreža prve i druge generacije je u činjenici da je GSM zasnovan na digitalnoj tehnologiji, odnosno koristi digitalnu radio transmisiju koja rezultira boljom kvalitetom usluga kod slabog signala i velikih smetnji, za razliku od NMT-a kod kojeg je to bila analogna tehnologija. Ovaj sustav omogućuje upotrebu na velikim područjima koja su prekrivena ćelijskom strukturom, od mikroćelija (promjer 200 metara) pa sve do makroćelija (promjera 35 kilometara) s mogućnostima uporabe u pokretnom vozilu (brzine do 250 km/h).

Kod GSM-a mobilni telefoni priključuju se na mrežu tražeći ćelije koje se nalaze u blizini (GSM uređaji se ne mogu koristiti u NMT mreži i obrnuto). Na slici 2 je prikazan jedan od kompaktnijih mobilnih uređaja koji se koristio u vrijeme nastanka GSM mreže. Osim govorne komunikacije mreža je osiguravala i druge vrste usluga poput SMS-a (eng. *Short Message Service*). Prva SMS poruka između dvije osobe poslana je u Finskoj 1993. godine [4].



Slika 2. Prikaz mobilnog uređaja korištenog u 2G – Nokia, [3]

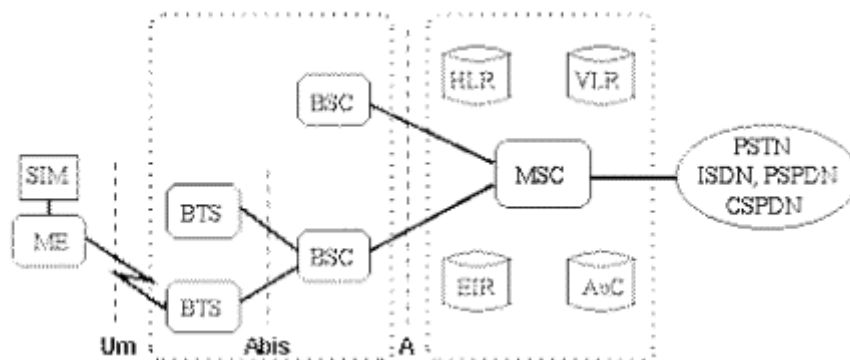
Sustavi GSM, IS-54 i PDC se temelje na TDMA (eng. *Time Division Multiple Access*) tehnologiji višestrukog pristupa s vremenskom raspodjelom, dok se IS-95 koji je poboljšana verzija IS-54 sustava, temelji na CDMA (eng. *Code Division Multiple Access*) tehnologiji višestrukog pristupa s kodnom raspodjelom [6].

Mobilni sustavi druge generacije razvijali su se prema mobilnim sustavima treće generacije, bez obzira na korišteni standard. Osnovna zadaća je bila omogućiti jedinstvenu i standardiziranu mrežu za prijenos govora i podataka uz povećanje kapaciteta i brzina prijenosa podataka. Većina sustava druge generacije upotrebljava TDM kao pristupnu tehnologiju [5].

3.1. Arhitektura GSM sustava

GSM mreža je sastavljena od 3 funkcionalna glavna dijela (slika 3):

- ✚ mobilna stanica koju nosi pretplatnik,
- ✚ bazna stanica koja kontrolira radio-vezu sa mobilnom stanicom i
- ✚ mrežni podsustav koji sadrži MSC (eng. *Mobile Services Switching Centre*) koji uspostavlja veze među korisnicima.



Slika 3. Arhitektura GSM mreže, [7]

3.1.1. Mobilna stanica (MS)

MS (eng. *Mobile Station*) sastoji se od ME (eng. *Mobile Equipmnet*) i SIM (eng. *Subscriber Identity Module*) kartice koja omogućava korisniku mobilnost. Mobilna oprema je jedinstveno određena s IMEI (eng. *International Mobile Equipment Identity*), dok SIM sadrži IMSI (eng. *International Mobile Subscriber Identification*), odnosno međunarodnu identifikaciju pokretnog pretplatnika kojom se korisnik identificira sustavu. IMEI i IMSI su međusobno nezavisne pa prema tome omogućuju mobilnost samom korisniku, dok je SIM kartica zaštićena preko lozinke i osobnog identifikacijskog broja i moguće ju je koristiti u više uređaja [8]. Širina frekvencijskog pojasa kod GSM sustava je 25 MHz, frekventno područje za vezu mobilna bazna stanica je 890-915 MHz a za vezu bazna stanica 935-960 MHz [9].

3.1.2. Bazna stanica (BSS)

BSS (eng. *Base Station Subsystem*) se sastoji od dva dijela: primopredajnog i kontrolnog. BTS (eng. *Base Transceiver Station*) je bazni odašiljač-prijemnik, a BSC (eng. *Base Station Controller*) upravlja baznom stanicom. Oni međusobno komuniciraju preko Abis sučelja koje omogućava komunikaciju komponenti različitih proizvođača. BTS sadrži radio odašiljače koji definiraju ćelije, te upravlja protokolima radio veze s mobilnom stanicom.

BTS upravlja i protokolima radio veze s mobilnom stanicom. Kapacitet pojedinog BTS-a je ograničen pa ih je potrebno više u onim dijelovima u kojima ima više korisnika, te se zahtjeva da BTS bude pouzdan, prenosiv i jeftin [8]. Ćelijski mobilni sustavi se razvijaju zbog ograničenja konvencionalnih mobilnih telefonskih sustava kao što su: ograničeno područje posluživanja, male performanse usluge, neefikasno iskorištavanje frekvencijskog spektra. Osnovni koncept efikasnog iskorištavanja spektra kod dizajniranja mobilnih radio-sustava

može biti podijeljen u nekoliko elemenata, a osnovni su: koncept ponovne upotrebe frekvencijskih kanala, redukcijski faktor istokanalne interferencije, zahtijevani omjer signala nositelja i smetnje, mehanizmi prekapčanja i dijeljenje ćelija. Osnovni koncept ćelijskog mobilnog radio-sustava je ponovna upotreba frekvencija, pa prema tome korisnici mogu na različitim geografskim lokacijama koristiti isti frekvencijski kanal u isto vrijeme [10].

Jedan BSC upravlja s više BTS-ova koji sadrže antenske sustave, a područje prekrivanja radijskim signalom jednog BTS-a naziva se ćelija. BSC je veza između MS-a i MSC-a, te radi pretvorbu 13 kbps govornog kanala kojim se koristi pri primopredaji, na standardni 6 kbps govorni kanal koji koristi PSTN (eng. *Public Switched Telephone Network*) i ISDN (eng. *Integrated Services Digital Network*) [8].

3.1.3. Mrežni podsustav

Mrežni podsustav sastoji se od:

- ✚ MSC,
- ✚ HLR (eng. *Home Location Register*) domaći lokacijski registar i
- ✚ VLR (eng. *Visitor Location Register*) gostujući lokacijski registar.

MSC je središnja komponenta mrežnog podsustava koji djeluje kao i svaki drugi komutacijski čvor u PSTN ili ISDN sustavima, ali pruža i dodatne informacije koje su potrebne za mobilnu telefoniju, kao što su npr. autentifikacija, registracija, praćenje položaja korisnika, usmjeravanje poziva prema korisnicima u *roamingu*.

Nadalje MSC sadrži AUC (eng. *Authentication Centre*) centar za provjeru autentičnosti koji sadrži autentifikacijski ključ kojim se provjerava autentičnost pretplatnika pri svakom pozivu te EIR (eng. *Equipment Identification Register*) registar identifikacijske opreme koji sadrži serijski broj mobilne stanice pomoću kojeg je moguće provjeriti je li mobilna stanica u vlasništvu pretplatnika, a to se radi preko IMEI-a.

Pojam upravljanje pokretljivošću obuhvaća neosjetnu pokretljivost korisnika, terminala i sesije, te sposobnost prijenosa komunikacije između različitih pristupnih mreža. Upravljanje pokretljivošću se zasniva na dvama lokacijskim registrima, tj. lokacijskim bazama podataka: HLR i VLR koji u kombinaciji s MSC-om pružaju uslugu preusmjeravanja poziva te *roaming*.

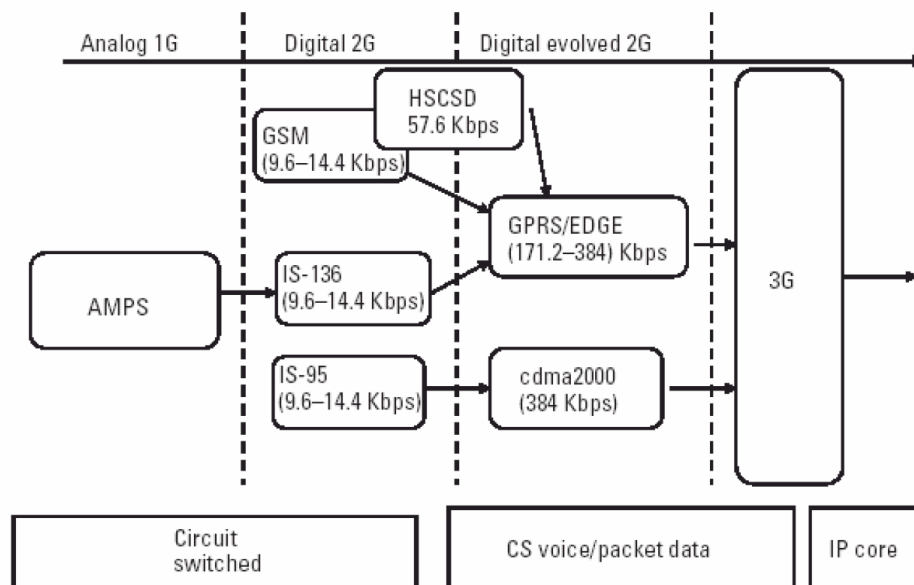
HLR domaći lokacijski registar sadrži sve podatke o vlastitim odnosno domaćim pretplatnicima i uslugama koje oni koriste, te o njihovoj trenutnoj lokaciji. Svaka GSM mreža

ima svoj HLR s trajnim zapisom pretplatničkih podataka i zapisom trenutne lokacije pretplatnika ukoliko je ona poznata.

VLR gostujući lokacijski registar naziva se još i lokacijski registar posjetitelja, a pridružuje se svakom MSC-u. VLR sadrži podatke o pretplatnicima vlastite mreže i pretplatnicima drugih mreža koji su trenutno u lokacijskom području dotičnog MSC-a. Taj zapis pretplatničkih podataka je privremen i traje za vrijeme boravka pretplatnika u lokacijskom području.

VLR dojavljuje HLR-u podatke o trenutnoj lokaciji na kojoj se nalazi pretplatnik domaće mreže, tj. vlastitom HLR-u za pretplatnike svoje mreže, HLR-ovima drugih mreža za njihove pretplatnike koji su prešli u lokacijsko područje koje kontrolira MSC, odnosno VLR [8].

Uvođenje GPRS (eng. *General Packet Radio Service*) i EDGE (eng. *Enhanced Data Rate for the GSM Evolution*) tehnologije pridonijelo je povećanju brzine prijenosa podatka za krajnje korisnike. Ovi sustavi spadaju u tzv. 2,5 generaciju mobilnih mreža (slika 4). Glavna odlika ovih sustava je u tome što podržavaju prijenos govora s CS (eng. *Circuit Switched*) komutacijom kanala, prijenos podataka s komutacijom paketa PS (eng. *Packet Switched*) te prijenos multimedijских podataka korištenjem Internet protokola MmoIP (eng. *Multimedia over Internet Protocol*) [11].



Slika 4. Evolucija mobilnih sustava, [12]

3.2. Sustavi generacija mobilnih mreža 2,5G

Ova generacija je nadogradnja na 2G mrežu iz razloga što je uvela paketnu komutaciju u mobilnim mrežama. Ona uključuje barem jednu od sljedećih tehnologija:

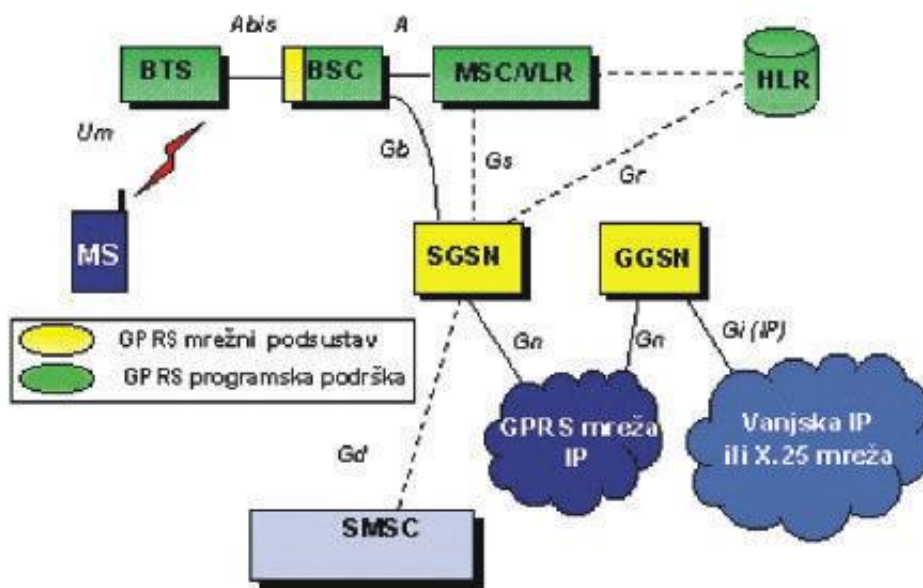
- ✚ HSCSD (eng. *High Speed Circuit Switched Data*) brzi prijenos podataka komutacijom kanala,
- ✚ GPRS (eng. *General Packet Radio Services*) prijenos podataka komutacijom paketa ili
- ✚ EDGE (eng. *Enhanced Data Rates for Global Evolution*) poboljšane brzine prijenosa podataka.

3.3. HSCSD

HSCSD je jedna od tehnologija koja je nadogradila 2G mobilnu mrežu, a koristi se za brzi prijenos podataka komutacijom kanala. Korištenjem HSCSD tehnologije mobilna stanica može umjesto jednog vremenskog odsječka koristiti više vremenskih odsječaka, točnije njih četiri. Unutar jednog vremenskog odsječka može se prenositi podatke brzinom od 9,6 kb/s do 14,4 kb/s. HSCSD je pogodan za stvarno-vremenske potrebe, ali problem nastaje jer usluga s komutacijom kanala ima prevelik zahtjev na spektru, a ne iskorištava dovoljno zauzete resurse [5].

3.4. GPRS pristupna tehnologija

Uvođenjem GPRS pristupne tehnologije omogućen je prijenos podataka komutacijom paketa sve do mobilne stanice krajnjeg korisnika. Arhitektura GPRS mrežnog podsustava, u najvećem dijelu, se temelji na postojećoj arhitekturi GSM sustava (slika 5). GPRS ne predstavlja novu mrežu unutar GSM mreže nego njenu nadopunu novim funkcionalnim elementima koji omogućuju paketni prijenos [13].



Slika 5. Arhitektura GPRS sustava, [13]

GPRS mrežni podsustav čine GGSN (eng. *Gateway GPRS Support Node*) čvor, SGSN (eng. *Serving GPRS Support Node*) čvor i PCU (eng. *Packet Control Unit*) jedinice. Pri usporedbi postojeće logičke arhitekture „govornog“ GSM-a s elementima GPRS podsustava, funkcije SGSN-a mogu se grubo usporediti s funkcijama komutacijskog čvora mobilne mreže, a funkcije GGSN-a s funkcijama GMSC čvora. PCU ne predstavlja zasebni mrežni element nego samo element GPRS nadopune postojećeg BSC-a.

HLR, MSC/VLR i SMSC (eng. *Short Message Service Center*) moraju sadržavati proširenu programsku podršku, s obzirom na to da svi elementi povezani na GPRS čvorove moraju imati GPRS funkcionalnost. GPRS daje mogućnost iskorištenja postojećih baznih stanica i prijenosne infrastrukture između baznih stanica i BSC-a (*Abis sučelje*), zato što ne postavlja dodatne zahtjeve na fizičku izvedbu radijskog sučelja.

Veza između GPRS mreže i vanjske paketne podatkovne mreže je GGSN. Vanjska paketna podatkovna mreža mora bit zasnovana na IP (eng. *Internet Protocol*) ili X.25 protokolima. GGSN ima ulogu usmjeravanja podatkovnih paketa između poslužitelja u vanjskoj mreži i GPRS pokretne stanice u GPRS mreži, te isto tako sadrži i funkciju upravljanja podatkovnom komunikacijom, te funkcije nadzora i zaštite GPRS mreže krajnjih korisnika, [13].

GPRS nadograđuje GSM usluge i omogućuje sljedeće usluge:

- ✚ Stalan pristup Internetu,
- ✚ MMS (eng. *Multimedia Messaging Service*),
- ✚ PTT (eng. *Push To Talk*) preko ćelija (Poc/PTT) – metoda komunikacije na kanalu koji podržava obostranu, ali ne istovremenu (*half-duplex*) komunikaciju upotrebom tipke za prebacivanje s primanja poruka na slanje poruka,
- ✚ IM (eng. *Instant Messaging*), podrška za aplikacije za pregledavanje Internet stranica namijenjene pametnim uređajima preko WAP (eng. *Wireless Application Protocol*) protokola i
- ✚ P2P (eng. *Point-to-point*) spajanje na Internet.

Ako se koristi SMS preko GPRS-a je moguće postići brzinu prijenosa od oko 30 poruka u minuti, što je puno brže od prijenosa poruka putem GSM-a gdje je brzina prijenosa između 6 i 10 poruka u minuti.

3.5. EDGE

EDGE je tehnologija koja bitno povećava mogućnosti GPRS mreže jer je to zapravo poboljšana inačica GPRS-a. Ona i dalje omogućava korištenje na frekvencijama opsega 900, 1800 i 1900 MHz. Ova tehnologija je prvi put uvedena kao dodatak GSM mrežama 2003. godine u SAD-u. Glavne karakteristike kod EDGE-a su brzine prijenosa podatka koje su dva do tri puta veće nego kod GPRS-a. Realne brzine kod ove tehnologije kreću se od 160 do 230 kbit/s. Druga bitna stavka je ta da se kod EDGE tehnologije paketi koji iz nekog razloga nisu stigli na odredište u proslijeđenom formatu zbog raznih smetnji mogu ponovno poslati. Za korištenje EDGE tehnologije potrebne su dodatne nadogradnje na GPRS mreži. EDGE tehnologija je pridonijela povećanju brzine prijenosa podataka za krajnje korisnike. Isto tako omogućava zajednički rad mobilnih mreža druge generacije, u prvom redu GSM-a uz povećanje brzine prijenosa do 384 kbit/s za sve vrste primjena.

Uvođenjem ove nove tehnologije nastavlja se planiranje pokrivenosti radijskim signalom, frekvencijsko planiranje, upravljanje kanalima, upravljanje snagama baznih postaja i sl. WCDMA tehnologija nije u potpunosti potisnula ili zamijenila GSM/GPRS i EDGE sustave, već će i oni postojati u budućnosti s time da će dijeliti zajedničku jezgru mreže [14].

U EDGE sustavu se upotrebljava diskretna modulacija faze s osam faznih stanja, koja ima visoku spektralnu djelotvornost, isti signal može nositi tri bita informacije, ali i lošije osobine

u pogledu šuma. Brzine prijenosa na radijskom dijelu povezivanja za paketni prijenos podataka iznose od 22,2 kbit/s do 69,2 kbit/s, dok za usluge s komutacijom kanala brzine prijenosa se kreću do 28,2 kbit/s [9].

4. ZNAČAJKE 3G MOBILNIH MREŽA

Tehnologije druge generacije nisu pružale mogućnosti koje bi u dostatnoj mjeri zadovoljili sve veće potrebe korisnika, pa se prema tome počelo s radom na stvaranju sljedeće generacije koja je poznata kao treća generacija. Treću generaciju ističe paketni mod prijenosa, za razliku od sustava pokretnih komunikacija prve i druge generacije koji su osmišljeni i optimizirani prvenstveno za prijenos govora komutiranim kanalom.

Kod mreža treće generacije najviše se pažnje posvećuje većim brzinama prijenosa i pristupa Internetu. Inicijativa IMT – 2000 (eng. *International Mobile Telecommunications - 2000*) pokrenuta je s nakanom da se radi na standardizaciji i normama u mobilnim komunikacijskim mrežama koje bi bile opće prihvatljive u svim mobilnim mrežama svijeta. Kako bi se omogućilo neograničeno kretanje iz mreže u mrežu, regionalne udruge za normizaciju su bile prisiljene uskladiti svoje norme s ITU (eng. *International Telecommunications Union*) preporukama te ih tako usmjeriti prema IMT – 2000 normi.

Na taj način je definirana okosnica mobilnog komunikacijskog sustava treće generacije koja je bila sposobna za globalnu uporabu, dok regionalne udruge nisu definirale pojedine detalje sustava te provele normizaciju i izvedbu regionalnih sustava osiguravajući njihovu prilagodljivost globalnim normama [3].

Temeljni zahtjevi koji su postavljeni na IMT – 2000 odnose se na: usluge, radijski pristup, frekvencijski spektar i mrežne aspekte. Prema [3] IMT – 2000 sustav je osiguravao:

- ✚ Neograničeno kretanje korisnika iz mreže u mrežu,
- ✚ Nove multimedijske usluge,
- ✚ Visok stupanj kvalitete usluga i sigurnosti podataka,
- ✚ Standardizaciju terminala te
- ✚ Mogućnost razvoja i migracije sustava druge generacije u sustave treće generacije.

Osnovne značajke normi IMT – 2000 su:

- ✚ Prijenos podataka komutacijom paketa i kanala,
- ✚ Mogućnost simetričnog i asimetričnog prijenosa podataka,
- ✚ Visok stupanj iskoristivosti radiofrekvencijskog spektra,
- ✚ Pružanje multimedijskih sadržaja prijenosa podataka velikim brzinama, od najmanje 385 kbit/s pa do maksimalnih 2 Mbit/s,

- ✚ Mrežna podrška terminala i usluga druge generacije,
- ✚ Podrška u neograničenom kretanju korisnika između različitih IMT – 2000 mreža,
- ✚ Otvorenost normi za daljnje unapređenje i
- ✚ Podržava integracije ćelijskih sustava druge generacije i međusobnih povezivanja s mobilnim satelitskim sustavima.

Godine 1998. pokrenut je, od strane normizacijskih tijela Europe, Japana, Južne Koreje, SAD-a i Kine, zajednički globalni projekt normizacije pokretnih sustava treće generacije pod nazivom 3GPP (eng. *Third Generation Partnership Project*), a koji je danas normizacijsko tijelo koje je donijelo specifikacije za UMTS (eng. *Universal Mobile Telecommunications System*) sustav i njegovo radijsko sučelje UTRA (eng. *UMTS Terrestrial Radio Access*) [3].

U nastavku su navedeni neki od zahtjeva koje UMTS sustav pokretnih komunikacija treba zadovoljavati:

- ✚ Pokretljivost korisnika, uz prijenos govora, podataka i multimedije velikom brzinom,
- ✚ Brzina prijenosa do 144 kbit/s u svim uvjetima, npr. slaba naseljenost,
- ✚ Brzina prijenosa do 384 kbit/s na otvorenom prostoru,
- ✚ Brzina prijenosa do 2 Mbit/s u gradskom području,
- ✚ Brzina prijenosa do 2 Mbit/s u zatvorenom prostoru,
- ✚ Komutacija kanala i paketa,
- ✚ Simetrični i asimetrični prijenos podataka, više istodobnih usluga,
- ✚ Više istodobnih usluga i
- ✚ Visoka kvaliteta govora, usporediva s nepokretnim mrežama.

4.1. Arhitektura UMTS mreže

UMTS koristi uskopojasni višestruki pristup WCDMA radio pristupnu tehnologiju kako bi ponudio veću spektralnu učinkovitost i propusnost za mobilne operatore. Danas 3GPP, jedinstveno standardizacijsko tijelo, donosi specifikacije za UMTS. Unutar 3GPP-a WCDMA se dijeli u dva sustava:

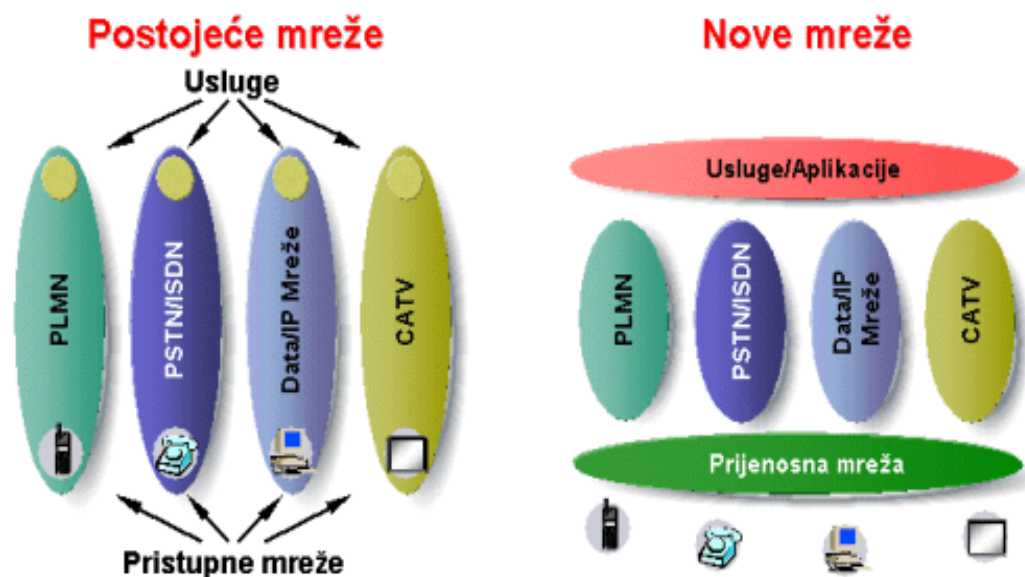
- ✚ UMTS zemaljsku radio pristupnu mrežu/sustav dvostrukoga prijenosa s UTRA FDD frekvencijskom raspodjelom i
- ✚ TDD sustav dvostrukog prijenosa s vremenskom podjelom kanala.

Elementi mreže su grupirani u jezgenu mrežu koja je odgovorna za komutaciju i usmjeravanje poziva i podatkovnih veza vanjskim mrežama te RAN (eng. *Radio Access Network*) radio pristupnu mrežu koja upravlja svim radio funkcionalnostima [15].

4.1.1. Jezgrena mreža

Za radio pristupnu mrežu UMTS/WCDMA sustava može se reći da predstavlja revoluciju u odnosu na radio pristupnu mrežu GSM sustava. Promjene u jezgrenoj mreži nisu velike kao u radio dijelu, te se UMTS/WCDMA jezgrena mreža može realizirati i nadogradnjom postojeće GSM jezgrene mreže.

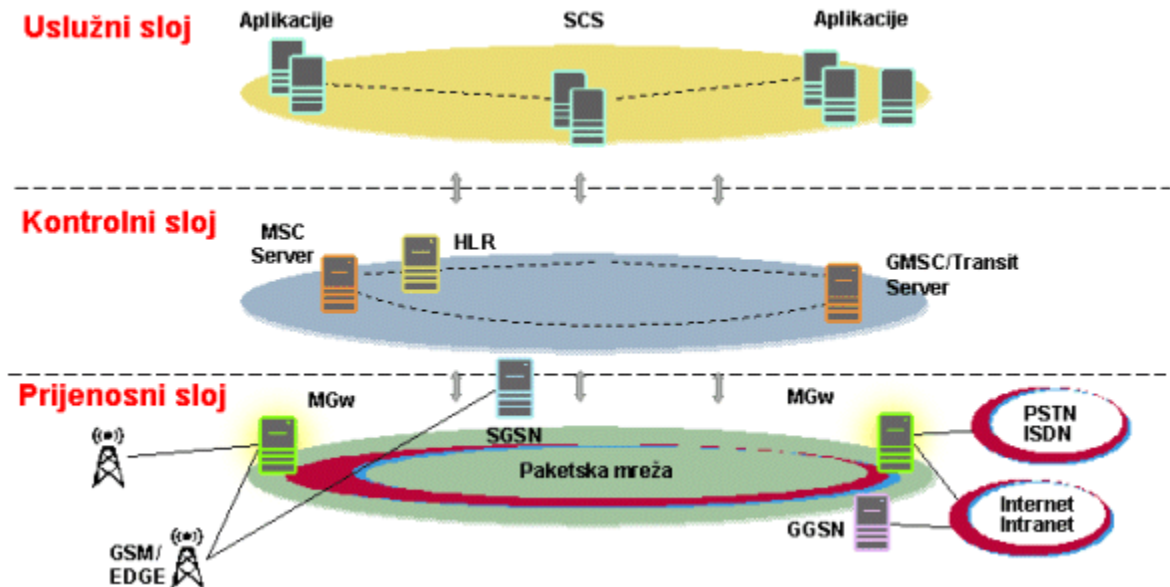
Jedna od ključnih značajki u UMTS/WCDMA sustavu koja se najviše dotiče jezgrene mreže je takozvana slojevita arhitektura. U usporedbi s postojećim mrežama koje su bile vertikalno ustrojene pri čemu je svaka mreža imala svoju zasebnu prijenosnu mrežu, svoju upravljačku logiku i bila je dizajnirana za točno određenu vrstu usluge (prijenos govora, prijenos podataka itd.), ideja nove mreže, pa tako i UMTS/WCDMA je da mreže budu horizontalno ustrojene (slika 6.). Više mreža dijeli istu prijenosnu infrastrukturu te su pojedine usluge dostupne bez obzira na mrežu u kojoj se korisnik trenutno nalazi, a ono što je za svaku mrežu specifično je vlastita upravljačka logika [15].



Slika 6. Prikaz vertikalno i horizontalno ustrojelih mreža, [15]

Ovako horizontalno ustrojena, slojevita arhitektura realizirana je i u jezgrenoj mreži UMTS/WCDMA sustava. Slojevita arhitektura u UMTS/WCDMA sustavu realizirana je kroz tri sloja što se može vidjeti na slici 7:

- ✚ uslužni sloj (eng. *service layer*),
- ✚ kontrolni sloj (eng. *control layer*) i
- ✚ prijenosni sloj (eng. *connectivity layer*).



Slika 7. Slojevita arhitektura UMTS/WCDMA, [15]

Uslužni sloj realiziran je u okviru uslužne mreže UMTS/WCDMA sustava, a kontrolni i prijenosni sloj čine jezgrenu mrežu. U upravljačkom sloju su smješteni elementi koji s jedne strane predstavljaju sučelje prema uslužnoj mreži, a s druge strane upravljaju prijenosom informacija koji se odvija u prijenosnom sloju te ga pri tome i nadziru. Prijenosni sloj također služi i za povezivanje jezgrene mreže na pristupnu radio mrežu, te za povezivanje jezgrene mreže s drugim vanjskim mrežama kao na primjer PSTN.

Iz perspektive načina prijenosa podataka jezgrena mreža može se podijeliti na domenu komutacije paketima, domenu komutacije kanalima te zajedničke elemente objiju domena za obje domene. Osnovni elementi domene komutacije kanala su:

- ✚ Poslužitelj komutacijskog čvora mobilne mreže, MSC poslužitelj i
- ✚ Medijski pristupnik (eng. *Media Gateway*).

Poslužitelj komutacijskog čvora mobilne mreže je osnovni upravljački element domene komutacije kanala, a zadužen je za:

- ✚ Upravljanje pozivima,
- ✚ Uspostavljanje poziva,

- ✚ Nadziranje i raskidanje,
- ✚ Upravljanje dodatnim uslugama,
- ✚ Upravljanje i prikupljanje tarifnih i obračunskih podataka te
- ✚ Upravljanje funkcijama vezanim za mobilnost pretplatnika.

Medijski pristupnik je središnji element prijenosnog sloja u domeni komutacije kanala, a zadužen je za funkcionalnosti kao što su:

- ✚ Eliminacija jeke,
- ✚ Enkodiranje/dekodiranje govora iz pulsno-kodne modulacije (eng. *Pulse Code Modulation*) u AMR (eng. *Adaptive Multirate*) kodek i obratno,
- ✚ Omogućavanje poziva između više od dva pretplatnika te
- ✚ Interaktivne poruke pretplatnicima.

Medijski pristupnik je zadužen i za prilagođavanje podataka koji se prenose različitim prijenosnim tehnologijama, kao na primjer TDM (eng. *Time Division Multiplexing*) mrežama s vremenskim multipleksiranjem i ATM (eng. *Asynchronous Transfer Mode*) mrežama s asinkronim načinom prijenosa. Medijski pristupnik je smješten na rubovima prijenosnog sloja i predstavlja sučelje prema drugim mrežama, što vanjskim, što pristupnim [15].

Osnovni elementi domene komutacije paketa su:

- ✚ SGSN čvor i
- ✚ GGSN čvor.

SGSN i GGSN čvor imaju gotovo identičnu ulogu kao i u okviru GSM/GPRS sustava. SGSN čvor sadrži funkcije za kontrolu podatkovnih sesija, funkcije lociranja i praćenja pretplatnika te funkcije upravljanja i prikupljanja tarifnih i obračunskih podataka. GGSN čvor predstavlja vezu prema vanjskim podatkovnim mrežama (Internet, korporativne mreže), a sadrži i funkcije kontrole podatkovnih sesija, funkciju dodjele IP adresa te funkciju za potvrdu vjerodostojnosti korisnika [15].

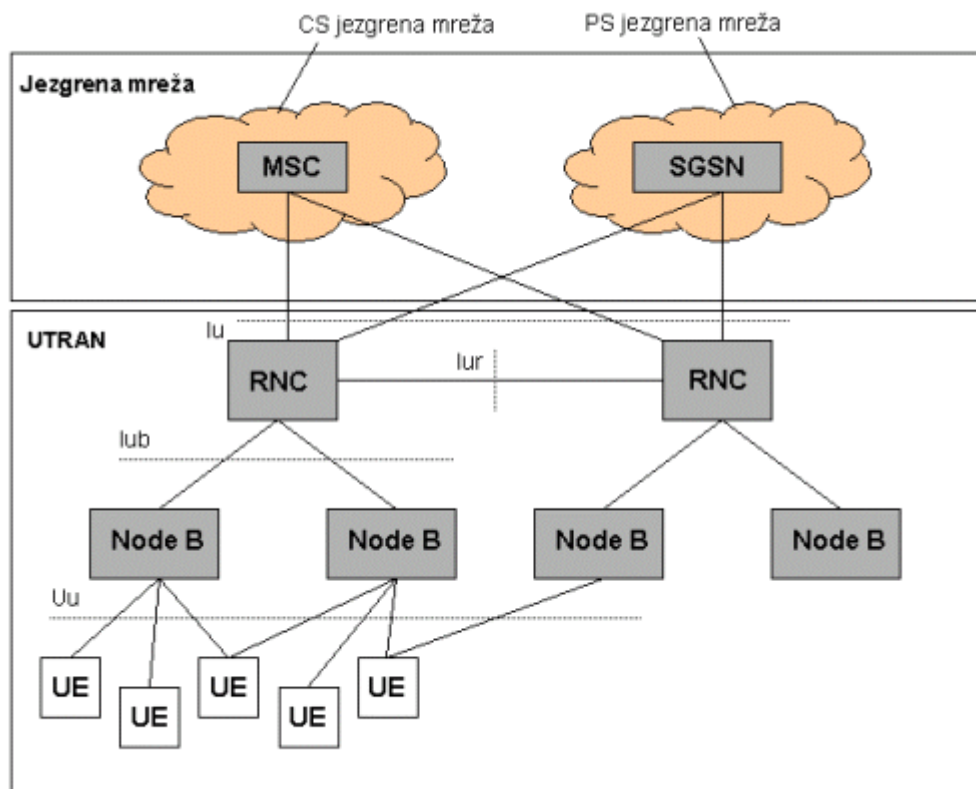
Najvažniji elementi koji su zajednički za obje domene su:

- ✚ HLR registar vlastitih pretplatnika,
- ✚ AuC centar za provjeru vjerodostojnosti i
- ✚ FNR (eng. *Flexible Numbering Registrar*) fleksibilni registar brojeva.

HLR registar je središnja baza podataka koja sadrži podatke o vlastitim pretplatnicima kao što su vrsta pretplate, dodatne usluge, lokacija pretplatnika itd. AuC je baza podataka koja skupa s HLR-om sudjeluje u potvrđivanju vjerodostojnosti korisnika. Te funkcionalnosti su najčešće integrirane u jednom fizičkom čvoru, odnosno MSS-u. FNR je baza podataka koja sadrži vezu između IMSI broja i MSISDN (eng. *Mobile Station ISDN Number*) broja mobilnih pretplatnika te na taj način omogućuje razne funkcionalnosti kao npr. zadržavanje pretplatničkog broja prilikom promjene operatora. S obzirom da navedeni elementi imaju identične funkcionalnosti i u okviru GSM sustava u najvećem broju GSM/UMTS mreže bit će zajedničke za sustav druge i treće generacije [15].

4.1.2. Pristupna mreža

Arhitektura pristupne mreže u UMTS sustavu prikazana je slikom 8.



Slika 8. Arhitektura pristupne mreže, [15]

Pristupna mreža se sastoji od sljedećih komponenata:

- ✚ Radio-bazna stanica (eng. *Radio Base Station*, Node B),
- ✚ Modul za upravljanje baznim stanicama (eng. *Radio Node Controller*),
- ✚ Korisnička oprema,

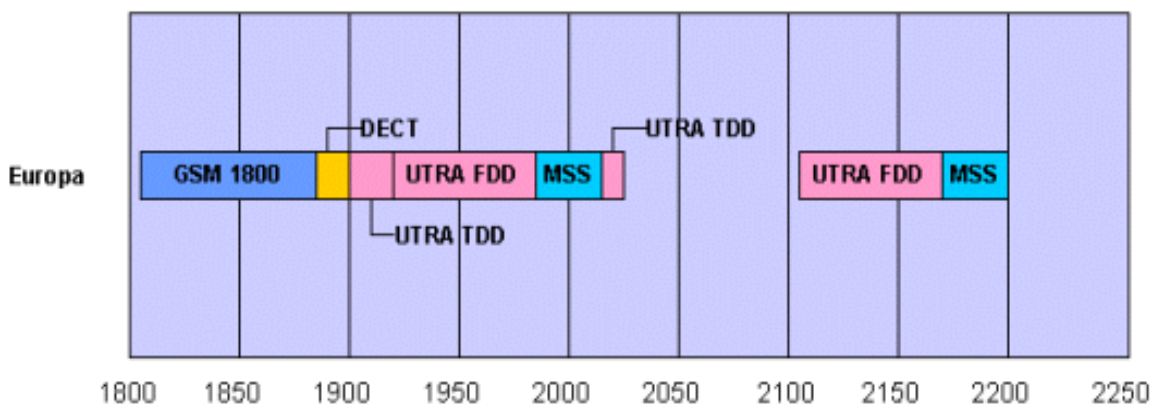
- ✚ Između radio-bazne stanice i modula za upravljanje baznim stanicama može postojati i tzv. koncentrator odnosno komponenta koja se koristi za koncentriranje prometa prema modulu za upravljanje baznim stanicama.

Isto tako definirana su i sljedeća sučelja:

- ✚ Uu – sučelje između korisničke opreme i radio-bazne stanice (UTRA FDD zračno sučelje),
- ✚ Iub – sučelje između radio bazne stanice i modula za upravljanje baznim stanicama,
- ✚ Iur – sučelje između dva modula za upravljanje baznim stanicama (nema odgovarajući pandan u GSM-u) te
- ✚ Iu – sučelje između modula za upravljanje baznim stanicama i jezgrene mreže.

4.2. Osnovne značajke UTRA FDD zračnog sučelja

Veliki broj pozitivnih značajki višestrukog pristupa s CDMA kodiranom raspodjelom po vremenu i učestalosti proizlazi iz širokopojsnosti i nekih karakteristika cjelokupnog sustava, a ne iz karakteristika pojedine radio veze. Novi sustav donio je potrebu za dodatnim frekvencijskim spektrom pa je prema tome u Europi za UTRA FDD definirano područje od 1920 do 1980 MHz u uzlaznoj vezi, a u silaznoj vezi je definirano područje (slika 9) od 2110 do 2170 MHz [12]. Za UTRA TDD višestruki pristup definirana su frekvencijska područja za uzlaznu vezu u rasponu od 1900 do 1920 MHz i za silaznu vezu 2110 do 2025 MHz [16].



Slika 9. Frekvencijski spektar za UTRA FDD i UTRA TDD, [15]

Unutar 3GPP normi za UMTS predložene su dvije metode WCDMA višestrukog pristupa:

- ✚ UTRA s frekvencijskim dupleksom i
- ✚ UTRA s vremenskim dupleksom.

UTRA FDD i UTRA TDD višestruki pristupi imaju niz zajedničkih značajki, a neke će biti navedene u nastavku:

- ✚ Brzina čipova $R_c = 3,84$ Mchip/s,
- ✚ Širina frekvencijskog pojasa 5 MHz,
- ✚ QPSK (eng. *Quadrature Phase Shift Keying*) modulacijska tehnika,
- ✚ Koeficijent ponovnog korištenja frekvencije jednak je 1,
- ✚ Struktura okvira i vremenskih odsječaka,
- ✚ Oblik impulsa i
- ✚ Kodovi proširenja spektra temeljeni su na OVVSF (eng. *Orthogonal Variable Spreading Factor*) ortogonalnim kodovima.

Pristup UTRA s frekvencijskim dupleksom predviđen je za uporabu u uparenim frekvencijskim područjima, gdje silazna i uzlazna veza koriste dva odvojena frekvencijska područja. Takav način prijenosa je pogodan za makro i mikro ćelije, kao i za simetričan prijenos korisničkih podataka brzinama do 384 kbit/s uz veliku pokretljivosti i dobru pokrivenost.

Pristup UTRA s vremenskim dupleksom predviđen je za uporabu u neuparenim frekvencijskim područjima, gdje silazna i uzlazna veza koriste isto frekvencijsko područje u različitim vremenskim intervalima. Ovaj način prijenosa pogodan je za gusta gradska područja, te za asimetričan prijenos korisničkih informacija brzinama do 2 Mbit/s. TDD pristup najčešće i primjenjuje u mikro i piko ćelijama u svrhu osiguranja dodatnog kapaciteta s mogućnošću postizanja većih brzina prijenosa podataka [16].

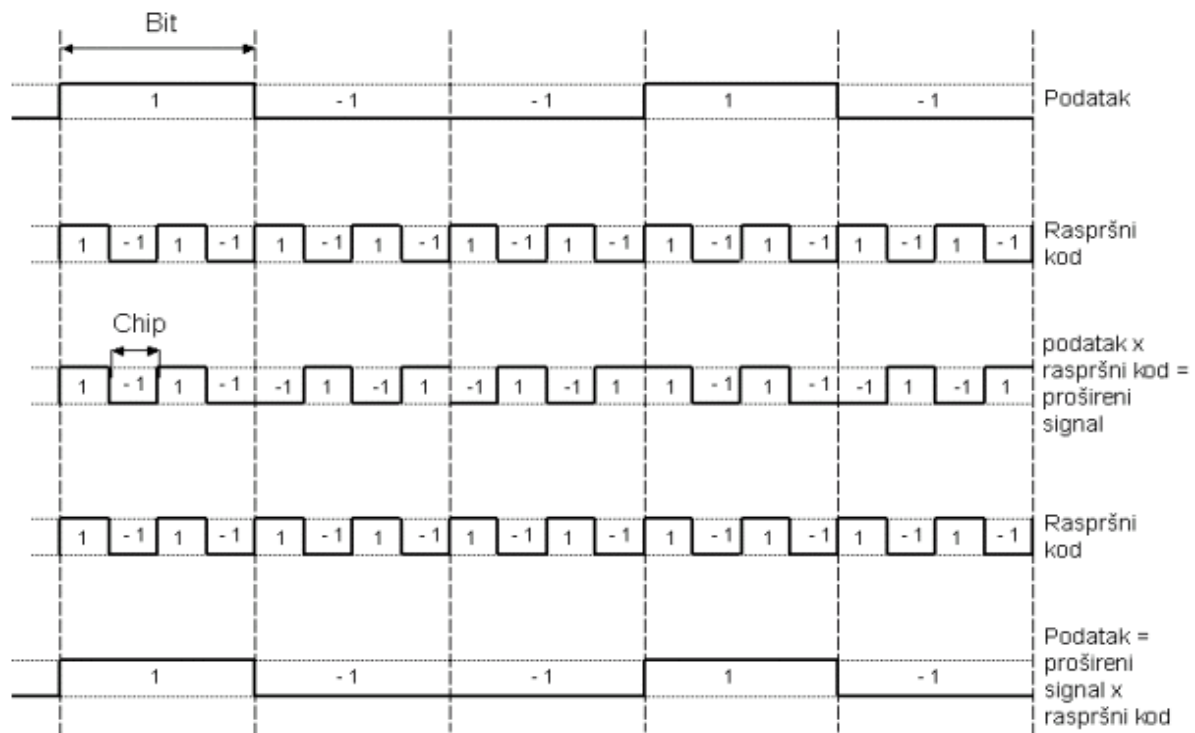
UTRA vremenski odsječak definiran je kao trajanje 2560 čipova, što odgovara vremenu od 0,67 ms. Vremenski odsječak je najkraći interval koji se može ponavljati a u UTRA TDD pristupu označava vremenski okvir u kojem se odašilja jedan impuls. Za UTRA FDD, okvir predstavlja najkraće moguće vrijeme trajanja odašiljanja [16].

4.3. Kodiranje

Kod GSM-a svaki korisnik ima dodijeljen vremenski odsječak u kojem samo on odašilje podatke, dok u UTRA FDD sustavu svi korisnici odašilju podatke u istom frekvencijskom pojasu i u isto vrijeme, što znači da koeficijent ponovnog korištenja frekvencije iznosi 1, pa je prema tome omogućena velika spektralna efikasnost. Korisnicima se pridodaje jedinstveni kod po kojem se međusobno razlikuju i pomoću kojeg se preneseni podaci kodiraju Prijamnik, uz

poznavanje kodne sekvencije korisnika dekodira primljeni signal te na taj način dobiva originalnu informaciju.

Kodiranje je dvostruko, što znači da se korisnički podaci najprije kodiraju tzv. kanalnim ili ortogonalnim kodovima, a zatim i tzv. pseudo-slučajnim (eng. *Pseudo Noise Sequence* - PN) kodovima, tj. svaki odašiljač dobiva različiti PN kod, a svaki podatkovni kanal različiti ortogonalni kod kako bi se razlikovali informacije koje dolaze od istog odašiljača. Proces kodiranja proširuje spektar signala zbog veličine širine pojasa koda i zato se UTRA FDD naziva sustav s proširenim spektrom gdje se kod primjenjuje direktno na niz bitova podataka (eng. *Direct Sequence* - DS-SS). Slika 10 prikazuje primjer proširenja signala odnosno korisničkih podataka pri korištenju raspršnog koda [15].



Slika 10. Proširenje signala korištenjem raspršnog koda, [15]

Čipovi se dobivaju pri množenju korisničke informacije sa raspršnim kodom, odnosno širenjem signala. Za raspršne kodove se koriste ortogonalni kodovi. Ako odašiljač i prijemnik koriste isti kod s istim vremenskim odstupanjem, postojat će stopostotna korelacija, odnosno na prijammiku će se rekonstruirat odaslani signal. Ukoliko odašiljač i prijammnik koriste iste kodove tada će se na prijammniku dobiti nula [15].

Kod višestrukog pristupa proširenog spektra dobitak procesiranja se ističe kao važna osobina. Dobitak procesiranja izravno ukazuje na poboljšanje odnosa signal-šum (eng. *Signal to Noise Ratio* - SNR). Snaga signala u WCDMA sustavima nalazi se ispod razine šuma.

Informacijski bitovi su raspršeni množenjem korisničkih podataka s kanalnim ili ortogonalnim kodom. Ovakvi kodovi se nazivaju još i OVVSF (eng. *Orthogonal Variable Spreading Factor*) kodovi. Uz upotrebu ortogonalnih kodova postoje određena ograničenja, pa prema tome jedan kanal može koristiti neki ortogonalni kod samo ako niti jedan drugi kanal koji uzima kodove sa istog kanalnog stabla ne koristi kod koji je na podređenoj grani.

Brzina protoka čipova se dobiva umnoškom faktora proširenja (eng. *Spreading Factor* – SF) i brzine protoka bitova. Kako bi bilo moguće razlikovati odašiljače nakon korištenja ortogonalnog koda niz čipova se množi s pseudoslučajnim nizom koji isto tako ima brzinu protoka čipova 3,84 Mčip/s [15].

4.4. Meko i mekše prekapčanje

U WCDMA višestrukom pristupu su definirana dva tipa prekapčanja koja se mogu promatrati kroz poboljšanje kvalitete sustava: meko prekapčanje (eng. *Soft handover*) i mekše prekapčanje (eng. *Softer handover*).

Mobilna stanica se kod mekšeg prekapčanja (eng. *softer handover*) nalazi u prostoru koji prekriva više sektora iste bazne stanice. Mobilna i bazna stanica komuniciraju putem dva kanala istovremeno, a svaki od njih pripada drugom sektoru. U silaznoj vezi su potrebna dva PN koda kako bi mobilna stanica mogla razlikovati signale. Mobilna stanica obrađuje signale u tzv. rašljastom prijamniku. U uzlaznoj vezi se odvija sličan proces, raspršeni signali se primaju u oba sektora, a nakon kodiranja se šalju istom rašljastom prijamniku. Kod mekšeg prekapčanja aktivna je samo jedna zatvorena petlja kontrole snage.

Meko prekapčanje (eng. *soft handover*) nužno je kada se mobilna stanica nalazi u području koje pokriva više ćelija različitih baznih stanica. Isto kao i kod mekšeg prekapčanja, mobilna stanica komunicira s baznom stanicom putem dva odvojena kanala. U silaznoj vezi gotovo da nema razlike između mekšeg i mekog prekapčanja, signali se kombiniraju u rašljastom prijamniku, dok u uzlaznoj vezi postoje značajne razlike jer obje bazne stanice primaju raspršene signale koje upućuje mobilna stanica. Za vrijeme mekog prekapčanja aktivne su dvije petlje kontrole snage [15].

4.5. HSDPA

Brzi paketni pristup silaznom vezom (eng. HSDPA – *High Speed Downlink Packet Access*) predstavlja tehničku nadogradnju WCDMA mreže treće generacije koja je obrađena u 3GPP R5, R6 specifikacijama. HSDPA tehnologija predstavlja novi korak u razvoju telekomunikacijskih sustava, tj. 3,5G generaciju [17].

HSDPA tehnologija predstavlja značajno unapređenje brzina u paketnom prijenosu, a za sada se u praksi postiže brzina do 1,8 Mbit/s u silaznoj vezi, a ova tehnologija je teoretski dizajnirana za podržavanje brzina od 14 Mbit/s. Povećanjem brzine smanjuje se kašnjenje prilikom učitavanja audio, video ili drugih većih skupova podataka, a to omogućuje ugodan rad s aplikacijama u stvarnom vremenu [18].

HSDPA donosi važnu promjenu proširenjem postojećih UMTS kanala za promet na silaznoj vezi (DSCH, DCH, FACH) s fizičkim i logičkim kanalima koji su namijenjeni za HSDPA promet. Uvođenje nove kanalne strukture, tj. nadogradnja već postojeće strukture novim HSDPA kanalima je jedna od bitnih tehnoloških promjena koje su doveli do značajnog povećanja brzina. HS-DSCH dodan HSDPA standardu je resurs varijabilne dužine okvira. Promjenjiva dužina okvira spominje se kao kratki vremenski interval za transmisiju. TTI (eng. *Transmission Time Interval*) se odabire ovisno o tipu podržanog prometa te broju podržanih korisnika. Tipična vrijednost je 2 ms. Tim su načinom omogućeni kratki intervali između transmisije, u trenutku kada više korisnika dijeli jedan kanal [19].

U HSDPA postoje tri metode dodjeljivanja prava pristupa: algoritam *Proportional Fair Scheduling*, algoritam *Round Robin* i maksimalni omjer C/I. Algoritam *Proportional Fair Scheduling* favorizira korisnike s dobrim radio uvjetima, a istovremeno korisnicima osigurava dovoljnu količinu resursa s lošijim radio uvjetima. Ova metoda ujedno povećava kapacitet sustava i omogućava ispravnu podjelu kanalnih resursa korisnicima. Proporcionalno dodjeljivanje može se postaviti na razini ćelije dok će ćelija kojoj nije postavljeno koristiti tzv. *Round Robin* dodjelu pristupa. Algoritam *Round Robin* uzima u obzir samo faktor kašnjenja. Red prioriteta s većim vremenom čekanja u „redu“ će dobiti viši prioritet od reda s manjim vremenom čekanja, a rezultat je algoritam koji daje jednaku mogućnost prioritetnim redovima s podacima u međuspremniku da budu izabrani. Algoritam *Max C/I Ratio* dodjeljuje korisniku kanal s najboljim karakteristikama a ne utječe na pravednost raspodjele kanala korisnicima. Najbolje primjenjiv algoritam za dodjelu pristupa bi trebao funkcionirati između algoritama *RR* i *Max C/I*. Vrsta i količina prometa određuju koji će se algoritam i kada koristiti [20].

HS-DSCH osim QPSK (eng. *Quadrature Phase Shift Keying*) može koristiti i 16QAM (eng. *Quadrature Amplitude Modulation*) modulaciju kojom se postižu veće brzine prijenosa podataka i omogućeno je efikasnije iskorištavanje pojasa propusnosti, ali takva modulacija zahtjeva bolje uvjete radio kanala [14]. 16QAM je komplementarna modulacija u odnosu na QPSK koja primarno povećava brzinu prijenosa podatka u povoljnim radio uvjetima, dok sekundarno povećava kapacitet sustava. Isto tako brzina prijenosa iznimno ovisi o efektivnom stupnju kodiranja. Najvažnije svojstvo HSDPA je to što omogućuje brzu prilagodbu veze promjenjivim radio uvjetima te brzi prijenos podataka [20].

4.6. HSUPA

HSUPA (eng. *High Speed Uplink Packet Access*) brzi paketni pristup uzlaznom vezom omogućava brzu uzlaznu vezu te kombinaciju brze silazne i uzlazne veze. Ovom se nadogradnjom po svojim mogućnostima podatkovni pristup preko mobilnih mreža izjednačio s aktualnim xDSL (eng. *Digital Subscriber Line*) tehnologijama, dok u nekim segmentima donosi poboljšanja. HSUPA se u 3GPP specifikacijama službeno naziva poboljšana veza E-UL (eng. *Enhanced Uplink*).

E-DCH (eng. *Enhanced Dedicated Channel*) je primarni uzlazni transportni kanal u HSUPA. On koristi adaptivne metode koje su slične kao i kod HSDPA:

- ✚ Metoda brzog dodjeljivanja pristupa,
- ✚ Kratki vremenski interval za prijenos TTI te
- ✚ Brzi hibridni automatski zahtjev za ponovnim slanjem paketa.

HSUPA tehnologija koristi BPSK (eng. *Binary Phase Shift Keying*) modulacijsku tehniku te faktor proširenja 2 ili 4. HSUPA terminali postižu različite maksimalne brzine prijenosa, ovisno o kategoriji [21].

4.7. HSPA+

Početak razvoja brzog paketnog pristupa HSPA+ (eng. *High Speed Packet Access*) definiran je u 7. izdanju 3GPP specifikacije te se nastavlja normirati kroz sljedeće izdanja 3GPP specifikacija, paralelno s razvojem mreža četvrte generacije, tj. LTE (eng. *Long Term Evolution*) tehnologijama. HSPA+ je potpuno kompatibilan s arhitekturom sustava pokretne telefonije treće generacije.

Korištenjem višestrukih antena i tehnike višestruki ulaz – višestruki izlaz MIMO (eng. *Multiple Input Multiple Output*) u silaznoj vezi HSPA+ omogućuje teoretske brzine prijenosa od 84 Mbit/s, a u uzlaznoj vezi 22 Mbit/s. Prema 11. izdanju 3GPP specifikacije, buduće revizije HSPA+ podržavat će brzine prijenosa do 168 Mbit/s korištenjem višestrukih nositelja te do 672 Mbit/s korištenjem naprednih antenskih tehnika [21].




5. POKRIVENOST SIGNALOM

Mnogobrojni telekomunikacijski operatori u RH pružaju korisnicima različite usluge. Među njima se kao vodeći operator ističe Hrvatski Telekom, koji pruža usluge pokretne i nepokretne telefonije, internetske i podatkovne usluge. U 2015. godini HT je imao 2 241 000 korisnika koji su koristili njihovu pokretnu mrežu, 1 121 000 korisnika koji su koristili njihovu fiksnu mrežu te 387 000 korisnika koji su koristili televiziju kao uslugu koju HT nudi [22]. Tu je i Vipnet kao drugi vodeći telekom operator, a krajem 2014. godine je imao oko 1 740 000 korisnika [23].

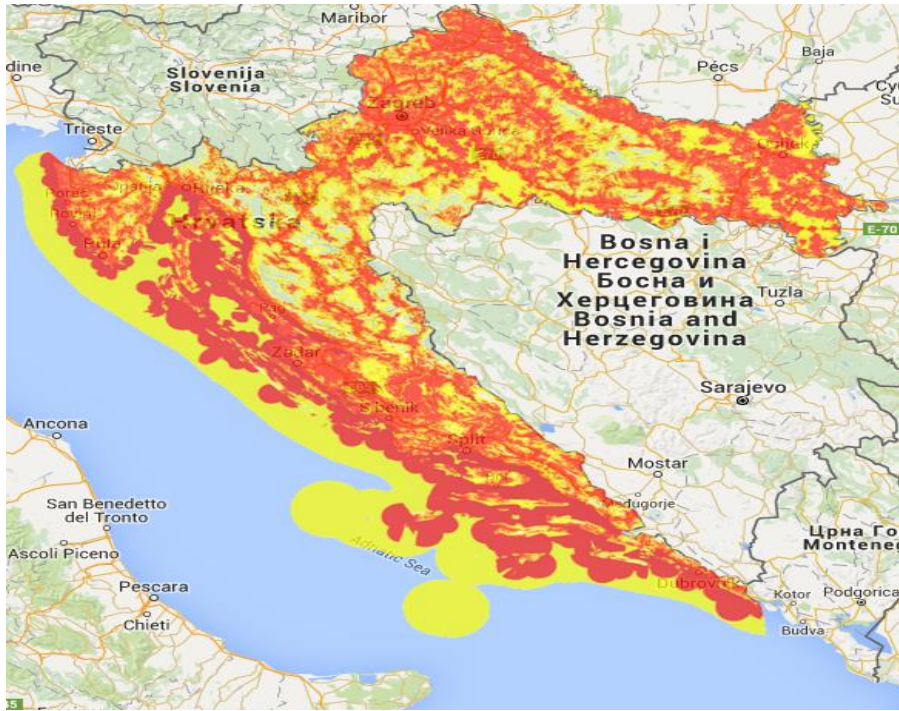
5.1. Analiza pokrivenosti signalom Hrvatskog telekoma

Hrvatski telekom je telekomunikacijska kompanija u Hrvatskoj koja pruža usluge nepokretne telefonije, internetske i podatkovne usluge. Osnovna djelatnost HT-a je pružanje elektroničkih komunikacijskih usluga te njihovo projektiranje i izgradnju elektroničkih komunikacijskih mreža na području RH. HT također pruža i internetske, IPTV i ICT usluge, usluge prijenosa podataka te usluge pokretnih telefonskih mreža GSM, UMTS i LTE.

Segmenti usluga koje HT pruža su:

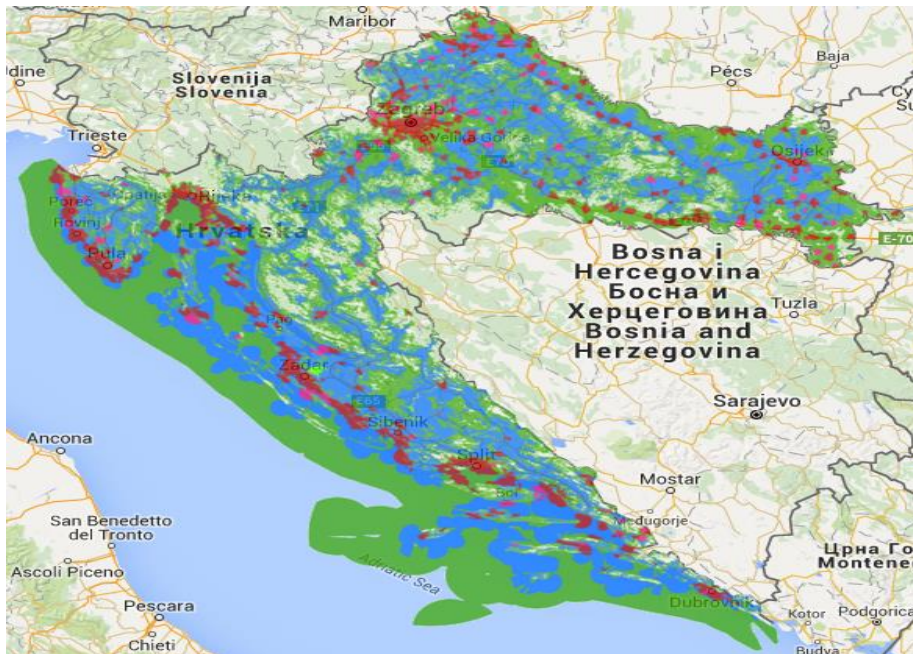
-  Fiksna telefonija i internet,
-  Mobilne mreže i
-  Prijenos podataka [22]

Karte pokrivenosti su zasnovane na računalnom modelu te su u stvarnosti moguća odstupanja. Dostupnost većih brzina je ovisna o tipu mobilnog uređaja, razini signala, te trenutnoj prometnoj opterećenosti mobilne mreže.



Slika 11. Karta pokrivenosti 2G signalom, [24]

Slika 11 prikazuje kartu pokrivenosti 2G mrežom na području RH. Crvenom bojom je označena najveća brzina koja se može postići u zatvorenom prostoru (do 240 kbit/s), dok žuta boja označava najveću brzinu koja se može postići u vanjskom okruženju (do 240 kbit/s) [24].



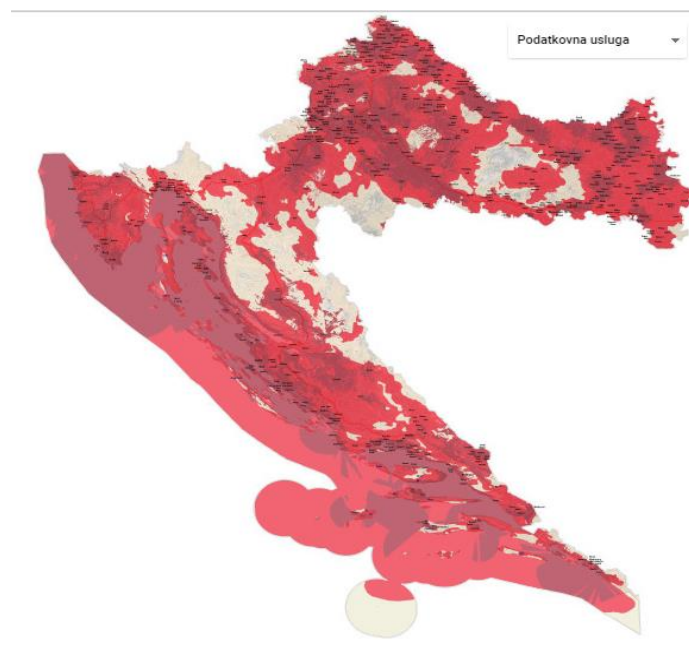
Slika 12. Karta pokrivenosti 3G signalom, [24]

Slikom 12 je prikazana karta pokrivenosti 3G mrežom na području RH. Crvena, roza, plava i svijetlo zelena boja označavaju najveće brzine koja se mogu postići u zatvorenom prostoru. Crvena boja označava područja u kojima se može dosegnuti najveća brzina prijenosa podataka do 42,2 Mbit/s, roza boja označava područja u kojima se može dosegnuti brzina prijenosa podataka do 21,1 Mbit/s, plava boja označava područja u kojima se može dosegnuti brzina prijenosa podataka do 7,2 Mbit/s dok svijetlo zelena boja označava područja u kojima se može dosegnuti najmanja brzina prijenosa podataka od 3,6 Mbit/s [24].

5.2. Analiza pokrivenosti signalom Vipnet-a

Vipnet je dolaskom na domaće telekomunikacijsko tržište postao prvi privatni mobilni operator u Hrvatskoj. U rujnu 1998. godine je dobio koncesiju za drugu GSM mreže u Hrvatskoj, a s komercijalnim je radom započeo je 1999. godine. U kolovozu 2011. godine Vipnet je kupio B.net, najvećeg hrvatskog kablenskog operatora koji u ponudi ima fiksnu telefoniju, širokopojasni pristup internetu te televizijske usluge.

Vipnet je prvi ponudio tehnologije GPRS, EDGE, UMTS te HSDPA, a u ožujku 2007. godine prvi je u Europi predstavio mobilni pristup internetu preko HSDPA mreže. U 2015. godini preko 50% Vip 3G mreže ima HSPA+ funkcionalnost, odnosno HSPA+ tehnologija dostupna je gotovo u svim gradovima RH [20]. Slika 13 prikazuje kartu pokrivenosti podatkovnom uslugom.



Slika 13. Karta pokrivenosti podatkovnom uslugom, [25]

Vipnet-ova podatkovna usluga ima 99% nacionalne pokrivenosti 2G (EDGE/GPRS) i 3G (UMTS) tehnologijama. 3G mreža u cijelom području pokrivanja podržava minimalno HSPA+ tehnologiju s brzinama do 21 Mbit/s što je na karti označeno jarko crvenom bojom. Uz HSPA+, većina Vipnet-ovih odašiljača omogućuje i DC-HSPA tehnologiju koja na 3G mreži omogućuje brzine do 42 Mbit/s što je isto kao i kod HT-a [25].

6. KARAKTERISTIKE TERMINALNIH UREĐAJA

Godine 1983. predstavljen je prvi prijenosni telefon. Pojam „prijenosni“ podrazumijeva da se nije morao nositi na leđima ili posjedovati automobil da bi ga se koristilo. Bio je težak nešto manje od jednog kilograma i koštao je oko 50 000 kn, te je iz tog razloga bio dostupan samo užoj skupini ljudi postavši time simbol bogatstva i moći.

Ubrzo je predstavljen mobilni uređaj koji je mogao stati u džep. To je ujedno bio i prvi preklopni mobitel a njegov dizajn je utjecao na brojne modele poslije njega te je isto tako omogućio nastanak jednog od najpopularnijih pokreta, otvaranje preklopnog mobitela i javljanje na poziv jednom rukom.

Vrlo brzo se priključila i finska tvrtka Nokia koja 1992. godine diže letvicu s prvim GSM mobitelom za masovnu proizvodnju. Njihov mobilni uređaj je podržavao mogućnost primanja SMS poruka, s nemogućnošću slanja istih. Sredinom devedesetih godina Motorola proizvodi prvi mobitel u obliku školjke, koji je ujedno posjedovao vibrirajući alarm i time olakšavao korištenje mobitelom u delikatnim situacijama.

Nokia je odgovorila proizvodnjom prvog pametnog telefona, koji je izvana izgledao kao sasvim normalan mobitel, ali otvoren po sredini čime je izazvao oduševljenje kod svojih korisnika LCD zaslonom i QWERTY tipkovnicom. Godine 1998. Nokia započinje trend proizvodnje mobitela s izmjenjivom maskom, trendom koji se ubrzo proširio rezultirajući raznolikim maskama za mobitele od kojih su neke bile opasne za oči pri direktnom pogledu na njih. Nokia je u to doba proizvela jedan od najpopularnijih mobitela, koji je prodan u čak 126 milijuna primjeraka, a ostao je u pamćenju po dostupnosti igara koje su se igrale satima.

U Japanu je u međuvremenu uveden ekran u boji za mobitele, te su došli na ideju spajanja fotoaparata i mobitela. Prvotni modeli su imali integriranu kameru od 0,1 megapiksela te su označavali početak MMS-a.

Potom je proizveden prvi integrirani mobilni telefon i PDA (eng. *Personal Digital Assistant*) uređaj u jednom, ali nije imao zvučnik i mikrofoni što se tada smatralo najbitnijim dijelovima mobitela, zbog čega su njegovi korisnici morali koristiti slušalice. Godine 2004. se sve više počelo ciljati na modno osviješteni dio populacije. Uređaji su svojim izgledom i karakteristikama postavljali nove standarde u dizajnu mobitela.

Sa sve većim brojem funkcija mobiteli su se sve manje počeli koristiti kao telefoni, a sve više kao fotoaparati, MP3 playeri i osobni organizatori, a proizvođači su to iskoristili za proizvodnju prvog walkman mobitela.

Godina 2007. je upisana „zlatnim slovima“, jer izlazi mobitel koji izaziva revoluciju u industriji mobitela. Ubrzo nakon toga na tržište stiže prvi pametni uređaj (eng. *smartphone*) pogonjen operativnim sustavom Android koji je predstavio kvalitetnu alternativu brojnim korisnicima, pa je Android danas najkorišteniji mobilni operativni sustav na tržištu. Pametni mobilni uređaji imaju 3D tehnologiju, te su njihove glavne prednosti zaslon koji omogućuje prikaz 3D slike bez upotrebe 3D naočala te snimanje 3D fotografija i videa [26].

Mobiteli koji su podržavali GPRS tehnologiju omogućavali su uz SMS i slanje MMS poruka. Uz slanje teksta omogućeno je i slanje kraćih video sadržaja, slika te podataka audio formata. GPRS pruža vrlo niske brzine prijenosa što je za današnje standarde vrlo nisko, pa stoga i nije toliko zastupljen, a najviše je bio korišten za slanje SMS poruka putem interneta.

Mobilni uređaji koji su podržavali UMTS tehnologiju, omogućavali su korisnicima prijenos glasovnih usluga putem interneta (Viber, Skype, itd.) teoretskim brzinama do 2 Mb/s, dok su realne brzine bile puno niže. Svi mobilni telefoni koji podržavaju UMTS mrežu također posjeduju mogućnost da se automatski u inozemstvu spajaju na strane mreže.

3G omogućava da se uz slanje tekstualnih i glasovnih poruka može slati i video, tj. omogućeni su video pozivi. 3G mreža je uvelike imala utjecaj na razvoj mobilnih uređaja jer je omogućila korištenje raznih video konferencija, live streaminga [27].

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu je dan kronološki pregled razvoja mobilnih mreža od prve do treće generacije, te su opisane pristupne tehnologije koje se koriste u sustavima pokretnih komunikacija te izravno utječu na njegove značajke. Prva mobilna mreža je bila analogna i koristila je frekvencijsku modulaciju čime nam je omogućila prijenos govora.

Ta je činjenica dovela do ubrzanog razvoja mobilne telefonije pa je samim time potaknut i razvoj druge generacije mobilne mreže, koja u odnosu na prvu generaciju mobilne mreže digitalna te se temelji na tehnologiji višestrukog pristupa s kodnom raspodjelom, a uz prijenos govora omogućuje i pristup internetu. Uvođenje paketnog moda prijenosa podataka se događa kod 2,5G mobilnih mreža. 2,5G mobilne generacije su nadogradnja postojećoj GSM tehnologiji i omogućuju efikasnu uporabu raspoložive pojasne širine.

Tehnološke promjene koje su se događale kroz različite generacije bile su zapravo rezultirane potražnjom i zahtjevima tržišta ka napretku, tj. ka poboljšanju postojećih tehnologija. Tako je vidljiva promjena druge generacije mobilnih mreža u odnosu na prvu generaciju. Druga generacija je bila digitalna. Ubrzo nakon toga u 2.5 generaciji uveden je paketski mod za razliku od prve generacije koja je bila analogna i koristila je frekvencijsku modulaciju za prijenos govora.

Promjena u 3G u odnosu na 2G je uvođenje niza novih tehnologija te mrežnih elemenata. Postojeće mreže su bile vertikalno ustrojene i svaka mreža je imala svoju zasebnu prijenosnu mrežu, a ideja novih mreža je da budu horizontalno ustrojene što znači da će više mreža dijeliti istu prijenosnu infrastrukturu te su pojedine usluge dostupne bez obzira na mrežu u kojoj je korisnik trenutno, a isto tako je specifično što svaka mreža ima vlastitu upravljačku logiku.

3G mreža je omogućila puno veće brzine prijenosa i mogućnost da korisnici pristupaju raznim informacijama s bilo kojeg mjesta i u bilo koje vrijeme, što su ujedno i glavne značajke suvremenih komunikacijskih mreža. Jedinstveno normizacijsko tijelo 3GPP donosi specifikacije za UMTS sustav i njegovo radijsko sučelje. UMTS se temelji na tehnologiji širokopojasnog višestrukog pristupa s kodnom raspodjelom.

Pokrivenost signalom je isto tako vrlo važna jer je korisnicima mobilnih usluga vrlo važno da imaju izrazito brz pristup internetu te da im je uvijek na raspolaganju. Tu su uključeni i telekom operatori kojima je nadasve najvažnije da se mogu ostvariti različiti načini povezivanja sada već raspoloživih sustava u punom smislu. Korisnicima je u istoj mjeri važno i kakve

karakteristike ima mobilni uređaj koji koriste s obzirom na to da se sve više koriste pametni mobilni uređaji koji imaju široku paletu usluga i aplikacija.

LITERATURA

- [1] http://www.ericsson.hr/etk/revija/Br_2_2003/pokretne_mreze.htm (travanj, 2016)
- [2] <http://www.pfri.uniri.hr/knjiznica/NG-dipl.EITP/183-2013.pdf> (travanj, 2016)
- [3] Etoh, M.: *Next Generation Mobile Systems 3G and Beyond*, John Wiley & Sons, Ltd., 2005.
- [4] Marin, D.: *Osnove pokretnih komunikacija u sustavu telekomunikacijskog prometa*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2004.
- [5] http://www.ericsson.com/hr/etk/revija/Br_2_2004/pokretna_telefonija.pdf (veljača, 2016)
- [6] <http://planb.tportal.hr teme/139994/Dr-Harri-Holma-Pocela-era-mobilnog-broadbanda> (veljača, 2016)
- [7] http://mirza-sa.tripod.com/telekom/arhitektura_gsm_mreze.htm (ožujak, 2016)
- [8] http://spvp.zesoi.fer.hr/seminari/2007/seminari/BorislavZoric_GSM.pdf (veljača, 2016)
- [9] https://www.princeton.edu/~achaney/tmve/wiki100k/docs/Enhanced_Data_Rates_for_GSM_Evolution.html; (travanj, 2016)
- [10] http://estudent.fpz.hr/Predmeti/T/Tehnologija_telekomunikacijskog_prometa/Materijali/9_predavnje.pdf (travanj, 2016)
- [11] <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-2598EN.pdf> (veljača, 2016)
- [12] http://spvp.zesoi.fer.hr/seminari/2004/3G_standardi-mbejuk.pdf (ožujak, 2016)
- [13] http://www.ericsson.hr/etk/revija/Br_2_2001/gprs.htm (veljača, 2016)
- [14] https://www.princeton.edu/~achaney/tmve/wiki100k/docs/Enhanced_Data_Rates_for_GSM_Evolution.html (veljača, 2016)
- [15] http://www.ericsson.hr/etk/revija/Br_2_2003/univerzalni_sustav.htm (veljača, 2016)
- [16] https://www.itu.int/ITU-D/tech/events/2002_2000/warsaw2001/pdf/2_1_Menzel.pdf (veljača, 2016)
- [17] http://www.etfos.unios.hr/upload/OBAVIJESTI/obavijesti_preddiplomski/3589310.2_p.pdf (ožujak, 2016)

- [18] <http://www.gsmarena.com/glossary.php3?term=hsdpa> (ožujak, 2016)
- [19] <http://www.radio-electronics.com/info/cellularcomms/3g-hspa/hsdpa-high-speed-downlink-packet-access.php> (ožujak, 2016)
- [20] http://www.ericsson.com/hr/etk/revija/Br_1_2006/paketni_pristup.pdf (ožujak, 2016)
- [21] <http://www.mobilecomms-technology.com/projects/hsupa/> (ožujak, 2016)
- [22] <http://www.t.ht.hr/o-nama/clanice-ht-grupe/#section-nav> (ožujak, 2016)
- [23] <http://www.vipnet.hr/profil> (ožujak, 2016)
- [24] <https://www.hrvatskitelekom.hr/karta-pokrivenosti> (ožujak, 2016)
- [25] <http://www.vipnet.hr/karta-pokrivenosti> (ožujak, 2016)
- [26] <http://www.antenazadar.hr/clanak/2012/10/evolucija-mobitela-najvazniji-modeli-u-povijesti/> (ožujak, 2016)
- [27] www.mathos.unios.hr/~mtvrdy/Mobilni_ured.docx (ožujak, 2016)

POPIS KRATICA

| | |
|-------|--|
| NMT | - Nordic Mobile Telephony |
| GSM | - Global System for Mobile Communications |
| IS | - Interim Standard |
| PDC | - Personal Digital Cellular |
| SMS | - Short Message Service |
| TDMA | - Time Division Multiplex |
| CDMA | - Code Division Multiplex |
| UMTS | - Univeresal Mobile Telecommunications Service |
| WCDMA | - Wideband CDMA |
| MSC | - Mobile Switching Center |
| MS | - Mobile Station |
| ME | - Mobile Equipment |
| SIM | - Subscriber Identity Module |
| IMEI | - International Mobile Subscriber Equipment |
| IMSI | - International Mobile Subscriber Identification |
| BSS | - Base Station Subsystem |
| BSC | - Base station Controller |
| BTS | - Base Transceiver Station |
| PSTN | - Public Switched Telephone Network |
| ISDN | - Integrated Service Digital Network |
| HLR | - Home Location Register |
| VLR | - Visitor Location Register |
| AuC | - Authentication Center |
| EIR | - Equipment Identification Register |
| GPRS | - General Packet Radio Service |
| EDGE | - Enhanced Data Rate for the GSM Evolution |

| | |
|----------|--|
| CS | - Circuit Switched |
| PS | - Packet Switched |
| MmoIP | - Multimedia over Internet Protocol |
| HSCSD | - High Speed Circuit Switched Data |
| GGSN | - Gateway GPRS Support Node |
| SGSN | - Serving GPRS Support Node |
| PCU | - Packet Control Unit |
| SMSC | - Short Message Service Center |
| IP | - Internet Protocol |
| MMS | - Multimedia Messaging Service |
| PTT | - Push to talk |
| IM | - Instant Messaging |
| P2P | - Point-to-point |
| IMT | - International Mobile Telecommunications |
| ITU | - International Telecommunications Union |
| 3GPP | - Third Generation Partnership Project |
| UTRA FDD | - Universal Terrestrial Radio Access Frequency Division Duplex |
| UTRA TDD | - Universal Terrestrial Radio Access Time Division Duplex |
| AMR | - Adaptive Multirate |
| ATM | - Asynchronous Transfer Mode |
| FNR | - Flexible Numbering Registrar |
| MSISDN | - Mobile Station ISDN Number |
| PN | - Pseudonoise Sequence |
| DS-CDMA | - Direct Sequence CDMA |
| SNR | - Signal to Noise Ratio |
| OVSF | - Orthogonal Variable Spreading Factor |
| SF | - Spreading Factor |

| | |
|-------|-------------------------------------|
| HSDPA | - High Speed Downlink Packet Access |
| TTI | - Transmission Time Interval |
| QPSK | -Quadrature Phase Shift Keying |
| QAM | - Quadrature Amplitude Modulation |
| HSUPA | - High Speed Uplink Packet Access |
| E- UL | -Enhanced Uplink |
| xDSL | - Digital Subscriber Line |
| E-DCH | - Enhanced Dedicated Channel |
| BPSK | - Binary Phase Shift Keying |
| HSPA+ | - High Speed Packet Access |
| MIMO | - Multiple Input Multiple Output |
| LTE | - Long Term Evolution |
| PDA | - Personal Digital Assistant |

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1. Mobilni uređaj u automobilu | 3 |
| Slika 2. Prikaz mobilnog uređaja korištenog u 2G – Nokia | 5 |
| Slika 3. Arhitektura GSM mreže | 6 |
| Slika 4. Evolucija mobilnih sustava | 8 |
| Slika 5. Arhitektura GPRS sustava | 9 |
| Slika 6. Prikaz vertikalno i horizontalno ustrojenih mreža | 14 |
| Slika 7. Slojevita arhitektura UMTS/WCDMA | 15 |
| Slika 8. Arhitektura pristupne mreže | 17 |
| Slika 9. Frekvencijski spektar za UTRA FDD i UTRA TDD | 18 |
| Slika 10. Proširenje signala korištenjem raspršnog koda | 20 |
| Slika 11. Karta pokrivenosti 2G signalom | 26 |
| Slika 12. Karta pokrivenosti 3G signalom | 26 |
| Slika 13. Karta pokrivenosti podatkovnom uslugom | 27 |