

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET U RIJECI

Boris Hrvatić

4G MOBILNE MREŽE

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2013.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET U RIJECI

4G MOBILNE MREŽE

Kolegij: Nove tehnologije u dijagnostici i upravljanju

Mentor: Izvr.prof.dr.sc. Vinko Tomas

Student: Boris Hrvatić

Matični broj: 15465/IE

Studij: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

Rijeka, 2013.

IZJAVA

Izjavljujem pod punom moralnom odgovornošću da sam diplomski rad izradio samostalno , isključivo znanjem stečenim na Pomorskom fakultetu, služeći se navedenim izvorima podataka i uz stručno vodstvo mentora prof. dr. sc. Vinka Tomasa, kome se još jednom srdačno zahvaljujem.

U Rijeci, rujan 2013.

SADRŽAJ

1. UVOD	5
2. OPĆENITO O TELEKOMUNIKACIJSKIM MREŽAMA.....	7
2.1 FIKSNE MREŽE.....	8
2.2. MOBILNE TELEKOMUNIKACIJSKE MREŽE.....	11
3. MOBILNE MREŽE KROZ GENERACIJE.....	22
3.1. PRVA GENERACIJA MOBILNIH MREŽA - 1G.....	22
3.2. DRUGA GENERACIJA MOBILNIH MREŽA - 2G	25
3.3. TREĆA GENERACIJA MOBILNIH MREŽA - 3G.....	31
4. 4G TELEKOMUNIKACIJSKE MOBILNE MREŽE.....	34
4.1. SUSTAVI 4G MOBILNIH MREŽA.....	37
4.1.1. WiMAX SUSTAV.....	40
4.1.2. LTE SUSTAV.....	51
5. PRIMJENA 4G SUSTAVA U POMORSTVU.....	58
6. ZAKLJUČAK.....	71

1. UVOD

Ovim radom istražuju se nove mogućnosti u korištenju mobilne tehnologije kako u pomorstvu tako i u svakidašnjem životu. Znatno širenje telekomunikacijskog prometa, u koji sada ulaze brojne potpuno nove usluge, koje su nastale užurbanim tehnološkim razvojem, uvelike je utjecalo na svakidašnji život. Prilagođavajući se novim tehnologijama i ubrzanom razvoju modernog društva javila se potreba za kvalitetnijom i naprednijom komunikacijom među ljudima diljem svijeta. Stvoreno je okruženje gdje je mobilna tehnologija postala pristupačna svakome. Velik napredak u bežičnom povezivanju i jako velika potražnja za mobilnošću tokom ostvarivanja telefonske komunikacije rezultirali su potrebom za izgradnjom kvalitetnijih i pouzdanijih mobilnih mreža. Osim za obavljanje telefonskih razgovora, danas se mobilni telefoni koriste i za druge oblike prenošenja informacija kao što su slanje tekstualnih i multimedijjskih poruka ili elektroničke pošte. Koriste ih osobe svih dobnih skupina i za različitu namjenu. Ovakva vrsta komunikacije uvelike je olakšala razvoj svih djelatnosti u svijetu, od trgovine, industrijskih djelatnosti, pa do pomorstva. Život je danas nezamisliv bez mobilne tehnologije. Upravo iz tog razloga moramo se što više baviti njenim razvojem i unapređenjem.

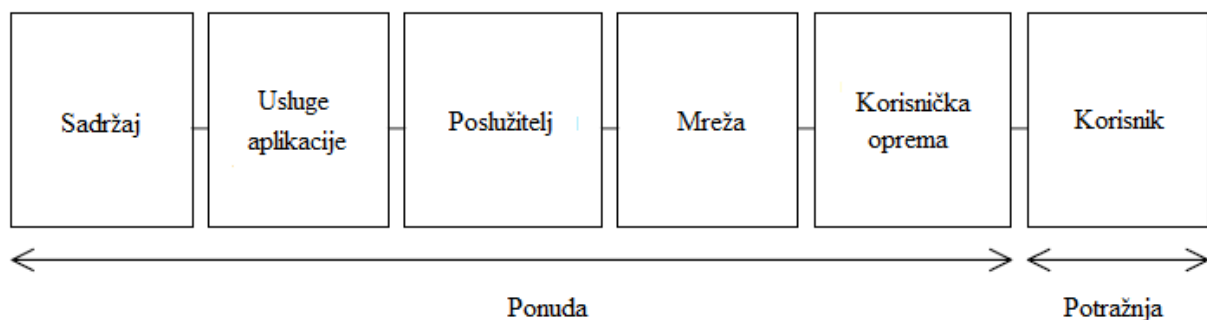
Pomorstvo kao i druge djelatnosti ima iznimno veliku potrebu za tehnološki razvijenim načinom komunikacije. Iz dana u dan javlja se sve veća potreba za što kvalitetnijom razmjenom informacija između pomoraca na brodu i ostalih djelatnika na kopnu. Takva vrsta komunikacije najnužnija je sa serviserima i proizvođačima opreme radi održavanja funkcionalnosti rada na brodu, zatim s vlastima, upravom, osiguravajućim društvima i svim ostalim djelatnicima koji mogu zatrebati u bilo kojoj situaciji tokom plovidbe. Primjena komunikacijskog sustava u pomorstvu najbitnija je za područja kao što su: vođenje nadzora i održavanje na daljinu, menadžment tereta i flote, upravljanje prometom na daljinu, videokonferencija, telemedicina, hidrološke informacije i drugo. Osim toga ne smije se zanemariti ni ostvarivanje kontakta s obitelji i bližnjima koje je također vrlo potrebno za osobe koje rade na takvim pozicijama. Da bi se sve to ostvarilo postavljaju se sve veći ciljevi i zahtjevi za mobilne operatore i komunikacijski sustav općenito.

Cilj rada je pokazati učinkovitost i korisnost ulaganja u znanstvena istraživanja i razvoj novih metoda komunikacije u pomorstvu. Smatra se da će se poboljšanjem telekomunikacijskih usluga doprinijeti povećanju sigurnosti i kvalitete prometa na moru. Svrha rada je upoznati čitatelja s načinom funkcioniranja mobilne tehnologije od njenog osnutka do danas, obraćajući najveću pozornost na razvoj i modernizaciju, te na tehnologiju koja je trenutno vrh - tehnologiju četvrte generacije (LTE-4G).

2. OPĆENITO O TELEKOMUNIKACIJSKIM MREŽAMA

Razmjena informacija i komuniciranje osnova su ljudskog života. Tokom većeg dijela ljudske povijesti komuniciranje se svodilo na usmeni ili pismeni oblik razmjene informacija. Takav način komuniciranja bio je izuzetno spor i neučinkovit, i određenoj je informaciji trebalo i do nekoliko godina da od izvora stigne do cilja.

Moderna komunikacija se oslanja na tehnologiju. Današnji je svijet nezamisliv bez raznih komunikacijskih uređaja kao što su mobiteli i osobna računala. Za detaljnije razumijevanje komunikacijskih tehnologija potrebno je i detaljnije poznavanje dijelova od kojih se komunikacijski sustav sastoji.



Slika 1. - Prikazani su čimbenici jedne komunikacijske mreže

Na gornjoj slici 1. prikazana je komunikacijska mreža gdje je korisnik krajnja meta komunikacijske mreže. On koristi komunikacijsku opremu koja mu je na raspolaganju, kako bi putem mreže komunicirao sa drugim korisnicima komunikacijske mreže ili pristupao određenim informacijskim sadržajima. Cilj komunikacijske mreže je povezivanje korisnika sa cijeloga svijeta i globalna standardizacija je glavni preduvjet nesmetanog korištenja komunikacijske mreže.

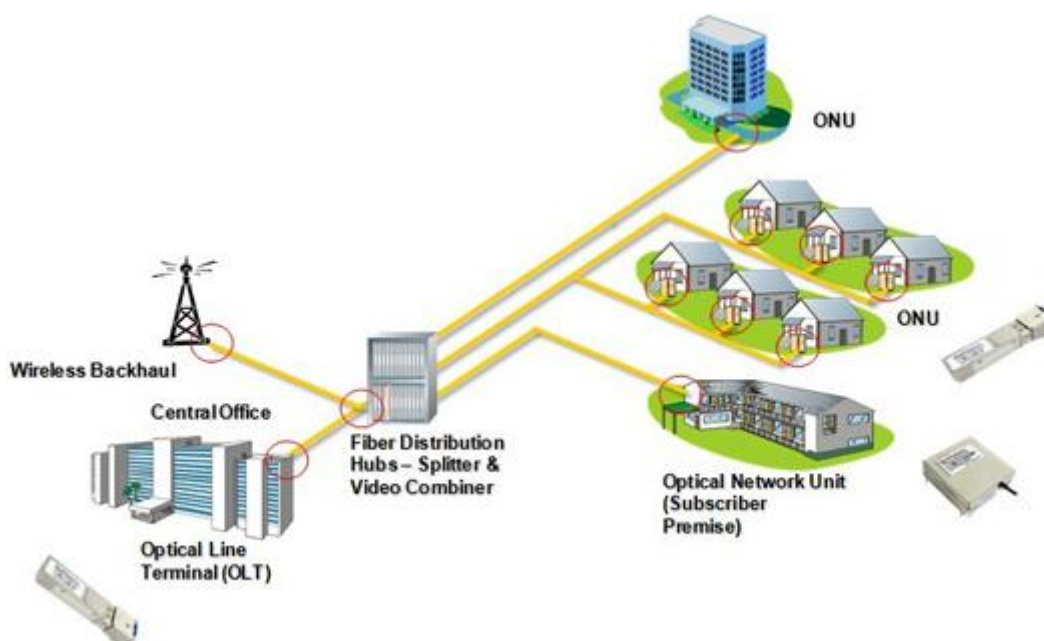
Korisnička oprema je skupni naziv za uređaje kojima korisnik raspolaže. Ako je namjenjena isključivo komunikaciji, kao što su npr. telefoni, tada se ona naziva korisničkom komunikacijskom opremom. Napredak u tehnologiji doveo je do kombiniranja takvog tipa korisničke opreme sa pristupom raznim informacijama, i takvu vrstu korisničke opreme nazivamo višenamjenskom korisničkom opremom.

Mreža je centralni dio komunikacijske opreme, i njen je zadatak omogućavanje pružanja komunikacijskih, a danas često i kombinirano komunikacijsko – informacijskih usluga.

Tako se telekomunikacijske mreže dijele na fiksne i mobilne telekomunikacijske mreže.

2.1. FIKSNE MREŽE

Fiksne mreže komunikaciju omogućavaju jedino ako korisnik koristi fiksnu pristupnu točku tj. petlju (eng. local loop). Takav priključak je u fiksnoj telefonskoj mreži izveden paricom. Parica je naziv za kabel koji krajnjeg korisnika spaja sa centralom.



Slika 1. Optička fiksna mreža

Fiksna mreža npr. kao Slici 1. funkcioniра na taj način, da kada korisnik npr. digne slušalicu, korisnička ONU (eng. Optical Network Unit) konvertira električni signal u svjetlosnu zraku. Fiber Distribution Hub određuje adresu i smjer u kojem treba poslati signal, kao npr. na terminal OLT (eng. Optical Line Terminal) koji također vrši konverziju iz svjetlosne zrake u električni signal i koordinira multipleksiranje podataka. S druge strane, iako je ovo fiksna mreža, ona po potrebi može imati i bežične komponente, kao što je ovdje prikazana wireless antena, koja se koristi kako bi konekcija bila moguća i na mjestima na kojim iz nekog razloga nije moguće koristiti fiksnu vezu.

Paricama su se do pojave ISDN-a (eng. Integrated Services Digital Network) slali analogni signali. Digitalizacija signala predstavlja kvantni skok u odnosu na brzine i kvalitetu

prethodnih sustava. Parica je naziv za kabel koji krajnjeg korisnika spaja sa centralom. ISDN je sustav komunikacijskih standarda koji služi za istovremeni digitalni prijenos glasovnih, video, podatkovnih i ostalih podataka preko klasične mreže komunikacijskih preklopnika. Rezultat toga je iznimno bolja kvaliteta prijenosa glasa nego kod analognih sustava. Prvi se put koristio 1998. godine. Prije ISDN-a telefon je bio razmatran kao uređaj za prenošenje glasovnih poruka. Komercijalni ISDN pruža pristup internetu pri brzini od 128 kbit/s u oba smjera. Može se razložiti na dva B kanala (eng. bearer channel – kanal nosilac), svaki od 64 kbit/s i jedan D signalni kanal (eng. data channel) od 16 kbit/s. Povezivanjem kanala moguće je povećati brzinu.

Postoji nekoliko različitih vrsta pristupnih sučelja kod ISDN sustava:

- BRI (eng. Basic Rate Interface)
- PRI (eng. Primary Rate Interface)
- B – ISDN (eng. Broadband ISDN)

Postoje dvije perspektive gledanja na ISDN sustav. Iz perspektive korisnika, ISDN nudi digitalnu konekciju sa telefonskom mrežom. To znači da korištenje telefona za vrijeme rada na internetu nije moguće, pa se ISDN najčešće plaća po minuti korištenja. Osim toga, ovaj sustav zahtjeva spajanje na internet, a zauzvrat nudi manje brzine od DSL-a, pa ga je DSL po zastupljenosti učinio zastarjelim. Iz perspektive telefonske industrije, velika prednost ISDN-a nad DSL-om je u tome što enkodiranje podataka traje dosta kraće, pa je i uspostavljanje poziva brže.

DSL (eng. Digital Subscriber Loop) je obitelj tehnologija koja omogućava pristup internetu slanjem digitalnih signala preko lokalne telefonske mreže. Patentiran je 1988. godine. Ovaj DSL promet se odvija paralelno u klasičnoj telefoniji i ne zauzima telefonsku liniju. Razlog tome je taj što DSL koristi više frekvencijske pojase za slanje podataka. Brzina prijenosa podataka uglavnom varira od 256 kbit/s do 40 Mbit/s.

DSL tehnologija se zapravo djeli na dva sustava:

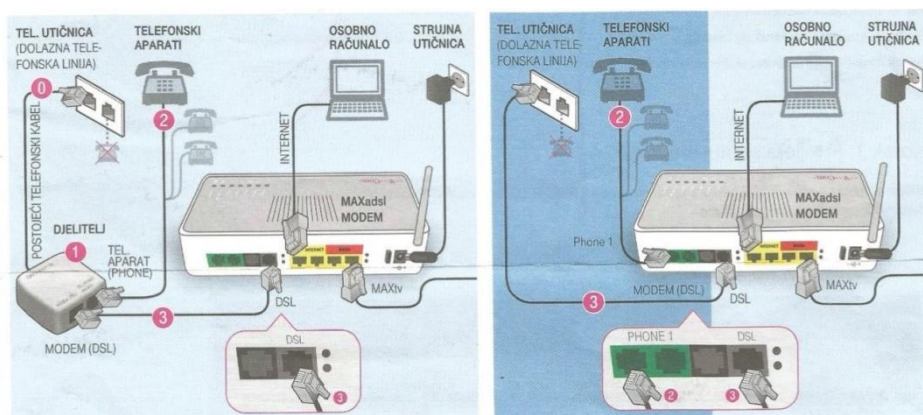
- DSL (eng. Digital Subscriber Loop)
- ADSL (eng. Asymmetric DSL)

ADSL je trenutno zastupljeniji iz tog razloga što je kod DSL-a brzina prometa prema računalu i prometa od računala sinhrona, dok je kod ADSL-a brzina prijena od računala (ona koja je krajnjem korisniku bitnija) smanjena u korist povećanja brzine prometa prema računalu. Pošto je broj pružioaca usluga bio jako malen, i dovodio je do monopola nekih kompanija, današnji propisi su takvi da vlasnici parica iz doba slobodnog monopola moraju dozvoliti korištenje svojih parica konkurenciji bez vlastite infrastrukture, uz novčanu naknadu.

VoIP (eng. Voice over Internet Protocol) je digitalizirana tehnologija za prijenos komunikacijskih usluga (npr. glas, fax, SMS itd.) preko IP-a (eng. Internet Protocol), internet mreže. Možemo reći da je VoIP zapravo IP telefonija u kojoj se ne prenosi isključivo glas putem Interneta, već i glas i slika preko IP komunikacijskog kanala. Ova tehnologija u većini slučajeva pruža potpuno besplatan prijenos komunikacije s računala na računalo i povoljnije telefoniranje s računala na fiksnu ili mobilnu liniju.

Kod svih vrsta poziva, kao što su lokalni, međugradski ili međunarodni pozivi, VoIP osigurava komunikaciju koristeći postojeće fiksne mrežne konekcije i zamjenjuje standardnu telefoniju. VoIP sustavi koriste više vrsta protokola za uspostavu poziva a najčešći je SIP (eng. Session Initiation Protocol) koji služi za održavanje, uspostavu i modificiranje multimedijjskih podataka.

Korištenjem IP telefona i SIP protokola VoIP tehnologija vrši razmjenu glasovnih a i ostalih oblika prenošenja informacija koje se više ne prenose analogno, već se digitaliziraju, komprimiraju i pakiraju u neku vrstu paketa koji se pri pozivu prenesu kroz Internet vezu.



Slika 2. Način spajanja VoIP-a

Na prijašnjoj slici 2. lijevo je prikazana shema spajanja telefonskog uređaja prije VoIP-a a desno je shema za korištenje telefonskog uređaja putem tehnologije nove generacije. Najjednostavnije za objasniti korisniku je način spajanja takav da treba izbaciti djelitelj i umjesto njega telefonsku žicu spojiti na modem. Ovaj prikaz vrijedi za korisnike koji već koriste ADSL, odnosno posjeduju modem.

Prednosti VoIP-a su:

- Besplatni razgovori između povezanih lokacija
- Jeftiniji međunarodni pozivi
- Mogućnost kontroliranja troškova preko korisničkih stranica na internetu
- Veća sigurnost ostvarivanja glasovnog prometa
- Potrebna je jedna mrežna struktura za više kanala komunikacije
- Brža realizacija bilo kakvih zahtjeva koje korisnik uputi svom operatoru vezanih za telefonsku uslugu

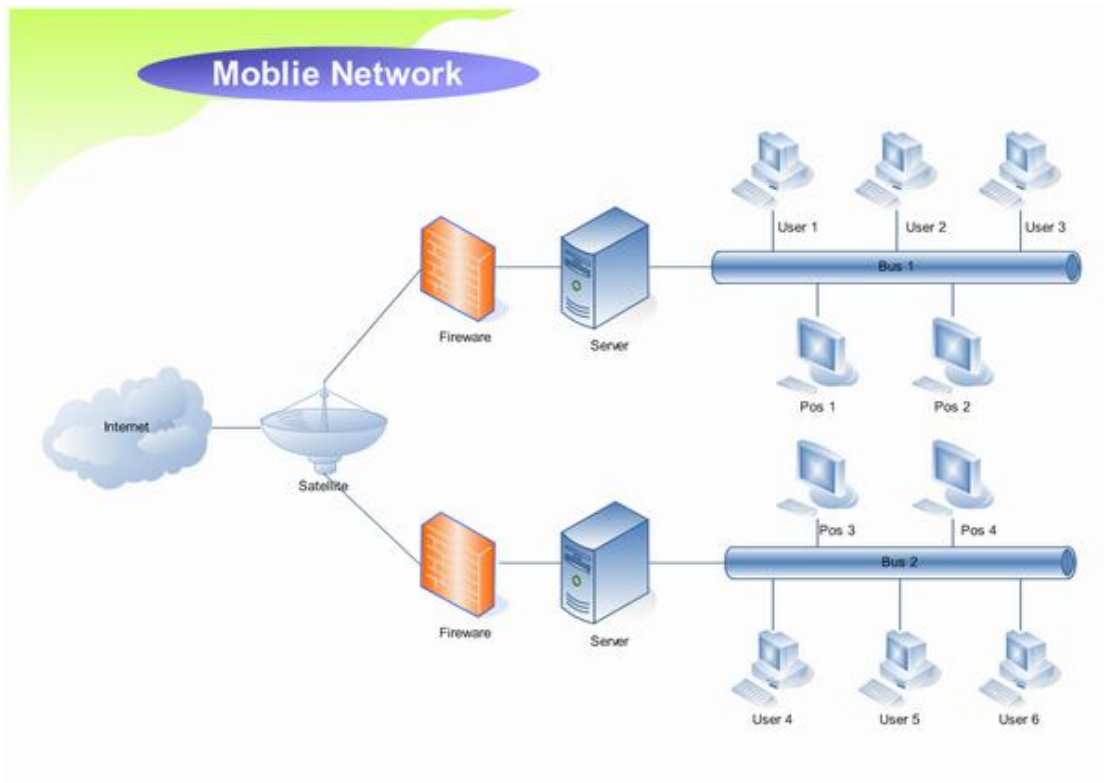
Glavna mana VoIP tehnologije je iznenadni nestanak struje na području na kojem se nalazi korisnik jer tada neće biti u mogućnosti obavljati telefonske pozive preko internet mreže.

Ova se tehnologija nove generacije koristi i u Hrvatskoj te većina operatora, posebice najrašireniji Hrvatski Telekom pokušavaju uvesti ovu tehnologiju za gotovo sve korisnike koji imaju tehničkih mogućnosti na svom području. Nastoji se unaprijediti i osigurati tehnički preduvjeti za digitaliziranu tehnologiju na svim područjima.

2.2. MOBILNE MREŽE

Mobilne mreže pokrivaju određeno područje, i korisniku omogućavaju pristup sa bilo kojoj lokaciji unutar područja pokrivenog signalom. Takav tip mreža, ukoliko je zatvoren, ima taj nedostatak što u principu ne možemo znati tko mu sve pokušava pristupiti. Čest primjer ovakvog problema nalazimo kod kućnih WLAN mreža, koje bi trebale biti privatne, no često

su nedovoljno zaštićene, mahom zahvaljujući samome korisniku, pa malo iskusniji korisnici mogu takav sigurnosni propust razmjerno lako i iskoristiti. Mobilne mreže ovdje nisu detaljnije obrađene, pošto su obrađivane u drugim poglavljima ovoga rada.



Slika 3. Prikaz mobilne mreže i kako funkcionira

Mobilna mreža kao na Slici 3. funkcionira na taj način da se podaci sa interneta do krajnjih korisnika prenose elektromagnetskim putem, tj. bežično. Podaci se elektromagnetnim putem prenose do servera, na koje su bežično preko sabirnica spojeni krajnji korisnici. Svaka bazna stanica ima određeni domet tako da se korisnik kada izlazi iz dometa jedne bazne stanice automatski prebacuje na drugu.

Neki od osnovnih pojmova mobilnih mreža mogu biti:

Mjerna jedinica kojom opisujemo rad mreže je bit tj. jedinica s kojom se izražava količina informacije, i bit/s tj. jedinica s kojom se izražava brzina prijenosa informacije.

Kvaliteta prenošenja podataka mrežom opisuje se s pomoću QoS (eng. Quality of Service - kvaliteta usluge) parametara. Pod tim parametrima razmatra se vrijeme kašnjenja podataka, pouzdanost i raspoloživost mreže, i neki drugi parametri koji mogu nepovoljno utjecati na kvalitetu pružene usluge.

Neke mreže ciljano mogu biti nedostupne ili zaštićene, i takav tip mreža nazivamo privatnim mrežama. Mreže ovoga tipa mogu biti dostupne samo onim korisnicima koji plate pristup, ili mreže koje su privatne i dostupne isključivo ciljanoj grupi korisnika. Ovakav tip mreža često se koristi u zatvorenim sustavima u kojima se pohranjuju osjetljivi privatni podaci, npr. banke. Javne mreže, kao što je npr. facebook, su s druge strane dostupne svim korisnicima. Osim toga, mreže se razlikuju i po mobilnosti na mobilne i fiksne mreže.

Poslužitelji (serveri) su posebna računala koji podatke istovremeno razmjenjuju sa velikim brojem korisnika.

Postoji mnogo različitih vrsta servera, a neke od njih su:

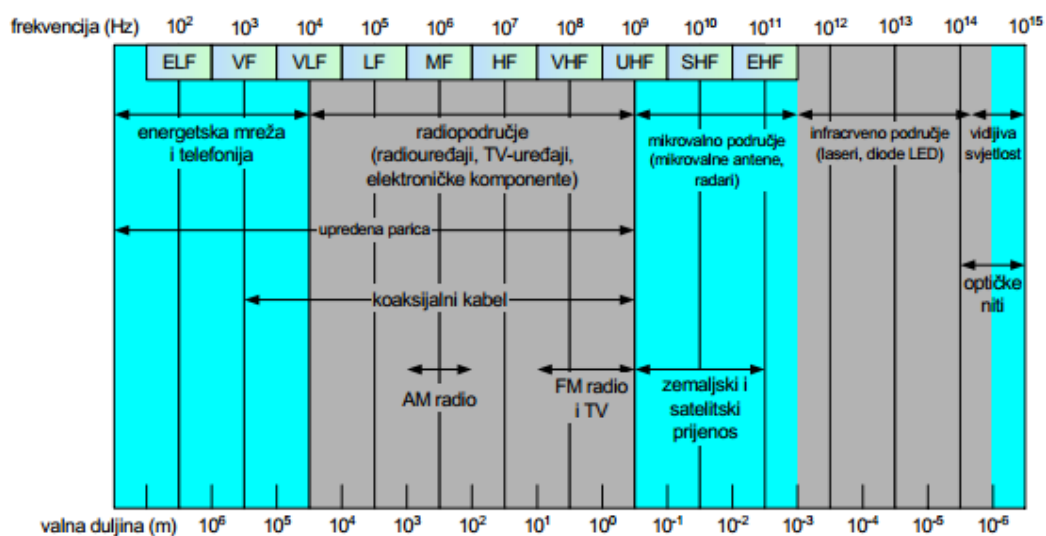
- Web serveri
- Serveri datoteka (eng. file server)
- Serveri elektronske pošte (eng. e-mail server)

Serverska računala po izgledu i performansama znatno variraju. U principu, bilo koje moderno stolno računalo može funkcionirati kao server, no serveri koji poslužuju velik broj korisnika traže specijaliziranu, kompliciranu i skupu opremu. Po potrebi, korisnik može zakupiti server. Tada se taj server koristi isključivo za pružanje usluge onome korisniku koji ga je zakupio, te mu se na taj način osigurava raspoloživost resursa samog servera u bilo kojem trenutku (npr. procesorska snaga, memorija, diskovni prostor, veza prema internetu i slično) i mogućnost prilagođavanja servera potrebama korisnika.

Aplikacijskim uslugama se najčešće smatraju informacijske, ali i komunikacijske usluge koje se nalaze na raspolaganju korisniku. Osnovna komunikacijska usluga je proces uspostave, održavanja i prekida veze između dva korisnika sa ciljem izmjene informacija, koji nazivamo pozivom.

Osim glasovnog, poziv može biti i podatkovni. Svrha podatkovnog poziva je u principu ista, s tom razlikom što se informacije ne prenose verbalnim putem, nego preko odaslanog paketa podataka. Ti podaci mogu biti u obliku teksta, glazbenog i video zapisa. Najnovija vrsta poziva je objedinjena audio-vizualna. Takvi pozivi predstavljaju posljednji doseg u komunikacijskim tehnologijama, jer uz to omogućuju i prijenos podataka, pa je taj sustav najkompletniji

Servis koji omogućava pristup internetu i pruža internetske usluge naziva se davateljem usluge, a vrlo je često je i vlasnik poslužiteljske infrastrukture.



Slika 4. Raspored različitih mreža po valnim duljinama signala

Na gornjoj slici 4. vidljivo je kako je frekventni pojas ograničen, tj. ne postoji beskonačni frekventni spektar koji bi dozvoljavao dodjeljivanje novog frekventnog pojasa svakoj novoj tehnologiji. Potrebno je pažljivo svakoj grupi sustava (npr. radar) dodjeljivati korišteni frekventni spektar tako da ne dođe do preklapanja frekvencija, a time i do pogreški.

Informacijski kanal (eng. information channel) se koristi za prenošenje klasičnih podataka. Moguće ga je definirati kao sredstvo za prijenos informacije kroz dvije točke u

mreži. Za primjer možemo uzeti točku A i točku B. Protok informacija moguće je samo u jednom smjeru, od točke A do točke B ili obratno od točke B do točke A jer je informacijski kanal u pravilu jednosmjernan. Primjeri prenošenja informacija na taj način mogu biti svjetlo koje putuje svjetlovodnom optičkom linijom ili na primjer signal koji putuje preko telefonske linije.

Osim toga, moguće je definirati i dvosmjerni informacijski kanal, što znači da su zapravo uspostavljena dva informacijska kanala od kojih jedan osigurava prijenos informacija od točke A do točke B, a drugi u suprotnom smjeru, od točke B prema točki A. Pri tome ne mora biti nužno da oba informacijska kanala budu izgrađena na istim fizičkim putovima kroz mobilnu mrežu.

Informacijski kanal moguće je promatrati na različitim razinama mreže. Taj kanal iako ne može sam po sebi prenositi kvantne informacije, može biti koristan kada ga se spoji s drugim kvantnim kanalima.

Prijenosni medij također predstavlja informacijski kanal. Svaki informacijski kanal promatran na višoj razini mreže i fizičkog aspekta sastoji se od lanca kanala.

Kada promatramo komunikacijski kanal bitno je spomenuti širinu prijenosnog pojasa. Ona se mjeri u hercima (Hz). To je maksimalna brzina prijenosa podataka od mreže ili internet veze. Mjeri se koliko podataka može biti poslano preko posebne mreže u određeno vrijeme.

Prijenosni pojas tj. propusni pojas spada pod jedan dio područja frekvencija unutar kojeg se nalazi kanal koji propušta pojedine frekvencijske komponente sa ulaza na izlaz i koje ima prigušenje manje od neke definirane vrijednosti. Taj pojas određuje se u skladu s prijenosnom funkcijom kanala koja u osnovi opisuje frekvencijsku ovisnost omjera napona na izlazu nekog linearnog, vremenski nepromjenjivog sustava i napona na njegovom ulazu.

Prijenosne kanale i kanale općenito možemo definirati većinom kao i LTE sustav. Gotovo svi realni kanali imaju poprilično nizak propust, to jest propuštaju signale koji imaju frekvenciju koja se nalazi unutar pojasa od 0 Hz do određene granične frekvencije ili pojasni propust koji propušta signale koji imaju frekvenciju unutar zadanog pojasa od f_0 prema graničnoj frekvenciji, to jest od frekvencije s 0 Hz do pozitivne granične frekvencije. Pri tome je f_0 sasvim dovoljno velika frekvencija.

Širina prijenosnog pojasa takvih kanala može se izraziti formulama:

$$B=f * g \text{ [Hz]} - \text{ za niski propust}$$

$$B=2 * f * g \text{ [Hz]} - \text{ za visoki propust}$$

Gdje su B širina prijenosnog pojasa; f frekvencija mreže; g (eng. gap) praznina ili procjep između kanala.

Graničnu frekvenciju možemo definirati na više različitih načina. Kod realnih kanala pretežno se koristi metoda frekvencija u kojima vrijednost amplitudnog spektra pada čak na polovicu od same vršne vrijednosti. Ta metoda naziva se metoda takozvane 3-dB točke. U tom slučaju se može prenositi i više kanala istovremeno samo jednim prijenosnim medijem. Takvu vrstu kanala nazivamo i podkanalima glavnoga kanala odnosno prijenosnog medija čije kanale treba međusobno odmaknuti da ne bi došlo do međusobnog ometanja.

Multipleksiranje (eng. multiplexing) – je metoda telekomunikacijskih i računalnih mreža u kojoj su više analognih poruka i digitalnih podataka kombinirani u jedan signal preko zajedničkih medija, to je ujedno i naziv za raspredanje kanala. Osnovni cilj je podjela troškova skupog resursa.

Multiplesor (eng. MUX – multiplexer) je uređaj koji omogućuje prijenos većeg broja kanala kroz jedan prijenosni medij istovremeno. On jedan od odabranih analognih ili digitalnih ulaznih signala prenosi u odgovarajuću liniju. Signal koji se nalazi na samom ulazu uređaja i koji obavlja modulacijski postupak zove se modulacijski signal. Djeluje na frekvenciju, amplitudu, fazu i njihove kombinacije te tako nastaje modulacijski signal.

Postoje tri osnovne vrste modulacijskih postupaka:

- amplitudna modulacija (eng. AM – Amplitude Modulation)
- frekvencijska modulacija (eng. FM – Frequency Modulation)
- fazna modulacija (eng. PM – Phase Modulation).

Kanali se multipleksiraju pomoću jedne od četiri koordinate prijenosa, i to:

- prostorom
- frekvencijom
- vremenom
- dinamikom

U jednom mediju može istovremeno postojati nekoliko frekvencijskih kanala, vremenskih kanala i kanala koji su raspregnuti po dinamici ako gledano na frekvencijsko raspreganje i raspreganja po vremenu i dinamici, a kod prostornog raspreganja može biti više podkanala, odnosno više prijenosnih medija koji zajedno čine jedan skupni kanal.

Translacija signala može se vršiti iz njegova najosnovnijeg pojasa do frekvencijskog područja i to se obavlja modulacijom. Kada se multipleksira veći broj određenih kanala na samo jedan medij, važno je da se frekvencijski pojasi kod modularnih signala ne preklapaju jedan s drugim jer je jedino na taj način moguće istodobno prenijeti veći broj frekvencijski odvojenih kanala kroz zajednički medij.

Nasuprotno Multipleksoru postoji i Demultipleksor (eng. DEMUX – demultiplexer). On se koristi za „vađenje“ odnosno odvajanje kanala koji se nalazi u agregatnom informacijskom toku i prenosi se određenim medijem između multipleksora i demultipleksora. Kod ovog uređaja prijenosni signal može biti i dvosmjernan i na taj način se raspregu smjerovi prijenosa kroz jednu uređenu paricu, koaksijalni kabel ili optičku nit, to jest kroz jedan medij.

Prijenosna brzina (eng. transmission rate) je najveći broj bita koje bilo koji prijenosni sustav može prenijeti u jedinici vremena između predajnika i prijemnika na krajevima prijenosnog sustava, obrnuto je proporcionalna trajanju bita i može se prikazati formulom:

$$R=1/T * b$$

gdje je R prijenosna brzina, T jedinica vremena i b najveći broj bita.

Kod prijenosnog kanala prijenosna brzina se uglavnom mjeri na ulazu u pretvarač u predajniku, to jest na izlazu pretvarača u prijemniku.

Bežična komunikacija se prvi put pojavila u vozilima državnih službi, poput policijskih vozila te vozila hitne pomoći gdje su se koristili dvosmjerni radio uređaji. Tada je sve to funkcioniralo kao posebna komunikacijska mreža iz koje nije bilo moguće obaviti telefonski poziv. G. Shapiro i Zaharachenko inženjeri, ruskoga podrijetla su 1946. godine testirali svoju verziju radio mobilnog telefon u automobilima. Njihova verzija se mogla samo povezati na lokalnu telefonsku mrežu unutar kruga od 20 km. Inženjeri tvrtke Bell Labs Douglas H. Ring i W. Rae Young su godinu dana poslije predložili upotrebu heksagonalne ćelije za mobilne telefone u automobilima. Njihov kolega iz tvrtke Phillip T. Portet je tada predložio revolucionarnu ideju koja nije bila izvediva radi nepostojanja tehničkih uvjeta niti su bile određene frekvencije koje bi se koristile. Bilo je predloženo da se odašiljač za svaku ćeliju smjesti u kut heksagona i da ima usmjerene antene koje bi primale i odašiljale u tri smjera prema tri susjedne ćelije. Tehnologija ćelija se prestala razvijati tek kada su Richard H. Frankiel i Joel S. Engel iz Bell Labs-a razvili potrebne tehničke uređaje u šestedesetim godinama dvadesetog stoljeća.



Slika 5. Radio telefon tj. dvosmjerni radio uređaj

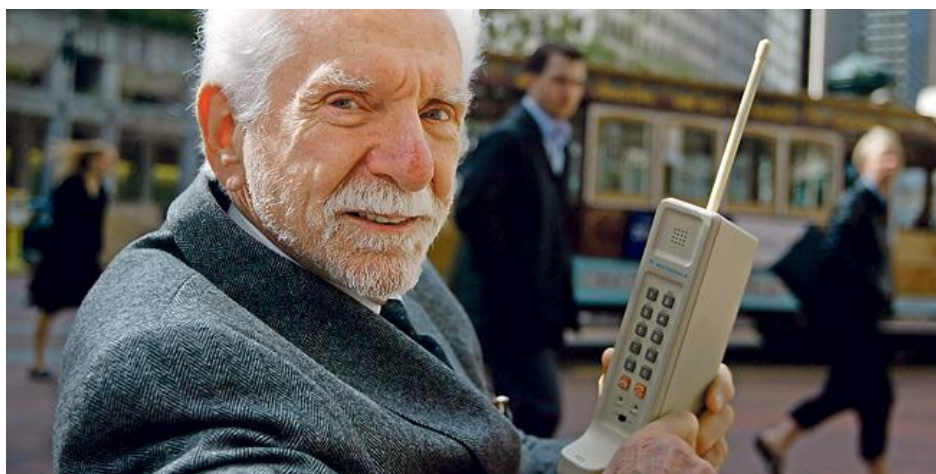
Na slici 5. gore prikazanje radio uređaj koji se pojavljivao u samim počecima telekomunikacija. U samom početku primjene koristio se u službenim automobilima a kasnije i u nekim privatnim vozilima, kod bogatijeg sloja društva.

Prvi djelomično automatski telefonski sustav za automobile pod nazivom MTA (eng. Mobile System A) izumljen je u Švedskoj. Korisnicima je bilo omogućeno komuniciranje sa

onim ljudima koji koriste javnu telefonsku mrežu a telefonski broj se impulsno birao. Koncept predaje poziva i ponovne upotrebe frekvencije iz jedne u drugu ćeliju kao i puno drugih koncepta koji su sastavni dio temelja moderne komunikacije mobilnim telefonima pojavili su se sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća.

Kako bi se omogućila mobilnost telefona kroz područje koje se proteže preko nekoliko ćelija bez gubitaka komunikacije tokom poziva 1970. godine Amos E. Joiles smislio je sustav automatske predaje poziva. Također 1971. godine tvrtka AT&T je podnijela zahtjev za produkcijom ćelija za mobitele federalnoj komisiji za komunikacije (eng. Federal Communications Commission - FCC). Prijedlog je dogovoren odobrenjem 1982. godine te je stvoren AMPS (eng. Advanced Mobile Phone System). Odabran je pojas frekvencija od 824 MHz do 894 MHz. Tako je 1990. godine analogni signal s AMPS-om zamijenjen je digitalnim signalom (eng. Digital AMPS). Od 1973. godine do danas proteže se glavni napredak mobilne telefonije. Martin Cooper, inženjer porijeklom iz Chicaga (prikazan na Slici 6.) zaslužan je za prvi mobitel. On je došao na ideju svog izuma promatrajući policajce iz Chicaga i komunikaciju između njih. Martin Cooper je radio za Motorolu koja je bila prva koja je proizvodila takve uređaje.

Leonid Kupriyanovich, mladi ruski inženjer, je 1957. godine izumio prijenosni telefonski uređaj i nazvao ga LK-1 ili radiofon koji se sastojao od malih slušalica opremljenih antenom i kružnog bročjanika za biranje brojeva i pomoću kojeg se komuniciralo s baznom stanicom. Uređaj je težio oko tri kilograma i radio u radijusu od dvadeset do trideset kilometara. Baterija mu je trajala dvadeset do trideset sati. LK-1 je bila temeljna stanica i mogla se povezati na lokalnu telefonsku mrežu i posluživati nekoliko korisnika.



Slika 6. Martin Cooper (rođen 26.12.1928.)

Na prijašnjoj Slici 6. je prikazan američki pionir i vizionar bežične komunikacijske industrije. Imao je jedanaest patenta i to upravo na tom području. Izmislio je prvi ručni mobilni telefon, bio je voditelj tima, u tvrtci Motorola, koji ga je realizirao i plasirao na tržište.

Tako je 1973. godina obilježena kao početak mobilne ere mobilnih telekomunikacijskih mreža. Također se nakon toga početka u Japanu započinje s radom na prvoj komercijalnoj mobilnoj mreži. Komercijalna mobilna mreža funkcionirala je na način da je na jednu baznu stanicu mogao biti spojen samo jedan korisnik. S vremenom to se promijenilo te je istovremeno moglo biti spojeno više korisnika na istoj baznoj stanici. Tako se došlo do 1979. godine kada je japanska mreža krenula sa radom te je sadržavala tek dvadeset i tri bazne stanice u glavnom gradu Japana, Tokiju. Relativno brz razvoj analogne mobilne telefonije dogodio se osamdesetih godina i u SAD-u. Tada su u Sjedinjenim Američkim Državama bili popularni mobilni telefoni u automobilima. Takvim aparatama mogli su se koristiti samo najbogatiji slojevi društava zbog iznimno visoke cijene takvih aparata.

Norveska, Švedska, Danska i Finska su 1981. godine pokrenule NMT (eng. Nordic Mobile Telephone) mrežu koja je predstavila pojavu mobilne tehnologije u Europi te se u roku nekoliko godina proširila po cijeloj zapadnoj Europi. U Hrvatskoj je prva bazna stanica NMT-a bila postavljena u Zagrebu, te je počela s radom krajem osamdesetih godina dvadesetog stoljeća. Pokrivala je područje tadašnje SR Hrvatske i SR Slovenije. Prve televizijske reklame za mobilne telefone u automobilima su se počele pojavljivati već 1990. godine. Uređaji su otprilike izgledali isto kao i prije deset godina budući da se nije ulagalo u njihov razvoj i tehnologiju.

U međuvremenu se u Americi upotrebljavao drugačiji standard analogne mobilne tehnologije, te on nije bio kompatibilan s onim u Europi. Priroda analognih mreža je općenito bila takva da kvaliteta poziva nije bila ni blizu ovoj koju poznajemo danas, a prekidanje razgovora je bila redovita pojava čak i kada ste imali jaki signal. Niska frekvencija, s druge strane, rada od 415 MHz, osigurala je osjetno veći domet signala nego kasnije GSM mreža koja je svoj rad započela na 900 MHz. Jednom baznom stanicom se moglo pokriti područje daleko veće od onog kojeg pokriva GSM signal.

U Finskoj se 1991. godine pokreće prva digitalna mobilna mreža nazvana finski GSM. Ta tehnologija je donijela iznimno bolju kvalitetu zvuka, razgovora i slanje SMS poruka.

Četiri godine kasnije ta mreža stiže i u Hrvatsku, a tvrtka Cronet postaje prvi operater u vlasništvu tadašnjeg HPT-a (skraćeno od Hrvatska pošta i telekomunikacije).



Slika 7. Prikaz mobilnih telefona kroz generacije izvedbe

Na gornjoj Slici 7. je prikazano kako su se mobiteli mijenjali kroz vremensko razdoblje u obliku, izvođenju antena te mogućnostima koja svaka generacija pruža od biranja korisnika, mogućnosti pristupa internetu, prikaz točnog vremena, određivanje pozicije putem GPS-a, upotrebi ekrana osjetljivog na dodir, vremenske prognoze, novih tastatura itd.

3. MOBILNE MREŽE KROZ GENERACIJE

Razvoj mobilne tehnologije možemo prikazati i objasniti kroz četiri najosnovnije generacije mobilnih mreža. Od one najprimitivnije prve generacije u kojima su uređaji bili nerazvijeni, skupi i nepraktični do generacije koja je trenutno vrhunac mobilne telefonije koju koristimo danas, a to je 4G mobilna mreža. U slijedećim poglavljima nastoji se objasniti i prikazati svaka pojedina generacija.

3.1. PRVA GENERACIJA MOBILNIH MREŽA – 1G

Tehnološki razvoj koji razlikuje prvu generaciju mobilnih telefona od prethodnih generacija gdje se koristio radio telefon je upotreba višestrukih ćelija i mogućnost prijenosa poziva iz jedne ćelije u drugu ako se korisnik kreće u području pokrivenom s nekoliko ćelija tokom razgovora. Prva generacija podrazumijeva analogne telekomunikacijske standarde uvedene 1980. godine. Jedan od takvih standarda je NMT (eng. Nordic Mobile Telephone) koji se koristi u nordijskim zemljama, Nizozemskoj, Švicarskoj, istočnoj Europi i Rusiji, a osim toga imamo i AMPS (eng. Advanced Mobile Phone System) korišten u sjevernoj Americi i Australiji. Osim toga bitno je napomenuti da je prvu komercionalnu mrežu ćelija zamislila i realizirala tvrtka NTT (eng. Nippon Telegraph and Telephone Corporation) 1979. godine u Japanu što je već spomenuto i u povijesnom dijelu. Glavna razlika između 1G i 2G mreže koja se uvodi kasnije je u signalu koji se koristi. Prva generacija koristi analogni signal dok se već kod druge generacije javlja digitalni signal. Kod prve generacije tj. 1G brzine variraju između 28 kbit/s i 56 kbit/s.

Kod osnovnih pojmova u prvoj generaciji mobilnih mreža javljaju se na primjer:

IMTS (eng. Improved Mobile Telephone System) – koji predstavlja standard razvijen šestdesetih godina. Ova tehnologija je imala odašiljač s jednom frekvencijom za slanje, drugom za primanje poruke. Podržavala je do dvadeset i tri kanala, pa su korisnici morali predugo čekati da im se oslobodi kanal. Susjedni sustavi morali su biti jako udaljeni radi jačine odašiljača kako bi se izbjegla interferencija. Ovaj sustav bio je nepraktičan i imao je ograničeni kapacitet.

NMT – kako je već prije napomenuto, koristi se u nordijskim zemljama, Švicarskoj, Nizozemskoj, istočnoj Europi i Rusiji. To je prvi u potpunosti automatski mobilni telefonski sustav. Temelji se isključivo na analognoj tehnologiji. Postoje dvije vrste NMT-a: NMT-450 i NMT-900. U početku NMT mobilni telefoni dizajnirani su za ugradnju u prtljažnike automobila. Postoje i prijenosne verzije ali one su prevelike i baterije su im slabog životnog vijeka. NMT-450 standard predviđa sto i osamdeset osnovnih radio kanala širine 25 kHz i dupleksnog razmaka 10 MHz u frekvencijskom području od 453.5 MHz do 457.5 MHz, odnosno od 463 MHz do 467.5 MHz.

AMPS predstavlja napredni mobilni analogni sustav razvijen u Bellovom laboratoriju (eng. Bell Labs). Službeno je uveden u Americi 1986. godine. Također AMPS je prva generacija mobilne telefonije koja koristi odvojene ćelije za svaki razgovor od kojih svaka koristi neki skup frekvencija. Zahtjeva znatnu propusnost za velik broj korisnika. Što su ćelije manje, mogućih korisnika je više te je tako povećan kapacitet sustava. AMPS standard definira šesto šestdeset i šest radio kanala koji su široki oko 30 kHz i imaju dupleksni razmak 45 MHz u frekvencijskom području od 825 MHz do 845 MHz, to jest od 870 MHz do 890 MHz.

TACS (eng. Total Access Communication System) – predstavlja zastarjelu verziju AMPS-a i korištena je u europskim zemljama. Postojala je mogućnost rada u frekvencijskom području koji se kreće od 800 MHz i 900 MHz. TACS standard specificira oko tisuću radijskih kanala, a njegova širina kanala je 25 kHz. Taj sustav ima dupleksni razmak 45 MHz u frekvencijskom području od 890 MHz do 915 MHz odnosno od 935 MHz do 960 MHz.

Tablica 1. Karakteristike standarda Prve generacije –1G

STANDARD:	AMPS	TACS	NMT
Frekvencijsko područje (MHz)	825-845 870-890	890-915 935-960	453-457,5 463-467,5
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 ovoj Tablici 1. dan je opis važnijih karakteristika pojmova koje smo naveli kroz opis prve generacije. Tablica 1. pokazuje 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. Takav razvoj tada je bio nužan radi sve većeg broja korisnika usluga. Ovim prikazom možemo primijetiti i razlike u kapacitetu i području pokrivanja, a prikazuje i koliko su sustavi u različitim standardima zapravo nekompatibilni. Istraživajući detaljnije o karakteristikama prve generaciji nađeni su podaci o svakom pojedinom sustavu koji se tada koristio i o njihovoj tehničkoj strukturi, te su ti podaci su dani u tablici iznad.

Imamo nekoliko nedostataka prve generacije mobilnih mreže o kojima se opisuje u slijedećem tekstu.

Osnovni nedostatak prve generacije mobilne tehnologije je korištenje analognog umjesto digitalnog signala. To je manje učinkovito sredstvo za prijenos informacija. Znatno je sporije, te signali ne mogu postići dovoljnu jačinu za pokrivanje nekih područja. Kod analognog signala češće se javljaju smetnje. Osim toga mobilni telefoni prve generacije su teži, slabijih tehničkih mogućnosti i znatno kraćeg životnog vijeka baterije. Kao način komunikacije koristili su se samo glasovni pozivi, multimedijske i tekstualne poruke još nisu bile razvijene i nisu se mogle koristiti. S obzirom da su to počeci mobilne tehnologije nije bilo ni prevelikog izbora mobilnih uređaja, ni što se karakteristika tiče niti u odabiru dizajna. Iako je ta generacija imala jako velik napredak i uvelike je pridonijela razvoju mobilne tehnologije i prijenosu informacija, zaista je daleko od onoga što koristimo danas.

3.2. DRUGA GENERACIJA MOBILNIH MREŽA – 2G

Glava razlika između prve i druge generacije mobilnih mreža je u signalu koji se koristi, prva generacija koristi analogni signal dok se već kod druge generacije javlja digitalni signal (npr. digitalno prenošenje govora). Osnovna značajka kod druge generacije je baziranost na digitalnoj tehnologiji. Osim digitalnog signala u ovoj generaciji je uveden sustav „telefon-prema-mreži“ (eng. phone-to-network) brzo signaliziranje. Najraširenija 2G tehnologija je GSM. GSM je osmišljen 1982. godine nakon što je osnovana udruga Groupe Speciale Mobile (skraćeno GSM), čiji je cilj bio osmisliti i postaviti najbitnije temelje buduće europske i svjetske mobilne komunikacije. Godine 1991. prva komercijalna GSM mreža počela je raditi u Finskoj.

Uvođenjem 2G sustava mobilni telefoni postaju manji i lakši (oko 100-200 grama). Ta promjena u težini nastala je radi znatnog napretka u razvoju tehnologije. Osim manje težine prednosti su i kvalitetnije baterije, učinkovitija elektronika i uvođenje većeg broja ćelija i odašiljača.

Osim navedenih postoje i brojne druge prednosti ovog sustava kao što su:

- Slanje tekstualnih poruka SMS-a (eng. Short Message Service)
- Korištenje multimedijskih sadržaja preko mobilnih uređaja
- Počeci korištenja preplaćenih mobilnih telefona
- Nagli porast uporabe mobilnih uređaja

Klasični GSM se može koristiti za jednostavnu upotrebu kao što je telefonski razgovor i slanje tekstualnih poruka, no daljnji razvoj tehnologija koje se temelje na infrastrukturi toga sustava osiguravaju i njegov opstanak u budućnosti. Na osnovu ove tehnologije kasnije se razvijao niz naprednijih načina komunikacije služeći se većim brzinama prijenosa podataka i boljim tehničkim svojstvima. Neke od tih tehnologija su na primjer EDGE, GPRS i UMTS.

Ove tehnologije predstavljaju skraćenice od engleskih riječi kao što su GPRS (eng. General Packet Radio Service), EDGE (eng. Enhanced Data Rates for GSM Evolution) i UMTS (eng. Universal Mobile Telecommunications System). Sve su to tehnologije koje se pri radu oslanjaju na postojeću, doradenu, GSM infrastrukturu. Najznačajnije svojstvo ovih tehnologija je znatno povećana brzina prijenosa podataka koja kod klasičnog GSM-a iznosi samo 9,6 kbit/s.

Kod osnovnih pojmova druge generacije susrećemo u daljnjem tekstu neke sustave.

D-AMPS (eng. Digital Advanced Mobile Phone System) – predstavlja sustav koji je osmišljen kao druga generacija AMPS-a. Imaju iste kanale, te jednake frekvencije. Razlika je u tome što je kod D-AMPS-a jedan kanal ima analogni prijenos odnosno signal, dok kod nasuprotnog kanala može biti i digitalni prijenos. Ovim toga bitna razlika između AMPS-a i D-AMPS-a je i u „handoff procesu“ što znači da D-AMPS sam utvrđuje kada signal slabi i javlja MTSO-u (eng. Mobile Telephone Switching Office), centralnoj tvrtki koja je odgovorna za međusobno povezivanje lokalnih i međugradskih poziva, te sa ostalim mobilnim centrima. Kod D-AMPSA, mobilni uređaji glasovni signal primaju mikrofonom, te se on nakon toga digitalizira. Brzina prijenosa je 8 kbit/s. Drugi naziv za D-AMPS je TDMA (prikazano na slici 7.)

GSM (eng. Global System for Mobile Communications) je napopularniji standard za sustave mobilne tehnologije u svijetu. Od D-AMPS-a se razlikuje u tome što su GDM kanali širi (200 kHz) pa je viša brzina prijenosa po korisniku. Kod GSM mreže mobilni telefoni traže

ćelije koje su u gotovo neposrednoj blizini uređaja i na taj se način povezuju na nju. Najveći polumjer koji ta mreža podržava je oko trideset i pet kilometara.

Ono što je bitno kod GSM-a je uvođenje SIM-a (eng. Subscriber Identity Module). SIM kartica je „pametna“ kartica u kojoj se nalaze najbitniji korisnički podaci kao što su podaci o njegovu broju, telefonski imenik itd. Glavna značajka SIM kartice je mogućnost prijenosa podataka s jednog na drugi mobilni uređaj.

Tablica 2. Komponente GSM mreže – prikaz GSM mreže kroz njene značajke i objašnjenje svake od njih

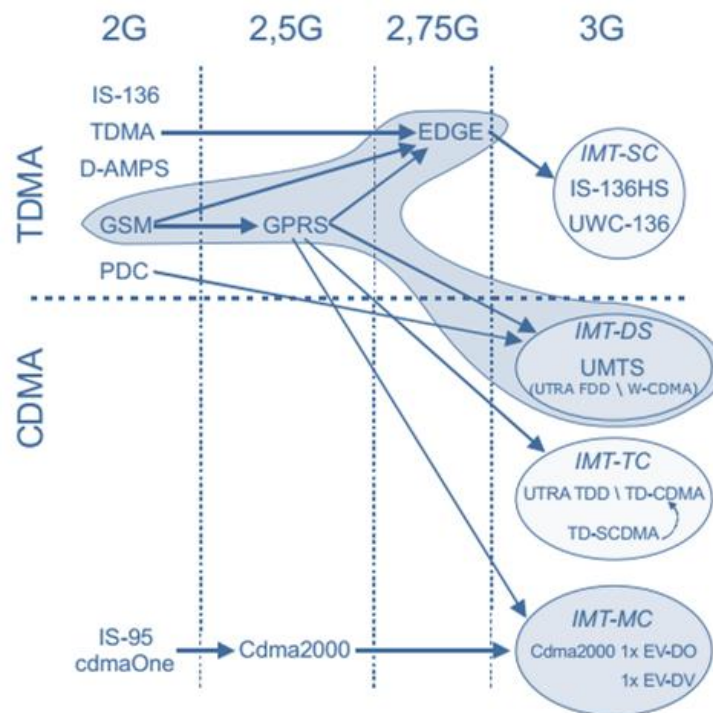
Komponente	Opis
<p>Podsustav bazne stanice (Base Station Subsystem)</p>	<p>Temeljne stanice i njihovi upravitelji</p>
<p>Podsustav za mrežu i prebacivanje (Network and Switching Subsystem)</p>	<p>Dio mreže koji je najslučniji fiksnoj mreži</p>
<p>GPS jezgrena mreža (GPRS Core Network)</p>	<p>Neobavezni dio koji omogućuje povezivanje na Internet</p>
<p>Potporni sustav operacija (Operations support system)</p>	<p>Podsustav koji se koristi za održavanje mreže</p>

GSM mreža može biti u više različitih veličina te se može napraviti podjelu na pet najosnovnijih veličina ovisno o ćelijama:

- Makro ćelije – ćelije u mobilnim mrežama koje pružaju radio pokrivenost danu od velikih baznih stanica. Osiguravaju veću pokrivenost nego mikroćelije. Antene makro ćelija smještaju se najčešće na krovove i ostale objekte na određenim visinama koje pružaju jasan pogled na okolni teren.
- Mikro ćelije – ćelije koje pružaju pokrivenost malih mobilnih stanica, koje obuhvaćaju manje područje kao što je trgovački ili poslovni centar, određene ulice i drugo. Antena se nalazi nešto niže nego antene makro ćelija, to jest nešto ispod krova što omogućuje veću zaštitu i manje smetnje uzrokovane okolinom. Pokrivaju otvoren prostor do trideset i dva kilometra ali najčešće puno manje. Pokrivaju najčešće susjedne zgrade i ulice.
- Piko ćelije – ćelije čije bazne stanice pokrivaju malu površinu, kao što su manje zgrade, uredi, željezničke ili autobusne stanice, zrakoplovi i slično. Najčešće se koriste kako bi se signal doveo u zatvorena područja u kojima vanjski signali ne dopiru dovoljno ili kako bi se pojačao kapacitet mreže u područjima gdje je prijenos podataka gušći, to jest gdje je vanjska mreža opterećenija.
- Femto ćelije – ćelije dizajnirane za korištenje u kući ili u poslovnom okružju kao što su male tvrtke. U takvom okružju one omogućuju povezivanje i proširenje mreže na mjestima gdje bi njen pristup bio ograničen ili nedostupan. Takav koncept primjenjiv je u svim sustavima o kojima se govorilo u prethodnom tekstu.
- Ćelije „kišobran“ – to su ćelije koje su zadužene za pokrivanje takozvanih rupa između ostalih ćelija. Ćelija kišobran ili krovna ćelija pokriva nekoliko mikroćelija.

CDMA (eng. Code Division Multiple Access) predstavlja metodu pristupa kanalima za komunikaciju preko radio signala. To je primjer višestrukog pristupa u kojem nekoliko odašiljača mogu slati podatke istovremeno u jednom komunikacijskom kanalu. Osnovna razlika CDMA s D-AMPS-om i GSM-om je da ne dijeli rang frekvencije na kanale, odnosno više mobilnih uređaja mogu koristiti iste frekvencije te svi uređaji mogu stalno biti aktivni jer kapacitet mreže ne ograničava broj aktivnih uređaja. Višestruki istovremeni prijenosi se odvijaju pomoću korištenja teorije kodiranja.

PDC (eng. Personal Digital Cellular) predstavlja telekomunikacijski standard druge generacije korišten u Japanu, sličan je D-AMPS-u i GSM-u. Razvijen je u Japanu 1991. godine gdje se najčešće i koristi. Karakterizira ga korištenje metode TDMA (eng. Time Division Multiple Access). To je metoda pristupa komunikacijskim kanalima koja omogućuje da nekoliko korisnika koriste isti frekvencijski kanal podjelom u vremenske odsječke (eng. time slots).



Slika 8. Razvoj mobilnih komunikacija od 2G do 3G

Na gornjoj Slici 8. Prikazan je grafički prikaz razvoja telekomunikacije između druge i treće generacije prema načinu multipleksiranja komunikacijskog kanala i prema

generacijskoj klasifikaciji. Vidljivo je također da je između tih generacija bilo i podgeneracija koje je također bitno napomenuti. Tamnijom bojom su posebno objedinjene one tehnologije koje su porijeklom iz GDM-a.

Neki od osnovnih nedostataka druge generacije objašnjeni su u slijedećem tekstu.

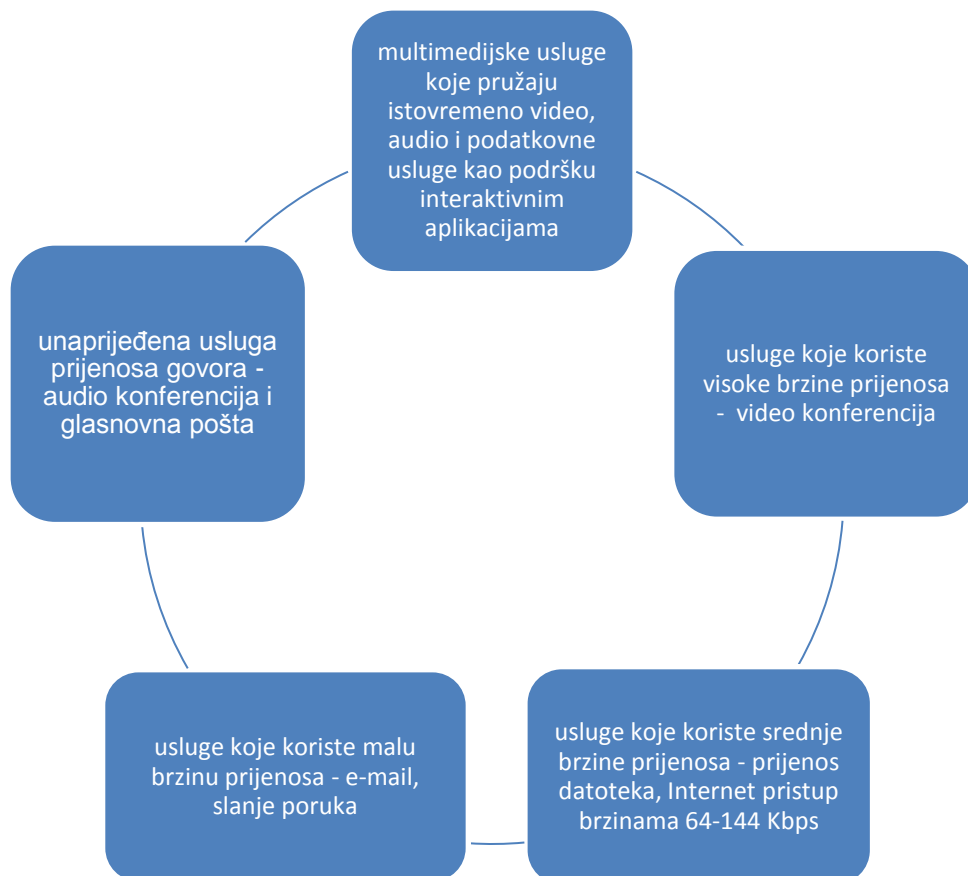
Kod slabije naseljenih područja slabiji je i digitalni signal pa se teže prenosi s mobitela na bazne stanice. Ti problemi se uglavnom javljaju kod većih frekvencija. Uz to velik problem predstavljaju i političke situacije u različitim zemljama ovisno o zakonima koji su doneseni vezano za samu rasprostranjenost 2G mreže. Tu se javljaju problemi s komunikacijama dok se korisnici nalaze u „roamingu“ (komunikacija s stanom zemljom) jer sučelja često nisu kompatibilna jedna s drugim. Digitalni signal je kvalitetniji i puno bolji kod povoljnih uvjeta, ali problemi nastaju u trenutku kad uvjeti i nisu tako povoljni. U takvim situacijama digitalni signal ima povremene prekide i onda se prednost daje analognom signalu. Osim toga nedostaci druge generacije su i kod ostvarivanja većih brzina prijenosa podataka jer se radio kanali koriste samo za potporu glasovnih usluga, a kod ostalih usluga je to ograničeno. Što se multimedija tiče, to je još jedan od nedostataka ove generacije, točnije ona uopće ne podržava slanje multimedijskog sadržaja.

U naprednije tehnologije druge generacije ubrajaju se i 2.5G mreže koje u uvod u nešto bolje.

To je generacija koja prethodi trećoj generaciji mobilnih mreža. U njoj su uključene sve nadogradnje koje su napravljene u 2G mreži. Ne može se jasno definirati granica između 2,5G i 2G, ali može se reći da ukoliko je uključena barem jedna od tada razvijenijih mobilnih tehnologija kao što su veće brzine prijenosa (eng. high speed), GPRS ili EDGE, onda se to radi o 2,5G GSM sustavu. Još jedna od 2,5G tehnologija je HSCDS koja nam pokazuje da mobilna stanica ne mora nužno koristiti samo jedan vremenski otvor, već da ih može koristiti i do četiri. Tom tehnologijom se mogu prenositi znatno veće brzine, čak i do 56.6 kbit/s. Još veće brzine prijenosa podataka omogućuje GPRS, u teoriji i do brzine od 115 kbit/s, ali tu su potrebna veća ulaganja i posebna hardverska nadogradnja 2G sustava. Nadogradnja koja omogućuje najveće brzine (do 384 kbit/s) prijenosa podataka je EDGE. Sve te nadogradnje uvode nas zapravo u mobilnu tehnologiju treće generacije.

3.3. TREĆA GENERACIJA MOBILNIH MREŽA – 3G

Evoluciju mobilnih mreža od 2G prema 3G karakterizira revolucionarna promjena fokusa sa isključivo glasovnih na multimedijske mobilne usluge. Sustav treće generacije će omogućiti veće brzine prijenosa i na taj način postaviti temelj mnogo širem spektru usluga kao što su prikazane u doljnoj blok shemi.



Slika 9. Karakteristične usluge 3G mreže

Treća generacija mobilne telekomunikacijske mreža, skraćeno 3G, je rezultat istraživanja provedenih osamdesetih godina dvadesetog stoljeća od Međunarodne Telekomunikacijske Unije (skraćeno ITU). Tehnički podaci i standardi razvili su se u roku od petnaest godina. Treću generaciju mobilne mreže karakterizira promjena fokusa odnosno usredotočenosti sa isključivo glasovnih na multimedijalne usluge. Po prvi put je u javnosti bila predstavljena pod imenom IMT-2000.

Prva testna 3G mreža je bila pokrenuta 1998. godine u Japanu pod nazivom FOMA (eng. Freedom of Mobile Multimedia Access). Pokrenula ju je telekomunikacijska tvrtka NTT Doco Mo. U Europi je prva testna 3G mreža bila pokrenuta od strane Manx Telekoma na jednome otoku u irskome moru. Ubrzo nakon toga 2001. godine Telenor je pokrenuo prvu komercijalnu uporabu 3G mreže bez komercijalnih i novčanih uspjeha. Nakon toga Južna Koreja komercijalno uspješno pokreće 3G mrežu u vlasništvu South Korea Telekoma.

Do danas je više od dvije stotine milijuna pretplatnika spojeno na mrežu, što je u svjetskim razmjerima malen broj. U razvijenim državama kao što su Japan, Južna Koreja te neke države Europe 3G mreža je prihvaćena ali je razvoj sveukupno veoma spor.

Najvažnije mogućnosti koje ova tehnologija nudi su širokopojasne brzine prijenosa podataka, video pozivi, mobilna televizija i slično. UMTS sustav u optimalnoj realizaciji teoretski može pružiti do 2 Mbit/s ali u praksi je realnije da će se to svesti na 384 kbit/s.

Kod osnovnih pojmova treće generacije mobilnih mreža susrećemo u daljnjem tekstu neke od ovih.

Treća generacija kao i prethodne ima više predstavnika kao što su UMTS (europski i japanski 3G), TD-SCDMA (kineski 3G), CDMA2000 (američki 3G) i WCDMA. Najčešći, to jest prevladavajući standard je UMTS čiji su najveći proponenti Ericsson i Nokia.

UMTS (eng. Universal Mobile Telecommunications System) – je sustav ćelija treće generacije koji se temelji na GSM standardu. Razvijen je i održavan od strane 3GPP-a tj. jednog od standarda kojim je UMTS pokriven. Drugi standard je globalni ITU IMT-2000. Standard UMTS pokriva bežičnu mrežu, mrežnu jezgru, te način na koji se vrši ovjeravanje korisnika u mreži. UMTS je skraćenica koju je uvela ETSI, dok izvan Europe rabe se FOMA ili W-CMDA. U promidžbi koristi se jednostavija skraćenica 3G. UMTS podržava maksimalne brzine prijenosa podataka od 42 Mbit/s

TD-SDMA predstavlja nacionalni standard 3G mreže koji se koristi u Kini. S tim u vezi TD-SCDMA je izabran da bi se odvojio od tehnologija na zapadu i da bi izbjeglo dodatne novčane iznose na patentne naknade. U siječnju 2009. godine Kina prihvaća također TD-SCDMA licencu od njihovog nacionalnog operatora.

WCDMA (eng. Wideband Code Division Multiple Access) – je multipleksiranje višestrukih korisnika na jedan ograničeni spektralni pojas. To je tehnologija širokopojasnih digitalnih radio komunikacija namijenjenih internetu, multimediji, videu i drugim zahtjevnijim aplikacijama. S velikom brzinom prijenosa do čak 2 Mbit/s, WCDMA sustavi omogućuju novu generaciju usluga namijenjenu korisnicima putem širokog raspona mobilnih uređaja. WCDMA upotrebljava tehnike promjenjive brzine prijenosa i nudi višestruke istodobne usluge u jednom terminalu.

CDMA 2000 je sustav koji se također temelji na WCDMA tehnologiji. Tako CDMA 2000 ima jači signal to jest sposobnost korištenja signala koji dolaze u prijemnike s različitim vremenskim kašnjenjima. U ruralnim područjima SAD-a CDMA 2000 nudi analogni sposobnosti koje GSM ne nudi. Ima vrlo visoki kapacitet tako da može smjestiti više korisnika po MHz propusnosti. Nedostatak ove tehnologije javlja se kod „roaminga“ jer CDMA 2000 uređaji koji se mogu koristiti u roamingu (komunikacija i pozivi iz i prema stranih zemalja) moraju imati i GSM radio signal.

Kao što druga generacija ima napredniju verziju 2.5G tako i treće generacija mobilnih mreža ima napredniju verziju 3.5G.

Inačica koje se nalazi između treće i četvrte generacije je 3.5G, a ona je dizajnirana na način koji osigurava bolju i kvalitetniju izvedbu 3G sustava. Kod 3.5G mreže javljaju se veće brzine prijenosa podataka nego kod treće generacije u počecima. Veća brzina omogućuje video pozive, online gledanje televizije i prijenosa uživo, kao i skidanja s interneta većih datoteka u kraćem vremenskom periodu.

4. 4G TELEKOMUNIKACIJSKE MOBILNE MREŽE

Pružanje komunikacijskih usluga danas je koncentrirano oko operatera mobilne mreže, koji najveći dio svoje dobiti bazira na prijenosu glasa. Multimedijalni pružaoci i davatelji usluga (eng. service providers) kupuju svoje informacije, tj. sadržaj kojeg onda preprodaju (npr. televizijske programe) preko svoje infrastrukture.

Zahtjevi koji su bili postavljeni pred 4G sustave su :

- Globalni roaming kroz različite mobilne mreže
- Velika brzina prijenosa podataka
- Multipleksiranje više vrsta usluga preko jedne veze
- Podrška simetričnog i asimetričnog prijenosa
- Kompatibilnost sa sustavima druge generacije
- Efikasnije korištenje frekvencijskog spektra

Četvrta generacija telekomunikacijskih tehnologija, ili skraćeno 4G je posljednja generacija u razvoju telekomunikacijskih tehnologija. Direktan je nasljednik 3G telekomunikacijskih tehnologija, i pruža širokopojasni prijenos podataka. Najčešće se koristi u prijenosnim računalima, USB bežičnim modemima, pametnim telefonima i sličnim prijenosnim uređajima. Osim toga, ovu je tehnologiju moguće primjenjivati i u IP (eng. Internet protokol) telefoniji, HD televiziji, video pozivima, 3D televiziji i umrežavanju računala.

Glavna razlika između 3G i 4G mreže su brzina prijenosa podataka, metode prijenosa, pristupna tehnologija za internet, kompatibilnost sučelja s okosnicom mreže, kvaliteta usluge i zaštita. Mreža 4G nastala je zahvaljujući sve većoj potražnji za paketnim sadržajem koji ne spada pod klasičnu glasovnu telefoniju. Kako mreža napreduje, tako će morati biti i dostupan sve veći izbor sadržaja, kako bi se zadovoljile potrebe korisnika. Evolucija mreža korisniku pruža sve više izbora. Također 3G komunikacije su visoke brzine (2 Mbit/s i više), kao i broadband servisi, kao što je poboljšana multimedija (npr. glasovni podaci i video itd.) privukli su sve više korisnika. Pružatelji usluga i mrežni operateri su tada već započeli sa

prihvatanjem 3G standarda, kako bi svoje tehnološki zahtjevnije korisnike doveli pred što veći izbor. Jednostavno rečeno, 3G bežični mrežni sustavi predstavljaju pomak od glasovno orijentiranih sustava prema multimedijalno orijentiranim servisima, kao što su video, podatkovni i glasovni promet. Daljnji razvoj 3G mreže pokazao je eksploziju osobnih komunikacijskih uređaja i sustava koji su uspostavili slobodu komunikacije kroz mobilnost kao i širokopojasni bežični (eng. wireless) multimedijalni servis. Uređaji koji podržavaju 3G mrežu su veći radi više software-a u svojoj unutrašnjosti.



Slika 10. Testiranje brzine rada mreže na 4G u odnosu na prijašnju 3G mrežu

S pomoću ovog mjerenja je ustanovljeno da je 4G mreža tri do četiri puta brža od 3G mreže i prema davatelju usluga (eng. upload) i preuzimanju podataka od davatelja usluga (eng. download).

Tablica 3. Usporedba treće i četvrte generacije - prikazuje usporedbu generacija kroz najbitnije značajke, iz tablice se vidi znatni napredak kroz generacije

MREŽNE ZNAČAJKE	3G MREŽA	4G MREŽA
Najbitnije usluge	Glasovni pozivi	Glasovni pozivi, podatkovni promet, multimedija
Osnovna mreža	1. WAN 2. Komunikacijski preklopnik	1. Širokopojasni IP 2. Paketno upravljanje
Mrežna arhitektura	WAN (upravljan celijama)	Integracija WAN/ WLAN
Brzine	384 kbit/s do 2 Mbit/s	20 do 100 Mbit/s mobile
Frekventni pojas	1800 do 2400 MHz	2 do 8 GHz
Širina frekventnog pojasa	5-20 MHz	100 MHz (ili više)
Preklopna tehnologija	Mrežno/ paketno	Digitalno upravljanje
Pristupne tehnologije	CDMA	OFDM i MC-CDMA
Ispravak greške	Omjer 1/2, 1/3	Shema koncentriranog kodiranja
Antenska tehnologija	Optimizirani dizajn, višepojasni adapteri	Pametne antene
IP mogućnosti	IP 5.0	Svi IPv6

4.1. SUSTAVI 4G MOBILNIH MREŽA

Dva najčešće korištena sustava su:

- Mobile WiMAX (eng. Mobile Worldwide Interoperability for Microwave Access – mobilna svjetska interoperabilnost za mikrovalni pristup) standard – prvi puta korišten u Južnoj Koreji 2006. godine
- LTE (eng. Long Term Evolution – dugoročna evolucija) standard – prvi puta korišten u Norveškoj i Švedskoj 2009. godine.

U Sjedinjenim Američkim Državama se WiMAX standard koristi od 2008. godine, a LTE standard od 2010. godine. U Europi se gotovo isključivo koristi WiMAX standard. Oprema rađena za različite države često nije kompatibilna, radi korištenja različitih frekventnih pojasa.

International Telecommunications Union-Radio communications sector (skraćena ITU-R) je 2008. godine izradio International Mobile Telecommunications Advanced (skraćena IMT-Advanced) specifikaciju, kojom je standardizirano da sve 4G mreže rade sa brzinama do 100 Mbit/s kod visoko mobilne komunikacije (npr. prilikom vožnje vlakom ili automobilom), te 1 Gbit/s kod nisko mobilne komunikacije (kao npr. prilikom pješaćenja, ili kod stacionarnih korisnika).

Od pokretanja prvih verzija Mobile WiMAX i LTE standarda do danas, pružena usluga nije dostigla propisanu brzinu od 1 Gbit/s, no i dalje se, usprkos tome, smatraju 4G sustavima, ponajviše zahvaljujući tome što ih ITU-R smatra naprednim, i velikim tehnološkim skokom u odnosu na posljednje verzije 3G sustava, i sve prethodne generacije mobilnih komunikacija. Razlog tome je taj što ITU-R nije propisao nikakvu službenu definiciju ili granice između različitih verzija mobilnog komuniciranja.

Glavni kriterij pri klasificiranju određenog sustava u generacije su očekivanja korisnika, koji između dvije generacije očekuje drastičan skok. Kada se pojave osjetne razlike između dva sustava, oni se svrstavaju u različite generacije. To znači da se stariji sustav i dalje koriste, a korisnik koji koristi taj stariji sustav, a samim time i pripadajuću infrastrukturu, dobiva opciju korištenja novijeg sustava i infrastrukture tek kada plati njeno korištenje kupovinom novijeg uređaja, koji ima opciju korištenja te novije infrastrukture.

Osnovni Mobile WiMAX i LTE standardi se i dalje koriste, no počelo ih se polako mijenjati sa novijim i poboljšanim inačicama, Mobile WiMAX izdanje 2 (eng. Mobile WiMAX release 2), te „Napredni LTE“ (eng. LTE Advanced) standardima. Od njih se očekuje potpuno zadovoljavanje IMT-Advanced propisa negdje tokom tekuće godine.

U kontrastu sa prethodnim generacijama, 4G sustavi ne podržavaju tradicionalnu telefoniju komunikacijskog preklopnika (eng. circuit – switched) ali zato podržava IP bazirane komunikacije, kao što je IP telefonija.

Trenutno je najbrži 3G bazirani standard HSPA+ (eng. Evolved High-Speed Packet Access – evoluirani više brzinski paketni pristup), koji je komercijalno dostupan od 2009. godine. Taj sustav nudi brzine od 28 Mbit/s prometa prema uređaju i 22 Mbit/s prometa od uređaja, što je sa najnovijom inačicom tog sustava poraslo na 42 Mbit/s prometa prema uređaju, pri korištenju jedne antene. Teoretska granica tog sustava je 672 Mbit/s, no ona nije dosegnuta. Brzine koje ovaj sustav pruža spomenut je kako bi se vidio kontrast između njega, i onoga što je ITU-R propisao preko IMT-Advanced specifikacija za 4G mreže:

- Sustav mora biti baziran na IP paketno upravljanoj mreži
- Sustav mora imati maksimalne brzinu do 100 Mbit/s kod visoko mobilne komunikacije (npr. prilikom vožnje vlakom ili automobilom)
- Sustav mora imati maksimalne brzinu do 1 Gbit/s kod nisko mobilne komunikacije (npr. hodanja ili mirovanja)
- Sustav mora biti sposoban dinamički dijeliti i koristiti mrežne resurse kako bi podržao više korisnika po jedinici
- Sustav mora koristiti frekventni pojas od 5 do 20 MHz, a po potrebi i do 40 MHz
- Sustav mora biti izveden tako da 1Gbit/s prometa prema uređaju mora biti moguće izvesti u frekventnom pojasu ne širem od 67 MHz

- Sustav mora biti izveden tako da je prijelaz preko heterogenih mreža dostupan i bez prekida u komunikaciji
- Sustav mora biti sposoban pružati visoko kvalitetnu uslugu za multimedijalnu podršku nove generacije



Slika 11. WiMAX bazna stanica sa sektorskom antenom i modemom

4.1.1. WiMAX SUSTAV

WiMAX je naziv za razne kompatibilne protokole i standarde, skupno nazvane IEEE 802.16. Originalni IEEE 802.16 standard naziva se Fixed WiMAX, i bio je objavljen 2001. godine. Mobile WiMAX je revizija koja je poboljšala cjelokupni sustav i približila ga željenim standardima, a koristi se od 2011. godine. IPTV sustav je sistem kod kojeg se televizijski signal dobiva preko paketa dostavljenih na određenu IP adresu

Tablica 4. Razlike između različitih izdanja WiMAX sustava.

Maksimalni promet	WiMAX rev. 1	WiMAX rev. 1.5	WiMAX rev. 2
Prometa prema uređaju	37 Mbit/s	83 Mbit/s	110/ 183/ 219/ 365 Mbit/s
Prometa od uređaja	17 Mbit/s	46 Mbit/s	70/ 188/ 140/ 376 Mbit/s

U gornjoj Tablici 4. vidimo prikaz brzina prijenosa podataka kod različitih izdanja WiMAX sustava. Vidljiv je velik porast u brzinama kod svakog novog izdanja, no i velike razlike u brzinama prijenosa podataka od i prema uređaju.

WiMAX, kao i sve njegove varijante i revizije (npr. WiMAX2) ponekad se nazivaju „WiFi na steroidima“, no pružaju mogućnost rada na mnogo većim udaljenostima. U gornjoj tablici prikazane su brzine prometa prema uređaju i prometa sa uređaja za različita izdanja

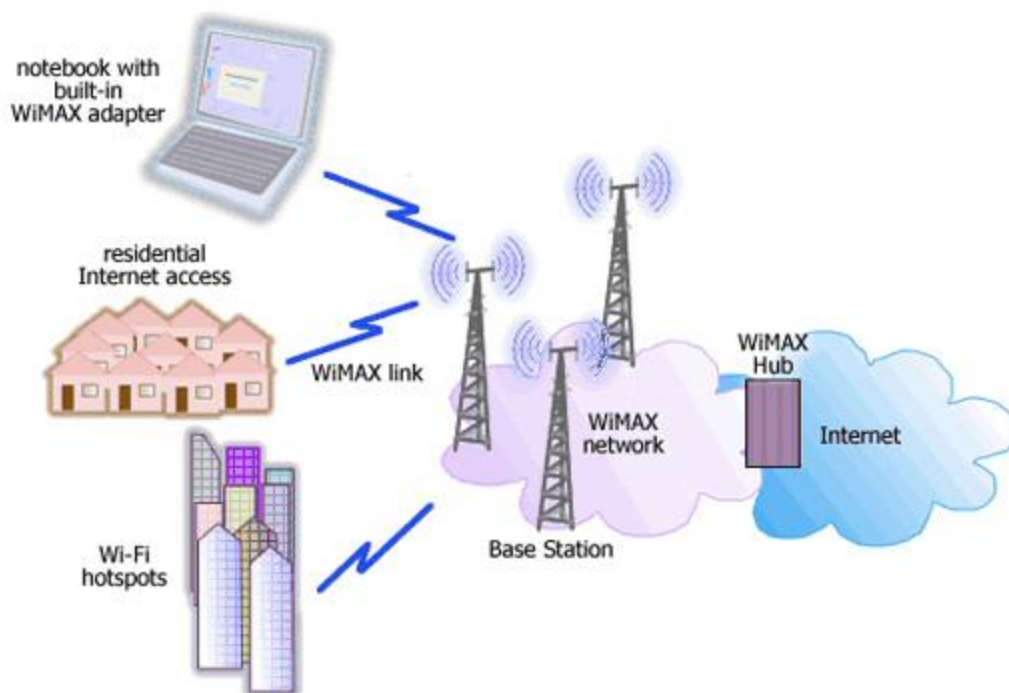
WiMAX sustava. WiMAX rel. (release) 2 tj. izdanje 2 je posljednja inačica, i vidimo da za nju postoji više brzina. Dostupna brzina ovisi o MIMO (eng. Multiple-Input Multiple-Output), tj. matematičkom modelu komunikacijskog sustava s više prijamnih i odašiljačkih antena.

Bežična MIMO tehnologija koristi pojavu tzv. "višestrukih puteva" (eng. multipath) širenje signala za povećanje propusnosti i dometa signala ili smanjivanja pogrešaka kod prijenosa podataka, dok tradicionalna SISO tehnologija (eng. Single-Input Single-Output) pokušava eliminirati efekte multipath širenja signala.

Domet i frekventni raspon WiMAX sustava čine ga pogodnim za primjenu u slijedećim situacijama:

- Pružanje mobilne širokopojasne povezivosti na području velikog radijusa
- Pružanje bežične alternative DSL sustavima
- Pružanje VoIP i IPTV usluga
- Pružanje internetskih usluga

Mobilni WiMAX osmišljen je kao kandidat za zamjenu nekih telekomunikacijskih tehnologija koje se koriste u mobilnim telefonima, kao što su GSM i CDMA, ili može biti korišten kao dodatak za povećavanje kapaciteta. WiMAX direktno podržava tehnologije koje imaju tripple – play mogućnost. Pod tripple play misli se na pružanje usluga kao što je IPTV, koje su zahtjevne po pitanju potreba za širinom frekventnog pojasa, brzog pristupa internetu i televiziji, te klasična telefonija.



Slika 12. WiMAX mreža

Kod ove Slike 12. vidljivo kako ide signal od korisnika prema mreži preko raznih baznih stanica i dalje gdje je potrebno, npr. do IT oblaka (eng. IT cloud).



Slika 12. WiMAX USB modem (objašnjen u tekstu ispod)

Uređaji koji omogućuju spajanje na WiMAX mrežu poznati su kao SS (eng. Subscriber Stations – korisničke stanice). Prenosive jedinice uključuju USB modeme, odvojene modeme, kao i modeme koji su integrirani u uređaje (npr. modemi u prijenosnim računalima). Takvi su se modemi počeli sve češće, uz stolna računala i tablete, pojavljivati i u igračim konzolama. USB modemi česta su pojava u kombinaciji sa prijenosnim računalima koja nemaju integrirani modem, te tabletima.

Opremljeni su sa višesmjernom antenom kako bi se što lakše ostvarila konekcija. Osim navedenog, postoje i eksterni modemi, koji su u prosjeku veličine stolnog računala, i omogućavaju fiksiranje na otvorenoj površini. Otporni su na sve vanjske utjecaje, ali često zahtjevaju profesionalnu pomoć za instalaciju, pošto je postupak konfiguracije sličan postavljanju i konfiguriranju satelitske antene. Ovaj tip uređaja, zahvaljujući nešto većoj snazi i pozicioniranju na otvorenom prostoru ima i veći domet, no na uštrb jednostavnosti i prenosivosti.

Većina WiMAX modema je ipak izvedena u obliku odvojene samostojeće jedinice. One su vrlo praktične, no uređaji toga tipa na zatvorenim mjestima gube povezanost, pa se uređaji uglavnom nalaze u blizini prozora ili na nekom drugom mjestu gdje uređaj ima najbolju konekciju sa sustavom. Povezani su izravno na računalo, a često su opremljeni i sa analognom telefonskom konekcijom kako bi se pružila opcija VoIP poziva.

Prvi mobilni telefon koji je koristio WiMAX na razvio je HTC, i na tržište ga plasirao 2008. Godine. Telefoni uglavnom kombiniraju i 3G i 4G mreže. 4G pruža buno bržu i kvalitetniju vezu, no 3G je još uvijek puno rašireniji, iako ga 4G polako mijenja.

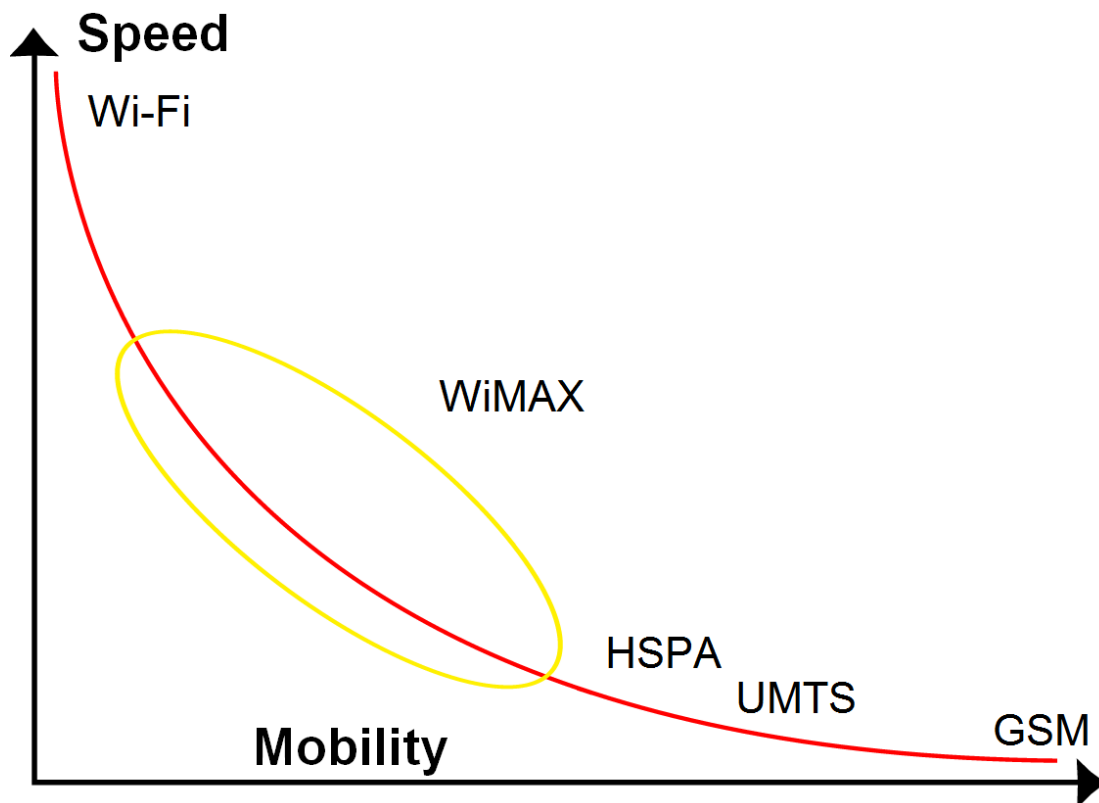
WiMAX forum tvrdi da je po podacima za 2010. godinu zabilježeno petsto devedest i dva WiMAX fiksnih i mobilnih mreža rasprostranjenih u preko sto četrdeset i osam država po diljem svijeta, te da pokriva preko šesto dvadeset i jedan milijun korisnika. U samo godinu dana, taj se broj popeo na osamsto dvadeset i tri milijuna ljudi, a trenutno se ta brojka kreće negdje oko jedne milijarde.

WiMAX postoji u dvije varijante:

802.16d – DSL replacement – Ova varijanta WiMAX-a nastala je kao razvoj originalnog WiMAX sustava, sa ciljem da nametne ekvivalent DSL sustavu. Ova verzija WiMAX sustava može teoretski doseći brzine od 75 Mbit/s. Radijus djelovanja jedne ćelije je do sedamdeset i pet km.

802.16e – mobile – Iako je 802.16/ WiMAX je originalno osmišljen kao fiksni sustav, ova je verzija doručena i kako bi uslugu prijenosa podataka velikom brzinom omogućila i ljudima u pokretu. Trenutno omogućuje korisnicima pristup ćeliji sa više lokacija, a planira se i daljnja dorada sustava koja bi omogućila neosjetan prelazak iz područja djelovanja jedne ćelije u područje djelovanja druge. Ova verzija WiMAX sustava može teoretski doseći brzine od 15 Mbit/s. Radijus djelovanja jedne ćelije je od dva do četiri km.

Na slici 9. ispod je vidljiv odnos između brzine i mobilnosti sustava. Glavni konkurenti WiMAX sustava unutar tržišta su Universal Mobile Telecommunications System (skraćena UMTS), CDMA 2000, te postojeće Wi-Fi mreže. U budućnosti se očekuje formiranje konkurencije oko 4G tehnologija, visoke širine prijenosnog pojasa, niske latentnosti, i svih ostalih prednosti koje taj sustav nudi. WiMAX definitivno predstavlja veliku prijetnju DSL sustavima i klasičnoj telefoniji. No, iako je sposoban razviti značajne brzine u odnosu na druge sustave koji se koriste u mobilnim uređajima, LTE sustav se još uvijek smatra standardom u toj primjeni.



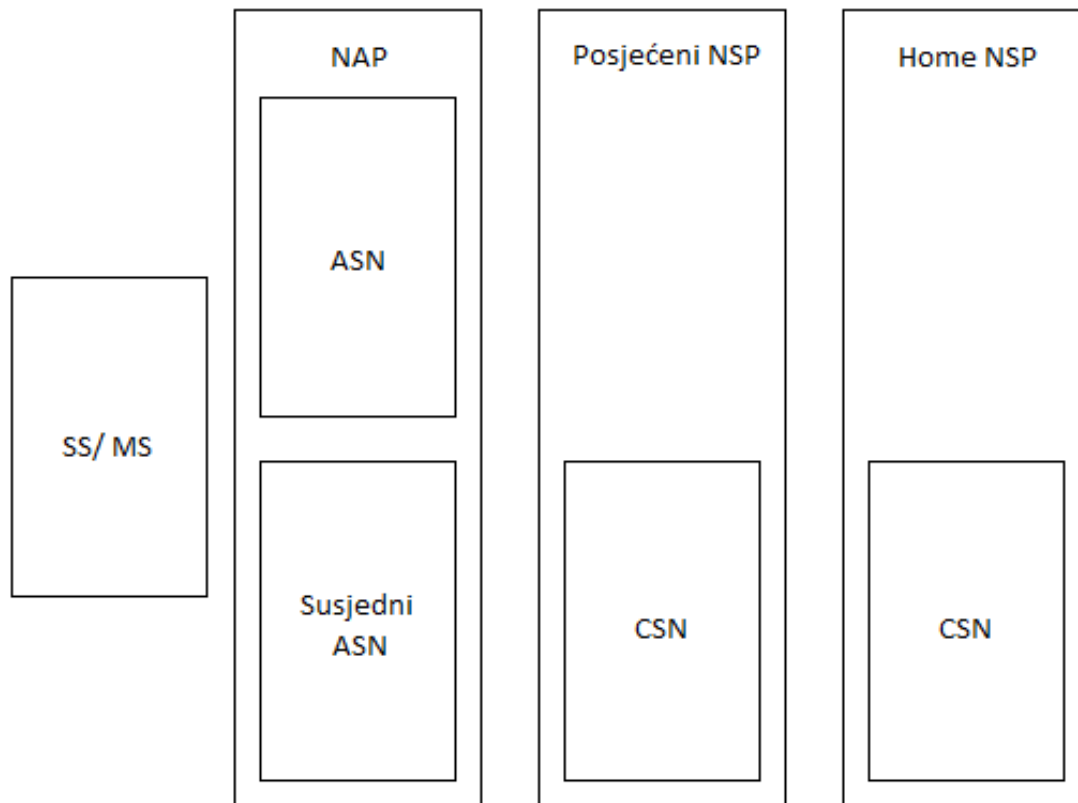
Slika 14. Odnos između brzine i mobilnosti sustava

Na gornjoj Slici 14. je prikazan odnos maksimalne brzine koju određeni standard može postići, i njen utjecaj na mobilnost standarda. Što je neki standard brži, to ima manju pokrivenost, tj. manju mobilnost.

Usporedbe, kao i mješanje, kod WiMAX i WiFi (eng. Wireless Local Area Network) tehnologija vrlo su česte, ponajviše zahvaljujući tome što se obje tehnologije dovode u vezu sa bežičnim povezivanjem i internetskim pristupom.

Razlike ovih mreža jesu:

WiMAX je dalekometni sustav koji pokriva više kilometara, koji koristi zaštićeni ili ne zaštićeni spektar kako bi pružao mogućnost spajanja na mrežu, najčešće internet. WiFi je sustav kratkog dometa koji pruža konekciju na lokalnu mrežu. WiFi koristi CSMA/CA (eng. Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) protokol kod kojeg ne postoji konekcija i baziran je na sadržaju, dok WiMAX koristi konekcijski orijentirani MAC protokol (eng. Medium Access Control) tj. protokol čija je svrha stvaranje sloja podatkovne veze između LAN sustava i enterneta .



Slika 15. WiMAX arhitektura – (objašnjena u tekstu ispod)

WiMAX arhitektura je unificirana arhitektura koja podržava fiksni i mobilni rad. Mrežna arhitektura WiMAX sustava je bazirana na potpunom IP modelu. Sastoji se od tri vitalna dijela:

- RMS (eng. Remote or Mobile Stations) – predstavlja korisničku opremu koja može biti fiksna i mobilna, na javnom mjestu ili privatno
- ASN (eng. Access Service Network) – Ovaj dio WiMAX mreže formira radio pristupnu mrežu, i obuhvaća jednu ili više baznih stanica, te jedan ili više ASN ulaza (eng. gateway)
- CSN (eng. Connectivity Service Network) – Ovaj dio WiMAX mreže omogućava IP povezivost, te sve osnovne IP mrežne funkcije.

Svaka se WiMAX mreža sastoji od nekoliko različitih entiteta koji sačinjavaju gore spomenute djelove.

- SS/MS (eng. Subscriber Station/ Mobile Station) – predstavlja korisničku stanicu koja može biti vanjska i unutarnja te nepokretna i pokretna. Vanjska stanica, zahvaljujući tome što nije ograničena zidovima ili sličnim preprekama može razviti veći domet unutar kojeg hvata signal, no njena je instalacija komplicirana jer traži konfiguraciju sustava, sličnu kao i pri postavljanju satelitske antene. Unutrašnja stanica ima manji domet, ali je u pravilu jednostavnija, manja, te vrlo jednostavna za instalaciju i za korištenje. Izvedena je po sustavu „uključi i igranj“ (eng. plug n' play system).
- BS (eng. Base Station) – Čini baznu stanicu koja je osnovni element WiMAX sustava. Njen je osnovni zadatak stvaranje sučelja između korisnika i mobilnih stanica. Osim toga, bazna stanica pruža i neke dodatne mogućnosti, kao što su automatske upravljačke funkcije, ručno upravljanje i okidanje, upravljanje radio resursima, provođenje QoS protokola, klasifikacija prometa, DHCP (eng. Dynamic Host Control Protocol) ovlaštenja, te upravljanje grupama korisnika.
- ASN Gateway, ASN-GW – ASN gateway („vrata ulaza signala“) se tipično koriste za prikupljanje prometa. Osim toga, može pružati i dodatne funkcije kao što su npr. komunikacija sa drugim baznim stanicama, autentikacija, autorizacija i upravljanje serverom, upravljanje radio resursima i njihovo doznačivanje, tajno skladištenje korisničkih profila i enkripcijskih ključeva, provođenje QoS protokola i slično.
- HA (eng. Home Agent, – „kućni agent“) je dio CSN-a. Kod mobilnog IP-a formira ključni element unutar WiMAX tehnologije, i surađuje sa „stranim agentom“ kao što je ASN Gateway, kako bi se postigla efikasna solucija za pokretne IP adrese. Služi i kao polazna točka za korisnike.
- AAA (eng. Authentication, Authorisation and Accounting Server) – Kao i kod svakog servisa koji zahtjeva pretplatu, koristi se ovaj sustav unutar CSN-a.

Kao i svaki drugi sustav, sigurnost je ključni element u WiMAX sustavu. WiMAX osiguranje mora biti izvedeno na taj način da pruža dovoljnu razinu zaštite protiv pokušaja upada u sam sustav, kao i sve druge oblike nedozvoljenog pristupa, izvedeno na taj način da ne ometa rad cjelokupnog sustava. Zaštita je ugrađena u sam sustav, tj. njegov je integralni

dio, kako bi se stupanj integracije sustava digao na što je veći mogući nivo i osigurao nesmetan rad. WiMAX koristi neke vrlo napredne tehnike zaštite kao što je PKMv2 autentikacijski protokol. Takvi protokoli znatno poboljšavaju nivo zaštite, no i dalje postoji potreba za prilagođavanjem sigurnosnih rješenja dizajnu cijelog sustava. Bitno je na umu imati i činjenicu da zaštita uvijek kaska za najnovijim metodama probijanja, tako da ne postoji savršeno zaštićena mreža.

Osim navedenog sustava zaštite, WiMAX koristi i IP, pa je potrebno ukomponirati i zaštitu za IP sustave. Ovakav tip sigurnosnih rješenja u sustav se ugrađuje prilikom njegove konstrukcije i konfiguriranja. Zahvaljujući tome, sustav je učinkovitiji, a s druge strane i manje invazivan iz perspektive korisnika. WiMAX sigurnosni elementi mogu se podijeliti na četiri cjeline:

- Autentikacija korisničkog uređaja
- Autentikacija korisnika na višoj razini
- Napredna enkripcija koja se odvija u toku rada
- Metode za osiguravanje kontrole i signalizacije IP – a

Svaki od navedenih WiMAX sigurnosnih područja je nužan za siguran rad sustava. Sigurnosni sustav radi po nekom redu, i ukoliko se redosljed provjeravanja izmješa razmjerno je jednostavno zaobići i najbolje osiguranje.

Prilikom razvoja bilo kojeg sustava nužno je razumjeti ne samo načine, nego i sredstva pomoću kojih je moguće vršiti invazivne radnje nad sustavom. Projektiranju sustava pristupa se sa time u vidu.

Neke od najvećih prijetnji sustavu su:

- Sustav „čovjek u sredini“ (eng. Man – in – the – middle) – Ova vrsta sigurnosnog problema događa se kada je vanjska bazna stanica podešena na taj način da imitira korisnika, ili korisnika i baznu stanicu.
- Sustav „pada privatnosti“ (eng. Privacy Compromise) – Ova vrsta sigurnosnog napada događa se kada napadač preuzme korisnika i/ ili kada se signalni promet skreće preko wireless-a ili fiksne mreže.
- Sustav „krađa servisa“ (eng. Teft of Service) – Ova vrsta sigurnosnog napada odnosi se na korisnike koji imaju pristup određenoj mreži na čije korištenje nemaju pravo bez plaćanja.
- Fizičko ometanja rada mreže (eng. Denial of Service (physical)) - Ovaj tip sigurnosnog napada odnosi se na degradaciju kvalitete rada mreže, ometanjem konstrukcijskih dijelova mreže, npr. ometanjem korištenih radio kanala.
- Protokolarno ometanje rada mreže (eng. Denial of Service (protocol)) - Ova vrsta sigurnosnog napada odnosi se na korisnike.
- Sustav „ponavljanja“ (eng. Replay) – Ova vrsta sigurnosnog napada odnosi se na situacije u kojima se prethodno validne poruke ubace u sustav kako bi se iscrpili njegovi resursi, ili izbacilo valjane korisnike.

Ovo je generalni popis mogućih i najčešćih sigurnosnih problema. Sustav mora biti konstantno i istovremeno štice od takvih događaja kako bi se spriječio nelegalnopravljanje povjerljivih podataka klijenata, ili općenito nelegalan pristup i korištenje neke mreže.

WiMAX sustav uključuje nekoliko zaštitnih sigurnosnih mjera koje se koriste kako bi zaštitile sustav od neželjenih sigurnosnih prijetnji koje taj sustav ugrožavaju.

Postoji nekoliko ključnih protokola i standarda koji se koriste kao dio strategije zaštite sustava:

- PKMv2 – PKMv2 je kratica za Privacy Key Management Protocol verzija 2 koji se koristi kao glavni upravljački protokol za enkripciju, te za autorizaciju promjena ključeva za kriptiranje kod multicast i broadcast emitiranja.
- EAP – EAP je kratica za Internet Engineering Task Force, Extensible Authentication Protocol, tj. protokol koji se koristi za autentizaciju uređaja i korisnika.
- EAS – EAS je kratica za Advanced Encryption Standard. Koristi se za kriptiranje direktnih prijenosa.

Tokom rada sustava, koriste se različiti WiMAX sigurnosni mehanizmi, kroz nekoliko različitih stupnjeva odvijanja. WiMAX sigurnosna provjera je sposobnost mreže da se pobrine da su korisnik i korisnički uređaji legitimni korisnici povezani na internet. Ovaj sigurnosni korak koristi EAP jer pruža fleksibilan i mjerljiv okvir za provjeru korisnika i korisničkih uređaja.

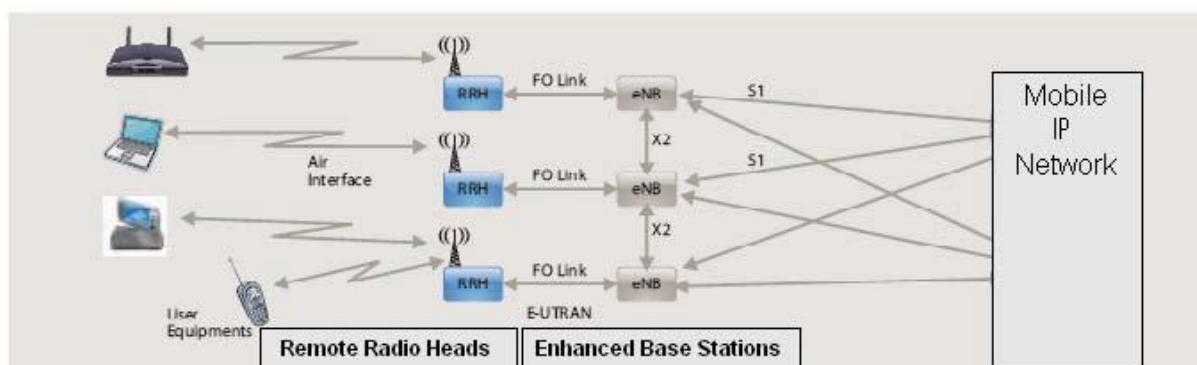
WiMAX sigurnosna enkripcija se koristi za kriptiranje emitiranog sadržaja. Ovaj mehanizam koristi Counter Mode u kombinaciji sa CCM (eng. Cipher Block Chaining Message) autentizacijskim kodom. Pomoću AES CCM kombinacije, pošiljaoc stvara unikatnu vrijednost prema paketu, te je šalje primaocu. Takav sustav sprječava Man – in – the – Middle napade, zato što je jako teško presresti i zamjeniti paket. Dodatna mjera uključuje korištenje TESM (eng. Traffic Encryption State Machine tj. mjerioca stanja enkripcije prometa) koji koristi periodički mjenjani ključni mehanizam kako bi omogućio kontinuirani prijenos podataka. WiMAX je sposoban u zaštitu uključiti nekoliko sigurnosnih mehanizama kako bi se održao visok nivo zaštite. Iako ne postoji sto posto uspješni sigurnosni mehanizam, WiMAX je po tom pitanju na zadovoljavajuće visokoj razini, i smatra se visoko sigurnim sustavom.

4.1.2. LTE SUSTAV

Godinama su glasovni pozivi dominirali u mobilnim telekomunikacijskim mrežama. Količina podataka prenošena mobilnim uređajima inicijalno je bila mala, no, naglim skokom u tehnologiji izrade uređaja došlo je i do značajnog porasta u prometu podataka. Do tog je povećanja djelomično došlo i zahvaljujući sve rasprostranjenijoj 3.5G telekomunikacijskoj tehnologiji. Najveći čimbenik u tom porastu bio je pojava prvoga Apple iPhone uređaja 2007. godine, nakon kojega su se vrlo brzo pojavili i uređaji bazirani na Google Android operativnom sustavu. Ti su, popularno zvani „pametni telefoni“ (eng. smartphone) uređaji bili puno svestraniji i dizajnirani za podržavanje aplikacija napravljenih od neke treće stranke. Takva nova percepcija mobilnog uređaja rezultirala je eksplozivnim rastom broja uređaja i dostupnih aplikacija. Porast prometa koji je pratio takav trend nadmašio je mogućnosti do tada korištenih 2G i 3G sustava mreža, te se pojavila potreba za novim sustavom koji bi podnio povećanu potražnju. Teoretski, taj je problem bilo moguće riješiti povećanjem kapaciteta postojećeg mobilnog komunikacijskog sustava. To se može postići na dva načina:

- Korištenjem manjih ćelija
- Povećanjem širine prijenosnog pojasa

Problem se javlja zbog toga što je dostupni spektar frekvencija konačan, pa se na ovaj način sustav može unaprijediti, ali nikako ne u onoj mjeri koja je tada bila potrebna, čak i bez uzimanja predviđanog rasta prometa u obzir. Takav trend bio je glavni razlog za uvođenje LTE sustava.

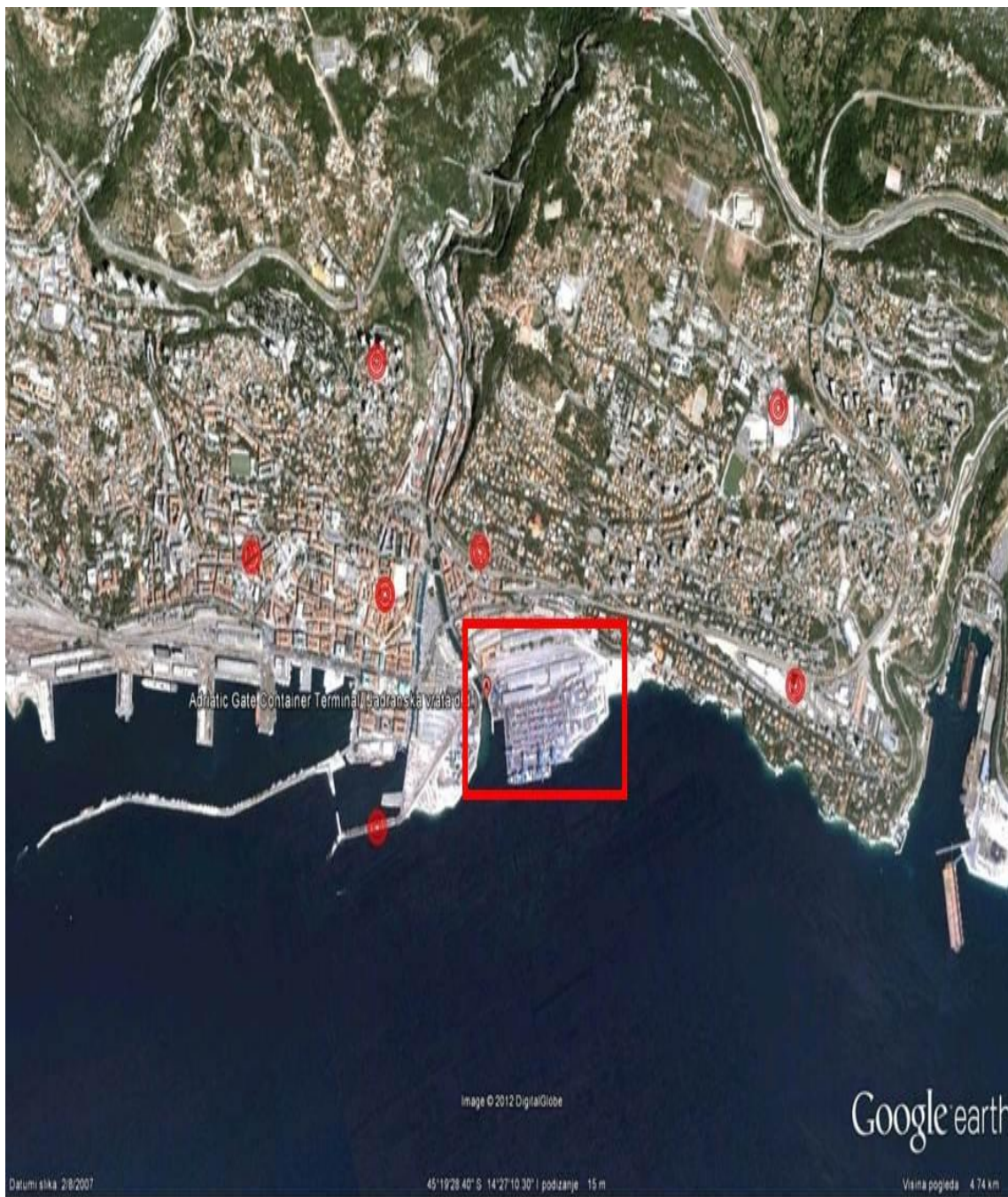


Slika 16. Sustavna arhitektura LTE sustava

Na ovoj gornjoj Slici 16. prikazan je dijagramu na kojem se vidi sustavnu arhitekturu LTE sustava. EPC (eng. Evolved Packet Core) je direktna zamjena za paketno upravljane domene kod UMTS i GSM sustava. EPC distribuira sve tipove informacija korisniku, kako glas tako i podatke, koristeći tehnologiju upravljanja koja je do tada služila isključivo za rad sa podacima. Glasovni se pozivi drugim riječima transportiraju koristeći VoIP protokole.

VoIP (eng. Voice over Internet Protocol) - je telekomunikacijska tehnologija koja omogućava prijenos zvučne i video komunikacije preko internetske mreže. Tehnologija je postala izuzetno popularna razvojem širokopojasnog interneta, jer u većini slučajeva omogućava besplatno telefoniranje na bilo koju udaljenost s računala na računalo te jeftinije telefoniranje s računala na mobitele i fiksnu liniju.

E-UTRAN (eng. Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network) upravlja EPC radio komunikacijama sa mobilnim uređajem. Ova je arhitektura razvijena kao dio dvije 3GPP komponente, i to SAE (eng. System Architecture Evolution) od koje je napravljena baza mreže, te LTE (eng. Long Term Evolution) koja pokriva pristupnu radio mrežu, sučelje, te sam uređaj. Bez obzira na to što je LTE samo jedna komponenta, ovaj je sustav dobio ime LTE.



Slika 17. Pokrivanje s baznim stanicama i ćelijama područje grada Rijeke 4G LTE mrežom

Na gornjoj Slici 17. dan je mogući prikaz pokrivanja 4G LTE mrežom grad Rijeku i to poglavito kontejnerski terminal na Brajdici.

Tablica 4. Razlike između LTE i LTE Advanced sustava

Karakteristike	LTE	LTE Advanced
Brzina prijenosa podataka prema uređaju	100 Mbit/s	1 Gbit/s
Brzina prijenosa podataka od uređaja	50 Mbit/s	500 Mbit/s
Širina kanala	20 MHz	40 MHz

Prvo izdanje LTE tehnologije ne zadovoljava IMT-Advanced standard. Razlog tome je taj što je ovaj sustav razvijen iz 3G sustava, imajući u vidu propise koji su vrijedili za 3G kasnih devedesetih godina prošloga stoljeća. Vršne vrijednosti ovog sustava prikazane su u gornjoj Tablici 4. koja vrijedi za kanal širok 20 MHz. Zahtjevi iz 1998. godine postavili su minimum od 600 Mbit/s brzine prometa prema uređaju, te 270 Mbit/s prometa od uređaja, za kanal širok 40 MHz. Kao što je vidljivo, takvi su zahtjevi daleko nadilazili mogućnosti osnovnog LTE sustava. No treba naglasiti kako ih je moguće i nadići, ukoliko se koriste MIMO (eng. Multiple-Input Multiple-Output, tj. „višestruko ulazno i izlazne“) antene. One

rade na taj način da kapacitet sustava raste proporcionalnobroju antena. Sam LTE sustav nastao je modificiranjem GSM/EDGE, te UMTS/HSPA sustava.

Takav napredak postignut je primjenom novih tehnika digitalne obrade signala, te pojednostavljivanjem mrežne arhitekture. LTE standard razvio je 3GPP (eng. 3rd Generation Partnership Project). Smatra se prvim globalnim standardom u mobilnoj telefoniji, bez obzira na to što različite države koriste različite frekventne pojase za rad sustava. To znači da će, bez obzira na to što svi mobilni telefoni rade na LTE standardu, samo oni koji koriste multi – pojasni uređaj moći svugdje nesmetano koristiti LTE. Bitno je za naglasiti da je LTE sustav nekompatibilan sa 2G i 3G sustavima.

LTE omogućuje alternativu VoIP sustavu, koja se naziva VoLTE. Osnovna razlika između ova dva sistema je u tome što VoIP za prijenos podataka koristi prebacivanjem velike količine „paketa“ sa podacima koristeći kao mrežu bilo koji sustav koji koristi IP adrese, dok je VoLTE signalni protokol koji omogućuje slanje glasovnih paketa preko 4G mreže. VoLTE koristi nekoliko subrutina, kao što su:

- SIP (eng. Session Initiation Protocol) – Sustav zadužen za uspostavu poziva.
- IMS (eng. IP Multimedia Subsystem) – Pruža konekcijske / gateway funkcije koje omogućavaju korištenje VoLTE sustava sa samim VoLTE sustavima i ne s njima.
- Visokokvalitetni signal nosilac (eng. Carrier – Grade Signal)

Drugim riječima, glavna razlika između VoLTE i VoIP protokola je u tome što VoLTE pruža uslugu na razini telefonije, koristeći podatkovnu vezu velike brzine.

LTE Advanced sustav je jedan od kandidata za IMT-Advanced standard. Predložen je od 3GPP organizacije 2009. godine, i očekuje se da izađe tokom tekuće godine. Mreža 3GPP (eng. The 3rd Generation Partnership Project) je sustav koji ujedinjava šesr organizacija za

razvoj standarda (ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TTA, TTC), te im pruža stabilno okružje za stvaranje vrlo uspješnih izvješća i specifikacija koji definiraju 3GPP tehnologije. LTE Advanced sustav nastao je iz LTE sustava, i ne smatra se novom tehnologijom, nego njegovom evolucijom. Klasificira se kao 3.9G mreža, i to je prvi sustav koji je bio blizu dosezanja IMT-Advanced standarda od 1Gbit/s brzine. Osim što je isplativiji, LTE Advanced sustav multipleksira podatke na takav način da omogućuje razvijanje veće brzine podataka. Trenutno se koristi ona inačica sustava (release 8 – izdanje 8) koja podržava do 300 Mbit/s prometa prema uređaju.

Glavni ciljevi razrađivanja i razvijanja ovog sustava bili su:

- Kontinuiran razvoj i unapređenje LTE radio tehnologija i arhitekture.
- Kompatibilnost sa LTE Advanced i LTE sustavima. Ideja je ta da LTE Advanced sustav radi sa LTE sustavom, ali i obrnuto.
- Radiokomunikacijska konferencija 2007. godine donjela je propis po kojem je korištenje LTE – Advanced sustava dozvoljeno u onim dijelovima svijeta gdje je moguće postići spektar kanala iznad 20 MHz .

Trenutno izdanje LTE advanced sustava ima sljedeće odlike:

- Vršne vrijednosti sustava – brzina prema sustavu od 1 Gbit/s i 500 Mbit/s brzine od sustava.
- Trostruka spektralna učinkovitost u odnosu na LTE.
- Puno manja latentnost, vrijeme od 50 ms potrebno za stvaranje konekcije, a 5 ms za prijenos podataka.
- Dvostruko veći broj korisnika po ćeliji u odnosu na LTE.
- Jednaka mobilnost kao i kod LTE sustava.
- Kompatibilnost sa LTE i 3GPP sustavima.

Različiti korisnici imati će potrebu za različitim korisničkim aplikacijama, i sustav će koristiti na različitim mjestima. Kako bi se to postiglo, LTE i LTE Advanced operatori moraju prihvatiti niz različitih potreba korisnika, te scenarija koji se mogu odvijati unutar sustava. Iz tog se razloga često ne koristi samo npr. LTE sustav, nego se on kombinira sa nekim drugim sustavima kao što je Wi – Fi, i takav se sustav naziva heterogenom mrežom.



Slika 18. LTE 4G podržava mnoge terminale



Slika 19. Antene s mikro ćelijama koje pokrivaju područje oko 2 km

Većina ovih antena s mikro ćelijama koje prikazuje Slika 19. se koriste za kompanije ili uži dio grada.

5. PRIMJENA 4G SUSTAVA U POMORSTVU

Mreže 4G su mreže razvijene kako bi se unaprijedio tehnološki razvoj mobilnih uređaja. Međutim, kao i kod velike većine drugih tehnologija, odmah se pristupilo traženju dodatnih tržišta i mogućih primjena takve tehnologije. Tehnologija četvrte generacije je u samome početku, u pomorstvu izazvala zabrinutost, iz tog razloga što se nije znalo hoće li, i koliko stvarati smetnje kod radarskih sustava koji rade u S radnom području te smetnje od analognih televizija koje rade u pojasu od 800 MHz .

S obzirom na frekventno područje rada oba radarska sustava, postojala je mogućnost smanjenja kvalitete rada civilnih radarskih sustava. Detaljno ispitivanje pokazalo je da je interferencija moguća, ali samo u teoriji.

Proizvođači radarskih sustava su pod sve većim pritiskom da radarske uređaje grade tako da budu što je moguće neosjetljiviji na smetnje nastale od ostalih uređaja koji rade u sličnom frekvencijskom spektru. Najveći razlog tome je sve veći broj tehnologija i uređaja koje su bazirani na radio tehnologiji.

Ukupni je frekventni raspon postao zakrčen, a pošto je konačan, uređaji su se počeli usavršavati u tom pogledu da budu što neosjetljiviji na sve efekte koji se nalaze izvan ali blizu njihovog radnog područja.

Neki su stariji radarski uređaji koji se još uvijek koriste puno podložniji smetnjama te lošoj naravi nego novi. Takav tip smetnji kod radarskih uređaja nazivamo OOB (eng. Out of Band) smetnje. Ukoliko je smetnja dovoljno izražena, radarski uređaj može biti preopterećen, što ima takav efekat da dolazi do pada pojačanja odbijenih signala. Osim toga, OOB smetnje mogu prouzrokovati nelinearan rad prijemnika, i pogrešan rad intermodulacije. Komunikacijski servisi četvrte generacije zauzimaju frekvencijski pojas između 2.5 GHz i 2.69 GHz. Pomorski radarski uređaji zauzimaju frekvencijski pojas između 2.95 GHz i 3.05 GHz. To znači da između ta dva frekvencijska pojasa postoji dovoljni pomak da se međusobna interferencija razmatra samo iz teoretske perspektive. Iz tog razloga dolazimo do zaključka kako je 4G tehnologija u pomorstvu potencijalno vrlo koristan novitet.

Bilo kakav vid komunikacije koji je nudio veliku širinu komunikacijskog kanala i visoku kvalitetu komunikacija je do sada predstavljao znanstvenu fantastiku zahvaljujući vrlo

visokoj cijeni takvog sustava. Pomorci koji su koristili računala u osobne svrhe mogli su u najboljem slučaju računati na dial-up konekciju tj. spajanje na internet preko telefonske veze.

Krajem 2012. godine, američka je mornarica donijela odluku o opremanju nekoliko brodova 4G LTE sustavom, što bi posadi tih brodova trebalo omogućiti korištenje pametnih telefona. Brodski telekomunikacijski sustav na tim brodovima nije bio upravljani mrežom, nego je veza i dalje biti uspostavljena preko satelita.

Brzi internet na brodovima nije potpuna novost. Putnički brodovi, poglavito oni namjenjeni za kružna putovanja, svojoj klijenteli moraju omogućiti brz i efikasan pristup internetu. Naravno, brzine koje takav tip veze razvija nisu ni slične onome što nalazimo na kopnu. Internetska veza takvih brodova odvija se preko satelita. Do pada brzine interneta, u odnosu na vrijednosti na koje nailazimo na kopnu, dolazi zahvaljujući tome što je korisnik u prosjeku od centralne stanice udaljen oko dva kilometra. Satelitska veza odvija se preko satelita, što znači da signal umjesto dva kilometra mora proputovati oko trideset km, za što mu je potrebno i puno više vremena.

Veći problem predstavlja maksimalna širina prijenosnog pojasa. Ona je fiksna, i mogla bi se usporediti sa „slamkom“. Što je ona šira, tj. što je veća širina prijenosnog pojasa zakupljena, više podataka kroz nju može prolaziti u određenom trenutku, i obrnuto.

Idealno bi bilo da svaka kompanija ima svoj satelit, i tada bi bilo moguće postići znatne brzine, no cijena izrade, lansiranja, upravljanja i održavanja jednog komunikacijskog satelita je enormna. Iz tog se razloga satelit dijeli na više korisnika. Video pozivi uglavnom kod ovakvih sustava nisu dozvoljeni, iz tog razloga što zauzimaju velik dio resursa telekomunikacijskog sustava.

Idealna zamjena za takav sustava telekomunikacije u luci i obalnom pojasu luke, bila bi mobilna telefonija četvrte generacije. Napredak u toj tehnologiji omogućio je uspostavljanje video poziva, i takav je sustav na nekim kompanijama, poglavito zahvaljujući nižoj cijeni, postao preferiran vid komunikacije u odnosu na do tada vrlo popularnu satelitsku telefoniju. Ona još uvijek nije istisnuta iz upotrebe, a po svemu sudeći još dugo neće ni biti.

Brod je isplativ samo dok je na moru i pod teretom, pa se boravci u lukama pokušavaju svesti na najmanju moguću mjeru, a pokrivenost 4G mreže na područjima otvorenog mora je gotovo nepostojeća, tako da satelitska telefonija u takvim situacijama nema alternativu. No, i samo korištenje komunikacijskih sredstava baziranih na 4G mrežama u

lukama i teritorijalnim vodama nad kojima postoji pokrivenost ima značajne prednosti nad dosadašnjim sustavima.

Napredak tehnologije, i drastičan porast različitih sigurnosnih standarda i obaveza čine zapovjedno osoblje sve ovisnijim o konzultiranju sa stručnjacima raznih profila, a ta je činjenica najizraženija dok se brod nalazi u luci. Zapovjednik broda često je primoran komunicirati sa različitim predstavnicima lučkih vlasti, inspektoratima i klasifikacijskim društvima, agentima i predstavnicima kompanije a u izvanrednim situacijama i sa DPA (eng. Designated Person Ashore tj. osoba koja se nalazi na kopnu i ima zadatak pomagati zapovjedniku broda savjetima, tehničkim znanjem ali i znanjem važećih propisa u pomorstvu, te poznavanjem pomorskog prava). Iz tog je razloga 4G tehnologija mreže dobar izbor sredstva za komunikaciju, bez obzira na sva njena ograničenja.

Mreža 4G tehnologije ima potencijal znatnog ubrzavanja i povećavanja kvalitete ovakvih poziva, a upitno je, s obzirom na cijenu korištenja satelitskog telefona, u kojoj bi mjeri predstavljala dodatni trošak.

Video pozivi zapovjednom osoblju i nisu toliko interesantni, no zapovjednik broda nije jedina osoba koja bi iz profesionalne perspektive imala koristi od ovog sustava. Brodovi su vrlo komplicirani zatvoreni sustavi koji se sastoje od velikog broja podsustava, i jako je teško a ponekad i nemoguće pravovremeno dijagnosticirati i otkloniti određene kvarove. U situacijama u kojima je to nemoguće, na brod često dolaze certificirani serviseri. Takva je usluga izuzetno skupa, a vlasnici broda zahvaljujući tome na takve situacije gledaju sa negodovanjem. Većinu je kvarova takve prirode teoretski moguće otkloniti bez nekog većeg problema, ukoliko je osoba dovoljno iskusna i upoznata sa sustavom u kvaru.

Kombiniranje 4G komunikacija i video poziva omogućilo bi daljinsku inspekciju kvarova takve naravi. Takav pristup znatno bi smanjio potrebu specijaliziranih inženjera za izlazak na teren. Također i takav sustav bi kao posljedicu imao znatno jednostavnije i jeftinije otklanjanje kvarova, koje bi smanjilo i troškove prijevoza tereta, što u konačnici kao rezultat ima i veću zaradu brodaru i vlasniku tereta, a to na kraju znači i nižu cijenu proizvoda za krajnjeg korisnika.

Moramo se osvrnuti i na ljudski faktor u pomorstvu. Pomorski je život poznat pod kolokvijalnim imenom „kruh sa sedam kora“. Nekada su ugovori bili iznimno dugi, pomorci su od svojih obitelji bili odvojeni velik dio godine, i jedina se komunikacija svodila na pismo.

Danas je i tu prisutna satelitska telefonija, no radi visoke cijene poziva je pomorci koriste samo u nuždi. Iz tog su razloga primorani zvati iz luke u kojoj se trenutno nalaze, ili koristiti elektronsku poštu. Takvi pozivi nisu ekonomični, a kvaliteta poziva na velike udaljenosti često izaziva frustracije. Mreža 4G tehnologije pomorcima omogućava kontinuiranu komunikaciju sa svojim najmilijima. Normalno je da pomorcima nedostaju obitelji ponekad se osjećaju usamljeno i dosadno im je na brodu te su depresivni na moru i nisu u mogućnosti da zaspu. Ali ipak ako pošalju elektronsku poštu i izvrše telefonski poziv, stvarno im psihički pomaže. Tako komuniciranje s kućom ili svojim „domom“ je najveća važnost za pomorce i njihove uzdržanike. Opsežne evidencije koje su i anegdotskog karaktera tvrde da signali putem medija koje pomorci uspostavljaju s svojim familijama su od velike mentalne dobrobiti za njih kada su udaljeni od svojih familija i prijatelje te se ne vide po tri i više mjeseci, te na brodu rade u malim skupinama s ograničenim izlaskom u naseljene mjesto kada su u luci.

Današnji pristup pomoraca na Internet mrežu i telefoniju, kada se nalaze na brodu se obostrano ograničavaju i prilično je „skup sport“. Ako ipak imaju dozvolu da idu na kopno dok su u luci ili njegovoj blizini, oni tako ipak mogu odabrati više mogućnosti komuniciranja s svojim najmilijima, a jedno od tih je i 4G mreža. Dok neki telekomunikacijski centri osiguravaju samo telefonske kartice za upotrebu u obližnjim telefonskim govornicama, drugi su opremljeni s kompjuterima koji imaju mogućnost spajanja na Internet, ili su sa svojim mobilnim telefonima u mogućnosti da se spoje npr. na 4G WiMAX2 mobilnu mrežu ili bežični WiFi signalni sustav. Također u ovom slučaju pomorcima dobre dođe ako posjeduju prijenosna računala tj. „laptopove“. Tako novi razvoj koji se tiče komunikacije pomoraca, kada su na brodu, s svojim najmilijima ide u pravcu razvoja 4G mreže sustava WiMAX2, a negdje i 4G LTE sustava.

Osim plovila, mreža 4G i njoj pripadajućoj tehnologijom može naći svoju primjenu i u lukama. Pri tome treba spomenuti da se to uglavnom odnosi na putničke terminale i kontejnerske terminale. Tako svaka država koja želi ostati konkurentna na turističkom planu mora konstantno unapređivati svoju ponudu i isto to vrijedi i za modernizaciju kontejnerske opreme na kontejnerskom terminalu.

Lučki putnički terminali možda naoko po pitanju turizma ne izgledaju toliko bitno, no naziv putnički terminal se već odavno ne koristi samo za mjesto na kojem se putnici ukrcavaju i iskrcavaju na brod, već se tu nalazi i puno popratnog sadržaja. Moderan turist očekuje da će biti zadovoljene sve njegove potrebe, a digitalizacija koja je zavladała svijetom

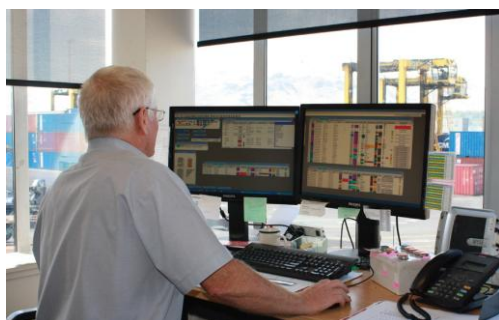
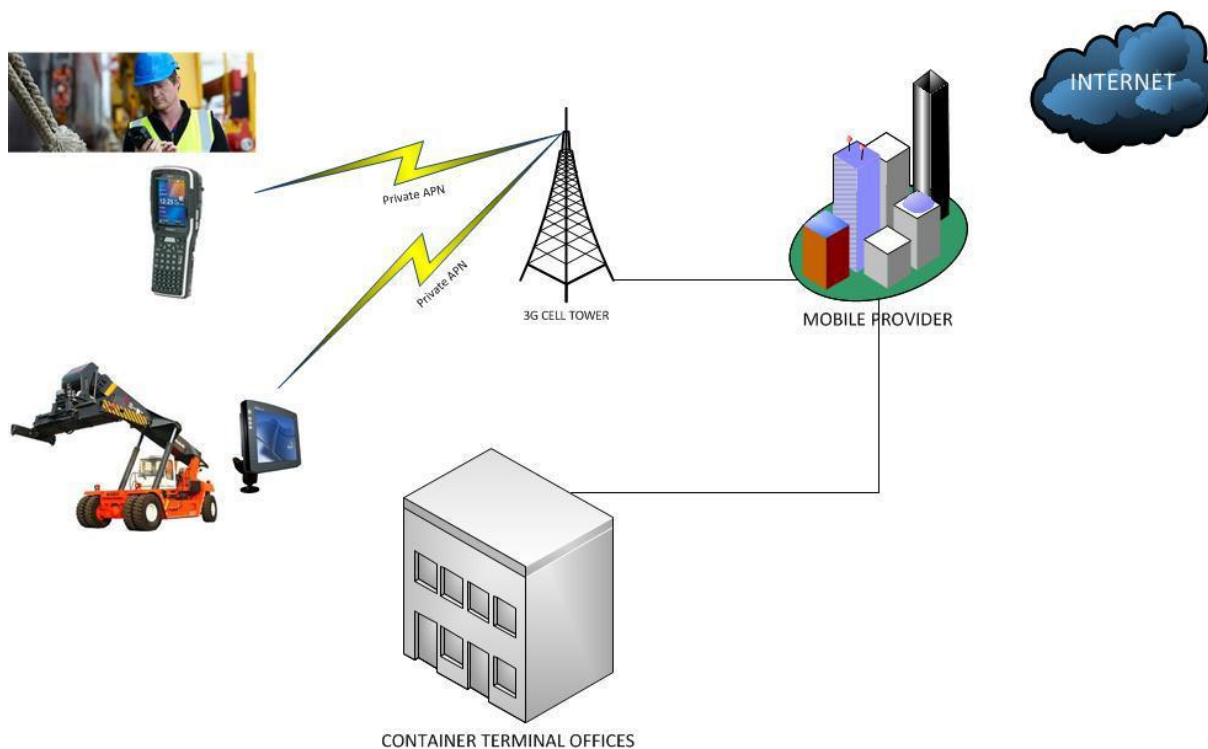
ljudima je nametnula i stalnu potrebu za kvalitetnom internetskom vezom. Tako nove mogućnosti za primjenu 4G mreže u područjima koje pokriva unutrašnja lokacija luke, uključujući i unutrašnje vode u kojima su brodovi privezani ima potencijal da omogući uslugu 4G mreže mnogo više pomorskim prijevoznicima, omogućujući im da se spoje na Internet i komuniciraju s prijateljima i porodicom preko elektronske pošte, socijalne tj. društvene mreže (npr. Facebook, Twitter idr.), primjene aplikacije tipa Skype, kod čega se vide i čuju (uz pomoć kamere te mikrofona i slušalica) osobe s kojima se komunicira.

Međutim glavna prepreka većem ulaganja luka u ovaj 4G sustav te negdje i WiFi bežični sustav je za neke luke visoka cijena infrastrukture, te samo djelomično sudjeluju u ovim projektima te priliku daju lokalnim koncesionarima tj. mobilnim operaterima.

Proces privezivanja broda može se usporediti sa parkiranjem osobnog automobila, koji je dugačak do tri stotine metara, a nerijetko nosi i opasan teret. Svaka je luka specifična, i prilikom takvih manevara se ne riskira pogreška, pa na brod u većini luka dolazi pilot, osoba sa opsežnim poznavanjem uvjeta u luci, koja savjetima pomaže zapovjedniku. Intervencija pilota je skupa, a ponekad, ovisno o vremenskim uvjetima, može biti i opasna. Video veza između zapovjednog mosta mogla bi se kombinirati i sa bežičnim prijenosom podataka pilotu. Na taj se način može izbjeći izlazak pilota.

Mreže 4G su idealne za prijenos video podataka, i kao takvi omogućavaju i daljinski bežični nadzor. Konstrukcija bilo kojeg sustava zahtjeva i nekakvu nadzornu strukturu. Rad sustava je ovisan o provjeravanju određenog broja parametara. Vrijednosti izmjerene u nekom dijelu predstavljene su određenim signalom, koji se signalnim kabelima šalju na jedno mjesto na kojem se očitavaju. Signalni su kabeli izuzetno osjetljivi na izvore elektromagnetnog zračenja, pa takvi kabeli moraju biti oklopljeni i postavljeni dovoljno daleko od svih izvora zračenja. Takav je sustav skup, i polaganje kilometara kabela potencijalno je moguće eliminirati korištenjem 4G mreža i u takve svrhe. LTE i WiMAX 4 G mreže ne zahtijevaju žičani internetski ulaz u svaku antenu, brže se instaliraju uzduž širokog područja te su izvedeni uz manju cijenu koštanja. Također kvaliteta veza (konekcija) je često bolja nego ona kod upotrebe WiFi te 4G mreže dozvoljavaju multikorisničku konekciju komunikacija. U 4G mreže se ugrađuje sustav provjere kvalitete usluge (eng. Quality of Service) koji omogućuje svoje usluge čak i u kritičnim trenucima nedostatka resursa. Ove 4G mreže čine stalnu raspodjelu korisnika za pristup širini kanala odašiljanja. Međutim pošto su 4G mreže većinom ISP zasnovani sustavi, ne mogu se upotrijebiti za privatnu mrežu a njihove visoke frekvencije

zahtijevaju od autoritativnih vlasti dozvolu korištenja spektra frekvencije za razliku od npr. optičke kableske mreže i bežičnog WiFi-a. Potpuna upotreba WiMAX-a i LTE 4G sustava u lukama zahtijeva specijalizirani hardver i odgovarajuće antenske sustave. Međutim naznaka dobiti 4G mreže je na brzini prijenosa podataka u lukama koja iznosi od 70 Mbit/s pa na više na većoj distanci upotrebe, međutim to je ipak nešto sporije od optičkih kabela i satelitskog interneta, posebno ako se povećava broj korisnika te se povećava udaljenost od matične antene. U prilog optičkom kabeu ide kvaliteta prijenosa u različitim uvjetima u lukama jer i 4G mreže i WiFi bežične mreže u lukama koriste radio valove koji mogu biti ometane od interferencija od drugih sustava zasnovanih na radio valovima te od refleksije od različitih prepreka u lukama kao što su lučke zgrade, čelični brodovi, hrpe rudača i različite robe te sama konfiguracija terena (međutim WIMAX odašiljač time nešto bolje odoljeva). Dok se domet hvatanja signala kod WiFi mreže procjenjuje oko sto metara to se za 4G mobilnu mrežu daje u rasponu od sedam do pedesetak kilometara. Kod nekih luka ove vrste komunikacija se upotrebljavaju ekskluzivno za komunikacije s lučkom ophodnjom te brodovima koje su namjenjeni za hitnu intervenciju. Međutim 4G mreža UMTS (eng. Universal Mobile Telecommunications System) pošto nema ograničenja upotrebe korisnika i nije toliko podložna raznim interferencijama različitih sustava, prikladnija je za upotreba a koristi i „antipiratsku napravu“ (eng. dongles) za nemogućnost neovlaštenog preuzimanja podataka. Primarni interes u lukama je s ovim sustavima omogućiti prihvatljivu komunikaciju s brodskim zapovjednicima i njihovi kontakti s pilotima odnosno lučkim peljarima te informatičkim stručnjacima u lučkim vlastima čime bi se zaobišlo upotrebu usluga različitih pomorskih agenata te bi samim time pojeftinili ukupni lučki troškovi brodara i luke. Također lučke vlasti nastoje omogućiti i svim ostalim pomorcima u luci i na brodu mogućnost pristupa internetu s 4G mrežom za obavljanje svojih privatnih poslova, naravno uz naknadu što bi lukama donijelo još jedan vid zarade od pomoraca. Prvenstveno se to zahtijeva i zbog kvalitete pristupa internetu, jer upotrebe WiFi kod surfanja i slušanja You Tube i korištenja Skype dolazi do usporavanja brzine rada, do prekida komunikacije na određeno vrijeme te se osvježavanje i održavanje web stranica čini u zakašnjenju. Međutim današnja prijenosna računala - laptopovi većinom imaju svi priključak za WiFi te nije potreban dodatni hardver kao za 4G mrežu, te se samim time još luke ne odriču bežičnog interneta lokalne mreže npr. WLAN (eng. Wireless Local Area Network), jer nije potreban ISP (eng. Internet Service Provider) tj. davatelj internetskih usluga, gdje se i zahtijevaju stroži zakonski uvjeti. Potrebno se je samo registrirati ili ulogirati (eng. log-in) pri korištenju WiFi mreže u luci ili na brodu vezanom u luci ili usidrenom brodu u samoj blizini luke.



Detalji kontejnera	
ID: MSCU9888856	Tip: 45G0
Pozicija: MAF2 » S03B38.3	
Brodar: MSC	Idé na: TRUCK
Trk Cmp:	
Duzina: 40	Tezina: 8600
Zadatak obavljen »	
Tramak	<input type="text" value="Br. kontejnera"/> »
Novi smjestaj	<input type="text" value="Nova lokacija"/> »
Stavi na	<input type="text" value="D vozila"/> »

Slika 20. Primjena 3G i 4G mobilne mreže na pomorskom-kontejnerskom terminalu

Ova gornja Slika 20. prikazuje upotrebu aparata handheld, monitora na Belotiju i 4G mreže kod iskrcaja i ukrcaja kontejnera te daljnju kompjutersku komunikaciju u luci.

U novije vrijeme sve se više na kontejnerskim terminalima odvija kao što se je i prije vidjelo na Slici 20. ukrcaj i iskrcaj kontejnera putem 4 G mreže. Kod dolaska broda u luku lučki operater putem svojeg aparata koji se popularno zove „handheld“ vrši kompletnu koordinaciju u luci; znači vrše obavijesti putem super brzog interneta 4G mreže obavijesti o napuštanju kontejnera s broda na traktor-MAFI i transportno vozilo Beloti; u vozilu Beloti se

također nalazi monitor na kojem je dan prikaz na kojem mjestu se treba slagati kontejner, te koji kamion ga treba preuzeti ako je u pripravnosti. Ova procedura se automatski šalje na glavni server koji se nalazi u lučkoj zgradi u njezinom računalnim centru te se dalje vrši administrativna djelatnost u vezi broda te vrste i broja kontejnera.

Obično se ovaj projekt u novije vrijeme vrši pod patronatom implementacije sustava Navis Sparcs N4 s kojim se upravlja kontejnerskim terminalom. Ovim sustavom Navis Sparcs N4 je napravljena kompletna automatizacija poslovnog procesa manipulacije kontejnerima i to prvotno sa 3G mrežom a sada i u realizaciji 4G mobilne mreže. Implementacija se vrši i na brodskoj tj. pomorskoj strani te isto tako i kopненоj strani koja uključuje ukrcaj i dostavu kontejnera s kamiona i željeznice. U integralni dio Navis Sparcs N4 projekta je uključena instalacija tzv. VMT (eng. Vehicle Mounted Terminals) uređaja, odnosno računala u svu opremu za manipulaciju kontejnerima kao što su npr. terminalni traktori, auto dizalice, Beloti vozila itd. Tako operateri vozila dobivaju radne naloge u realnom vremenu te se postiže efikasno korištenje opreme, kraći raspon kretanja, viša produktivnost prekrcaja, troškovi održavanja i potrošnje goriva su manje.

Do sada je standardni i uobičajni način telekomunikacija bio VMT vozila s dispečerskim centrom takav da se je koristila redovito WiFi mreža ili popularni „narrowband“ te se je koristio u većini kontejnerskih terminala u svijetu. Pošto je takav način telekomunikacija dosta osjetljiv na interferenciju i moguće su prekidi u vezama s vozilima i dizalicama te operaterima na terenu, i to pogotovo u lošim vremenskim prilikama i lošim uvjetima za propagaciju i rasprostiranje radio valova u pomorskim lukama i terminalima. Međutim primjena 4G mreže je u tom pogledu znatno povoljnija te se tim stručnjaka sa svrsihovitom provjerom, izradom, i implementacijom stavio u upotrebu 4G mobilnu mrežu koju koristi lokalni mobilni operater, npr. kod nas u Hrvatskoj VIP.

Ova implementacija se je pokazala iznimno uspješna jer omogućava sigurne i stabilne telekomunikacije, i to u stvarnom vremenu, te su bitno smanjeni kapitalni troškovi primarnih i početnih ulaganju u novu mrežu (jer ova 4G mobilna mreža već postoji na kopnu) te naravno troškove održavanja i nadgledanja. Ovim sustavom je također izvršeno poboljšanje operative u smislu poboljšanja iskoristivosti tereta, poboljšanja planiranja broda i automatiziranja i rada obalnih dizalica. „Tramak“ odnosno nadzor pokreta kontejnera se vrši u realnom vremenu a to je moguće i za ostale brodske aktivnosti i radne naloge što omogućuje veću dinamiku distribucije iskrcaja i ukrcaja kontejnera. Moguće je također s pomoću elektroničkih instrukcija izvršiti poluautomatsko i automatsko planiranje broda s obzirom na položaj kontejnera na terenu i trenutačne opreme na raspolaganju tako da je gotovo svaki kontejner bude lokaliziran i pozicioniran na najbolju poziciju prema operacijskim potrebama i ograničenjima luke te se na ovaj način postiže veća iskorištenja korištenog tereta.

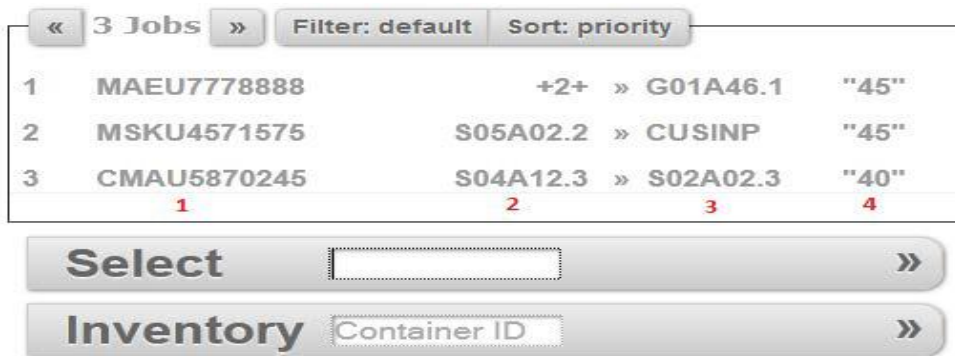
Unit Nbr	Type	Line	Category	Position	I/O Actual Visit	Frigh Kind	Impediments:Road	Set...	Weight (kg)	State	Cndy	
TTNU4129123	4300	MS	Import	Y-MAIN-T098B.2	JY045A	FCL			28100	Active	GENL	
TTNU4365659	4300	MSK	Import	Y-MAIN-H17A.1	MLU000A	FCL			14700	Active	PLA	
TTNU5120178	4300	MSK	Import	Y-MAIN-F07A.1	MOW042A	FCL	ISHIP IMP		23700	Active	GENL	
TTNU5158050	4300	NYK	Import	Y-MAIN-K43H.1	MLU000A	FCL			23600	Active	PPR	
TTNU523430	4300	NYK	Import	Y-MAIN-J31C.2	MLU000A	FCL			23200	Active	PPR	
TTNU9318394	4500	NYK	Import	Y-MAIN-M61C.2	MLU000A	FCL			10100	Active	FOD	
TTNU9344622	4500	NYK	Import	Y-MAIN-K41H.1	MLU000A	FCL			23000	Active	FOD	
TTNU9363793	4500	COG	Import	Y-MAIN-M51F.1	MOW042A	FCL			16500	Active	FOOD	
TTNU9909082	4500	NYK	Import	Y-MAIN-H23A.2	MLU000A	FCL			6600	Active	FOD	
TTNU9912445	4500	NYK	Import	Y-MAIN-H25A.2	MLU000A	FCL			21300	Active	FOD	
WASHFRAME	4564	LPC	Import	Y-MAIN-CP5	RAIL	Empty	IMAF HOW, IPAYEE		3000	Active		
TPHU8095564	2200	MSC	Import	Y-MAIN-V11GG.3	MLU009A	FCL			7200	Departed	GENL	
CAOL9672455	4310	MS	Import	Y-MAIN-R12CF.1	JY045A	FCL	r/a		19000	Departed	GLAS	
MORU0222649	2230	MOL	Import	Y-MAIN-W21DD.1	MLU000A	FCL	ISHIP IMP		24300	Active	REE	
CBHU2652648	2232	COG	Import	Y-MAIN-W28DD.1	MOW042A	FCL	IMAF HOW, ICUSTO...		-20.0	20600	Active	REEP
CGMU5500130	2232	ANL	Import	Y-MAIN-W30DD.1	CCS010A	FCL	IPAYEE		-20.0	12486	Active	FVG
TRJU490050	2232	ANL	Import	Y-MAIN-W22DD.1	CCS010A	FCL	IPAYEE		-20.0	12390	Active	FVG
TRLU1600331	4532	ANL	Import	Y-MAIN-W215.1	CCS010A	FCL	IPAYEE		-20.0	25722	Active	FVG
CGMU4811077	4532	ANL	Import	Y-MAIN-W24DD.1	CCS010A	FCL	IPAYEE		-18.0	26799	Active	FISH FILLETS...
GESU9254192	4630	PI	Import	Y-MAIN-W18DD.1	MLU000A	FCL			-18.0	20000	Active	REE
SUDU1087112	2230	HSD	Import	Y-MAIN-W27DD.1	CP8014A	FCL			-18.0	22900	Active	-FPT:ZZZ
SUDU1107501	2230	HSD	Import	Y-MAIN-W30W.1	CP8014A	FCL			-18.0	23000	Active	-FPT:ZZZ
CBHU2616574	2232	COG	Import	Y-MAIN-W2233.1	MOW042A	FCL	IMAF HOW, ICUSTO...		0.0	9300	Active	REEP

The screenshot displays the SPARCS 2.8v9b interface. On the left, there is a 3D perspective view of a container yard with various colored containers. In the center, a 2D grid-based yard plan shows the layout of containers, with some cells highlighted in red. On the right, a detailed information window for a specific container is open, showing the following details:

- Equipment ID:** TELU485601
- Category:** TRANSSHIP
- Status:** FCL
- Stack Blocks:** 224
- Book/Blow:** Chassis
- Chassis:** 40' DRY BL (4DR)
- Origin Vessel:** AGH54C (AL HOPE)
- Origin Vessel:** EG1094 (ARL EGYPT)
- Line Operator:** ANL
- Service:** WAR (Ship)
- Commodity:** AUTOMATIC FACTORY EQUIPMENT
- Stacking Factor:** 200
- Allocation:** TRANSSHIP DRY FCL
- Time of Update:** 09:25
- Yard in Focus:** 0205
- Rehandle to Fetch:** 0
- required (left over / stacking) height:** 6025

Slika 21. Prikaz aplikacije programa virtualne logistike u kontejnerskoj luci upotrebom 4G mreže

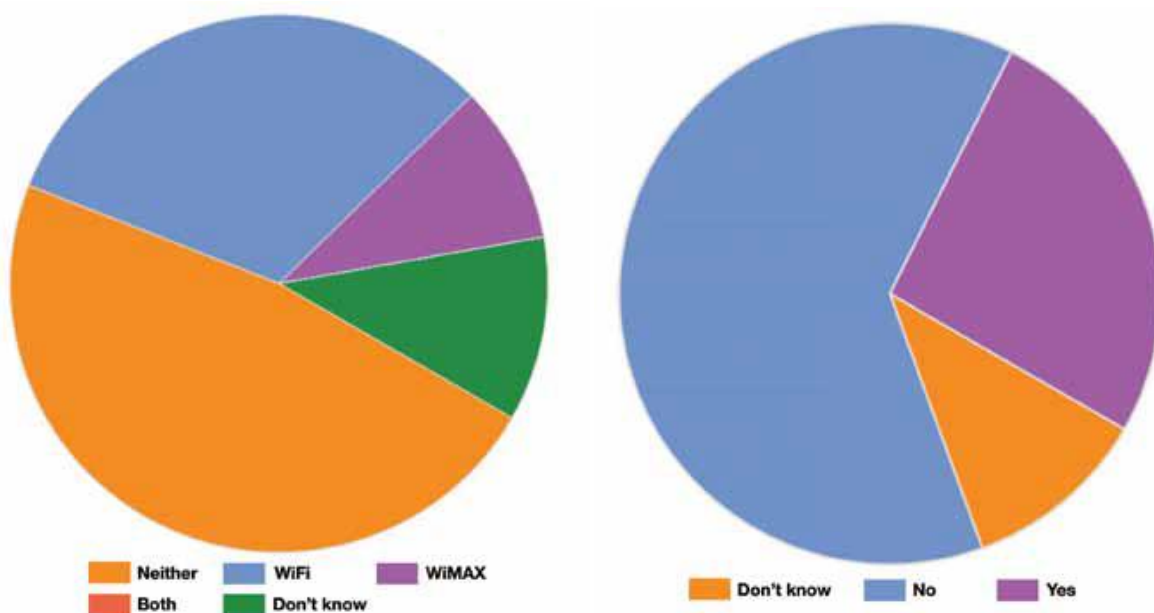
Na ovoj slici 21. prikazani su zasloni monitora u računalnoj zgradi kontejnerskog terminala gdje se vrši kompletna virtualna manipulacija i logistika s kontejnerima (eng. TOS - Terminal Operating System), gdje se dojava i upis većinom vrši s pomoću LTE 4G mreže.



Slika 22. Selektiranje kontejnera upotrebom LTE 4 G mreže

Na gornjoj Slici 22. crveni brojevi rubrika znače:

1. Broj kontejnera; 2. Pozicija gdje se kontejner nalazi (primjer 1 je na kamionu – 2 je BAT broj); 3. Pozicija gdje kontejner ide; 4. Veličina kontejnera; 5. Ekran prihvaćenog zadatka;



Slika 23. Trenutačna i buduća upotreba WiFi i 4G mreže tipa WIMAX u svjetskim pomorskim lukama

Ovi grafikoni na Slici 23. još uvijek daju podatke koji se reflektiraju kao relativno mali postotak luka koje snadbjevaju pomorske prijevoznike WiMAX 4G i WiFi mrežama međutim

tendencije za budućnost govore da će luke ulagati u 4G (poglavito WiMAX) mrežu, te da će WiFi mreža u budućnosti stagnirati zbog raznih karakteristika koje pruža.

Međutim cijena koštanja instalacije i stavljanja u rad kao raširene bežične i mobilne 4G mreže varira između luka, tako u Rotterdamu u Nizozemskoj iznosi u milijunima eura dok u Vladivoskoku u Rusiji iznosi npr. pedeset tisuća eura. Još je uvijek i problem naplate usluge luke koja daje ove mobilne usluge prema brodarima npr. plaćanje preko SMS-a itd. Sve u svemu očekuje se povećanja ulaganja u 4G mrežu ali postepeno u slijedećih deset do dvadeset godina. Dodatni razlog za skepticizam po pitanju lučke mreže je i sigurnost. Na primjer britanske luke u principu nisu pokrivena ni sa WiFi, ni sa WiMAX 4G mrežom. Glavni razlog tome leži u činjenici da je razvoj bilo kojeg od tih sustava iz nule skup. Kao glavni argument navodi se da je to znatna investicija koja predstavlja gubitak, zato što se sama financijski ne može pokriti. Upitno je koliko je to mudra razvojna strategija, poglavito iz tog razloga što tehnologija divovskim koracima ide prema naprijed, i što se više standarda promjeni, zahvat izgradnje takve infrastrukture biti će s vremenom sve kompleksniji i skuplji. Lučka infrastruktura često predstavlja prepreku širenju signala, a neke luke, kao što je npr. riječka luka, imaju terminale razbacane na nekoliko lokacija. Iako je u principu potreban samo jedan odašiljač kako bi se ukupna površina luke pokrila na zadovoljavajući način, prostorna udaljenost između tih terminala je tolika da je nužna konstrukcija nekoliko takvih odašiljača kako bi se postigli zadovoljavajući rezultati, što naravno dodatno povisuje cijenu sustava. Iz tog se razloga dolazi do zaključka da je cijena razvoja takvog sustava direktno vezana uz topografiju luke.

Pojava WiMAX 4G sustava u lukama nailazi negdje i na određeni revolt. Pomorci su do sada morali izlaziti sa brodova i kupovati kartice za pozivanje, ili zvati sa govornica, pa se pojedinci i organizacije koji pružaju takve usluge osjećaju ugroženo. Ako je suditi prema situaciji u svjetskim lukama, silasci pomoraca sa brodova, i iznosi koje pomorci troše u luci nisu opali nakon pojave WiMAX 4G mreže sustava. Razlog za to dobrim djelom stoji u tome što su pomorci dugo zatvoreni na brodu, i koriste svaku priliku za silazak sa broda i odmor, a s druge strane, razlog je i taj što ljudi, pogotovo oni stariji, nisu skloni praćenju trendova u tehnologiji. Nove tehnologije često prati skepticizam prisutan kod svih generacija, dok su stariji ljudi skloniji korištenju ne efikasnijih, a često i skupljih tehnologija, poglavito zahvaljujući komformizmu. Osim toga, problem je i taj što velik dio pomoraca ne koristi prijenosna računala. Neka istraživanja provedena u sklopu 4G mreže projekta dovela su do zaključka da gotovo 95% oficira koristi prijenosno računalo, dok ga koristi samo oko 30% mornara, pogotovo oni mlađi. Od onih koji koriste prijenosna računala, velik dio i dalje koristi 3G priključke koji se naplaćuju po danu korištenja. Što se onih koji ne koriste osobna računala tiče, oni ovise o vrlo ograničenom pristupu brodskim računalima. Razlog nepovjerljivosti u WiMAX 4G sustav dobrim djelom leži u dometu. Realni domet je oko petnaest km u idealnim okolnostima. Rijetki su pomorci koji koriste dodatnu antenu, a najveći je problem u lučkim postrojenjima za manipulaciju teretom, kao što su razne dizalice i slično koje stvaraju smetnje. Mnogo pomoraca tvrdi da od WiMAX 4G sustava koristi imaju jedino brodovi privezani na kontejnerskom terminalu, dok znatan broj brodova koji se kreće raznim tjesnacima, kroz područja koja su teoretski pokriveno, realno nemaju pristup internetu. Osim

toga, WiMAX 4G sustav zahtjeva i korištenje dodatne opreme, kao što je WiMAX 4G modem ili antenu kako bi se omogućilo spajanje računala sa mrežom. Većina pomoraca ne koristi takve uređaje, pa često agenti na svakom brodu osiguravaju svu potrebnu opremu, bez koje su članovi posade orijentirani na jedino računalo na brodu sa pristupom internetu koje se nalazi kod zapovjednika broda. Još se uvijek debatira o tome pod čiju odgovornost spada osiguravanje sve potrebne opreme - brodar, luka, ili svaki pomorac individualno. Glavna zapreka širokom korištenju WiMAX 4G uređaja nisu njegove karakteristike i ograničenja, pa čak ni korištenje dodatne opreme bez kojeg pristup WiMAX 4G mreži nije moguć, već je najveći problem cijena sustava.

Na primjer luka Singapur spada pod najrazvijenije gradove na svijetu, te u velikoj mjeri svoj uspjeh može pripisati praćenju tehnoloških trendova i kreativnom korištenju modernih tehnologija. Primarna ideja korištenja WiMAX 4G sustava naravno nije bila komoditet, tj. pružanje pomorcu prilike da komunicira sa svojim bližnjima brže i kvalitetnije nego do tada, već je ideja bila ubrzavanje obavljanja svih zadataka koji moraju biti izvršeni prije same manipulacije teretom, pa čak i prije privezivanja broda na dodjeljeni vez. Na taj je način došlo do određenog ubrzavanja postupaka koje brod izvršava u luci, a s druge je strane omogućilo pomorcu komforniji boravak u luci. Mnoge druge luke sa skepticizmom gledaju na takve investicije jer su one izuzetno skupe, a zauzvrat ne pružaju korist koja bi kratkoročno, a u nekim situacijama čak i dugoročno bila isplativa.

U nekim je lukama, kao npr. u luci Amsterdam, u kojima postoji određena pokrivenost WiFi sustavom ili drugim sustavima koji omogućavaju pristup internetu, cijena razvoja i pregradnje sustava na novije i bolje standarde znatno niža nego kod luka kod kojih se takav sustav konstruira iz nule. Luka Rotterdam planirala je također unaprijediti postojeću 3G mrežu i koristiti WiMAX 4G sustav, no tvrtka s kojom je luka surađivala i potpisala ugovor je izgubila koncesiju nad potrebnim frekvencijskim pojasem, tako da se 3G sustav koristi i dalje. WiFi signal korišten u luci varira po snazi, a karta pokrivenosti i snage signala dostupna je svakom pomorcu po pristupu u luku, u kompletu sa uputama za postavljanje i korištenje sustava. Preporuča se korištenje dodatne antene u USB ili ethernet izvedbi, kojoj cijena varira između dvadeset i sto eura. WiFi mreža luke Rotterdam teoretski može u bilo kojem trenutku podržati oko tisuću korisnika, iako taj broj rijetko izađe iz okvira od dvadeset do šestdeset. Svatko tko se nalazi na brodu ili kopnu može pristupiti mreži besplatno registracijom, iako se nekim stranicama može pristupiti i bez nje. Mjesečno se bilježi oko tri stotine korisnika sustava. Registracija na lučku WiFi mrežu vrijedi tjedan dana, a korisnik ima pravo napraviti prometa od 200 Mbit-a na dan, pri brzini od 512 Kbit/s.

Ideja lučkog interneta je omogućiti pomorcima internetski pristup svojim lokalnim novitetima, korištenje internetske pošte i slično, a aplikacije kao što je Skype ili YouTube, kao što je i prije u tekstu navedeno, su pri tako maloj brzini fragmentne i nepraktične za korištenje. Budući razvojni planovi predviđaju povećanje brzine, većeg pokrivenog područja te veće snage signala. Dodatni razlog za skepticizam po pitanju lučke mreže je i sigurnost. Na primjer luka Aucklandu na Novom Zelandu je u svojih deset godina pružanja lučke WiFi mreže zabilježila povremeno preklapanje frekvencija WiFi sustava sa sustavom i opremom za manipulaciju i upravljanje kontejnerima.

Luke koje koriste bežične internetske mreže konstantno rade na poboljšanju usluge. Korištenje ovih tehnologija je skupo pa je potaklo i suradnju mnogih inače konkurentskih luka, i zajednička ulaganja u traženje rješenja problema. Na taj način se i drastično povećala i sigurnost i kvaliteta usluge u odnosu na situaciju koja je vladala pred desetak godina kada je ovaj tip usluge u lučkom okruženju bio u povojima. Brodarske kompanije su također sklonije lukama koje pružaju usluge bežičnog interneta. Razlog leži ponajviše u tome što se u protivnom komunikacija svodi na korištenje satelitskog telefona. Takav je telefon vrlo često u upotrebi, a satelitska je usluga izuzetno skupa, pa ga se u principu koristi sam na otvorenom moru.

Tako luke koje pružaju usluge bežičnog interneta indirektno omogućavaju korištenje internetske telefonije, koja je više nego dostojna zamjena za satelitsku komunikaciju uz mnogostruko nižu cijenu. Razlika se vidi i u opremi koja je potrebna za komuniciranje. Za pristup bežičnom internetu potrebna je antena od sto eura, dok je za satelitsku komunikaciju potreban satelitski telefon, a njegove se cijene kreću i do nekoliko tisuća dolara. Iz to će razloga i brodar gledati češće biti u lukama koje omogućavaju bežični prijenos internetu.

Najveći se problem javlja u nadležnosti. Brodari tvrde da je pružao usluge dužan organizirati i tehničku podršku za pomorce, tj. da je dužan svakom pomorcu osigurati pristupnu antenu ili USB modem. Davao usluge tvrdi da je za svoje pomorce odgovoran brodar, a u praksi to najčešće završava tako da si pomorci pristupnu opremu nabave sami.

6. ZAKLJUČAK

Ovim radom pokazuje se važnost razvoja novih 4G telekomunikacijskih mreža i njima pripadajućim tehnologijama diljem svijeta. Također se pokazuje koliko njihov razvoj i modernizacija utječu na povezivanje u pomorstvu.

Hrvatsko pomorstvo je povezano za svjetske trendove u toj grani. Trenutni globalni trendovi idu u tome smjeru da se svi sustavi u maksimalnoj mogućoj mjeri pokušavaju automatizirati i digitalizirati, a 4G sustav mreže se izvrsno uklapa u cijelu sliku. Preko ovog sustava moguće je sa jednog mjesta brzo i efikasno pratiti tok ljudi i robe po lučkim terminalima. Mreže 4G sustava su idealni za prijenos video podataka, i kao takav omogućuje klasično vizualno nadziranje bez korištenja žičane veze, što značajno pojednostavljuje i smanjuje troškove postavljanja sustava. Osim toga, ovaj sustav omogućava i direktnu komunikaciju između zapovjednog mosta i obale, što bi teoretski moglo eliminirati potrebu za pilotom na brodu prilikom manevriranja i privezivanja broda, jer bi pilot taj posao mogao obavljati iz zgrada lučke uprave preko video veze kao i nadgledanje npr. kompletni iskrcaj kontejnera u nekim kontejnerskim terminalima kao što je naš kontejnerski terminal „Brajdica“ u Rijeci.

Ovakav sustav omogućio bi („a već negdje i postoji“) i bežično, vizualno i mjereno nadziranje te provjeravanje opasnih prostora i tereta, na samim brodovima, čime bi se izbjeglo postavljanje signalnih kabela, koji moraju biti oklopljeni i zaštićeni od energetske kabela, elektro - motora i sličnih izvora elektromagnetnog zračenja.

Ovim primjerima pokazuje se nekoliko mogućih primjena ovih tehnologija mreža u pomorstvu. Globalno gledano velika se energija i financijska sredstva ulažu u tehnološki napredak. Mobilne mreže 4G su izvrstan primjer ljudske snalažljivosti i sposobnosti da se napredak na jednom polju upotrijebi u širokom rasponu i na različitim područjima.

Naša zemlja Hrvatska a poglavito Rijeka uopće ne zaostaje u primjeni 4G mreže u našim pomorskim lukama jer se je Kontejnerska luka na Brajdici već osigurala u primjeni 4G mreže putem VIP mobilnog operatora što ju svrstava jedna od triju takve vrste u svijetu (još su luke u primjeni 4G u Švedskoj i Novom Zelandu). Ova primjena na Brajdici je prezentirana na međunarodnoj konferenciji Navis World 2012. u San Francisku i objavljeno je u nekim poznatim novinama kao što su Worl Cargo News, Novi List, Portfolio itd. Prezentirana je i

ove 2013. godine, i to u lipnju, na godišnjoj i najvećoj konferenciji operatera kontejnerskih terminala u Roterdamu zvani T.O.C. Ovaj projekt riječkih stručnjaka, na čelu s gosp. Sebastinom Černekom je također u desetom mjesecu 2012. godine dobio nagradu ICTSI-a za inovaciju i kreativnu implementaciju informatičkih resursa na realizaciji poslovnih prohtjeva i ciljeva dotične kompanije.

Još je za spomenuti da kada u budućnosti još neke susjedne zemlje npr. Italija ukinu u potpunosti analognu televiziju na 800 MHz, biti će još jedan dostupni pojas frekventnog kanala dostupan za 4G mobilnu mrežu na 800 MHz.

LITERATURA

KNJIGE I ČASOPISI

1. Farley, Tom (2007). "The Cell-Phone Revolution"
2. "Cell Phone Generations 1G, 2G, 3G and now 4G – Tech Forums". Forums.techeblog.com. 25 August 2010.
3. prof dr sc Goran Ježić "Regulatorni aspekti mreža i usluga"
4. PROF. DR. SC. Draško Marin, Osnove pokretnih komunikacija u sustavu telekomunikacijskog prometa, Zagreb, 2004.

INTERNET STRANICE

1. https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=gmail&attid=0.1&thid=14104025a158fc00&mt=application/vnd.mspowerpoint&url=https://mail.google.com/mail/u/0/?ui%3D2%26ik%3D04a5634e45%26view%3Datt%26th%3D14104025a158fc00%26attid%3D0.1%26disp%3Dsafe%26zw&sig=AHIEtbS_7y7NZ8zfbSDgZ3C7YmV-5z4GGg
2. <http://en.wikipedia.org/wiki/4G>
3. <http://en.wikipedia.org/wiki/3G>
4. <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/lte-long-term-evolution/3gpp-4g-imt-lte-advanced-tutorial.php>
5. <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wimax/wimax.php>
6. https://mailattachment.googleusercontent.com/attachment/u/0/?ui=2&ik=04a5634e45&view=att&th=14103ead15d660f9&attid=0.1&disp=inline&safe=1&zw&saduie=AG9B_P-VVcUwOc_uJ9901vZ-8Tji&sadet=1380228043082&sads=BumeXtjM5yaT1lqGUYTFU6QiWu0
7. <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wi-fi/ieee-802-11-standards-tutorial.php>

POPIS KRATICA

MTA - Mobile System A

FCC - Federal Communications Commission

AMPS - Advanced Mobile Phone System

NMT – Nordic Mobile Telephone

NTT - Nippon Telegraph and Telephone Corporation

IMTS - Improved Mobile Telephone System)

NMT - Nordic Mobile Technology)

AMPS - Advanced Mobile Phone Services)

TACS - Total Access Communication System

SMS- Short Message Service

D-AMPS - Digital Advanced Mobile Phone System

GSM - Global System for Mobile Communications

SIM - Subscriber Identity Module

CDMA - Code Division Multiple Access

PDC - Personal Digital Cellular

TDMA - Time Division Multiple Access

HSCSD – Hight Speed Circuid Switched Data

GPRS - General Packet Radio Services

EDGE - Enhanced Data Rates for Global Evalution

D-AMPS - Digital Advanced Mobile Phone System

GSM - Global System for Mobile Communications

SIM - Subscriber Identity Module

CDMA - Code Division Multiple Access

PDC - Personal Digital Cellular

TDMA - Time Division Multiple Access

FOMA - Freedom of Mobile Multimedia Access

UMTS - Universal Mobile Telecommunications System

WCDMA - Wideband Code Division Multiple Access

LTI System - Linear Time-Invariant System

AM - Amplitude Modulation

LTE - Long Term Evolution

FM - Frequency Modulation

PM - Phase Modulation

HSPA+ - Evolved High-Speed Packet Access

EPC - Evolved Packet Core

SAE - System Architecture Evolution

E-UTRAN - Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network

3GPP - 3rd Generation Partnership Project

SIP - Session Initiation Protocol

IMS - IP Multimedia Subsystem

SISO - Single-Input Single-Output

UMTS - Universal Mobile Telecommunications System

Wi-Fi - Wireless Local Area Network