

Računarske mreže IV

I Bežične računarske mreže

Tehnike bežičnog prenosa

Medijum koji se koristi kod sistema koji koriste bežični prenos je etar (vazduh).

Tehnike prenosa koje se koriste za bežični prenos su:

- Konvencionalni prenos (prenos u osnovnom opsegu, infra red, radio...)
- Tehnike proširenog spektra (osnovna karakteristika je da se koristi mnogo veći opseg od minimalno potrebnog opsega za prenos signala)

Topologije bežičnih mreža:

- Ad – hoc
- Celularne (ćelijske)
- Point-to-point

Za realizaciju ad – hoc mreža nije potrebna postojeća infrastruktura, svaka stanica (čvor) se ponaša kao komutator, svič.

Pri realizaciji ćelijske topologije neophodna je postojeća infrastruktura (bazna stanica). Svodi se na činjenicu da se jedno geografsko područje deli na određeni broj manjih područja pokrivenosti, odnosno ćelije. Svaka ćelija ima pristupnu stanicu koja emituje i prima signale uređaja koji su u njenom dometu.

U point-to-point topologije spadaju sistemi sa usmerenim antenama i zračenjem, sa ciljem da antena na jednoj strani šalje signal ciljano u određenu tačku na kojoj se nalazi druga stanica sa antenom, tako da je signal namenjen samo njoj.

Radio prenos: Podela frekvencijskog opsega

ULF	0,3 – 3 KHz	Koriste se za prenos na velike daljine
VLF	3 – 30 KHz	
LF	30 – 300 KHz	
MF	0,3 – 3 MHz	AM radio, navigacija
HF	3 – 30 MHz	
VHF	30 – 300 MHz	FM radio, VHF TV
UHF	0,3 – 3 GHz	UHF TV
SHF	3 – 30 GHz	Koriste se za satelitski prenos
EHF	30 – 300 GHz	

U – Ultra

L – Low

F – Frequency

V – Very

M – Medium

H – High

S – Super

E – Extremely

Za emitovanje na većini frekvencija neophodna je dozvola. Za frekvencije manje od 9 KHz nije potrebna dozvola, takođe i za ISM opseg nije potrebna dozvola, oko 2, 4 GHz i oko 5,1 GHz. (ISM – Industrial, Scientific and Medical radio band)

Načini propagacije signala:

1. Površinski (VLF, LF)



2. Troposferski (MF)



3. Jonosferski (HF)



4. Zemaljski direktni (VHF, UHF)

5. Kosmički direktni (SHF, EHF)

Tehnike proširenog spektra

Pojmovi:

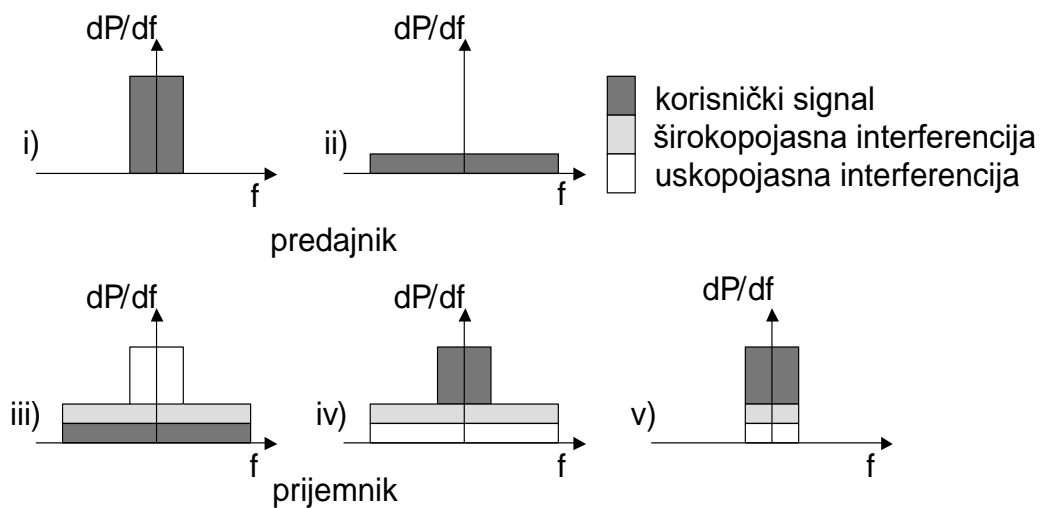
Spektar signala – signal predstavljen u frekvencijskom domenu. Signal se iz vremenskog u frekvencijski domen prebacuje pomoću Furijeove transformacije.

Što je trajanje signala kraće to je spektar širi.

B , opseg signala – minimalni opseg potreban za prenos signala.

B , opseg kanala – opseg koji se može koristiti za prenos kroz dati medijum.

Ako B_k širina kanala raste stvaraju se i uslovi za rast bitskog protoka, odnosno raste i V_b .



Ovi sistemi mogu se opisati na sledeći način:

- Širina opsega u kome je obavljen prenos znatno je veća od minimalne potrebne širine kanala za prenos poruke
- Proširenje opsega obavlja se pomoću posebnog signala, pseudoslučajne sekvence PSS, koji je nezavisan od prenošenog signala. Ista sinhronizovana PSS koristi se u Rx-u pri prijemu signala.

Osnovne karakteristike sistema sa SS (Spread Spectrum) su:

- Visoka otpornost na uticaj interferencije
- Visoka spektralna efikasnost
- Mala verovatnoća presretanja
- Tajnost prenosa

Ove tehnike su se najpre koristile u vojsci, a poslednjih 30-tak godina se sve više koriste u telekomunikacionim sistemima.

SS sistemi mogu se svrstati u tri osnovne kategorije:

- Sistemi sa direktnom sekvencom (Direct Sequence , DS-SS)
- Sistemi sa frekvencijskim skakanjem (Frequency Hopping, FH-SS)
- Sistemi sa vremenskim skakanjem (TH-SS)

DS – SS

Princip rada sastoji se u disperziji snage prenošenog signala u celokupni prošireni opseg, tako nivo signala postaje sličan nivou pozadinskog šuma.

Ovo se postiže množenjem signala sa PSS-om u Tx-u.

U Rx-u se signal množi istom PSS i na taj način se vrši kompresija spektra.

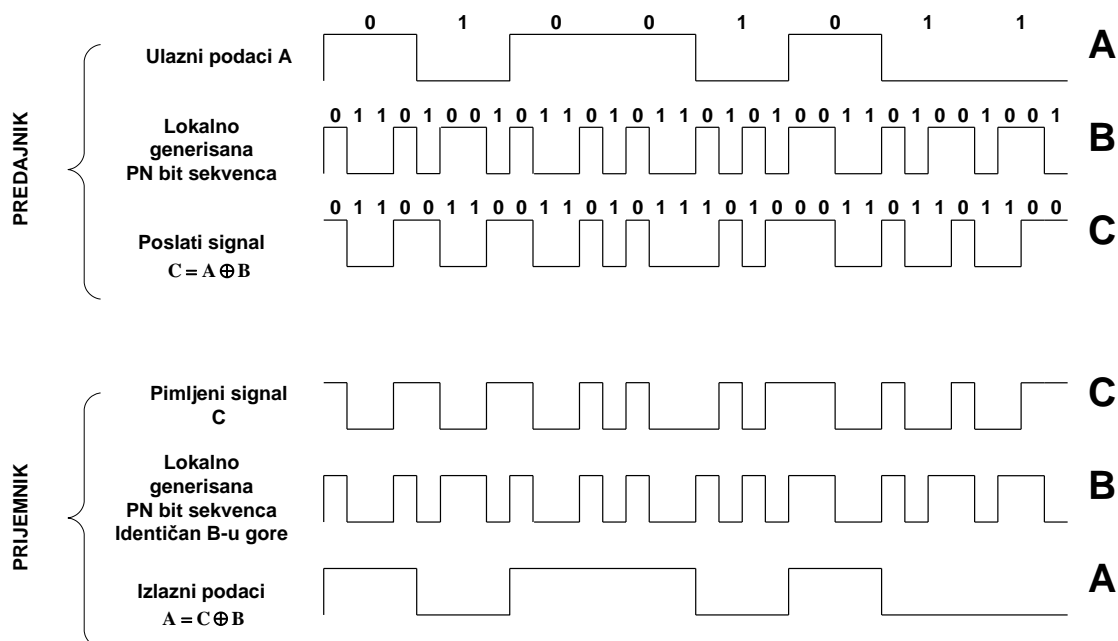
Ukoliko na ulazu u Rx imamo i interferirajući signal i on se množi PSS-om (ali on samo na Rx-u) i tako se širenjem spektra smanjuje njegova srednja snaga i to:

$$J_0 = J/G_p$$

$$G_p = V_c/V_b$$

G_p procesno pojačanje, V_b/c – brzina generisanja bita/čipa

Sve vreme koristi se ceo opseg. Kod ovog sistema moguće je slanje većeg broja signala istovremeno ukoliko se koriste različite PSS koje su međusobno ortogonalne.



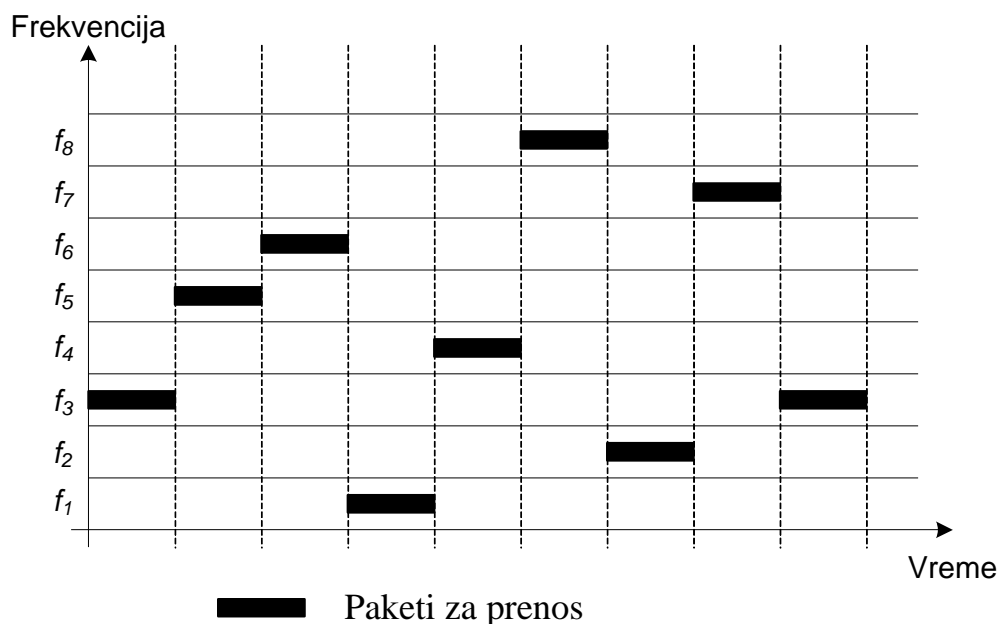
FH – SS

Proširenje opsega učestanosti u kome se obavlja prenos vrši se promenom frekvencije nosioca signala saglasno algoritmu generisanja PSS-a.

Princip rada po kanalima je isti kao u konvencionalnim sistemima.

FH skakanjem beži od ometača.

Procesno pojačanje je: $G_p = B/B_k$. B_k – minimalni potreban opseg za prenos signala, B – ukupan opseg koji je na raspolaganju.



DS signali su lakši za generisanje ali se teže zadržava sinhronizacija.

Sistemi proširenog spektra ne utiču na šum zato što šum postoji na svim frekvencijama.

Postupak generisanja PSS

Pss se koristi u procesu širenja spektra, kod sistema sa proširenim spektrom i u procesu skremblovanja.

Dva osnovna zahteva koja mora da zadovolji PSS su:

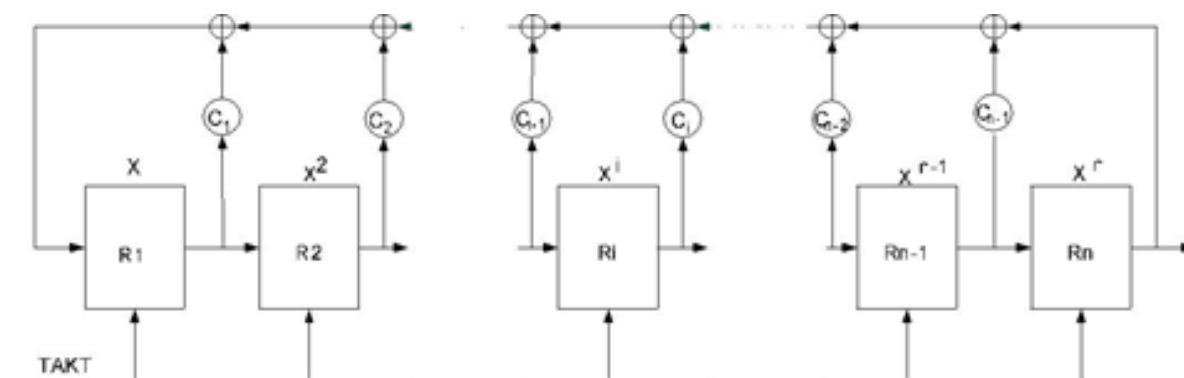
- Treba da bude takva da može da se ponovi na prijemu
- Treba da bude sinhronizovanja sa prijemom

Pseudo slučajna sekvenca predstavlja niz jedinica i nula, takvih da taj niz ima karakteristike slučajnog izabranih jedinica i nula. Sekvenca ne može biti potpuno slučajna tako da se u praksi koristi sekvenca po svojim osobinama slična slučajnoj. Međutim mora postojati algoritam za njeno generisanje, i to takav da se koristi isti algoritam i na predaji i na prijemu. Ovo je dovoljno da kodirani signal bude neprepoznatljiv za korisnika kome je namenjen, a sa druge strane sekvenca može jednostavno da se generiše na prijemu.

Najvažnija metoda kojom se generiše PSS zasniva se na korišćenju linearnih pomeračkih registara LFSR (Linear Feedback Shift Register).

Za pomerački registar sa N ćelija izlazna sekvenca će biti periodična (bez obzira na početno stanje posle određenog broja koraka registar se vraća u početno stanje).

LFSR za početno stanje sve nule izbacuje sekvencu sve nule.



C_i može da se predstavi kao prekidač, 1 kratak spoj, 0 otvoren prekidač.

R_i je memorijski element u kome su nizovi nula i jedinica.

$$f(x)=1+x+x^2+x^3+\dots+x^n$$

Sekvenca maksimalne dužine $L_{\max}=2^n-1$, ukoliko je karakteristični polinom takav da ne može da se faktoriše na polinome manjeg stepena.

Topologija bežičnih mreža

Bežične mreže pružaju veliku fleksibilnost i mogućnost kombinovanja različitih načina povezivanja.

Izdvajaju se sledeće topologije:

- Ad – hoc
- Celularne (ćelijske)
- Point-to-point

Ad – hoc (multi hop)

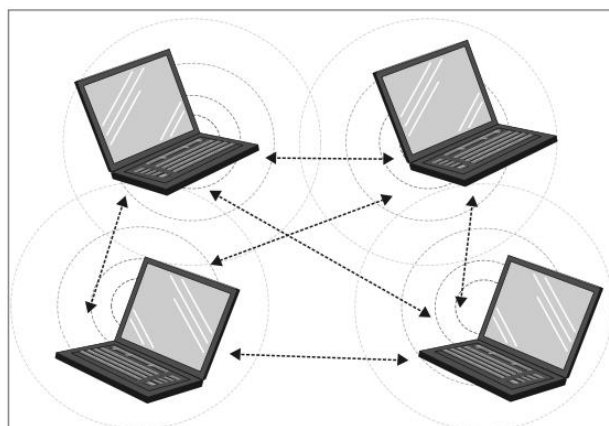
Osnovne karakteristike:

Uspostavljanje komunikacije među čvorovima vrši se direktno, bez unapred postojeće infrastrukture. Omogućava se veza „svako sa svakim“ bez pristupnih stanica. Poruka propagira kroz mrežu koristeći čvorove kroz koje prolazi, svaka stanica u mreži postaje i čvor, odnosno mesto gde poruka može da se komutira, postaje svič.

Pogodne su za komunikaciju između manjih grupa korisnika na malom rastojanju, više lokalizovanih korisnika.

Primenjuju se uglavnom tamo gde je potrebno brzo uspostaviti privremenu mrežu.

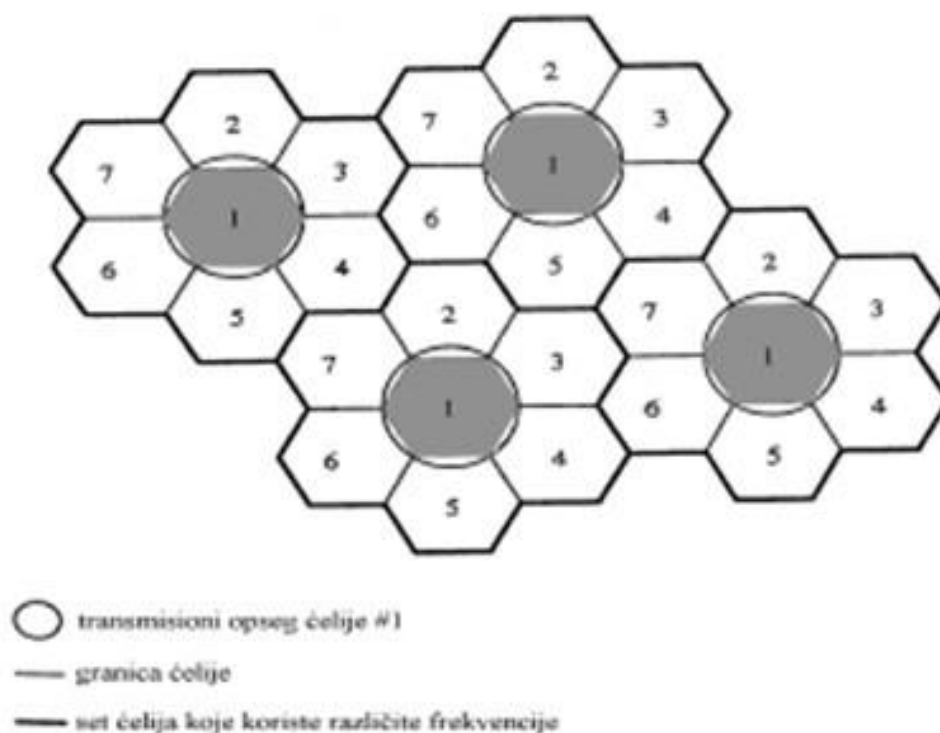
Hop – je jedan transfer preko bežičnog linka.



Ćelijske mreže

Stanice ne mogu komunicirati direktno međusobno, već samo preko pristupnih stanica. Za komuniciranje neophodno je da egzistira već postojeća infrastruktura, tako da stanice mogu da komuniciraju samo ako mogu da uspostave kontakt preko pristupne stanice za to područje.

Izraz celularne odnosi se na to da se celo jedno geografsko područje deli na određeni broj manjih područja pokrivenosti pojedinih pristupnih stanica, odnosno ćelija.



Svaka ćelija sadrži jednu baznu stanicu koja emituje i prima signale od uređaja koji se nalaze u zoni pokrivenosti date bazne stanice.

Danas bazna stanica uglavnom nije na sredini ćelije, već zbog ekonomskih i praktičnih razloga praktikuje se postavljanje na tromeđi ovih ćelija, i pomoću tri različite antene odgovarajućeg intenziteta, postignemo željenu pokrivenost tri različite ćelije.

Područje pokrivenosti bazne stanice zavisi od:

- Emisione snage bazne stanice
- Dijagrama usmerenosti antene
- Emisione snage mobilne stanice (osetljivosti uređaja)
- Prepreka koje se nalaze u samoj stanici
- Visine antene bazne stanice

Mane su:

- Potrebna infrastruktura
- Neophodno frekvencijsko planiranje

Kolizija i sigurnost bežičnih mreža

Da bi se obezbedio siguran prenos podataka neophodno je sprečiti istovremeno emitovanje signala dve stanice.

Detekcija kolizije koja se koristi kod žičnih mreža ovde je nemoguće primeniti. Kod žičnih mreža pošto smo fizički prikačeni na vod preko kog emitujemo moguće je i detektovati koliziju ukoliko nastane, a i drugi signal ukoliko neka druga stanica emituje. To smo postizali sa CSMA/CD. Kod bežičnih mreža koristi se metoda poznata kao višestruki pristup sa izbegavanjem kolizije. Pokušaćemo da smanjimo verovatnoću pojave kolizije signala u vazduhu.

CSMA/CA Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance

Stanica osluškuje da li je medijum za prenos signala slobodan. Ako jeste počinje da emituje signal posle slučajnog vremenskog perioda Δt . Ovo sprečava da više stanica krene da emituje u trenutku kad je medijum slobodan. Da bi se dobila još efikasnija komunikacija koriste se poruke:

RTS – Request To Send

CTS – Clear To Send

Na početku komunikacije stanica koja želi da pošalje neku poruku, emituje signal u etar, u cilju uspostavljanja komunikacije sa nekom drugom stanicom šalje RTS paket. Na taj način želi da rezerviše medijum na određeno vreme. Ukoliko se radi o ad-hoc mrežama, RTS zahtev se šalje

kao broadcast poruka svima u mreži, svim stanicama direktno, ako je to ćelijska mreža, RTS se šalje baznoj stanici, poruka stiže do bazne stanice preko koje se obavlja komunikacija, ne do krajnjih stanica u mreži. Bazna stanica tada emituje CTS paket koji stiže i do primaoca i do ostalih uređaja koji su u njenom dometu, zoni pokrivanja. Time se primaoc obaveštava od strane bazne stanice da čeka paket, a ostali da će link biti zauzet neko vreme.

Bezbednost

Uopšteno posmatrajući postoje tri različite vrste napada na mrežu (bežičnu mrežu):

- Napadnuta fizička sigurnost mreže
- Neautorizovani napadi i prisluškivanje
- Ugrožavanje bezbednosti unutar same mreže od strane autorizovanog korisnika

Antene i domet veze

Osnovni mehanizmi prostiranja talasa

Najbitnije pojave koje nastaju pri prostiranju elektromagnetnog talasa su:

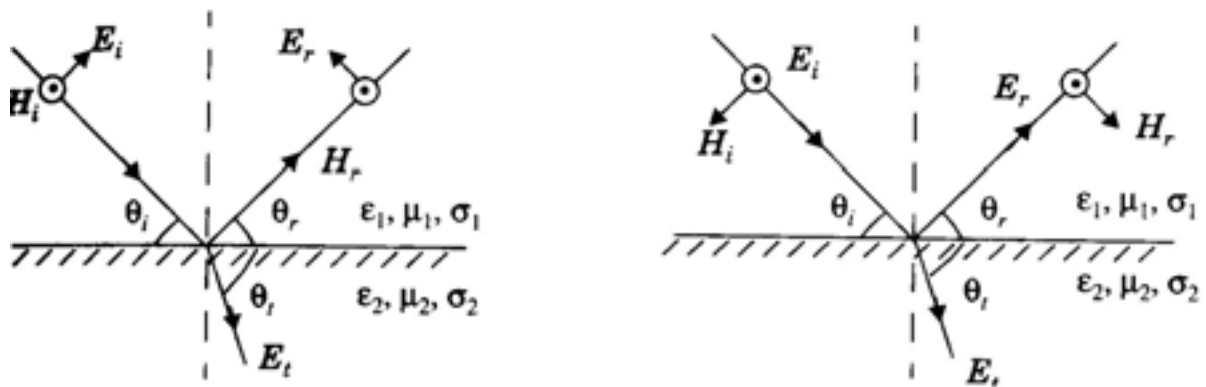
- Refleksija
- Difrakcija
- Disperzija
- Refrakcija
- Apsorpcija

Refleksija se javlja kada elektromagnetni talas naiđe na objekat čije su dimenzije velike u odnosu na talasnu dužinu i odbije se od ove prepreke. Refleksija se događa na površini zemlje, zgrada, zidova.

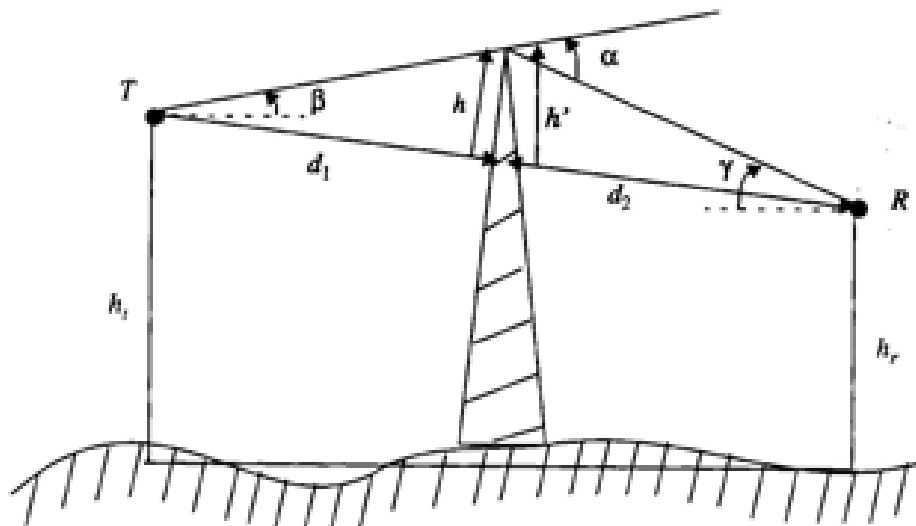
Kada radio talas naiđe na medijum koji ima drugačije električne osobine on se delimično reflektuje, a delimično prelazi u drugu sredinu. Kada talas nailazi na savršen dielektrik deo energije se prenosi u drugi medijum, a deo energije se reflektuje. Ako je drugi medijum savršen provodnik onda se sva energija reflektuje.

Odnos intenziteta električnog polja reflektovanog i upadnog elektromagnetnog talasa predstavlja koeficijent refleksije R . Zavisi od osobine materijala, polarizacije talasa, upadnog ugla i frekvencije talasa.

$$R = \frac{E_r}{E_i}$$



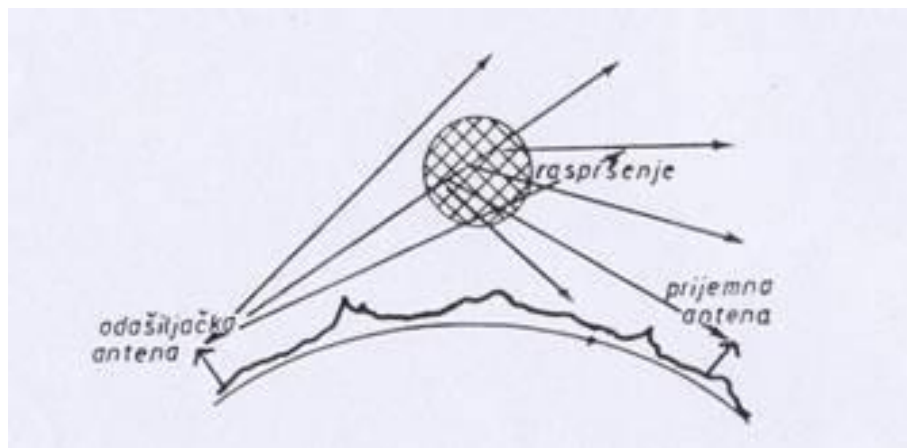
Difrakcija se događa kada elektromagnetni talas nailazi na prepreku koja ima oštre i nepravilne ivice. Difrakcija dovodi do pojave savijanja talasa oko prepreke tako da se talasi prostiru i iza prepreke. Na visokim učestanostima difrakcija zavisi kao i refleksija od geometrije prepreke, amplitude, faze i polarizacije talasa.



Kada pri prostiranju elektromagnetnog talasa kroz etar nastane pojava difrakcije, sekundarni talasi koji se javljaju oko prepreke prostiru se svuda i iza prepreke, što dovodi do pojave savijanja talasa oko prepreke. Zahvaljujući difrakciji, radio talasi se prostiru oko zakrivljene površine zemlje i iza prepreka.

Iako jačina primljenog signala brzo opada što je prijemnik više zaklonjen preprekom, primljena jačina signala je često dovoljna da se ostvari veza sa prijemnikom. Procena slabljenja signala zbog difrakcije radio talasa sa preprekama kao što su zgrade i brda je od velikog značaja za predviđanje jačine prijemnog signala u nekom području. Procena gubitaka usled difrakcije kada je u pitanju nepravilan teren sa mnogo prepreka je komplikovana. Koriste se aproksimacije kombinovane sa empirijskim rezultatima koji su dobijeni vršenjem merenja na mnogo lokacija sa različitim modelima prepreka, konfiguracijom terena i uslovima. Postoje izrazi za gubitak usled difrakcije samo za jednostavne slučajeve.

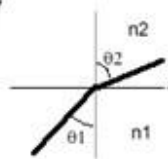
Disperzija ili rasejanje talasa se događa kada postoje prepreke malih dimenzija u odnosu na talasnu dužinu elektromagnetnog talasa i kada je broj prepreka veliki. Dolazeći talas se rasejava na više slabijih odlazećih signala. Rasejanja uzrokuju hrapave površine, mali objekti i druge nepravilnosti u medijumu. U praksi rasejanje uzrokuje lišće, saobraćajni znakovi, ulično osvetljenje.



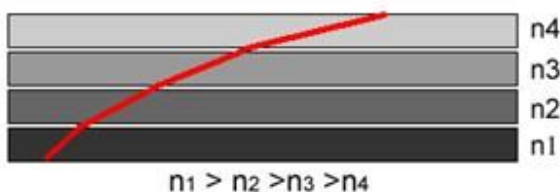
Najveće je u donjoj troposferi zbog turbulencije zraka koje uzrokuju nepravilne prostorne i vremenske promene indeksa prelamanja, refleksije. Zahvaljujući disperziji deo energije talasa se vraća ma zemlju, daleko iza horizonta, ali samo mali deo ukupne izračene energije.

Refrakcija talasa je promena njegovog smera širenja ili savijanje, kretanje koje nastaje zbog promenljivih elektromagnetnih svojstava sredine kojom talas putuje. Refrakcija se iskazuje indeksom prelamanja. Refrakcijom elektromagnetni talas odstupa od svog pravolinijskog kretanja. Apsolutni indeks prelamanja odnosi se na pojedini medij, a njihov odnos označava relativni indeks prelamanja $n = n_1/n_2$.

Snell's Law



$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$



Indeks prelamanja zavisi od frekvencije talasa i karakteristike medijuma za prenos (temperatura, vlažnost, pritisak). Refrakcija radio talasa nastaje u atmosferi zbog promene parametara sredine. Te promene pojavljuju se sa promenom visine u atmosferi pa talas prolazi

kroz slojeve različitih indeksa prelamanja. Kako se indeks prelamanja sa porastom visine uglavnom smanjuje, tako se talas savija oko površine zemlje.

U jonosferi se događa postepeno savijanje putanje talasa na šta utiču njeni različiti jonizovani slojevi. Pri tom je zakrivljenost veća uz veću koncentraciju slobodnih elektrona. Iznad određene frekvencije talasa takozvane kritične frekvencije oko 30 MHz, talas ne doživljava refrakciju i ne savija se, već odlazi od zemlje.

Refrakcija se često javlja na prelazu sa mora na kopno i obrnuto.

Apsorpcija

Zemlja na površini upija energiju površinskih talasa koji se prostiru duž nje. Ovo se objašnjava time što zemljište poseduje aktivnu otpornost. Radio talasi izazivaju u zemljištu struje koje uslovljavaju aktivne gubitke. Što je talasna dužina manja, odnosno što je frekvencija elektromagnetnog talasa veća, to se u zemljištu indukuju veće struje i gubici su veći.

Gubici se smanjuju povećavanjem provodnosti zemljišta, to jest što je provodnost zemljišta veća, talasi manje prodiru u njega. U zemljištu se javljaju dielektrični gubici koji se takođe povećavaju smanjenjem talasne dužine.

Karakteristike talasa

Najvažnije karakteristike talasa su:

- Talasna dužina λ
- Frekvencija f
- Brzina prostiranja c
- Polarizacija talasa

Talasna dužina je definisana kao najmanje rastojanje dve tačke u prostoru pri kretanju talasa, između kojih se faza elektromagnetnog talasa promenila za 2π . Izražava se zbog toga u metrima.

Frekvencija je broj celih promena ili perioda elektromagnetnog talasa u jedinici vremena. Između talasne dužine frekvencije elektromagnetnog talasa postoji direktna zavisnost. Talasna dužina elektromagnetnih talasa pri njihovom prostiranju kroz neku sredinu računa se po formuli: $\lambda = v/f$.

Brzina prostiranja talasa u vazduhu praktično je jednaka brzini svetlosti 299 760 km/s. Između talasne dužine, frekvencije i brzine prostiranja elektromagnetnog talasa postoji fizička veza i metrički se izražava:

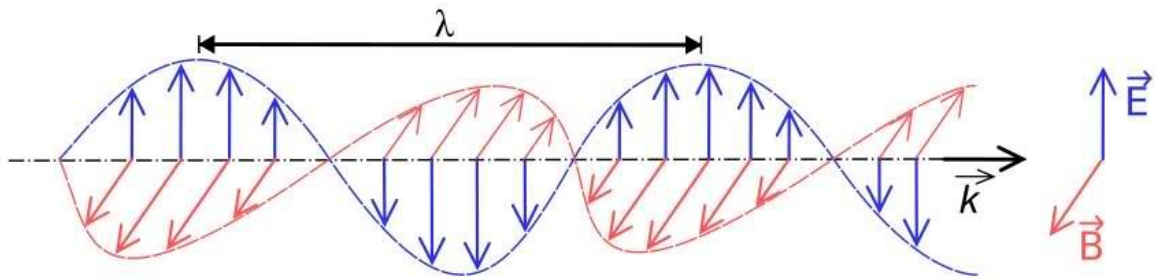
$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$c = f * \lambda$$

Polarizacija talasa može biti:

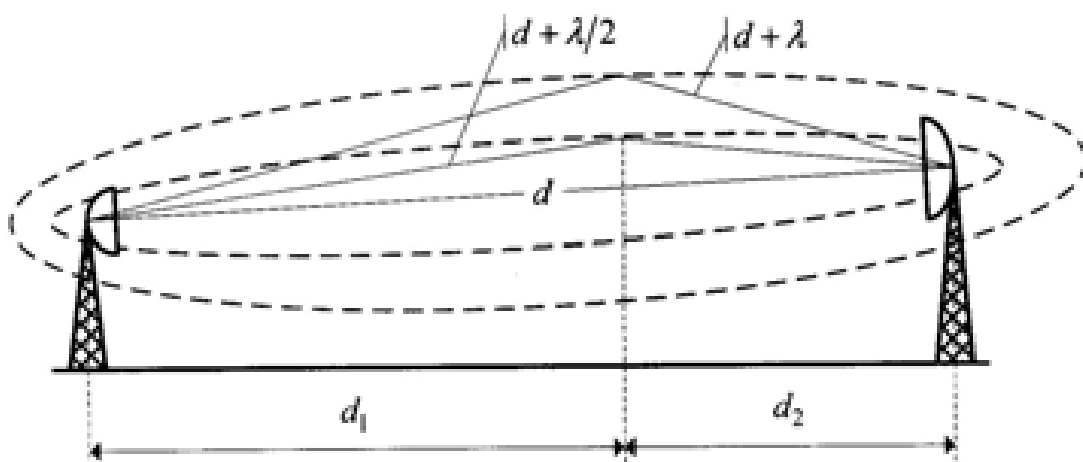
- Vertikalna
- Horizontalna



Horizontalna polarizacija je takva polarizacija kod koje je vektor električnog polja normalan na ravan prostiranja radio talasa. Drugim rečima pri horizontalnoj polarizaciji su električne strelice paralelne sa površinom zemlje. Pri vertikalnoj polarizaciji, vektor električnog polja leži u ravni prostiranja talasa, a magnetice su paralelne sa površinom zemlje.

Većina naših odašiljača emituje horizontalno polarisane talase pa su dipoli prijemnih antena tada u horizontalnom položaju.

Frenelove zone predstavljaju oblasti u kojima je razlika između dužine puta kojom prelazi direktan talas i talas koji dolazi drugom putanjom, odnosno talas koji se reflektovao manji ili jednak $n\lambda/2$.



Poluprečnik frenelove zone:

$$F_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

I Frenelova zona je najbitnija, potrebno je da ne postoje neki predmeti u njoj da bi gubici usled difrakcije bili minimalni. U praksi potrebno je bar 55% da je slobodna I Frenelova zona.

Antene, osobine

Koeficijent usmerenosti D (direktivnost)

Direktivnost $D(\theta, \varphi)$ predstavlja odnos:

$$D(\theta, \varphi) = \frac{\text{Intenzitet zračenja u posmatranom pravcu}}{\text{Srednja vrednost intenziteta zračenja}}$$

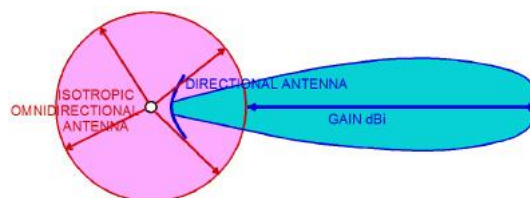
Gde je Intenzitet zračenja količnik izvoda snage zračenja i posmatranog ugla. Ovo se sve odnosi na direktivnost u funkciji sfernih koordinata. Ukoliko se ne naglasi posebno direktivnost se daje za pravac maksimalnog zračenja. Ovde se ne uzimaju gubici u anteni pa se za takve izraze koristi naziv Dobitak.

Dobitak (Gain) se definiše kao odnos intenziteta zračenja antene u nekom pravcu prema maksimalnom intenzitetu zračenja referentne antene, pod uslovom da se obe napajaju istom snagom P_0 . Kao referentna antena koristi se izotropni radijator.

$$G = \eta * D$$

Dobitak antene u odnosu na izotropni radijator dobija se množenjem direktivnosti i stepena korisnog dejstva. Stepenn korisnog dejstva ili stepen iskorišćavanja uvek je manji od jedan, jer se deo snage koja se predaje anteni da izrači u etar, gubi u obliku toplote usled raznih parazirnih otpornosti. Koeficijent korisnog dejstva predstavlja odnos uložene snage i snage koja se izrači iz antene.

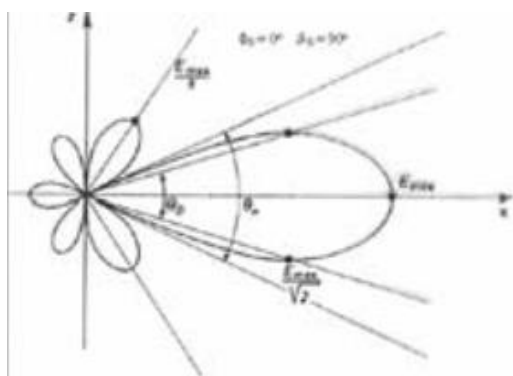
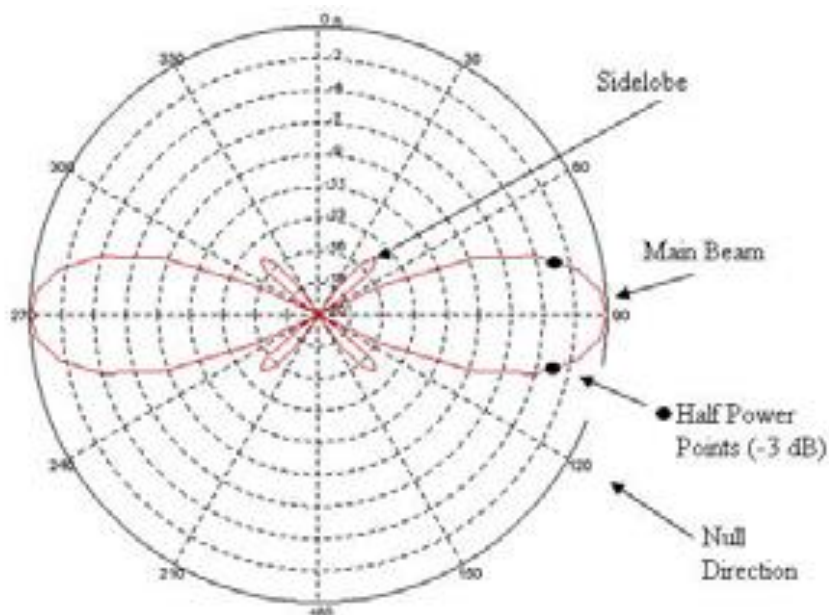
$$\eta = \frac{P'}{P}$$



Efektivna površina antene je količnik snage koju antena predaje prijemniku i gustine snage zračenja elektromagnetnog talasa na mestu prijemne antene. Efektivna površina antene zavisi od dobitka antene u posmatranom pravcu:

$$A_e = \frac{\lambda^2}{4\pi} G$$

Širina glavnog snopa često se koristi kod jako usmerenih antena. Predstavlja ugao između pravca na kojima intenzitet zračenja opadne na polovinu maksimalne vrednosti, odnosno za 3 dB.



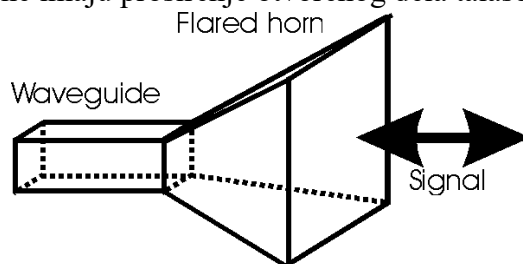
Impedansa antene karakteriše njene osobine u odnosu na napojni sistem. Poznavanje ulazne impedanse antene neophodno je da bi se obezbedilo prilagođavanje antene na napojni vod. Na ovaj način se obezbeđuje maksimalni transfer energije. Prilagođavanjem se i kod predajne i kod prijemne antene poboljšava stepen korisnog dejstva celog prenosnog sistema.

Vrste antena

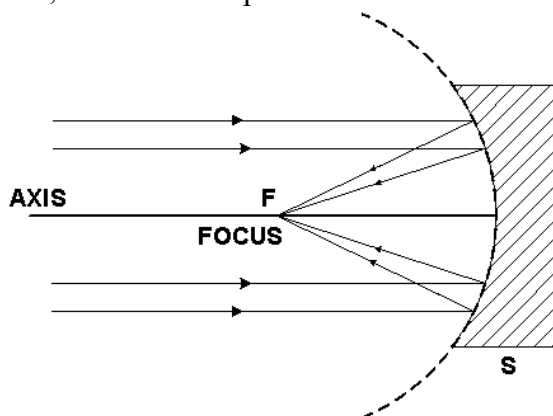
- Žične antene najčešće su formirane od izduženog provodnika čije su poprečne dimenzije manje od talasne dužine (jagi, log-periodične).



- Levak (Horn) antene imaju proširenje otvorenog dela talasovoda.



- Reflektorske antene se sastoje od primarnog izvora i paraboličnog metalnog radijatora koji fokusira zračenje na tačku izvora, slično kao u optici.



Podela antena

Prema širini radnog ospega:

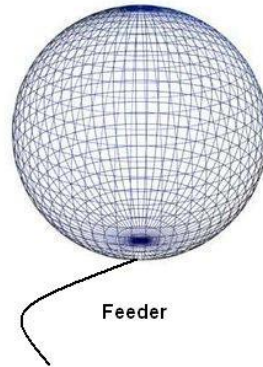
- Uskopojasne
- Širokopojasne

Prema obliku dijagrama:

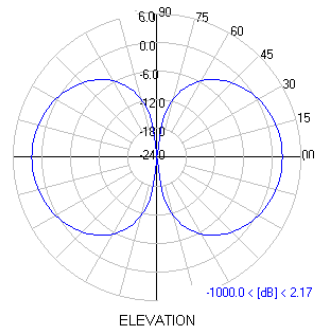
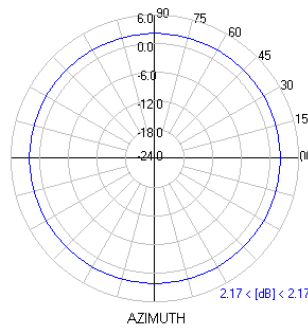
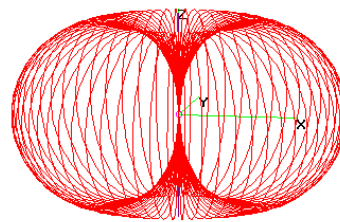
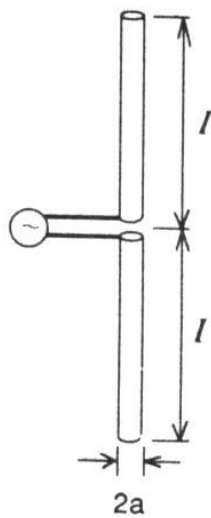
- Usmerene
- Neusmerene

Izotropna antena predstavlja antenu koja emituje zračenje ravnomerno u svim pravcima. Ne postoji u praksi, jer svaka antena ima određenu usmerenost, ali se koristi ka referentna antena pri određivanju karakteristika drugih antena.

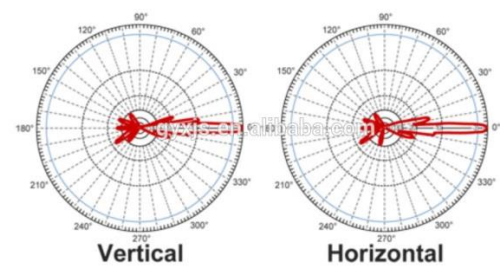
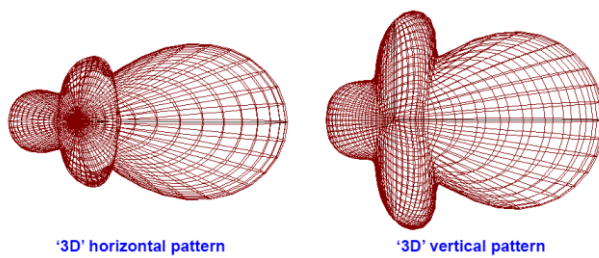
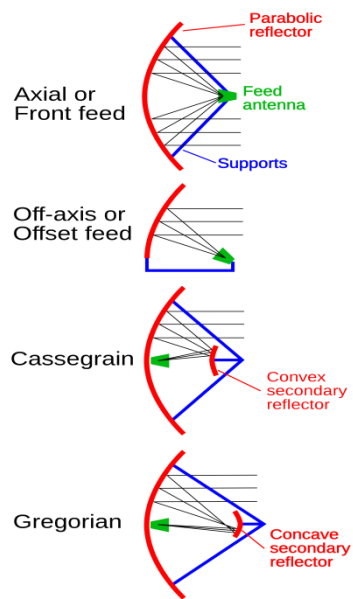
Radiation pattern from Isotropic antenna



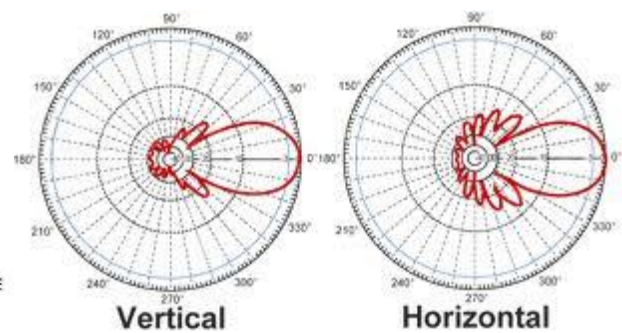
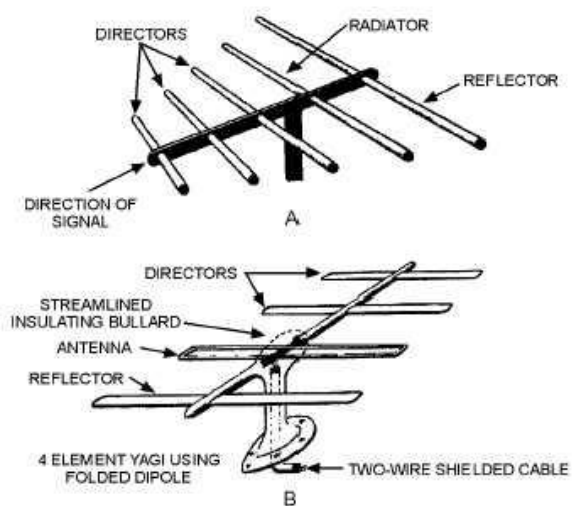
Dipol



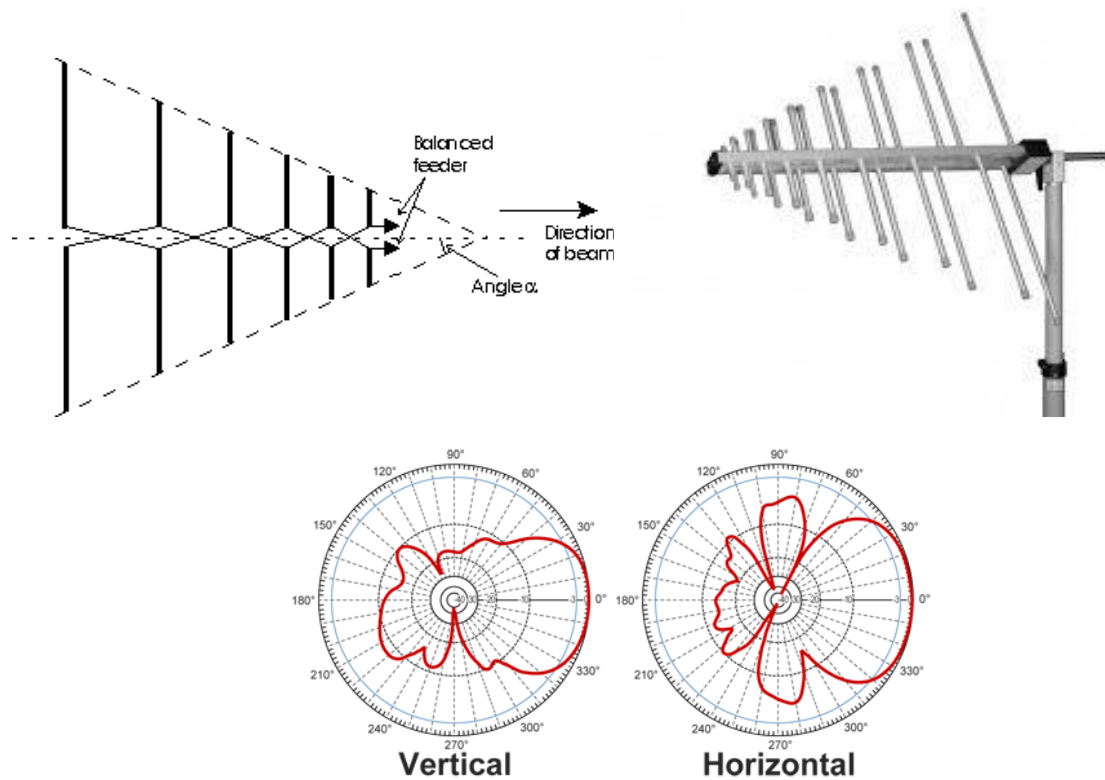
Parabolične



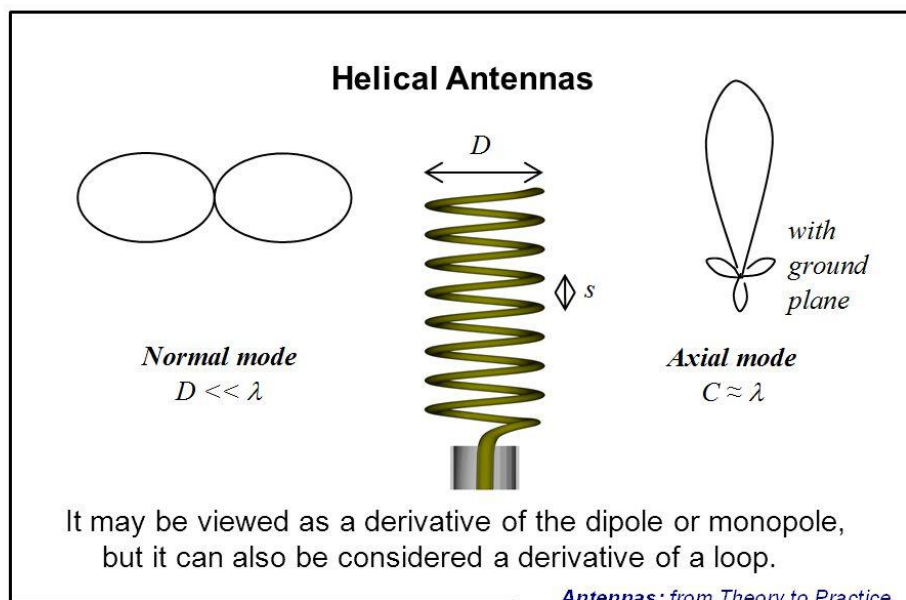
Yagi



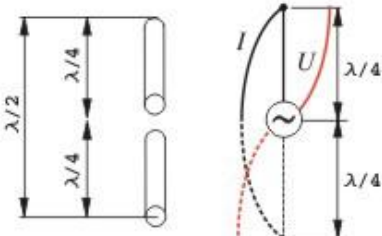
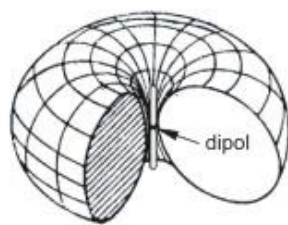
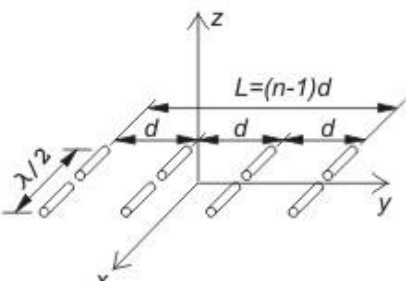
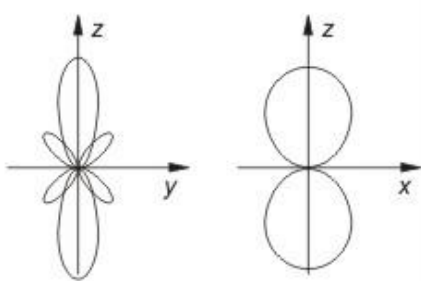
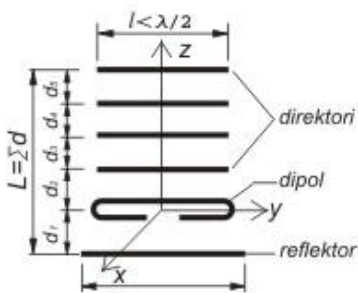
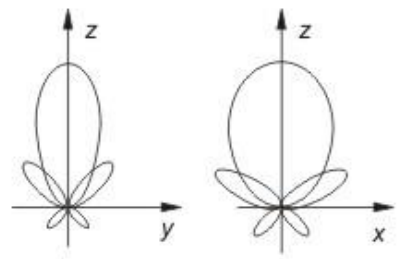
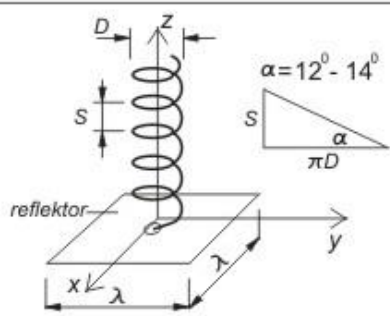
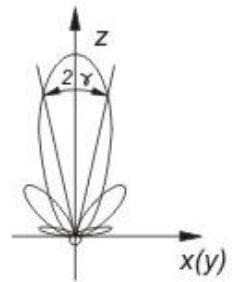
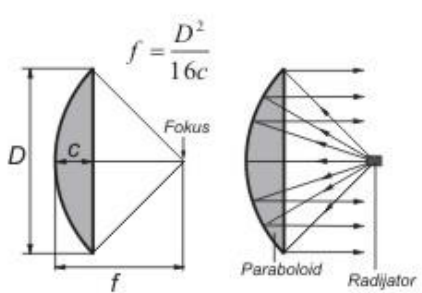

Log-periodic



Helikoidna antena



Osnovni tipovi antena sa karakteristikama

Vrsta antene	Dijagram zračenja	Pojačanje
<p>POLUTALASNI DIPOL</p> 		<p>Teoretski u odnosu na izotropni radijator:</p> <p>dBi=0dB</p> <p>U odnosu na polutalasni dipol</p> <p>dBd=2,14dB</p>
<p>POVEZANA GRUPA DIPOLA n-broj dipola</p> 		<p>U zavisnosti od parnog broja dipola</p> <p>6dB - 12dB</p>
<p>YAGI ANTENA</p> 		<p>U zavisnosti od broja direktora</p> <p>6dB - 12dB</p>
<p>HELIKOIDNA ANTENA</p> 		<p>6dB - 16dB</p>
<p>PARABOLIČNA ANTENA</p> 		<p>U zavisnosti od površine i obrade paraboloida</p> <p>24dB - 48dB</p>

Standardi bežičnih mreža

WWAN	WLAN	WPAN	WMAN
GSM	802.11 (Wi-Fi)	Bluetooth (802.15.1)	802.16
GPRS	HOME RF	Infrared	WiMAX
EDGE	Wibro 802.11e	Senzorske mreže	802.16d 802.16e
UMTS		Zig-Bee (802.15.4)	Mobile WiMAX

Wi – Fi (IEEE 802.11)

Poznato je nekoliko standarda:

- 802.11b 2.4-2.485GHz do 11Mb/s
- 802.11a 5.1-5.8GHz do 54Mb/s
- 802.11g 2.4-2.485GHz do 54Mb/s
- 802.11n 2.4/5GHz do 150Mb/s
- 802.11ac 5GHz do 780Mb/s

Zajedničko za sva tri standarda je:

- koriste CSMA/CA
- ista struktura okvira
- mogućnost smanjenja protoka da bi se povećao domet
- omogućavaju obe topologije (ćelijska i ad-hoc)

Razlike između ovih standarda su u fizičkom sloju, najčešće se odnose na načine modulacije i načine multipleksiranja signala, tako da različite tehnike omogućavaju različite širine kanal i protoka.

Noviji standardi 802.11n i 802.11ac omogućavaju veće protoke od prva tri koja su se najčešće koristila u prošlosti.

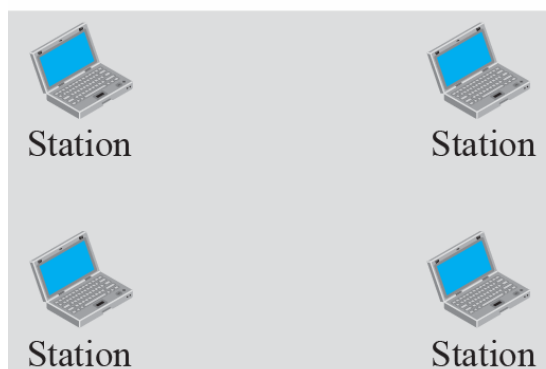
Standardom IEEE 802.11 definisana su sledeća dva tipa servisa (usluga):

- a) skup osnovnog servisa (*basic service set- BSS*)
- b) prošireni skup servisa (*extended service set- ESS*)

Osnovni element arhitekture je BSS (Basic Service Set): čine ga jedna ili više bežičnih stanica i opcionalno jedna pristupna stanica poznata kao AP – Access Point (infrastrukturni BSS). BSS može da podržava i ad-hoc topologiju kao i ćelijsku u zavisnosti da li u formiranju BSS-a učestvuje AP ili ne.

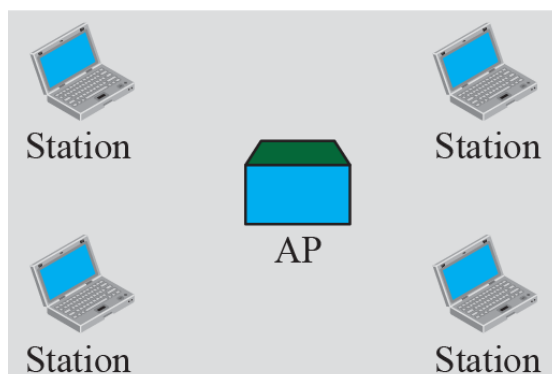
BSS bez AP-a je samostalna mreža koja ne može slati podatke drugim BSS-ovima. Za ovaj tip mreže kažemo da karakteriše *ad-hoc* arhitektura. Kod *ad-hoc* arhitekture, stanice mogu formirati mrežu bez potrebe da postoji AP, pri čemu se stanice mogu međusobno locirati i složiti (dogovoriti) da budu deo BSS-a. BSS-ovi kod kojih postoji AP nazivaju se infrastrukturne mreže.

BSS: Basic service set



Ad hoc network (BSS without an AP)

AP: Access point



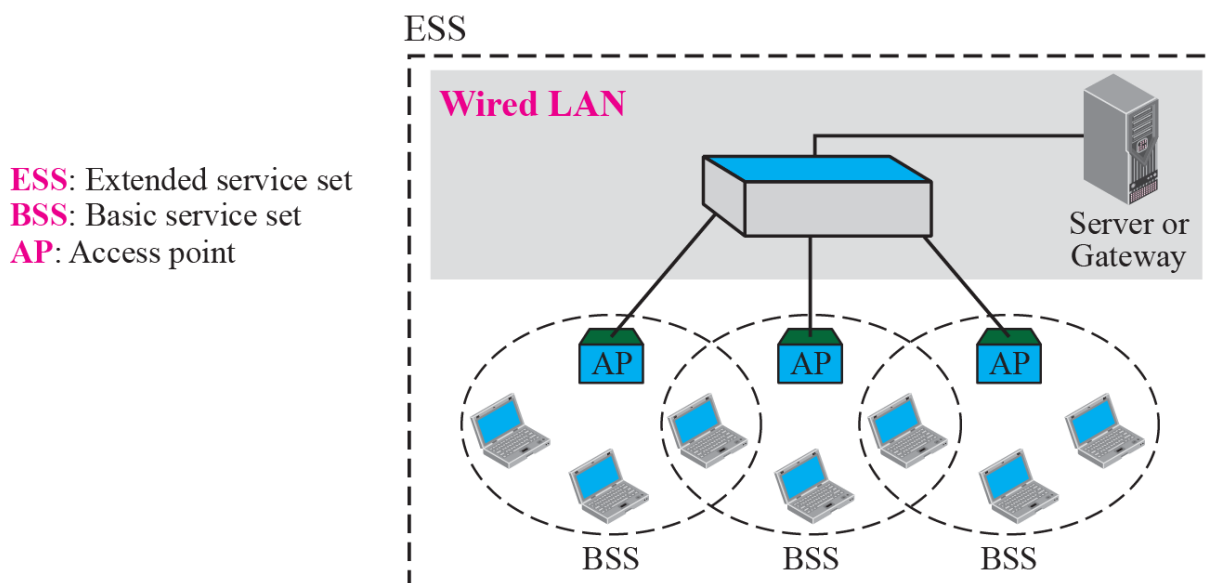
Infrastructure (BSS with an AP)

Oblast pokrivanja jedne pristupne stanice naziva se BSA (Basic Service Area).

Više BSS-ova međusobno povezanih naziva se ESS (Extended Service Set).

ESS čini dva ili veći broj BSS-ova sa AP-ovima. U ovom slučaju BSS-ovi su povezani preko distribucionog sistema, koji je obično izveden kao žičani (*wired* LAN). Distribicioni sistem povezuje AP-ove iz različitih BSS-ova. Standardom IEEE 802.11 ne ograničava se obim distribucionog sistema, on može biti bilo koji IEEE LAN kakav je recimo Ethernet. Treba naglasiti da ESS koristi dva tipa stanica: mobilne i stacionarne. Mobilne stanice su standardne

stanice u okviru BSS-a. Stacionarne stanice su AP stanice koje su deo žičanog LAN-a. Na slici prikazan je ESS.



Ukoliko oblast pokrivanja formira više pristupnih stanica to se naziva ESA (Extended Service Area).

Tipovi stanica

U zavisnosti od stepena mobilnosti kod WLAN-ova, standardom se definišu sledeća tri tipa stanica:

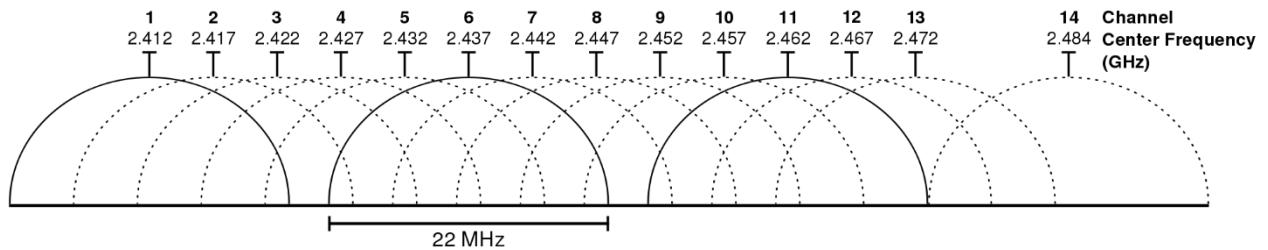
- Nema-prelaska (*no-transition*),
- Prelazak u okviru BSS-a (*BSS transition*), i
- ESS prelazna mobilnost (*ESS transition mobility*).

Stanica tipa *no-transition* ne karakteriše mobilnost i stacionarnog je tipa. To znači da se ona, u krajnjem slučaju, može premeštati samo u okviru BSS-a. Stanica koju karakteriše BSS mobilnost možemo premeštati iz jedne BSS mrežu u drugu. Stanica koju karakteriše ESS prelazna mobilnost možemo premeštati iz jedne ESS mreže u drugu.

Kanali i pridruživanje

Da bi bežična stanica mogla da prima i emituje okvire mora biti pridružena nekoj pristupnoj stanici. Na AP-u administrator konfiguriše:

- Identifikacioni broj SSID (Service Set Identifier)
- Dodeljuje broj kanala (u rasponu od 85MHz postoji 11 kanala, ne preklapaju se dva kanala samo ukoliko ih deli 4 i više kanala)



Bežična stanica se pridružuje AP-u na dva načina:

- a) Pasivnim skeniranjem – osmatraju se kanali i čeka se okvir za navođenje. Okvir za navođenje je okvir koji šalju AP-i periodično i koji sadrže SSID i MAC.
- b) Aktivnim skeniranjem – bežična stanica šalje istraživački okvir svim AP-ima u dometu, oni odgovaraju i AP bira jednu od tih pristupnih stanica. Kada odabere pristupnu tačku prelazi se na sam proces pristupanja AP-u koji podrazumeva dodelu IP adrese bežičnoj stanici i uspostavu sinhronizacije.

MAC protokol 802.11

Pošto se bežična stanica pridruži pristupnoj tački, ona može da počne da šalje okvire podataka pristupnoj tački i da ih prima od nje. Ali pošto se dešava da više stanica u isto vreme pokušava da šalje okvire podataka preko istog kanala, potreban je protokol za višestruki pristup koji će koordinisati te prenose.

Ovaj protokol se naziva **CSMA sa izbegavanjem kolizija** ili ukratko **CSMA/CA**. Kao i kod Ethernetovog CSMA/CD, “CSMA” znači Carrier Sense Multiple Access, što znači da svaka stanica pronalazi kanal pre nego što počne da emituje i da se uzdržava od emitovanja kada oseti da je kanal zauzet. Mada i Ethernet i 802.11 koriste direktan pristup sa ispitivanjem nosioca, između ova dva MAC protokola postoje značajne razlike.

Prvo, umesto otkrivanja kolizija 802.11 koristi tehnike za izbegavanje kolizije.

Drugo, zbog relativno visoke učestalosti grešaka u prenosu bitova u bežičnim kanalima, 802.11 (za razliku od Ethernet) koristi ARQ (Automatic Repeat reQuest) šemu u sloju veze za potvrđivanje i ponovno slanje.

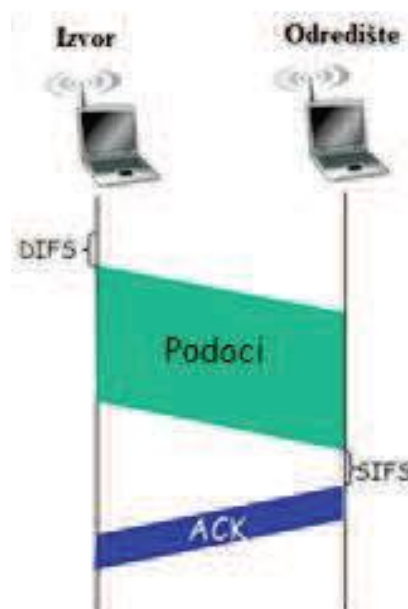
MAC protocol 802.11 *ne primenjuje* otkrivanje kolizija. Za to postoje dva važna razloga:

- Sposobnost da se otkriju kolizije zahteva sposobnost istovremenog slanja i primanja. Pošto je jačina primljenog signala obično veoma mala u poređenju sa jačinom signala koji se šalje, skupo je praviti hardver koji je u stanju da otkrije koliziju.
- Još važnije, čak i kada bi kartica mogla istovremeno da emituje i da sluša, adapter ipak ne bi mogao da otkrije sve kolizije zbog problema sakrivenog terminala i opadanja.

Pre nego što pređemo na razmatranje izbegavanje kolizija, moramo prvo da razmotrimo šemu **potvrda u sloju veze** protokola 802.11. Kao što je prikazano na slici kada odredišna stanica primi okvir koji uspešno prođe CRC proveru, ona čeka jedan kratak vremenski interval poznat kao **SIFS** (*Short Inter-frame Spacing*), a zatim vraća okvir potvrde. Ako otpremna stanica u zatom intervalu ne primi potvrdu, ona pretpostavlja da je došlo do greške i ponovo šalje isti okvir tako što za pristup kanalu ponovo koristi CSMA/CA. Ako potvrda ne stigne nakon određenog broja ponovnih slanja, otpremna stanica odustaje i odbacuje okvir.

Postupak funkcionisanja CSMA/CA protokola 802.11. Pretpostavimo da stanica (bežična stanica ili pristupna tačka) ima okvir za slanje.

1. Ako stanica na početku vidi da je kanal slobodan, ona šalje svoj okvir nakon kratkog vremenskog intervala poznatog kao **DIFS** (*Distributed Interframe Space*).
2. Inače stanica bira slučajnu vrednost za odstupanje i odbrojava od te vrednosti sve dok je kanal slobodan. Kada se otkrije zauzeće kanala, vrednost brojača se zamrzava (da ne bi dve stanice koje čekaju da treća završi krenule u isto vreme da emituju, one ne umeju da detektuju koliziju u toku slanja pa bi kolizija trajala čitavo vreme slanja obe stanice).
3. Kada brojač dođe do 0 (obratite pažnju na to da do toga jedino može doći kada je kanal slobodan), stanica šalje ceo okvir i zatim čeka na potvrdu.
4. Ako se primi potvrda, otpremna stanica zna da je njen okvir pravilno primljen u odredišnoj stanici. Ako stanica ima još neki okvir za slanje, ona pokreće protokol CSMA/CA od tačke 2. Ako se potvrda ne primi, otpremna stanica ponovo prelazi na fazu oporavka i koraka 2 tako što slučajnu vrednost bira iz većeg intervala.

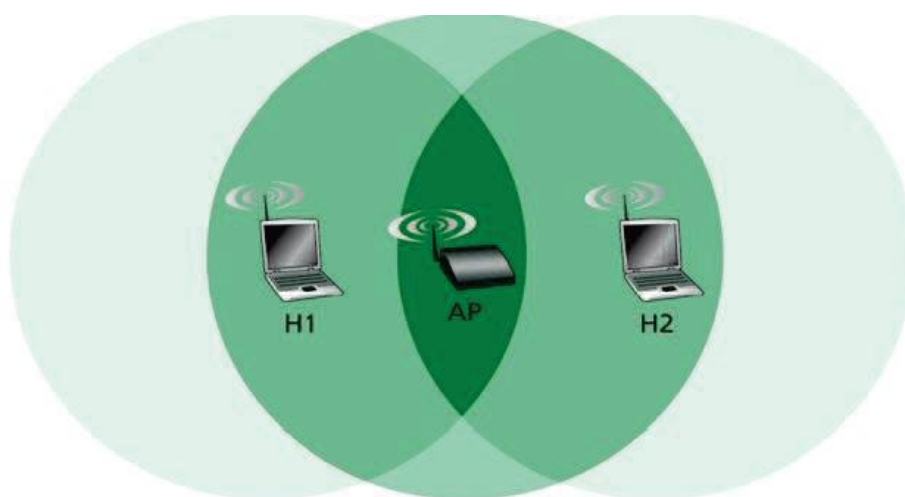


Tretiranje sakrivenih terminala: RTS i CTS

MAC protokol 802.11 takođe sadrži izvanrednu (opcionu) šemu rezervacija koja pomaže da se izbegnu kolizije čak i u slučaju sakrivenih terminala.

Zašto sakriveni terminali mogu da predstavljaju problem? Pretpostavimo da stanica H1 šalje okvir i da na pola tog slanja mrežni sloj u stanici H2 preda MAC protokolu 802.11 jedan okvir. Pošto ne primećuje slanje iz stanice H1, H2 će prvo sačekati jedno kratko slučajno izabrano vreme, a zatim će početi da šalje okvir DATA i tako dovesti do kolizije. Kanal će prema tome biti protraćen tokom celog intervala emitovanja iz H1 kao i iz H2.

Da bi se ovaj problem izbegao, protokol IEEE 802.11 omogućava stanici da jednim kratkim kontrolnim okvirom **RTS (Request To Send)** i jednim kratkim kontrolnim okvirom **CTS (Clear To Send)** rezerviše pristup kanalu. Kada pošiljalac hoće da pošalje okvir, on može pristupnoj stanici prvo da pošalje okvir RTS, i naznači ukupno vreme potrebno za prenos okvira i okvira potvrde (ACK). Kada pristupna stanica dobije okvir RTS, ona odgovara difuznim emitovanjem okvira CTS. Okvir CTS ima dve svrhe: on daje pošiljaocu eksplicitnu dozvolu da šalje i takođe obaveštava ostale stanice da ne šalju tokom rezervisanog perioda.

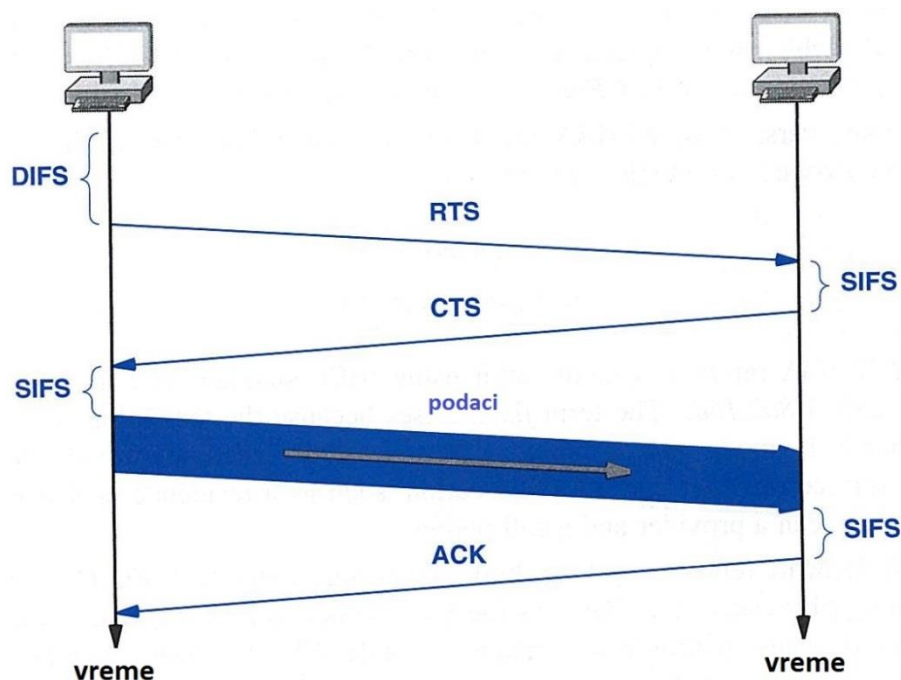


Korišćenje okvira RTS i CTS poboljšava performanse na dva značajna načina:

- Problem sakrivenih stanica se ublažava pošto se dugački okvir šalje tek pošto je kanal rezervisan.
- Pošto su okviri RTS i CTS kratki, kolizija u kojoj učestvuje RTS i CTS okvir trajaće samo koliko traje takav kratak okvir. Pošto se okviri RTS i CTS ispravno prenesu, naredni okviri i ACK trebalo bi da prođu bez kolizije.

Razmena RTS/CTS može da pomogne u smanjenju broja kolizija, ona takođe dovodi do kašnjenja i troši resurse kanala. Iz tog razloga se razmena RTS/CTS koristi jedino da bi se rezervisao kanal za prenos dugackog okvira. U praksi, svaka bežična stanica može da uspostavi **RTS prag**, pa da se paketi RTS/CTS koriste samo ako je okvir veći od zadatog praga. Kod

mnogih bežičnih stanica podrazumevana vrednost RTS praga veća je od maksimalne veličine (dužine) okvira, čime se izbegava razmena RTS/CTS za sva slanja okvira.



Standard za personalne mreže IEEE 802.15

IEEE je dodelio broj 802.15 za PAN standarde. Nekoliko radnih grupa i industrijski konzorcijumi su formirani za svaku od ključnih PAN tehnologija. Glavni PAN standardi prikazani su u sledećoj tabeli:

Standard	Namena
802.15.1a	Bluetooth tehnologija (1 Mbps; 2,4 GHz)
802.15.2	Koegzistencija među PAN mrežama (neometanje)
802.15.3	PAN velike brzine (55 Mbps; 2,4 GHz)
802.15.3a	Ultra široki opseg (Ultra Wideband – UWB) brzi PAN (110 Mbps; 2,4 GHz)
802.15.4	Zigbee tehnologija - spori PAN za daljinsko upravljanje
802.15.4a	Alternativni spori PAN koji koristi manje energije

Bluetooth: IEEE 802.15.1a standard se razvio nakon što su proizvođači kreirali *Bluetooth* tehnologiju kao tehnologiju za bežičnu konekciju na kratkim distancama. Karakteristike Bluetooth tehnologije su:

- Bežična zamena za kablove (npr., slušalice ili miš)
- Koristi 2,4 GHz frekvencijski opseg
- Kratke distance (do 5 metara, sa varijacijama koje proširuju ovaj domet na 10 ili 50 metara)
- Uređaj je *master* ili *slave*
- *Master* daje dozvolu *slave*
- Brzina podataka je do 721 Kbps

Bluetooth je tehnologija koja koristi radio talase iz ISM opsega. ISM (Industrial, Scientific and Medical) opseg je opseg elektromagnetnih talasa kratkog dometa oko 2,4 GHz i 5,1 GHz za čije emitovanje nije potrebna nikakva dozvola i koji se najčešće koristi u industriji, nauci i medicini.

Nije potrebna optička vidljivost za ostvarivanje komunikacije. Bluetooth radi na frekvenciji 2,4 - 2,485 GHz. Prenos se obavlja brzinom od oko 700 Kb/s, maksimalna teorijska brzina prenosa glasa i podataka je 720 Kb/s. Brzina može da se poveća do oko 3 Mb/s korišćenjem neke od tehnika kodiranja. Mane su ograničena udaljenost, najčešće do 10 metara i mala brzina prenosa.

Za prenos podataka koristi se tehnika FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum), tehnika proširenog spektra sa frekvencijskim skakanjem, preciznije 1600 skokova u sekundi. Postoji 79 kanala širine 1 MGz.

Bluetooth-om uspostavlja se bežična komunikacija korisnika ad-hoc tehnikom. Formira se mreža od jednog uređaja koji je master i najviše 7 aktivnih slave uređaja. Pored ovih maksimalnih 7 slave uređaja moguće je da postoji još dosta uređaja koji nisu aktivni, parkirani uređaji, koji su na čekanju ukoliko žele da uspostave konekciju sve dok neki od aktivnih uređaja ne ode u stanje mirovanja i oslobode mesto. Ovakva konfiguracija naziva se Piconet. Slave uređaji, da bi uštedeli energiju (ukoliko određeni vremenski period ne stižu podaci namenjeni njemu) ili da bi se prebacili na drugi Piconet može da pređe u mod rada „parkirani slave“. Na to mesto, umesto parkiranog slave-a master može da omogući konekciju sa novim aktivnim uređajem.

Više Piconet-a mogu da se povežu i formiraju veću mrežu Scatternet.

Ultra Wideband (UWB): Ideja na kojoj je UWB komunikacija zasnovana je da širenjem podataka na više frekvencija zahteva manje energije za istu distancu. Ključne karakteristike UWB su:

- Koristi širok spektar frekvencija
- Troši vrlo malo energije
- Kratke distance (2 do 10 metara)

- Signal prolazi kroz prepreke kao što su zidovi
- Brzina prenosa podataka od 110 Mbps na 10 metara, i sve do 500 Mbps na 2 metra
- IEEE nije bio u mogućnosti da razreši debate i formira jedan standard

Zigbee: Zigbee standard (802.15.4) se pojavio iz želje da se standardizuje tehnologija bežične daljinske kontrole, posebno za industrijsku upotrebu. Zbog toga što jedinice daljinske kontrole šalju samo kratke komande, nisu potrebne velike brzine. Glavne karakteristike Zigbee-a su:

- Bežični standard za daljinsku kontrolu, ne podatke
- Cilj je industrija kao i kućna automatizacija
- Tri frekvencijska opsega se koriste (868 MHz, 915 MHz, i 2,4 GHz)
- Brzine prenosa od 20, 40, ili 250 Kbps, u zavisnosti od frekvencijskog opsega
- Manja potrošnja energije
- Tri nivoa bezbednosti su definisana

Druge komunikacione tehnologije za kratke distance:

Iako se obično ne grupišu u bežične PAN mreže, dve druge bežične tehnologije obezbeđuju komunikaciju na kratke distance. InfraRED tehnologije obezbeđuju kontrolnu ili sporiju komunikaciju podataka, a RFID tehnologije se koriste sa senzorima.

InfraRED: InfraRED (infra crveno) tehnologija se često koristi u daljinskim kontrolama, i može se koristiti kao zamena za kablove (npr., za bežični miš). *Infrared Data Association (IrDA)* je kreirao set standarda koji su široko prihvaćeni. Glavne karakteristike IrDA tehnologije su:

- Familija standarda za razne brzine i namene
- Praktični sistemi imaju opseg od jedan do nekoliko metara
- Usmereni prenos sa konskim pokrivanjem 30°
- Brzine prenosa podataka između 2,4 Kbps (kontrola) i 16 Mbps (podaci)
- Generalno mala potrošnja energije sa verzijama koje troše vrlo malo energije
- Signal se može reflektovati sa površina, ali ne može da prolazi kroz čvrste objekte

Infrared predstavlja bežični način prenosa podataka koji je namenjen za komunikaciju između električnih uređaja. Namenjen je point-to-point ili point-to-multipoint komunikaciji pomoću LED dioda. Potrebna je direktna optička vidljivost i precizno usmeravanje svetlosti za ostvarivanje komunikacije. Brzina prenosa je mala 9,6 Kb/s – 16 Kb/s. Domet od nekoliko desetina santimetara do jednog metra. Talasna dužina koja se koristi za prenos je $\lambda=875$ nm.

Radio Frequency Identification (RFID): RFID tehnologija koristi zanimljivu formu bežične komunikacije za kreiranje mehanizma gde mali *tag* sadrži identifikacionu informaciju koju primalac može „izvući“ iz taga.

- Preko 140 RFID standarda postoji za razne primene
- Pasivni RFID-ovi uzimaju energiju od signala koga šalje čitač
- Aktivni RFID-ovi sadrže bateriju, koja može da traje do 10 godina
- Ograničena distanca, iako aktivni RFID-ovi dosežu dalje od pasivnih
- Može da koristi frekvencije od manje od 100 MHz do 868-954 MHz

Koristi se za kontrolu inventara, senzore, pasoše, i druge primene

Mobilne mreže

Sistemi prve generacije (1G) razvijaju se 80-tih godina 20. veka. Danas nisu u upotrebi. Primeri ove generacije se mogu videti još u nekim starim filmovima gde je mobilni terminal uglavnom u kolima. Karakteriše ih:

- Čelijska topologija. Upotrebljava se više baznih stanica koje pokrivaju manje oblasti (od 2 do 40 km),
- Koristi se analogna tehnologija
- Za ostvarivanje veze između mobilnih pretplatnika i bazne stanice koristi se multipleksiranje na bazi frekvencijske raspodele kanala (FDMA - Frequency Division Multiple Access). Bazna stanica ima određeni broj kanala (20-ak), svakom paru korisnika dodeljuje kanal, kada su svi kanali zauzeti čeka se dok se neki kanal ne oslobodi
- Bili su projektovani samo za prenos govora.

Sistemi druge generacije (2G) razvijaju se početkom 90-tih, poznati su pod nazivom GSM (Global System for Mobile Communications).

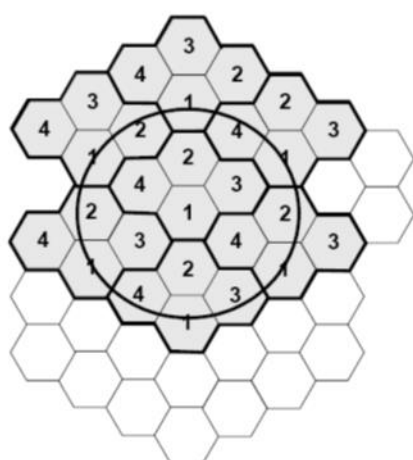
Osnovne karakteristike sistema **GSM** su:

- Čelijska topologija.
- Koristi se digitalna tehnologija.
- Koristi TDMA i FDMA tehnike višestrukog pristupa, odnosno opseg od 25MHz deli na 125 kanala širine 200KHz, a dalje u okviru svakog podopsega ima 8 govornih kanala. Praktično postoji više od 1000 kanala.
- U Evropi GSM radi na 900MHz i 1800MHz.
- Postoji frekvencijsko planiranje.

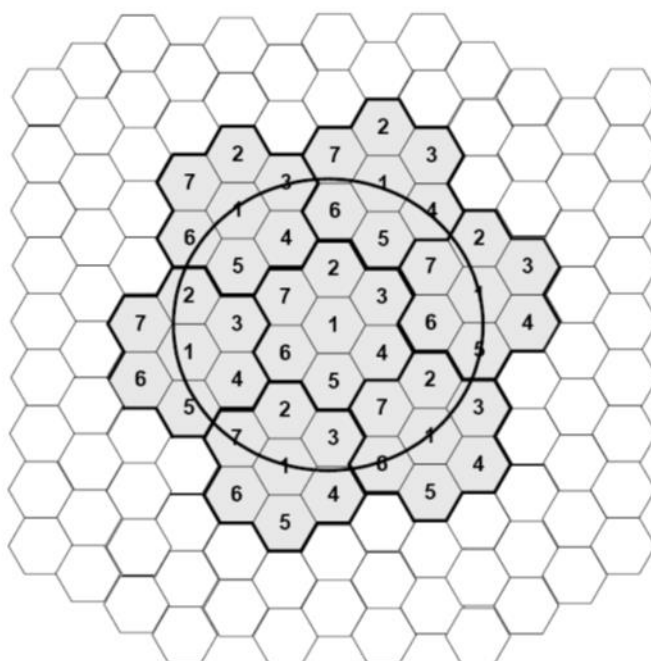
GSM uplink/downlink frequency bands used

GSM Frequency band	Uplink/ BTS Transmit	Downlink/ BTS Receive
900 MHz	935-960 MHz	890-915 MHz
1800 MHz	1805-1880 MHz	1710-1785 MHz
1900 MHz	1930-1990 MHz	1850-1910 MHz

Svaka bazna stanica ima frekvenciju na kojoj radi i oblast koju pokriva (ćeliju). Ćelije se predstavljaju kao pravilni šestougaonici, slično pčelinjem saću (tako se omogućava da su sve susedne stanice na istoj udaljenosti). Poenta je da susedne ćelije ne smeju da koriste istu frekvenciju. Ćelije koje nisu susedne mogu da rade na istim frekvencijama jer se koriste bazne stanice relativno male snage koje dobro pokrivaju korisnike u ćeliji, ali ne smetaju baznim stanicama na većoj udaljenosti.



a) šema ponovnog korišćenja frekvencije
za $N = 4$



b) šema ponovnog korišćenja frekvencije
za $N = 7$

Danas se bazna stanica uglavnom ne postavlja na sredini ćelije, već radi uštede, često se postavlja BS na tromeđi ćelija i na njoj tri usmerene antene koje pokrivaju svaka po jednu ćeliju. Prilikom prelaska korisnika iz jedne u drugu ćeliju, korisnik mora da promeni frekvenciju na kojoj radi. Ovaj proces prelaska iz jedne u drugu ćeliju naziva se **handover** i u GSM mrežama odvija se bez znanja korisnika i bez prekida veze.

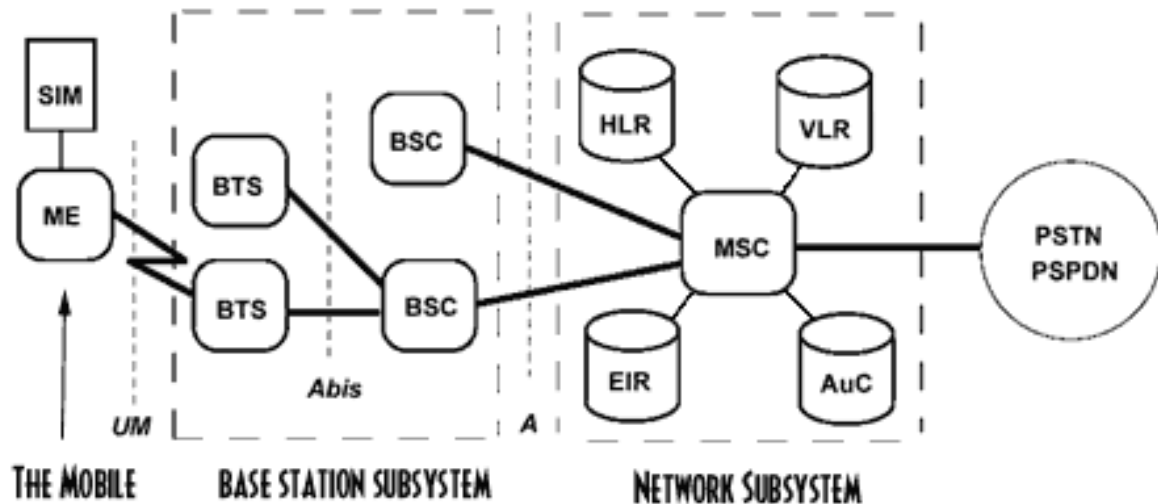
Usluge koje GSM nudi su:

- Prenos govora,
- Prenos podataka na bazi komutacije kola (9.6 Kb/s)
- Slanje SMS (Short Message Service) poruka.

Arhitektura GSM mreže

GSM mreža je sastavljena od nekoliko funkcionalnih celina:

- Mobilni uređaj (ME i SIM na slici)
- Podsystem bazne stanice (BTS i BSC na slici)
- Podsystem mreže (HLR, VLR, MSC, EIR i AuC na slici)



Mobilni uređaj se sastoji od samog mobilnog telefona (terminala) i memorijske kartice, takozvane SIM (Subscriber Identity Module) kartice.

- Mobilni terminal se jednoznačno identifikuje **IMEI** brojem (International Mobile Equipment Identity) tj. međunarodnim brojem za identifikaciju mobilnog uređaja.
- SIM kartica sadrži međunarodni broj za identifikaciju pretplatnika **IMSI** (International Mobile Subscriber Identity) kojim se pretplatnik najavljuje na sistem, zatim, tajni kod za verifikaciju i druge informacije.
- IMEI i IMSI brojevi su nezavisni. SIM kartica može da se zaštiti od neovlašćenog korišćenja lozinkom ili ličnim identifikacionim brojem.

Podsystem bazne stanice ima dva dela, baznu primo-predajnu stanicu - BTS (Base Transceiver Station) i kontroler bazne stanice – BSC (Base Station Controller).

- Bazna primo-predajna stanica BTS - sadrži radio primo-predajnike koji pokrivaju tu ćeliju i sadrži protokole za radio vezu sa mobilnim uređajem. Bazna stanica treba da bude pouzdana, otporna na razne uslove rada, laka za održavanje i jeftina.
- Kontroler bazne stanice BSC - upravlja radom jedne ili više baznih stanica i tako vrši i kontrolu nad podešavanjem radio kanala i handoverom. Za BSC se može reći da je veza između mobilnog uređaja i komutacionog centra za mobilnu telefoniju.

Handover - kako je već spomenuto do handover-a dolazi prilikom prelaska iz jedne u drugu ćeliju. Naime, mobilna stanica prima kontrolne signale od bazne stanice u čijem je dometu i meri nivo signala, ovu informaciju vraća baznoj stanici. Ova merenja se dalje šalju BSC stanici koja odlučuje da li je handover neophodan. Čim se utvrdi da će druga bazna stanica bolje opsluživati korisnika, sprovodi se handover. Handover se vrši bez znanja korisnika i bez prekida veze. Postoji više vrsta handovera.

Podsistem mreže sastoji se od MSC (Mobile Switching Center), HLR (Home Location Register), VLR (Visiting Location Register), EIR (Equipment Identity Register), AuC(authentication center):

- MSC - komutacioni centar za mobilnu telefoniju obezbeđuje spajanje sa klasičnom fiksnom mrežom.
- HLR registar sadrži sve administrativne informacije o svakom pretplatniku koji je registrovan u odgovarajućoj GSM mreži, ali i podatak o trenutnoj lokaciji mobilnog uređaja, tj. kom MSC-u pripada uređaj. Postoji jedan HLR za jednu GSM mrežu, i ako može da bude organizovan kao raspoređena baza podataka.
- VLR registar sadrži određene administrativne podatke iz HLR-a, koji su neophodni za upravljanje pozivom i obezbeđivanje dopunskih usluga na koje je korisnik pretplaćen, za svaki mobilni uređaj koji pripada jednom MSC-u. Kada korisnik pređe u drugi MSC, njegov VLR šalje zahtev HLR-u za podatke o datom korisniku, HLR šalje podatke, ažurira lokaciju korisnika i šalje zahtev starom VLR-u za brisanje podataka o tom korisniku.
- EIR - registar za identifikaciju mobilnih uređaja, je baza podataka koja sadrži listu svih mobilnih uređaja koji mogu da pristupe mreži, gde se svaki mobilni uređaj identifikuje svojim međunarodnim brojem za identifikaciju mobilnih uređaja (IMEI). Određeni IMEI će biti proglašen kao nevažeći ukoliko je prijavljeno da je ukraden ili ako taj tip uređaja nije odgovarajući za tu mrežu.
- AuC - centar za verifikaciju uređaja, je zaštićena baza podataka koja čuva kopiju tajne šifre iz svake SIM kartice pretplatnika, koja se koristi za verifikaciju i kodovanje preko radio kanala.

Porastom zahteva za prenosom podataka u okviru sistema druge generacije razvili su se i sistemi poboljšane odnosno usavršene druge generacije (2.5G ili 2G+ sistemi, 2.75 ili 2G++).

Poboljšani 2G sistemi - 2.5G

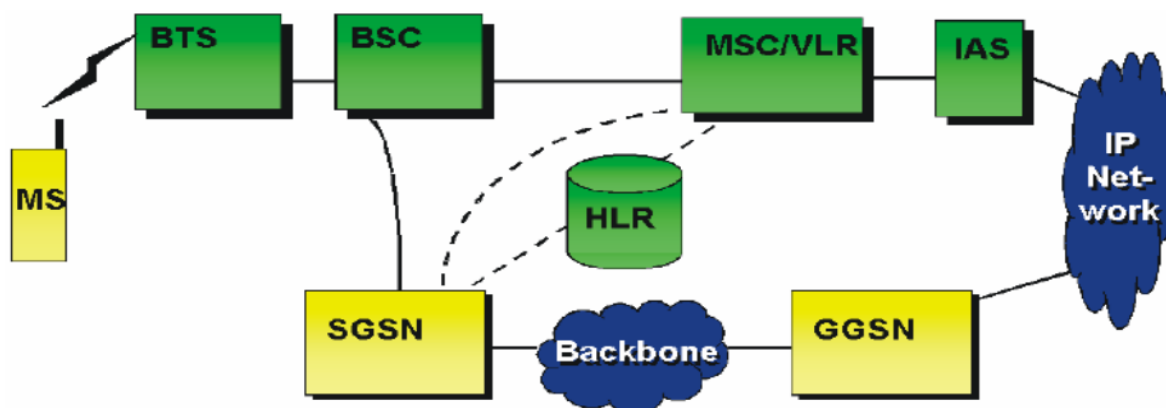
To su sistemi koji su razvijeni na osnovu standarda 2G sistema i koji predstavljaju prelaznu fazu ka sistemima treće generacije. U GSM sistemima, standardi koji su zaživeli u cilju

povećanja protoka podataka su: GPRS (General Packet Radio Service) i EDGE (Enhanced Data for Global Evolution).

GPRS je startovao 2000. godine, na postojeću GSM mrežu dodaje paketsku komutaciju koja omogućava slanje paketa podataka radio interfejsom i to brzinom od maksimalno 115 kb/s (u praksi 40-50kb/s).

Veoma malo novog hardvera je potrebno da bi se na postojeću GSM mrežu dogradio GPRS. Pošto GPRS sistem u prenosu podataka koristi paketsku komutaciju, paketski prenos podataka se odvija odvojeno od postojećeg GSM jezgra mreže koji se koristi za saobraćaj komutacijom kola (uglavnom govor).

Potrebna su dva nova logička čvora, koji izvršavaju komutaciju paketskih podataka. To su: SGSN (Serving GPRS Support Node) i GGSN (*Gateway GPRS Support Node*).



SGSN je centralni element dela mreže sa paketskom komutacijom.

- Prosleđuje pakete mobilnim stanicama unutar svoje servisne oblasti. Preciznije, šalje upit HLR-u da bi dobio podatak o profilu GPRS pretplatnika.
- Detektuje novu GPRS mobilnu stanicu u datom servisnom području, vrši registraciju novog mobilnog pretplatnika i čuva podatke o njegovoj lokaciji unutar predefinisiranog područja.
- Izvršava funkcije upravljanja mobilnošću, na primer u slučaju pretplatnika koji prelazi iz jedne u drugu ćeliju.

GGSN se koristi kao interfejs ka spoljnim IP mrežama, kao što je javni Internet, servisi drugih GPRS provajdera ili intranet:

- Čuva informacije za rutiranje koje su neophodne.
- Ostale funkcije uključuju mapiranje adrese i sl.
- Jedna ili više GGSN jedinica može biti podrška za više SGSN elemenata.

EDGE je novija tehnologija koja omogućava protoke do 384 kb/s. Cilj nove tehnologije je da se omoguće nove aplikacije i poveća kapacitet sistema.

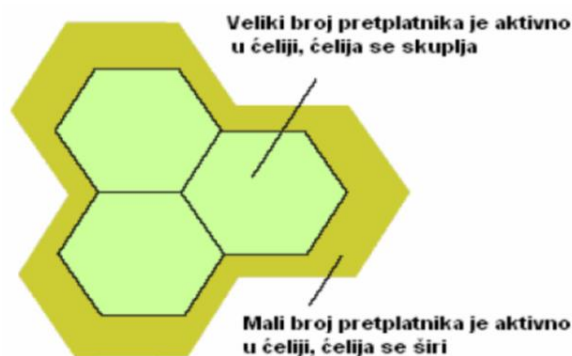
UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) - 3G

Radi se o standardima za 3. generaciju mobilnih sistema, koji treba da objedine različite kopnene, satelitske, fiksne i mobilne sisteme koji su trenutno u upotrebi ili u procesu razvoja.

Uvođenje UMTS-a suočava se sa važnim izazovom zbog postojanja GSM mreže sa velikim pokrivanjem i kapacitetom i sa jeftinim terminalima. To je razlog zbog koga se razvoj UMTS-a mora izvesti progresivno, korišćenjem, u prvoj fazi, jezgra postojeće GSM mreže što je više moguće, uz modifikacije koje ne zahtevaju velike investicije operatera.

Karakteristike sistema:

- 3G sistemi rade u sledećem opsegu 1.885-2.025 GHz i 2.110-2.200 GHz, uz širinu kanala od 5MHz (u GSM-u je širina bila 200KHz pa se još primenjivala TDMA tehnika višestrukog pristupa).
- Koriste WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) tehniku višestrukog pristupa (širokopolasni višestruki pristup sa kodnom raspodelom kanala). Poenta priče je da svaki korisnik ima na raspolaganju ceo link sve vreme, a da se saobraćaj razlikuje na osnovu koda kojim je pomnožen prilikom slanja. Odnosno ovo je kombinacija DS tehnike proširenog spektra i kodnog multipleksa. Pre samog slanja signal se množi pseudoslučajnom sekvencom čime se njegov spektar znatno širi a snaga svodi na snagu pozadinskog šuma. Na prijemu se signal mora pomnožiti istom sekvencom kako bi se vratio u originalni signal.
- Nema frekvencijskog planiranja, svi rade na istoj frekvenciji.
- Javlja se 'disanje ćelije'.



Usluge koje UMTS nudi su pored već postojećih usluga GSM-a:

- Video poziv.
- Velika brzina prenosa podataka i to: 144 kb/s ili 384 kb/s za brže ili sporije outdoor korisnike i 2 Mb/s za indoor mobilne korisnike.
- Mogućnost da se podrži brza veza sa Internetom i IP (Internet Protocol) mrežama.

- Otvorena arhitektura koja će omogućiti lako uvođenje daljih tehnoloških inovacija i kompatibilnost opreme.

Mobile Ad-Hoc Network

MANET je dinamička mobilna mreža koja omogućava bežično umrežavanje u pokretu bez potrebe za prethodno izgrađenom mrežnom infrastrukturom. Sastoji se od mobilnih čvorova (node) koji mogu da rade i kao ruteri i kao terminali. Bilo ko, ko je opremljen sa odgovarajućom opremom za bežičnu komunikaciju može biti čvor. Kako su čvorovi neprestano u pokretu znači da je topologija mreže promenljiva.

Svrha MANET-a je da osigura mrežu koja se može odmah postaviti u proizvoljnom komunikacijskom okruženju te da se brzo prilagođava na topološke promene u mreži.

MANET je peer-to-peer mreža koja omogućava direktnu komunikaciju bilo koja dva čvora kad postoje uslovi za slanje signala i kada čvorovi imaju dovoljno snage za odašiljanje signala. Ako između početnog i odredišnog čvora ne postoji direktna veza tada se koristi multihop način uspostave.

Zahtevi za MANET:

- Algoritmi za praćenje promene topologije mreže da bi se povećala pouzdanost i dostupnost – da se smanji mogućnost da deo mreže ostane izolovan od ostatka mreže.
- Adaptivni algoritmi i protokoli da se čvorovi mogu prilagoditi čestoj promeni propagacije signala, promeni topologije mreže i uslovima protoka u mreži.
- Protokole i algoritme koji će slati što manje kontrolnih poruka da štede komunikacijske resurse (kanale).
- Višestruke (različite) rute između izvorišnog i odredišnog čvora – da ne dolazi do protoka saobraćaja samo između određenih čvorova, tj. da ne dolazi do zagušenja na toj ruti, pa samim tim da se poveća pouzdanost.

Ako dva čvora žele međusobno da komuniciraju, a jedan drugome su u dometu to je Single-hop komunikacija.

Ako čvorovi nisu jedan drugom u dometu, onda komunikacija ide preko međučvorova i to je Multi-hop komunikacija.

Protokoli za rutiranje

Routing protokoli se mogu podeliti u zavisnosti od toga kako reaguju na promenu topologije mreže na:

- Proactive – upravljani routing tablicom
- Reactive – protokoli koji se koriste na zahtev
- Hibridne

Proactive protokoli

Svaki čvor koji koristi ovaj tip protokola, održava svoju routing tabelu, šalje kontrolne poruke susednim čvorovima koji menjaju svoje routing tabele, koje sadrže listu svih raspoloživih odredišta, broj točaka (hopova) koliko treba proći do odredišta. Svaki susedni čvor šalje dalje kontrolnu poruku svom susednom čvoru. Kada se topologija mreže promeni, čvorovi šalju poruku kroz celu mrežu tako da svaki čvor obnovi svoju routing tabelu, pa se tako u svakom trenutku može znati kako izgleda topologija mreže odnosno preko kojih čvorova paketi mogu doći do svog odredišta.

Reactive protokoli

Za razliku od proactive protokola ovi protokoli ne održavaju redovno routing tabele, već se one obnavljaju samo kad postoji potreba da se uspostavi veza. Temelje se na nekoj vrsti “query-replay” (pitaj – odgovori) dijaloga. Ako postoji potreba za uspostavom veze, reactive protokoli pozivaju proceduru za traženje rute (puta) do odredišta, a takve procedure uključuju “flooding” (preplavljanje) mreže paketima koji ispituju i traže rute do odredišta. Takav način traženja najbliže rute može znatno usporiti celu uspostavu veze, a takođe može i zagušiti mrežu s previše paketa.

Dynamic Source Routing Protocol (DSR)

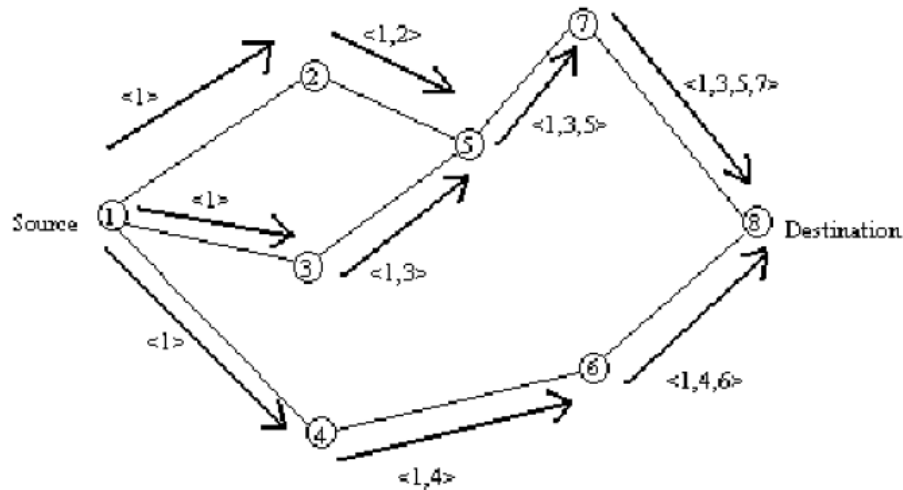
Dynamic source routing protokol sastoji se iz dve glavne procedure:

- Pronalaženje puta (rute) i
- Održavanje rute

Pronalaženje rute: Kada čvor želi poslati pakete na neko odredište on prvo proverava u svom cache-u spisak ruta preko kojih mu je dostupno neko odredište. Ako ruta do odredišta postoji tada je koristi za slanje paketa. Ako izvorni čvor nema pripremljenu rutu do odredišta tada se inicira proces pronalaženja rute tako što se broadcast načinom šalju tzv. “route request” paketi RREQ tj. ranije spominjani “flooding”. RREQ paketi sadrže adresu izvorišnog i odredišnog čvora i jedinstveni identifikacijski broj.

Svaki čvor koji se nalazi na putu između izvorišnog i odredišnog čvora, proverava da li on ima poznatu rutu do odredišta u svom cache-u. Ako nema, onda dodaje svoju adresu u RREQ paket u polju RREC “route record” i prosleđuje ga dalje susednim čvorovima.

Da se u mreži ne pojavljuje veliki broj paketa međučvor šalje dalje paket samo ako paket nije prošao kroz taj čvor i ako ne postoji adresa tog čvora zapisana u RREQ paketu. Ako je paket stigao na odredište ili do nekog međučvora koji ima poznatu rutu do odredišta u svojoj memoriji, onda se generiše “route reply” paket RREP.



Kako je RREQ paket prolazio mrežom, tako su se u njega upisivale adrese čvorova kroz koje je prolazio. Odredišni čvor tada popis adresa iz RREQ paketa prebacuje u RREP paket. Ako RREP paket šalje neki međučvor tada on u RREQ paket upisuje svoj popis adresa do odredišta i zatim ih sve zajedno prebacuje u RREP paket. RREP paket se zatim šalje unicastom, ali sada u suprotnom smjeru, prema izvoru, po novoj, otkrivenoj, ruti ili po već nekoj drugoj ruti koja je odredišnom čvoru već od pre poznata. Po prijemu RREQ paketa, odredišni čvor, memoriše tu rutu u svoju memoriju (cache), tako da u slučaju ponovne uspostave veze ne prolazi kroz proceduru traženja rute, već da odmah krene s uspostavom veze i slanjem paketa, naravno ako ta ruta još uvijek postoji.

Održavanje rute: DSR protokol koristi dve vrste paketa za održavanje rute “route error” pakete RERR i pakete potvrde (acknowledgments) . Kada čvor ustanovi problem u slanju na sloju veze podataka, tj. da ne može poslati paket nekom rutom on generiše slanje route error paketa i kad izvorišni čvor primi route error paket on briše adresu tog čvora iz svoje memorije i sve rute koje su koristile taj čvor se brišu, pa će izvorišni čvor ponovno pokrenut proces pronalaženja rute. Paketi potvrde se koriste kako bi se potvrdila ispravnost veze koju koristi za slanje paketa. To uključuje i tzv. pasivnu potvrdu pri kojoj čvor osluškuje sledeći čvor na ruti prosleđujući mu paket.

Problemi koji se mogu javiti kod DSR-a vezani su za RREQ i RREP jer mogu biti vrlo veliki, naročito ako ima puno čvorova u mreži.

DSR je pogodan za Ad-hoc mreže sa umerenim brojem mobilnih čvorova koji se kreću umerenom brzinom.

Ad-hoc On-demand Distance Vector Routing (AODV)

Da bi pronašao put do odredišta, izvorišni čvor šalje RREQ pakete svim susednim čvorovima, oni zatim, takođe, šalju te pakete svojim susednim čvorovima sve dok se ne pronađe prvi čvor kojem je poznata putanja do odredišta ili dok paketi ne stignu do odredišta. Čvorovi odbacuju one RREQ pakete koji su već prošli kroz njega.

Ovaj protokol je donekle sličan DSR protokolu. Uvode se samo nova polja u okviru RREQ paketa:

1. Brojač sekvenci: je broj koji svaki čvor generiše za sebe, jedinstven je i uvećava se svaki put kada u dometu čvora dođe do neke promene
2. Odredišni broj sekvenci: nalazi se na svakom ulazu u ruting tabeli, pamti se za svaku rutu koju tekući čvor poznaje.

Prednost AODV je to što RREQ ne sadrži RREC polje pa su paketi manji na taj način se štedi propusni opseg. Umesto da RREQ nosi celu rutu, dešava se sledeće:

- Čvor koji primi RREQ dodaje u svoju ruting tabelu univerzalnu rutu ka izvorišnom čvoru, a kada odredišni čvor šalje RREP tekući čvor upisuje u svoju tabelu rutu ka odredištu.
- Još jedna prednost ovog protokola je to što se mrežna topologija ažurira duž cele putanje kojom prolaze RREQ i RREP, a ne samo u izvorišnom i odredišnom čvoru. Takođe čvor pamti samo next hop, a ne celu rutu.

Prilikom prosleđivanja paketa susednim čvorovima, svaki čvor upisuje u svoju routing tabelu informaciju o čvoru koji je inicirao slanje RREQ paketa. Ta informacija se kasnije koristi da bi se kreirala veza za RREP paket, koji u stvari koristi istu putanju kao i RREQ paket ali u suprotnom smeru. Prilikom slanja RREP paketa svaki čvor na toj putanji obnavlja svoju routing tabelu s novom putanjom do izvorišnog čvora. Na taj način se routing tabela čvora snabdeva sa novim rutama i popisom čvorova s kojima može uspostaviti vezu. U slučaju da se izvorišni čvor pomakne, tj. da se izgubi veza s susednim čvorovima tada izvorišni čvor mora ponovno pokrenuti proces traženja rute.

Bežične senzorske mreže (WSN)

Razvoj oblasti mikrotehnike i bežične komunikacije omogućio je razvoj multifunkcionalnih senzorskih uređaja (Sensor Nodes SN) koje karakteriše:

- Male dimenzije
- Niska cena
- Mala potrošnja energije
- Mogućnost međusobne komunikacije na malim rastojanjima

Korišćenjem velikog broja gusto raspoređenih SN-ova formira se WSN.

Osobine WSN:

1. Pozicije SN-ova ne moraju biti unapred određene ili projektovane. Primer: ispitivanje terena posle neke nesreće, praćenje hidro-meteoroloških parametara, skupljanje informacija o kretanju i temperaturi morskih struja.
2. Brzo samoorganizovanje mreže.
3. Lokalna obrada podataka koji su sakupljeni, slanje delimično obrađenih podataka. Primer: senzor mora da pošalje da li je temperatura veća od 0. U ovom slučaju ne mora da se šalje tačna temperatura, već se poređenje izvršava unutar SN-a i šalje samo informacija da li je veća ili manja.
4. Treba omogućiti da veći broj SN-ova međusobno komunicira radi ispunjenja zajedničkog cilja. Primer: treba poslati srednju temperaturu sa nekog područja, 10 SN-ova izmere temperaturu i pošalju jednom od njih, pa on izračuna srednju temperaturu i prosleđuje dalje.

U okviru WSN-a mogu se koristiti SN-ovi koji će reagovati na neki način na osnovu prikupljenih informacija. Ti SN-ovi se najčešće nazivaju sinkovi ili aktuatori, a te mreže bežične senz-aktuatorske mreže.

Održavanje SN-ova najčešće je neisplativo, pa se za SN-ove koriste jeftini uređaji koji su nam potrebni uglavnom samo u određenom vremenskom intervalu.

Napajanje energijom je najčešće baterijsko ili solarno.

Poređenje WSN-a i ostalih Ad-hoc mreža:

- Broj čvorova u WSN mrežama je mnogo veći
- SN-ovi su jednostavniji
- Imaju manju memoriju, manju mogućnost obrade, manje rezerve energije pa su skloni otkazivanju
- Topologija u WSN mrežama se često menja
- WSN su uglavnom broadcast mreže
- Ostale Ad-hoc mreže su uglavnom tačka tačka
- Različita je primena pa i protoci i kapacitet

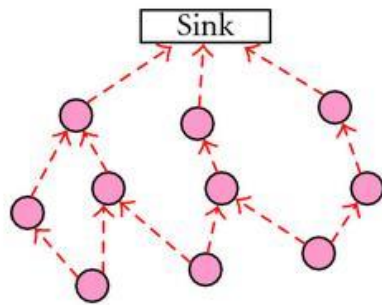
Iz ovih razloga zaključujemo da nije moguća direktna primena protokola iz bežičnih Ad-hoc mreža.

Primeri rutiranja u WSN mrežama:

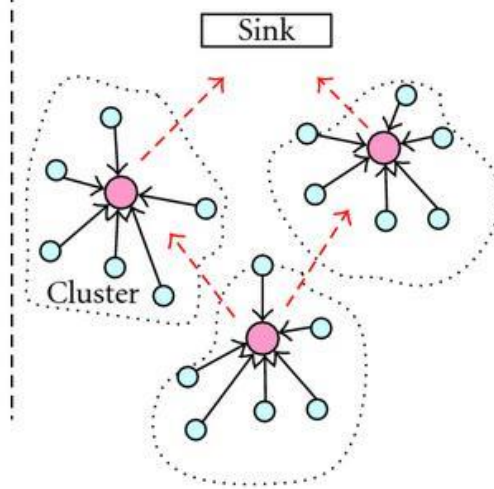
1. Flat routing (gossip) – svako šalje informaciju susedu, pa na kraju informacija stigne onome kome treba da stigne.
2. Hijerarhijsko rutiranje – u okviru ovog načina rutiranja kreiraju se klasteri. U okviru svakog klastera postoji klaster head. Klaster head-ovi su međusobno povezani.

Network architecture

(a) Flat network architecture



(b) Hierarchical network architecture



- Powerful multimedia node
- Normal multimedia node

- Single-hop communication
- > Multihop communication

II IP TELEFONIJA

Prednosti IP telefonije. Pojam telefonskog kanala:

Operateri mreža sa komutacijom paketa došli su na ideju da pored prenosa podataka vrše i prenos govora pošto za to nije potreban veliki opseg. Potrebno je mreže sa komutacijom paketa iskoristiti za prenos govornih signala.

Prednosti IP telefonije:

- Elemeniše se tehničko ograničenje broja različitih telefonskih brojeva
- Omogućava napredne funkcije
- Jeftiniji su pozivi

Pojam telefonskog kanala:

PSTN-javna telefonska mreža (Public Switched Telephone Network)

Infrastruktura: Jedna upredena parica ima dva kanala kapaciteta 64Kb/s za prenos govora plus 16Kb/s za signalizaciju.

U analognom telefonskom sistemu govorni signal se prenosu u opsegu 0,3-3,4 KHz. Širina telefonskog kanala je 4KHz. Da bi se govor preneo kroz digitalni sistem neophodno ga je digitalizovati.

Digitalizacija:

Kontinualni signal, signal govora u ovom slučaju neophodno je da prođe kroz nekoliko postupaka da bi digitalizacija bila izvršena nad njim:

1. Odabiranje po vremenu (diskretizacija po vremenu) pomoću teoreme odabiranja
2. Kvantizacija (odabiranje po amplitudi)
3. Kodovanje

Teorema o odabiranju:

Ako kontinualna funkcija $f(t)$ ima spektar signala od 0 do f_m , funkcija u potpunosti definisana svojim trenutnim vrednostima uzetim u ekvidistantnim tačkama koji obrazuju niz čiji je interval $\Delta t \leq 1/2f_m$. Frekvencija odabiranja f_0 treba da bude bar dva puta veća od maksimalne frekvencije u spektru izvornog signala.

Za prenos govora:

$$f_0 \geq 2f_m$$

$$f_0 \geq 2 \cdot 4\text{KHz} = 8\text{KHz}$$

Kvantizacija se obavlja sa 8 bitova pa je $V_b = 64\text{Kb/s}$.

Modulacija koja se primenjuje u javnoj telefonskoj mreži za prenos govora je PCM - Pulse Code Modulation, impulsna kodna modulacija.

Pored ove koristi se i ADPCM-adaptivna impulsna kodna modulacija. Kod ADPCM možemo smanjiti protok čak na 16Kb/s.

Signalizacija u telefonskom kanalu:

Funkcije signalizacionih protokola:

1. Utvrđivanje trenutne lokacije korisnika
2. Uspostavljanje sesije (pozivana strana može da prihvati, odbije, preusmeri poziv)
3. Ugovaranje sesije (ugovaraju se parametri sesije)
4. Mogućnost priključivanja novih ili odjava starih korisnika
5. Podrška različitih aplikacija (čekanje, preusmeravanje, vremensko ograničenje trajanja razgovora)

Signalizacija u PSTN mreži:

- Identifikacija korisnika posredstvom numeracije
CC Country Code
NDC National Destination Code
SN Subscriber Number
Ukupno manje od 15 cifara.
Problem: pojava novih operatera na teritoriji jedne države. Ovo se rešava tako što se umesto NDC-a ubacuje IC – Identification Code (1-4 cifre)
- Krajnji korisnik se nalazi na istoj lokaciji (na kraju parice koja se završava u telefonskoj centrali).
- Numeracija se vezuje za priključak na telefonskoj centrali.

Razlike između IP telefonske i javne telefonske mreže:

1. Korisnik je bilo gde u IP mreži.
2. Identifikacija korisnika u mreži (IP adresa) može da se menja tokom vremena (zbog DHCP servera ili kretanje u mreži).
Identifikacija korisnika mora da se veže za krajnjeg korisnika a ne za priključak na mreži (IP adresa).
3. Karakteristike terminala mogu biti različite.
4. U komunikaciji mogu da se prenose različite vrste informacija.
5. Broj učesnika u komunikaciji može da se menja, nije ograničen.

Značajne razlike: PSTN i IP telefonija zahtevaju različite protokole za signalizaciju na svim nivoima.

Zavisno od organizacije sistema IP telefonije i korišćenih protokola za signalizaciju postoje dve standardizovane strukture IP telefonije:

- H.323
- SIP

Standardi digitanih veza:

Za WAN povezivanje češće se koriste digitalni sistemi povezivanja. Uopšteno standard digitalnih veza naziva se: DDS-Digital Data Service

DDS servisi obezbeđuju sinhronu point-to-point mrežu. U digitalnom sistemu prenosa nisu potrebni modemi. Umesto njih ruteri dobijaju podatke od uređaja koji služe za prilagođavanje signala liniji veze: CSU/DSU najčešće su spojeni u jednoj kutiji.

CSU-Channel Service Unit

DSU-Data Service Unit

CSU je uređaj koji se nalazi direktno, povezan je na digitalnu liniju za prenos, a DSU prilagođava podatke koje prima od DTE uređaja.

Najčešće korišćene digitalne linije:

- E1 sadrži 30 govornih kanala i 2 kanala za signalizaciju. Prenosi podatke u ful-dupleks režimu brzinom od 2,048Mb/s. Može prenositi govorne podatke, video, audio i podatke različitog tipa. Zbog visoke cene korisnici se odlučuju za primenu frakcionih E1 servisa, odnosno iznajmljivanja samo dela opsega za prenos signala.
Po američkom standardu to je T1 linija brzine 1,544Mb/s sa 24 kanala.
- E3 linija psoeduje protok od oko 34Mb/s po evropskom standardu, odnosno to je T3 po američkom standardu od 25Mb/s
- ISDN-Integrated Services Digital Network ili Digitalna mreža integrisanih servisa predstavlja LAN metod za povezivanje koji omogućava prenos podataka, govora i slike.

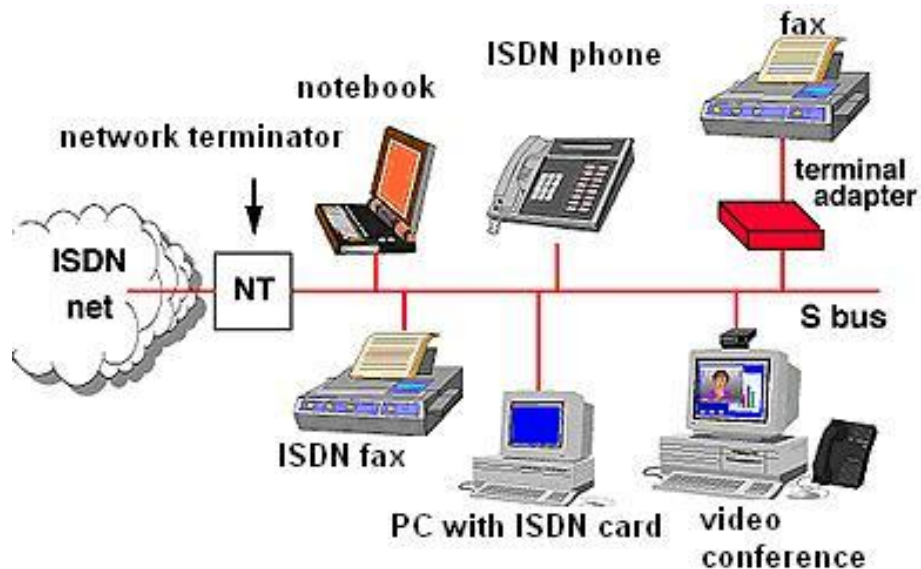
ISDN

Postoje dve vrste ISDN-a:

1. Basic rate
2. Primary rate

U ISDN-u postoje dve vrste kanala B sa brzinom od 64Kb/s koji se koristi za prenos korisnih informacija i D kanal od 16Kb/s ili 64Kb/s koji se koristi za signalizaciju i kontrolne podatke.

1. Basic rate sadrži 2B kanala i D kanal od 16Kb/s, sa ukupnbim protokom od 144Kb/s
2. Primary rate sadrži 30B i D kanal od 64Kb/s, protok je oko 2Mb/s



Paketska komutacija:

Mreže sa komutacijom paketa omogućavaju prenos podataka preko više konekcija. Kada se informacija prenosi preko mreže nije unapred poznata putanja kojom će se podaci prenositi.

Originalni podaci se rastavljaju na manje pakete. Svaki paket poseduje oznaku koja sadrži odredišnu adresu i identifikaciju rednog mesta u odnosu na druge pakete. Putanja kojom putuje svaki paket najbolja je aktivna putanja, odnosno najoptimalnija je putanja u datom trenutku slanja u zavisnosti od trenutnog stanja mreže, opterećenja i uslova prenosa.

Link kroz koji prolazi paket nije rezervisan samo za prenos jednog paketa, na čijoj se putanji nalazi dati link, tako da se može koristiti i za prenos drugog saobraćaja. Ukoliko dođe do prekida nekog od linkova nova trasa, nova optimalna putanja se formira na osnovu trenutnog stanja mreže i implementiranog protokola rutiranja, tako da je omogućeno da paket stigne do odredišta drugom putanjom.

Mreže sa komutacijom paketa su brže i efikasnije i poseduju sopstvene metode rutiranja saobraćaja. Finansijski su isplative za korisnika. Tarifiranje se vrši na osnovu ostvarenog saobraćaja.

X.25:

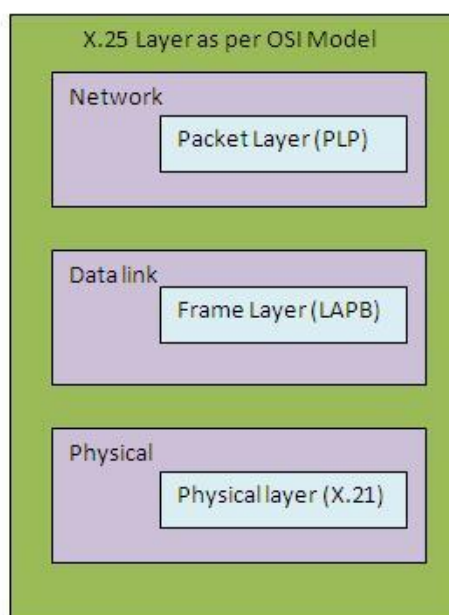
Da bi dva korisnika telekomunikacionih mreža komunicirali neophodno je da se izvorna informacija za prenos prilagodi prenosu, odnosno transformiše u neki signal podataka. Neophodno je izvršiti kodiranje izvornih informacija na predaji pomoću koder, i zatim tako kodirane podatke prilagoditi liniji za prenos podataka, odnosno datom medijumu za prenos koji se koristi u toj telekomunikacionoj mreži, što se postiže linijskim koderom. Na prijemu treba izvršiti inverzne funkcije za dobijanje tačnih željenih informacija pomoću dekodera i linijskog dekodera.

Drugim imenom uređaji kao što su koder i dekode, odnosno uređaji koji generišu digitalne podatke, računari i njima slični, nazivaju se DTE (Data Terminal Equipment) uređaji. Linijski koder i linijski dekode i uređaji koji vrše prilagođavanje signala medijumu za prenos, kao što su razne vrste modema, nazivaju se DCE (Data Circuit-terminating Equipment) uređaji.

Da bi podaci ispravno stigli sa izvora do odredišta neophodno je da funkcije mrežnog sloja obezbede i realizuju kontrolu protoka, kontrolu greške i multipleksiranje ukoliko se istovremeno obavlja više aktivnih konekcija. Kontrola protoka se obavlja i na nivou mreže funkcijama sloja mreže, i na nivou linkova funkcijama sloja veze podataka. Potrebno je mrežu zaštititi od zagušenja i uskladiti brzinu predaje i prijema podataka krajnjih korisnika i same mreže.

X.25 mreža funkcioniše pomoću funkcija tri sloja:

1. Fizički sloj
2. Sloj veze podataka
3. Sloj paketa



Prenos se obavlja brzinom od 64Kb/s, paketi su najveće dužine od 128 bajtova i istovremeno je moguće uspostaviti 4095 simultanih dupleksnih virtuelnih linija.

Fizički sloj radi na X.21 standardu koji zahteva digitalni prenos podataka, potpuno digitalizovana linija. Ukoliko se koriste sistemi sa analognim prenosom na delu krajnjih korisnika neophodno je izvršiti prilagođavanje ovom standardu. Ovaj standard zadužen je za fizičke karakteristike linije za prenos, interfejsa i signala za prenos podataka.

Sloj veze podataka koristi HDLC protokol, koji je zadužen za uspostavljanje, kontrolu i raskidanje logičke veze između korisnika i mreže i između linkova.

Paketski sloj sadrži funkcije zadužene za kontrolu kompletnog kretanja podataka kroz mrežu sa kraja na kraj, odnosno od jednog korisnika do drugog. Protokol sloja paketa vrši adresiranje, kontrolu protoka, potvrđivanje isporuke, vrši raskidanje veze. Sloj paketa gledano u odnosu na OSI referentni model, odnosno treći mrežni sloj, sadrži funkcije mrežnog sloja i neke dodatne funkcije četvrtog transportnog sloja.

X.25 je prevashodno razvijen u cilju pružanja WAN usluga preko javnih mreža. Transfer podataka između korisnika, računara na ovoj mreži započinje slanjem zahteva za uspostavljanje sesije sa određivim korisnikom. X.25 podržava konekciono orijentisane mreže. Kao je zahtev odobren moguće je započeti prenos u full duplex režimu. Bilo koji korisnik može prekinuti prenos.

Veza između krajnjih korisnika ostvaruje se virtuelnim kolima. Postoje dve vrste virtuelnih kola:

- Virtuelne komutirane linije
- Virtuelne permanentne linije

Virtuelna kola ne predstavljaju fizičku povezanost krajnjih korisnika nekim medijumom za prenos, fizičkom linijom. Virtuelna kola predstavljaju propusni opseg koji se obezbeđuje na zahteh, krajnji korisnici imaju utisak kao da je konekcija ostvarena fizički iznajmljenom linijom, odnosno mreža obezbeđuje konekciju između dva korisnika po zahtevanom propusnom opsegu, ali veza kroz mrežu se ostvaruje paketskom komutacijom i prenos se obavlja preko linkova koji su određeni nekim mehanizmom mreže prema stanju mreže.

- Virtuelna komutirana linija se stvara onda kada neki korisnik zahteva uspostavljanje sesije sa nekim drugim korisnikom. Mreža na osnovu trenutnog stanja mreže obezbeđuje sigurno dostavljanje paketa sa zahtevanim propusnim opsegom. Kada se jednom uspostavi veza paketi se šalju bez bojazni da neće stići do krajnjeg odredišta. Putanja se rezerviše, postoji dok traje konekcija.
- Virtuelne permanentne linije stvaraju isti utisak krajnjim korisnicima kao i virtuelne komutirane linije, samo što je putanja unapred uspostavljena prema dogovoru između korisnika i davaoca usluga, odnosno prema zahtevima korisnika, pa za njeno korišćenje

nije potrebno čekati uspostavljanje sesije, već se prenos vrši odmah kada korisnici imaju podatke za slanje. Klijent plaća vreme zauzeća linije, odnosno samo kada obavlja prenos tako da je sa ekonomske strane isplativija od fizički uspostavljene linije, zato se i koristi ako je potrebno obaviti veći prenos podataka u nekom kraćem vremenskom periodu, ne često.

Frame Relay:

To je tip paketske mreže koji pruža brz saobraćaj i dozvoljava pakete promenljive brzine. Za razliku od X.25 mreže ne vrši potvrdu pristiglih paketa, niti kontrolu normalnog protoka. Ukoliko se dobije oštećen ram, korisnik poseduje mehanizam za otkrivanje oštećenog rama i odbacuje ga, ukoliko želi ponovno slanje, retransmisiju paketa, Frame Relay nije zadužen i ne poseduje takve mehanizme, već ukoliko to želi korisnik sam inicira ponovno slanje preko mehanizama i funkcija koji sadrže viši slojevi, sloj transporta.

Poseduje CRC mehanizam za proveru integriteta paketa i otkrivanje oštećenja. Ramovi se promenljive dužine, MTU je 1600 bajtova, i ukoliko je potrebno uspostaviti više istovremenih različitih konekcija svaki ram sadrži 10-bitni broj koji identifikuje permanentne virtuelne linije. Prenos se obavlja brzinom od nekoliko Mb/s.

Konekcija između krajnjih korisnika obavlja se iznajmljivanjem permanentnih virtuelnih linija, tako da je obezbeđen prilično siguran prenos podataka bez pojave grešaka. Pošto se obavlja prenos velikim brzinama bez potvrde pristiglih paketa i retransmisije paketa, treba obezbediti linije za prenos koje unose minimalno oštećenje paketa, to se postiže iznajmljivanjem virtuelnih permanentnih linija. Prenos se obavlja bez prethodne uspostave sesije.

Konverzija govornog signala u IP pakete

Da bi se mogao vršiti prenos govora preko mreže sa komutacijom paketa neophodno je na odgovarajući način od govornog signala formirati IP pakete. Postupak koji to omogućava sastoji se od nekoliko koraka. Prvo se mora izvršiti digitalizacija govornog signala na sledeći način.

Digitalizacija govornog signala

SLIKA(blok šema)

Da bi izvršili digitalizaciju nekog analognog signala neophodno je pre svega poznavati karakteristike samog signala, koje se najčešće definišu preko spektra signala. Govorni signal nalazi se u opsegu od 0,3-3,4 KHz, pa je za njegovo izdvajanje dovoljan nisko-propusni filter granične frekvencije od 3,4 KHz, međutim uzima se sa rezervom NF filter koji propušta signale do 4 KHz, čime filtriramo i izdvajamo naš koristan govorni signal od ostatka, raznih parazitnih signala na višim frekvencijama.

Granična frekvencija spektra signala je $f_m=4\text{KHz}$. Po teoriji odabiranja frekvencija odabiranja moda bude minimum dva puta veća od granične f_m odnosno:

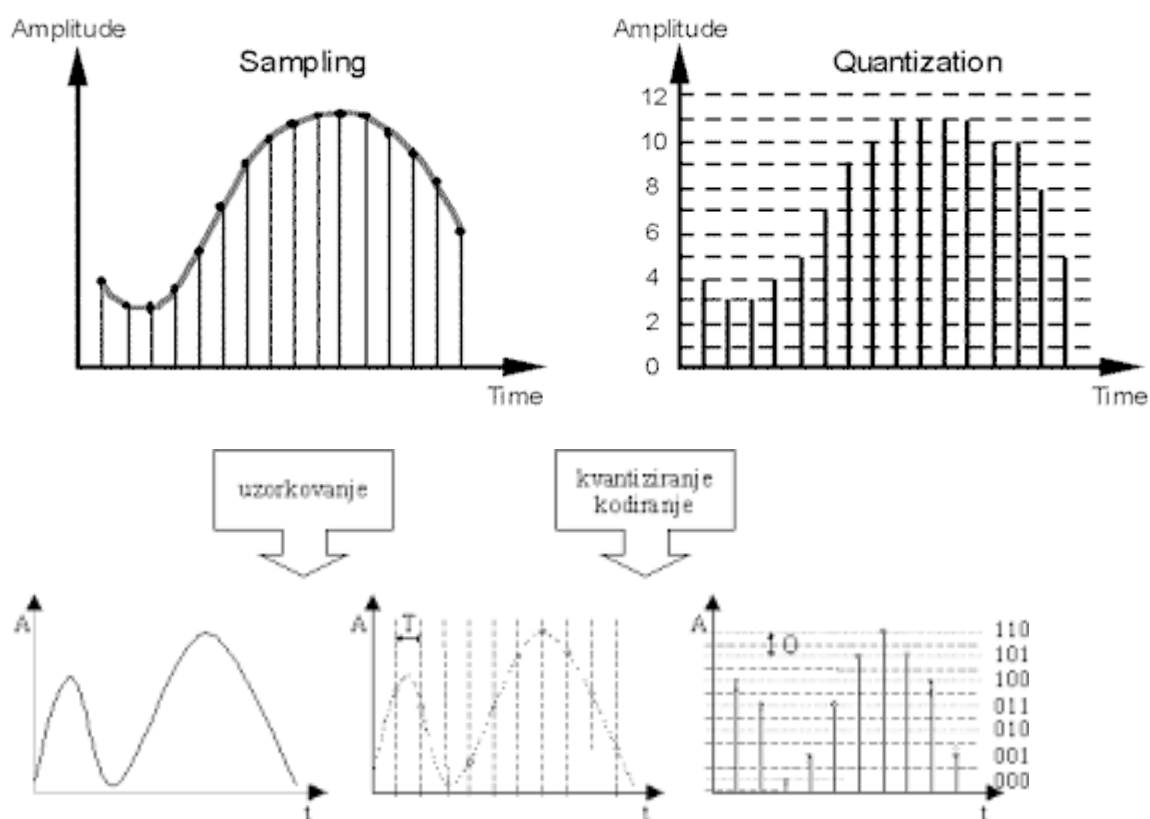
$f_0 \geq 2f_m$, pa je na osnovu toga $f_0=8\text{KHz}$

U jednoj sekundi uzima se 8 000 puta vrednost signala, odnosno u toku jedne sekunde uzeli smo 8 000 odbiraka.

Sledeći postupak pri digitalizaciji signala je kvantizacija signala. Kvantizacija govornog signala najčešće se vrši sa 256 kvantizacionih nivoa pa kako je broj kvantizacionih nivoa:

$q=2^n$, $256=2^n \rightarrow n=8$ bita,

odnosno svaki odbirak se koduje sa 8 bita. Pošto imamo 8 000 hiljada odbiraka u sekundi i svaki odbirak se koduje sa 8 bita dobijamo brzinu od $V_b=64 \text{ Kb/s}$.

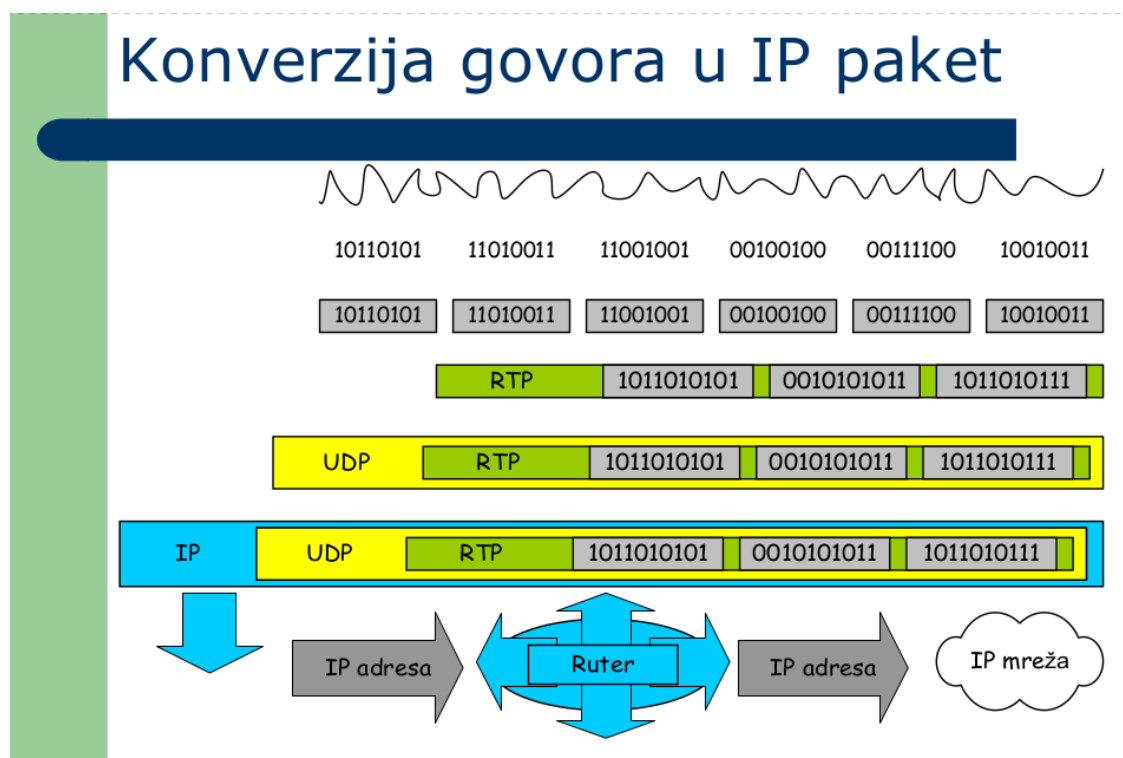


Zatim se vrši kodiranje signala u cilju što bolje zaštite od grešaka pri prenosu signala kroz medijum za prenos, kodiranje se vrši odgovarajućim kodom.

Ovako digitalizovan signal treba transformisati u odgovarajuću jedinicu za prenos kroz IP mreže.

Pretvaranje digitalnog signala u IP pakete

Putem algoritma digitalnog filtriranja vrši se obrada signala u cilju poništenja odjeka (echo cancellation) i analizira se postojanje pauza u signalu. Kad se pauza detektuje jednostavno se ne prenosi, čime se postiže značajna ušteda u potrebnom propusnom opsegu. Ovako dobijeni signal se komprimuje u cilju smanjenja broja bita potrebnih za prenos signala i pakuje u ramove. Kompresija se obavlja na bazi nekoliko standarda kao što su H.323... Karakterističan je standard G.729A kojim se niz bita govornog signala protoka 64 Kb/s komprimuje na 8 Kb/s i pakuje u ramove trajanja 10 ms, pri čemu svaki ram sadrži po 80 bitova.



Konvertovanje ovako dobijenog niza, odnosno generisanje IP paketa odvija se u tri faze:

1. Prvo se formira RTP (Real-time Transport Protocol) paket na sloju aplikacija dodavanjem zaglavlja od 12 okteta na ram komprimovanog govornog signala.

2. Dodaje se UDP (User Datagram Protocol) zaglavlje od 8 okteta sa brojem soketa izvora i odredišta. Sve ovo vrši se na četvrtom sloju OSI modela, transportnom sloju. (Socket-kombinacija IP adrese i servisnog porta)
3. Dodaje se IP zaglavlje na mrežnom sloju od 20 okteta koje sadrži IP adresu Gateway-a (izlaza) izvora i odredišta.

Ovako formiran IP paket šalje se preko Interneta kao bilo koji drugi paket podataka. Ruteri na osnovu adresa koje određuju mesto ulaska/izlaska iz IP mreže proleđuje paket do odredišta. U poslednjoj fazi, na prijemu, obavlja se inverzni proces od onog na prijemu. Nakon ekstrakcije rama govornog signala iz IP paketa vrši se dekompresija signala i njegova konverzija u analogni oblik u cilju reprodukcije.

IP	UDP	RTP	Podaci
20	8	12	20-60

Dodavanje zaglavlja protok se sa 8 Kb/s povećava na oko 15 Kb/s.

Na fizičkom nivou protok se povećava na:

- 20-25 Kb/s ukoliko se koristi Ethernet protokol
- 15-20 Kb/s ukoliko se koristi PPP protokol

Uređaji koji vrše generisanje govornog signala u IP pakete

Kao jedan od novih uređaja koji se javlja kod ove vrste komunikacija je VoIP telefon koji se samostalno direktno prikači na mrežu i funkcioniše kao samostalni uređaj. Međutim danas se i dalje kao najrasprostranjeniji uređaj javlja računar. Potrebno je da računar bude opremljen mikrofonom, zvučnicima i multimedijalnom karticom. Odnosno potrebna je zvučna kartica koja je glavni nosilac pretvaranje govornog signala u IP pakete.

Neophodno je da račununar sadrži neki od modula za povezivanje na mrežu, bilo da se ide preko javne telefonske mreže ili internet mreže. Neizostavno je da poseduje i neki od aplikacionih programa za komunikaciju. Unese se IP adresa računara sa kojim se želi ostvariti komunikacija. Ukoliko je drugi korisnik online uspostavlja se poziv.

Ukoliko se koristi analogni telefon, potrebno je da se priključi na poseban uređaj za konverziju koji može da se poveže i na mrežu ili se priključi na posebnu karticu na računaru koja vrši konverziju i preko njega pristupi mreži.

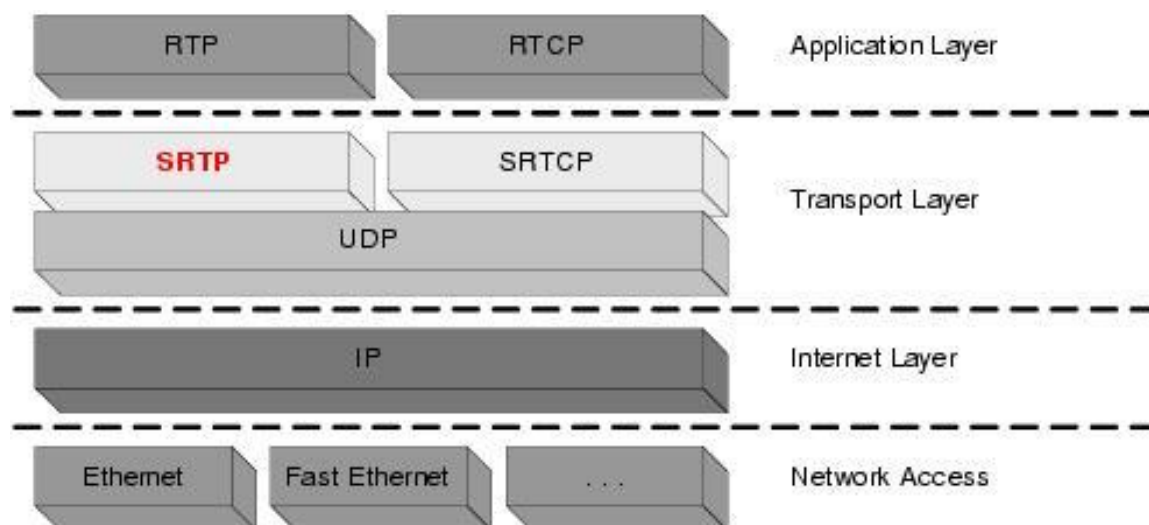
VoIP server se koristi za priključivanje više korisnika preko jednog mrežnog izlaza jer se multipleksiranjem može ostvariti komunikacija većeg broja korisnika.

IP/Ethernet telefon se direktno priključi na mrežu, nema nikakvog posrednika, svaki telefon se identifikuje IP adresom. Obrada se vrši direktno, velikom brzinom, pa je kašnjenje malo usled toga. Korisnik se ponaša kao klasični telefon, samo se umesto pozivnog broja unosi IP adresa.

Protokoli koji se koriste:

RTP (*Real-time Transport Protocol*): radi na sloju aplikacija i koristi transportne protokole za prenos u realnom vremenu audio i videa. Prevladavajuće je bio namenjen za konferencijsku vezu. Kontrola podataka se vrši preko RTCP-a (*Real-time Transport Control Protocol*). Koristi se najčešće sa UDP-om kako bi iskoristio funkcije multipleksiranja i CheckSum provere. RTP podržava prenos podataka ka više korisnika. Ne garantuje dostavu paketa, već obezbeđuje prenos u realnom vremenu. Ne vrši rezervaciju resursa ali sadrži mehanizme kompenzacije jitter-a, dinamičke promene kodeka usled promene uslova u mreži, markira početak i kraj ramova, identifikuje izvor u multikast saobraćaju, vrši sinhronizaciju audio i video signala na prijemu.

UDP (*User Datagram Protocol*): protokol koji radi na transportnom sloju. Karakterističan je kod beskonечно orijentisanih usluga. Funkcioniše bez uspostavljanja konekcije, odnosno ne šalje zahteve za uspostavu sesije. Segment sadrži izvorišni i odredišni port, dužinu, polje provere i podatke. Ovako formiran segment predaje se mrežnom sloju da bi se formirao IP paket. Ne poseduje garanciju kvaliteta servisa, odnosno ne garantuje isporuku paketa do odredišta, pa ne vrši ni potvrdu prijema paketa čime ne postoji mehanizam za retransmisiju pogrešno primljenog paketa. Pomoću nekih od FCS tehnika proverava da li je nastala greška pri prenosu, ukoliko jeste paket se samo odbacuje, ne vrši se retransmisija. Osnovna funkcija mu je obezbeđivanje prenosa podataka u realnom vremenu. Najčešće se koristi sa RTP, VoIP, DNS protokolima.



Kašnjenje paketa

Kašnjenje predstavlja vreme koje je potrebno da paket pređe rastojanje od izvora do odredišta. Kašnjenje predstavlja značajnu veličinu degradacije performansi sistema IP telefonije, jer uslovljava ritam, dinamiku konverzacije.

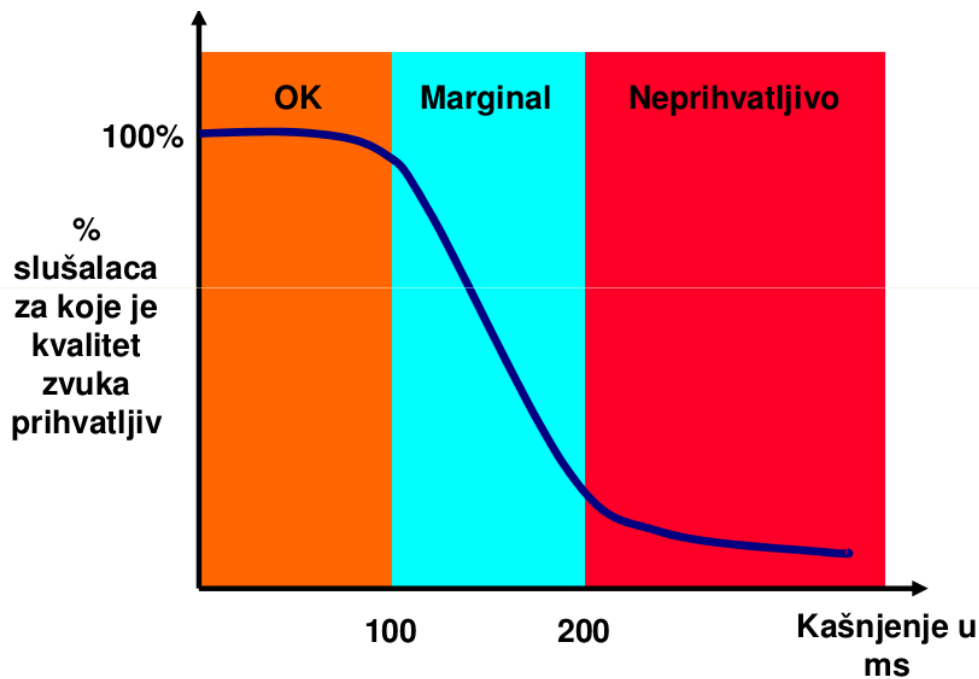
Ukoliko je kašnjenje veliko korisnici upadaju u polu-dupleks komunikacioni mod, jedan govori drugi sluša i čeka da se uveri da je korisnik na drugoj strani završio, ako se napravi veća pauza u govoru na drugoj strani to će se shvatiti kao da je korisnik prestao da priča i korisnik počinje da govori. Kritična vrednost kašnjenja pri govoru je 150 ms. Do te veličine neće biti eha i korisnici neće upadati jedan drugom u reč. Ukoliko je kašnjenje veće od 400 ms kvalitet signala značajno opada i u većini slučajeva nije prihvatljiv.

Izvor kašnjenja	Prosječna vrijed. za Phone-Phone (ms)
Snimanje na predajnoj strani	10 -40
Codec (Kodiranje)	5 - 10
Kompresija	5 -10
Internet	70 – 120
Jitter Buffer	50 – 200
Dekompresija	5 – 10
Codec (Dekodiranje)	5 – 10
Ukupno:	150 - 400

Kod ISDN-a i PSTN-a kašnjenje zbog komutacije kola ne predstavlja veliki problem, nastaje samo usled propagacije signala, odnosno udaljenosti, pa je kašnjenje manje od 400 ms čak i kada se koristi satelitski prenos.

Osnovna dva kašnjenja koja se javljaju su:

- Kašnjenje zbog konverzije govornog signala (analogno/digitalna konverzija na predaji i digitalno/analogna konverzija na prijemu)
- Kašnjenje usled prenosu kroz mrežu sa komutacijom paketa, odnosno usled redova za čekanje (Gateway, ruteri gde se govorni podaci, paketi prenose zajedno sa drugim vrstama podataka)



Strukturno kabliranje

Formiranje jedne LAN mreže podrazumeva obezbeđivanje niz tehničkih uslova koji se ispunjavaju detaljnim snimanjem lokacije sa ciljem da se prikupe potrebni podaci o stanju već postojećih instalacija, građevinske osnove objekta, kao i o detaljima energetskog uzemljenja. U zavisnosti od tih uslova pristupa se određivanju vertikalnih i horizontalnih kablovskih trasa i razmeštaju razvodnih ormara. Savremene računarske mreže realizuju se po principu strukturnog kabliranja kojim treba da se objedini prenos svih informacija u jednom poslovnom okruženju. Pored kvalitetnog prenosa podataka treba obezbediti prenos telefonskih, video, upravljačkih i alarmnih signala.

Standardi danas: ISO/EC 11801, EN 50173.

Strukturno kabliranje podrazumeva korišćenje jedinstvenog kablovskog sistema za sve instalacije kojima se prenose bilo kakve informacije u propusnom opsegu od 600 MHz. Interfejs ka krajnjem korisniku je jedinstven i to je zidna utičnica sa RJ45 konektorima na kojima se može priključiti razna oprema (računar, telefon, telefax,...).

Strukturnim kabliranjem nakon instalacije mreže, sistema, moguće je veoma jednostavno bez ikakve intervencije na kablovima prekonfigurisati mrežu na totalno drugačiji način, u zavisnosti od potreba korisnika, jer svaki kabal je spojen na odgovarajući razdelnik i aktivni uređaj (telefonska centrala ili svič). Naročito je praktičan ukoliko dolazi do promene fizičkog rasporeda radnih mesta.

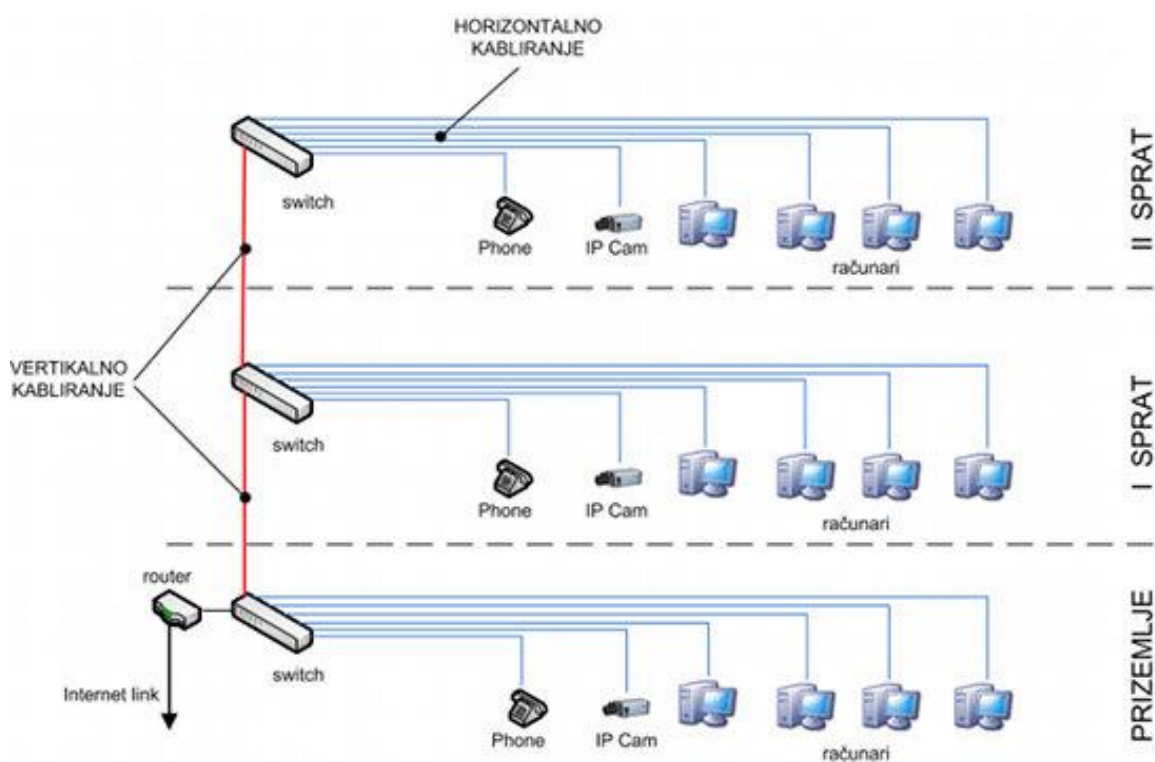
Prednosti koje se ostvaruju:

- Jednostavno i efikasno administriranje mrežom
- Lako proširivanje instalacija
- Potpuna nezavisnost od tipa aktivnih uređaja koji se koriste, kako za telefonsku tako i za računarsku mrežu

Sistem strukturnog kabliranja sastoji se od horizontalnih i vertikalnih kablovskih trasa.

Razvodni orman pokriva deo horizontalne površine najviše do 90 m u poluprečniku.

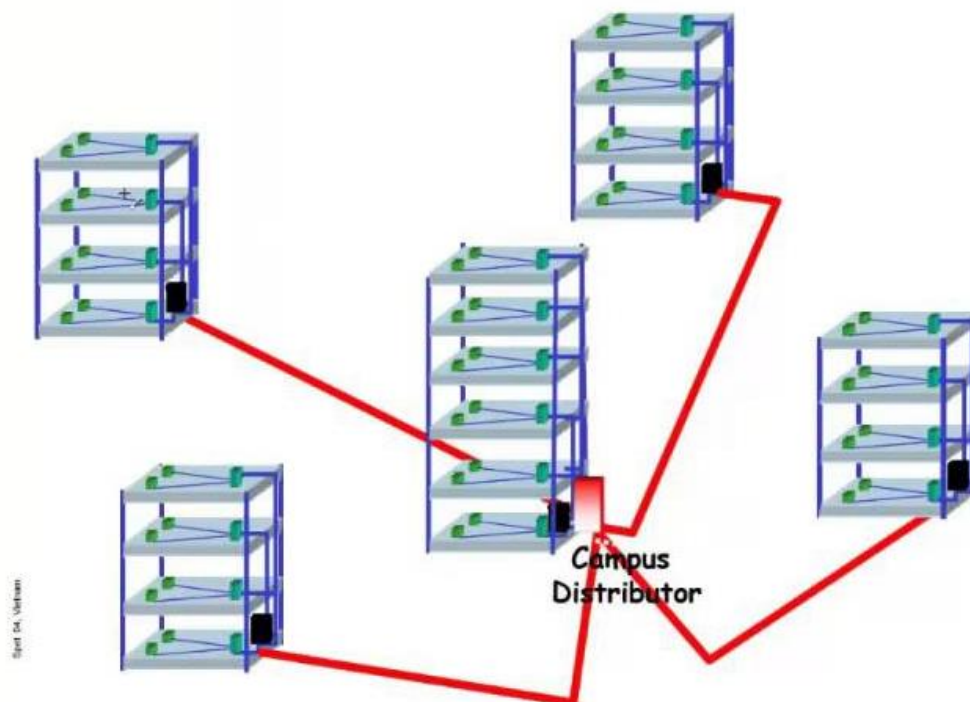
Vertikalne trase povezuju spratne razvodne ormene, obe konfiguracije u obliku zvezde.



Postoje tri hijerarhijska nivoa:

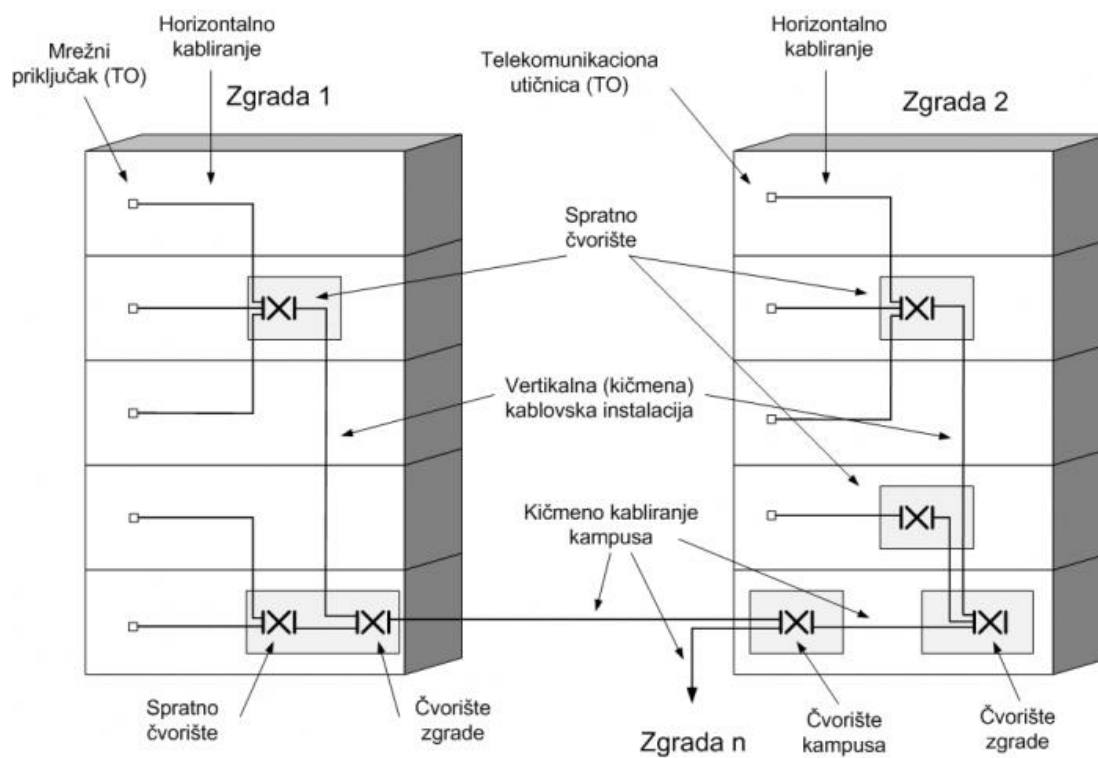
1. Kabliranje kampusa
2. Kabliranje kičme (vertikalno)
3. Horizontalno kabliranje

Kabliranje kampusa odnosi se na kabliranje između razdelnika pojedinih zgrada i glavnog razdelnika kampusa. Za prenos govora, alarmnih i upravljačkih signala koriste se bakarni parični kablovi, a za video signal i podatke optički kablovi. Maksimalna dužina kablova u tom slučaju je 1 500 m.



Kabliranjem kičme vrši se povezivanje spratnih razdelnika i razdelnika zgrade

Horizontalno kabliranje odnosi se na deo sistema između spratnog razdelnika i zidne utičnice, koristi se bakarni parični kabal, koaksijalni i optički kabal (RJ45, ST konektori) maksimalne dužine 90 m.



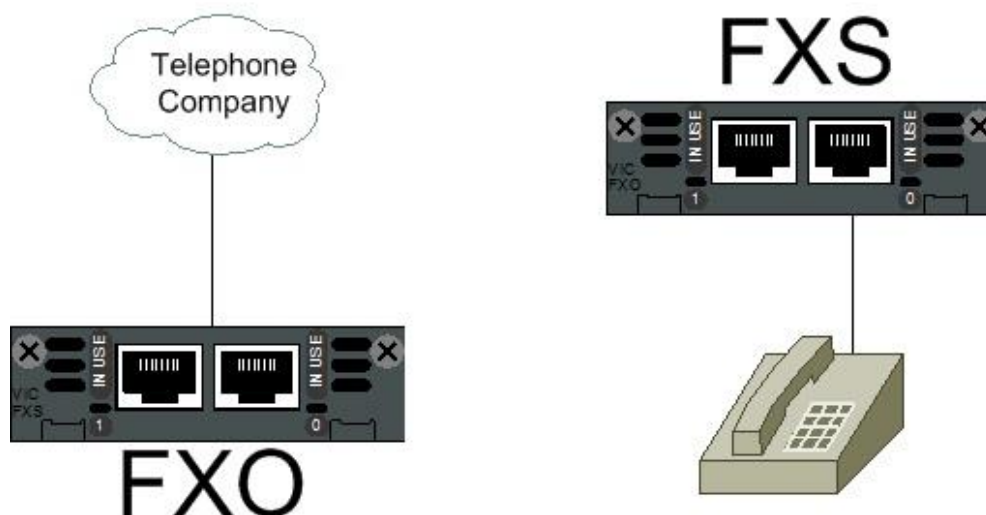
Ekspanzioni uređaji, FXO i FXS priključci

FXO i FXS su nazivi dva najčešće korišćena interfejsa (priključka) u analognoj telefoniji.

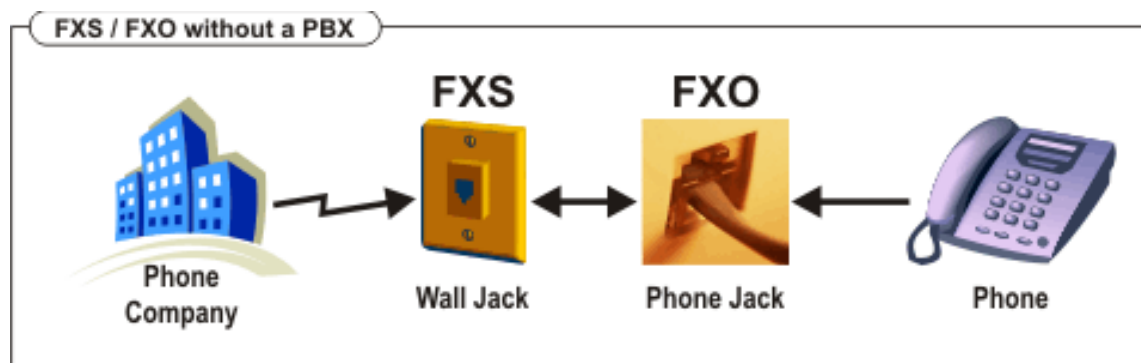
FXS (Foreign eXchange Subscriber) je priključak koji obezbeđuje telefonski signal (POTS – Plain Old Telephone Service) koji dolaze iz centrale telefonske kompanije. FXS je interfejs koji ukazuje na pretplatnika. Korisničkom uređaju obezbeđuje:

- Ton biranja (signal biranja) – dial tone
- Napajanje
- Napon zvona (Ring Voltage)

FXO (Foreign eXchange Office) je priključak koji prima telefonski signal (POTS signale) od telefonske centrale. To je priključak koji krajnjem korisniku ukazuje na telefonsku centralu (Central Office). Obezbeđuje centrali naznaku podignute/spuštene slušalice.

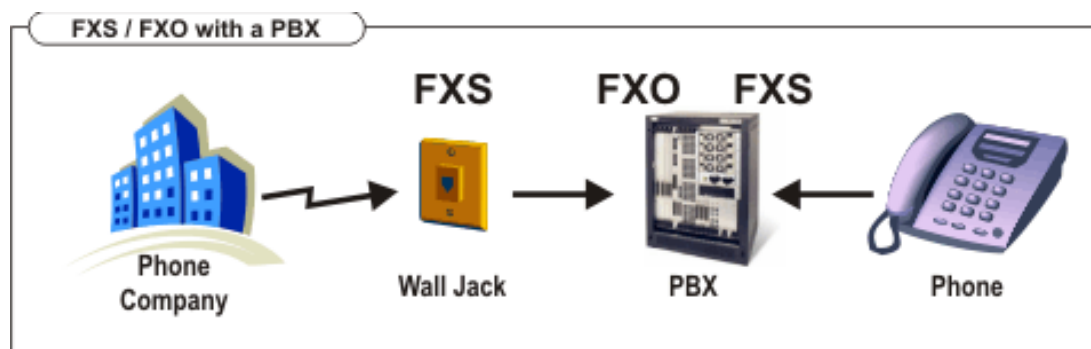


Uvek se povezuju FXO-FXS priključci. FXS-FXS i FXO-FXO veza ne radi.



Često je prisutna pojava dodatnih elemenata u poslovnim zgradama gde se često u sistem uključuje privatne centrale (PBX – Private Branch eXchange) ili VoIP Gateway ili ruter.

Tada privatne centrale ili drugi uređaji imaju FXO ili FXS priključke na odgovarajućim stranama. Pa je povezivanje sledeće:



Poveže se FXO port telefona na FXS port PBX centrale, tako da FXS port obezbeđuje sve POTS servise, uključujući i napajanje i napon zvona i ton biranja.

FXO port PBX centralne povezuje se na FXS port glavne telefonske centrale i obezbeđuje naznaku podignute/spuštene slušalice.

Procedure pri uspostavi FXS-FXO veze:

FXS strana:

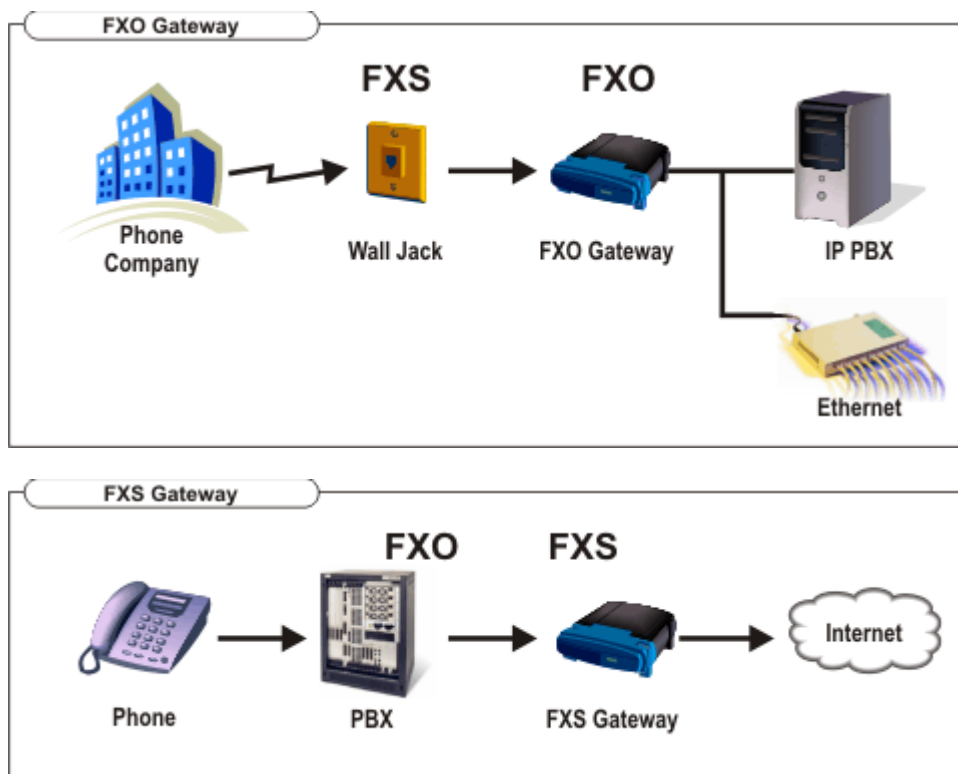
- Inicijacija poziva - FXS inicira poziv prosleđivanja napona zvona FXO uređaju
- Primanje poziva – FXS prima poziv tako što:
 1. Detektuje zauzetost kanala (podignuta slušalica FXO uređaja)
 2. Prima TDMF (Dual-Tone Multi-Frequency) cifre koje nose informacije o korisniku kome treba proslediti poziv
- Napajanje – obezbeđuje jednosmerni napon od 50 V, čak i kada u objektu nema struje

FXO strana:

- Iniciranje poziva:
 1. Podizanje slušalice
 2. Slanje DTMF cifara
- Primanje poziva:
 1. Detekcija napona zvona od FXS uređaja (100 V)
 2. Podizanje slušalice

FXS-FXO prekid poziva: FXO inicira prekid poziva i odgovoran je za oslobađanje svog dela poziva

Postoje i FXO-Gateway za komunikaciju IP telefona preko PSTN-a i FXS-Gateway za priključivanje analognog telefona preko IP mreža (sistema).



PSTN i LAN, PSTN i INTERNET

Sva terminalna oprema za VoIP ima mogućnost posrednog ili neposrednog priključivanja u LAN (PC, analogni telefon, IP telefon...). Možemo zaključiti da je LAN osnova za ostvarivanje koncepta IP telefonije.

Prednosti:

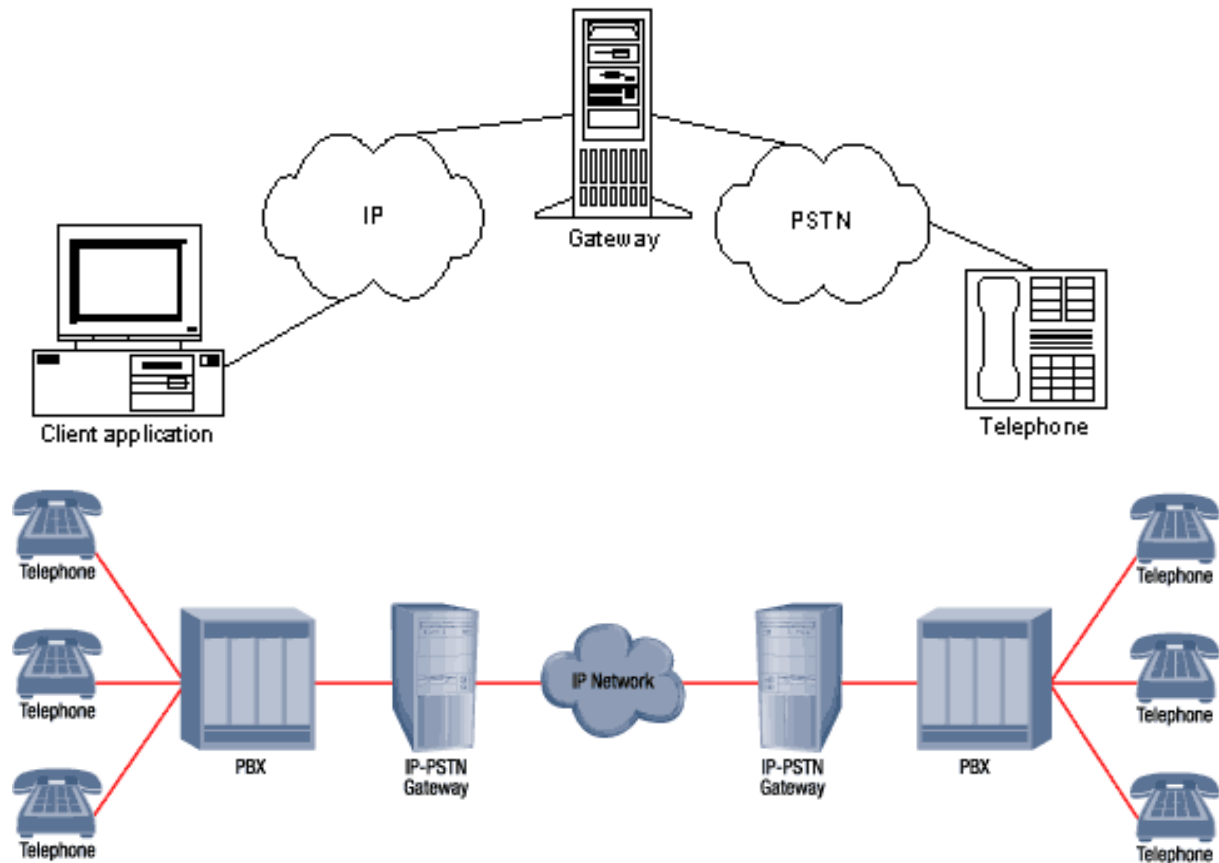
- LAN je jednostavna i jeftina infrastruktura koja je lako proširiva (brzo, lako i jeftino priključivanje novih terminala)
- Terminali nisu vezani za fizičku lokaciju već samo za svoju IP adresu (može se slobodno premeštati unutar mreže bez dodatnih intervencija)
- Za ostvarivanje VoIP komunikacije preko postojeće LAN infrastrukture potrebno je samo kupiti i osposobiti terminale
- Jednostavno administriranje

IP komunikacija može biti zatvorenog tipa (Intranet mreža unutar kompanije koja koristi IP protokole) ili otvorenog tipa putem Interneta.

Da bi se omogućila masovnija komunikacija putem IP mreže potrebno je omogućiti priključivanje Javne telefonske mreže (PSTN) na Internet. Na taj način usluge IP telefonije

postaju dostupne korisnicima koji poseduju telefon povezan na PSTN. Uređaj koji daje takvu mogućnost naziva se PSTN/IP Gateway. On konvertuje govorni signal u IP pakete i obrnuto. Ovakav uređaj sadrži priključke za telefonske parice kao i Ethernet priključke.

PSTN/IP Gateway je jednim krajem povezan na javnu telefonsku centralu, a drugim krajem na LAN. Vezu sa Internetom Gateway ostvaruje preko rutera lokalne računarske mreže.



Topologija VoIP sistema

VoIP predstavlja način prenosa govornih informacija posredstvom IP grupe protokola. IP telefonija predstavlja složeni sistem integracije VoIP-a sa PSTN-om.

Postavlja se pitanje kako rešiti problem efikasnog prenosa govornog signala uz minimalno kašnjenje i minimalnom varijacijom kašnjenja, pošto korišćenjem TCP protokola nije prihvatljivo jer unosi veliko inicijalno kašnjenje i varijaciju kašnjenja zbog retransmisije, potvrde prijema paketa i kontrole protoka. Potreban nam je prenos paketa u realnom vremenu. Nameće se UDP protokol koji ne nudi korekciju neispravnog redosleda paketa, niti ima mogućnosti detektovanja gubitka paketa, ne vrši retransmisiju i potvrdu pristiglih paketa,

pa unosi minimalno kašnjenje. Usled nesavršenosti ljudskog uha i oka greške pri reprodukciji i prezentaciji neće biti uočljive ukoliko degradacija signala nije prevelika.

Koristi se RTP protokol na sloju aplikacija koji obezbeđuje transportne funkcije s kraja na kraj mreže za aplikacije koje prenose vremenski osetljive podatke kao što su video i audio signali.

RTP ne omogućava rezervaciju resursa u mreži i ne garantuje kvalitet servisa (QoS) za vremenski osetljive podatke. Za ove funkcije koriste se protokoli ispod RTP-a u protokolskom steku.

Ako se tokom neke konferencijske veze koristi i audio i video zapisi, za svaki tip se uspostavlja posebna RTP sesija, i RTP protokol sadrži funkcije sinhronizacije audio i video signala.

Mikseri i translatore:

Kada imamo više učesnika u komunikaciji, često se javlja problem da nisu svi učesnici povezani u mrežu linkova istog kapaciteta. Korisnici sa slabijim linkovima zahtevaju korišćenje kodeka sa manjim protokom uz prihvatljivije degradacije kvaliteta audio zapisa. Ovaj zahtev nije prihvatljiv korisnicima sa linkovima većeg kapaciteta. Mikser (RTP – Level relay) ima za zadatak da usaglasi različite kodeke i da vrši resinhronizaciju audio zapisa na manji protok koji odgovara korisnicima sa slabijim linkovima. Može da generiše pakete kako sa unicast tako i za multicast komunikaciju. Kada se koristi Firewall ne propušta multicast saobraćaj, pa su potrebni translatore koji imaju zadatak da tuneluju RTP multicast saobraćaj kroz Firewall.

Voip sistem čine:

- Integrirana mreža sa svim svojim elementima (podmreže, ruteri, mrežna oprema...)
- PSTN sa svim svojim putevima i komutacionim centralama
- Terminalni uređaji (PC, analogni telefon, IP telefon...)
- IP Gateway uređaji

Osnovnu mrežu za prenos govornog signala u formi IP paketa predstavlja Internet, pri čemu ruteri imaju ulogu komutacionih centara.

Povezivanje PSTN i VoIP sistema vrši IP Gateway. Sa jedne strane povezan je sa PSTN, čime mu je omogućeno da uspostavi komunikaciju sa bilo kojim telefonom na svetu. Sa druge strane Gateway je povezan na Internet čime mu je omogućeno da uspostavi vezu sa svakim računarom (povezanim na Internet).

Gateway vrši konverziju govornog signala u IP pakete i obrnuto. Primopredaja IP paketa i signala govora se vrši simultano što daje mogućnost full duplex komunikacije. Preko VoIP sistema mogu se ostvariti veze između različitih terminala. Tipične se sledeće varijante:

1. PC-PC: Korisnici računara su povezani sa Internetom putem mrežne karte (LAN) ili modema. I VoIP telefon se tretira kao računar jer se poziv uspostavlja na osnovu IP adrese. U ovom slučaju Internet i PSTN rade nezavisno.
2. PC-telefon: Omogućava korisnicima PC-ja da ostvare razgovor sa korisnikom analognog telefona. U ovom slučaju IP i PSTN mreže rade zajedno i potreban je IP Gateway.
3. Telefon-telefon: Ostvaruje se veza dva analogna telefona. PSTN predstavlja pristupnu mrežu, u ovom slučaju veza se inicira pristupom javnoj centrali, dok je transportna mreža Internet. Na ovaj način se smanjuje cena telefonskog poziva i svodi se na cenu lokalnog poziva.

Telefonski poziv

Korisnik poziva sa analognog telefona preko javne telefonske centrale najbližem Gateway-u (okretanjem pozivnog broja). Kada se veza između korisnika i Gateway-a uspostavi, nastavlja se sa okretanjem broja korisnika sa kojim treba da se uspostavi komunikacija. Analizom unetog broja (broja odredišnog korisnika), Gateway određuje koji je Gateway najbliži lokaciji na kojoj se nalazi pozivani broj. Na IP adresu pronađenog Gateway-a šalju se govorni paketi zajedno sa podacima telefonskog broja na koji ih treba isporučiti. Prijemni Gateway poziva taj broj pomoću lokalne javne centrale. Kada se veza uspostavi on konvertuje IP govorne pakete u govorni signal, čime je komunikacija uspostavljena.

H.323

H.323 je standard koji definiše komponente, protokole i procedure koji omogućavaju usluge multimedijalnih komunikacija preko mreža na bazi komutacije paketa uključujući i mreže zasnovane na IP. Ovo je standard koji se može primeniti na prenos različitih podataka, govor i slike pojedinačno ili u kombinaciji.

H.323 definiše četiri tipa komponentata, koje međusobno povezane omogućavaju servise komunikacija tipa tačka-tačka i tačka-više tačaka:

- Terminal (krajnji uređaj za komunikaciju u realnom vremenu)
- Gateway (povezuje H.323 mreže sa drugim mrežama)

- Gatekeeper
- MCU (Multipoint Control Unit) upravljačka jedinica za više tačaka

Gatekeeper je mozak H.323. To je sabirna tačka za sve pozive u mreži i omogućava sledeće servise: adresiranje, autorizacija i utvrđivanje identiteta terminala u Gateway-u, upravljanje propusnim opsegom i tarifiranje.

MCU omogućava konferencijsku vezu, upravljanje resursima i vrši usklađivanje terminala (audio video kodeci).

Skup svih terminala, Gateway-a i MCU-a kojima upravlja jedan Gatekeeper naziva se H.323 zona.

H.323 sistem za prenos kontrolnih signala i podataka koristi pouzdane kanale sa TCP protokolom, dok za prenos audio i video signala koristi kanale sa UDP protokolom.

Protokoli definisani u H.323 odnose se na:

- Audio kodere i dekodere (G.7XX)
- Video kodere i dekodere (H.26X)
- RAS (Registration, Admission, Status) registracija, pristup i status (H.225)
- Signaliziranje poziva (Q.931)
- Kontrolno signaliziranje (H.245)
- RTP (Real-Time Transport Protokol)
- RTCP (Real-Time Transport Control Protokol)- povratne informacije o kvalitetu prenesenih podataka, prenos identifikatora transportnog nivo za RTP izvor

Terminali H.323 tipa moraju podržavati H.245, H.225 + RAS, RTP/RTCP, G.711, funkcije Gateway-a konverziju telefonskog broja u IP adresu i obrnuto, povezivanje za Gateway, digitalizacija, kompresija, modulacija kao i inverzni procesi.

SIP

SIP (Session Initiation Protocol) je signalizacioni protokol koji inicira, upravlja i prekida glasovne i video sesije preko mreža na bazi komutacije paketa. SIP sesije podržavaju unicast i multicast komunikaciju.

SIP mreže sastoje se od četiri tipa logičkih entiteta koji se mogu ponašati kao klijent, server i oba istovremeno.

SIP entiteti:

1. Korisnik (User Agent – UA) To je krajnji entitet. Inicira i prekida sesije razmenom zahteva i odgovora. Korisnik UA se definiše kao aplikacija koja može biti i korisnik-klijent UAC i korisnik-server UAS.

UAC - klijentska aplikacija koja inicira SIP zahteve.

UAS – servisna aplikacija koja odgovara klijentu kada primi zahtev, UA može biti PC, IP telefon, Gateway...

2. Proxy server je međuentitet koji se ponaša i kao klijent i kao server. On izvršava zahteve, šalje zahteve u ime drugih klijenata. Zahtevi se obrađuju interno ili se prosleđuju drugim serverima (po potrebi prethodno prevodi).
3. Preusmerivački (Redirection) server prihvata SIP zahtev, mapira SIP adresu pozvane strane (korisnika) u novu adresu i vraća je korisniku. Za razliku od Proxy servera, ne prosleđuje zahteve drugim serverima.
4. Registar je server koji prihvata Register zahteve radi ažuriranja baze podataka lokacija, informacijama koje je korisnik poslao u zahtevu.

Tipovi poruka u SIP:

- Zahtevi (klijent-server)
- Odgovori (server-klijent)

Zahtevi:

- INVITE – inicira poziv
- ACK – potvrda okončanom odgovoru na INVITE
- BYE – prekid poziva
- CANCEL – otkazuje pretragu i ''zvona''

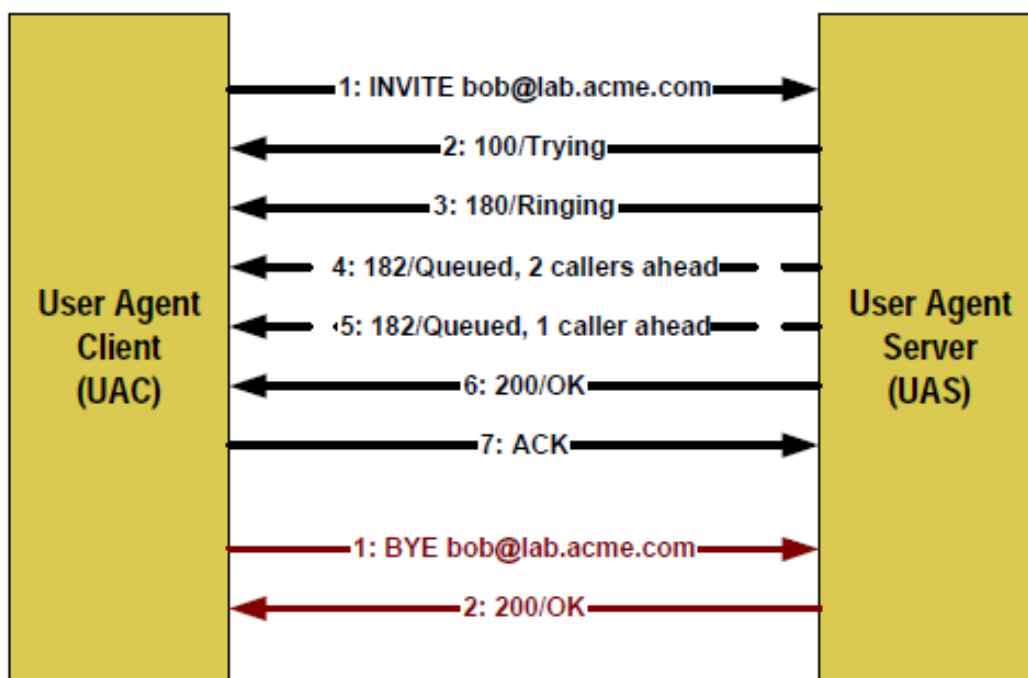
- OPTIONS – traži mogućnosti druge strane
- REGISTER – registruje se kod lokacijskog servisa

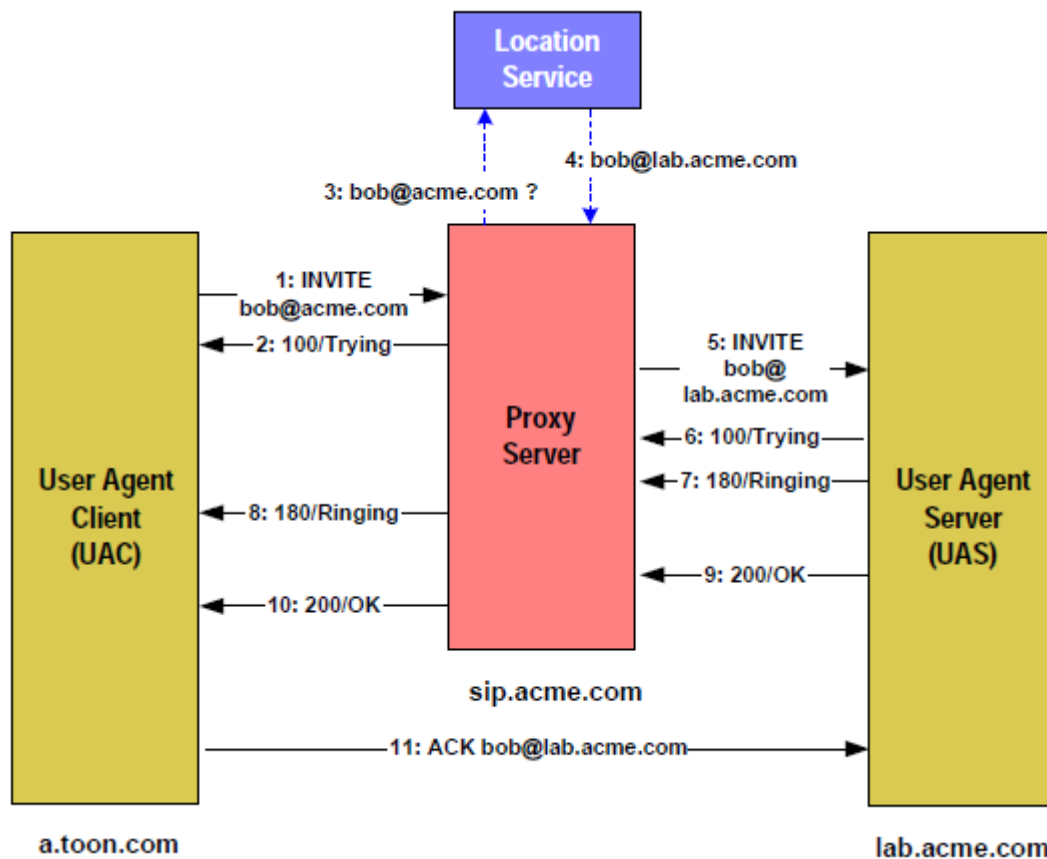
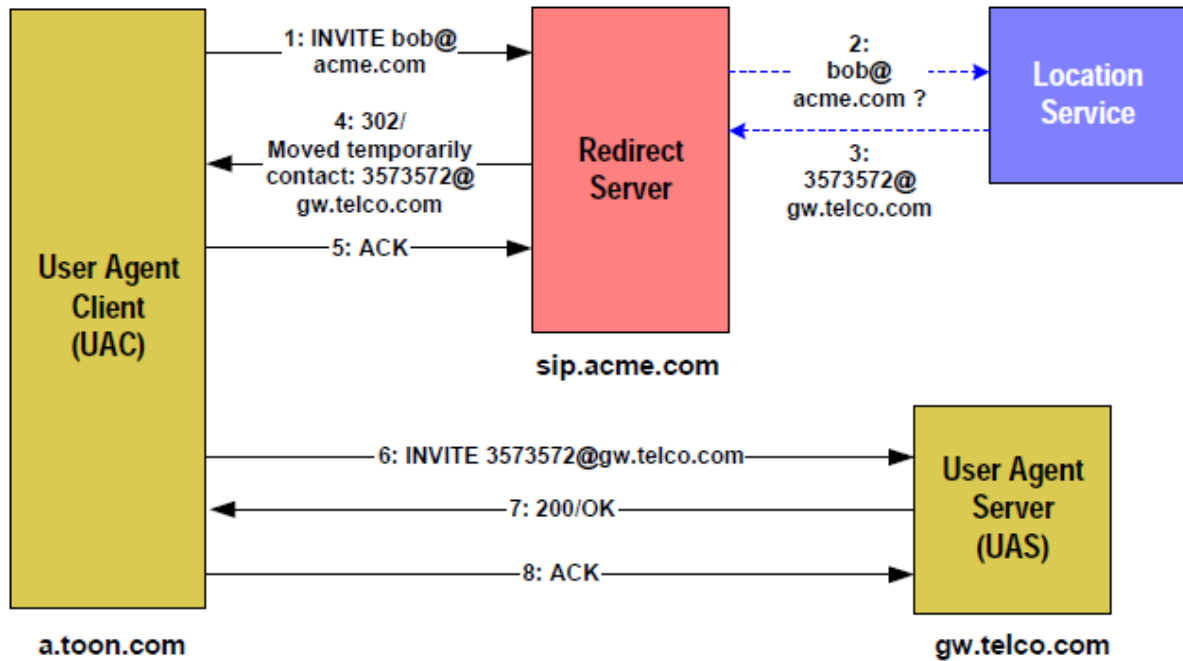
Odgovori sadrže numerički kod i dele se na šest klasa (1XX, 2XX,...,6XX) (403:forbidden, 502:bad gateway...)

Poruka se sadrži od :

- Početne linije – određuje tip poruke (metod za REQ, i kod za RES) i verziju protokola
- Zaglavlje – prenosi attribute poruke (definiše stranu koja poziva, pozivnu stranu, rutu)
- Telo poruke – opisuje, inicira sesiju (može sadržati audio/video kodeke, informacije o protoku)

Procedura uspostavljanja veze





Primena VoIP-a

Činjenica da je VoIP zasnovan na IP tehnologiji daje nam mogućnost za dobijanje novih aplikacija i usluga koje nije moguće ostvariti u klasičnoj telefoniji.

IP tehnologija omogućava:

1. Telefonske pozive po nižoj ceni
2. Tarifiranje u realnom vremenu
3. Faks preko IP (FoIP) (objedinjen prenos: telefon, faks, podaci)
4. Prenos kvalitetnog zvučnog signala
5. Video telefon
6. Internet voice mail
7. Multiparty Shared WhiteBoard

1) Cena međunarodnog poziva sada se tarifira kao lokalni poziv

2) Korisnik može sa PC-a pristupiti Gateway-u i dobiti informacije o tarifiranju

3) Analogni faks signal se konvertuje u digitalnu sliku pomoću IWF-Interworking Function. Za prenos ovog signala potrebno je 64Kb/s u oba smera.

4) PSTN je ograničen na prenos zvuka jednog kvaliteta. IP telefon omogućava prenos zvuka visokog kvaliteta (HI-FI stereo, surround) ako se obezbedi dovoljan propusni opseg. Cena je u skladu sa propusnim opsegom.

5) Za video komunikaciju dovoljna je samo kamera za PC (veoma jeftina). Kvalitet zvuka zavisi od raspoloživog propusnog opsega i organizacije mreže.

6) Jeftinije proveravanje govorne pošte putem Interneta

7) Softver koji omogućava da više korisnika radi na nekom dokumentu koji im je istovremeno dostupan. Moguće su izmene dokumenata u realnom vremenu.

III IP MULTIMEDAJA

TV kamera

TV kamera predstavlja izvor (generator) električne slike. Slika originalne scene konvertuje se u kameri u električni signal. Električni signal moguće je obrađivati u zavisnosti od potreba i zahteva, memoriše se ili emituje.

Originalna slika: optička pobuda (svetlo + scena).

Analiza slike: optoelektrični pretvarač i generator 1D električnog signala.

Obrada slike: definisanje i uspostavljanje nivoa crnog, nivoa belog, kompresija kontrasta i gama korekcija.

Koder: po definisanom usvojenom standardu vrši kodovanje kolor signala, kako bi kamera mogla da komunicira sa TV sistemom.

Svetlost i scena predstavljaju optičku pobudu za TV kameru. optička pobuda se predstavlja u 3D koordinatnom sistemu. Svakoj boji se dodeljuje jedan vektor: dužina vektora predstavlja intenzitet svetla (sjajnost, osvetljenost, luminancu), a pravac vektora određuje boju svetla (zasićenje i vrstu boje).

Sistem za analizu slike

U TV kameri se optička pobuda (svetlost) konvertuje u električni signal, pogodan za prenos. Da bi se televizijski signal preneo, sa jednog mesta na drugo, otrebno je konvertovati ga u jednodimenzioni signal, zavistan od vremena (1D signal).

Konverzija 3D optičke slike u 1D električni signal vrši se u dva koraka:

1. Konverzija 3D slike na sceni u 2D sliku na senzoru kamere
2. Konverzija 2D slike na senzoru kamere u 1D električni kanal, što se vrši postupkom analize slike

Analiza slike

Sistem za analizu slike:

1. Progresivna analiza (Progressive scanning) analiziraju se cele slike

2. Analiza sa proredom (Interlaced scanning) slika se deli u dve poluslike

Digitalizacija video signala, kompresija

Rezolucija slike predstavlja broj piksela po inču (ppi – pixels per inch ili dpi – dots per inch). Što je veći broj piksela po inču bolja je i kvalitetnija slika. Ako je broj piksela fiksiran:

1. Povećavanjem veličine slike kvadrati se rezolucija, smanjuje se broj ppi (slika postaje neoštra sa uočljivim pikselima i lošim ivicama)
2. Smanjenjem veličine slike povećava se rezolucija (slika postaje oštija sa glatkim ivicama)

Na kvalitet slike utiče rezolucija slike i amplitudska rezolucija (odnosno dubina, broj bita kojim se koduje određena tačka, piksel)

Ako se amplituda koduje sa jednim bitom razlikujemo samo crnu i belu boju. Sa dva bita već razlikujemo 4 nijanse (crnu, sivu, svetlo sivu i belu). Povećavanjem broja bita povećava se i broj nijansi, sa 4 bita $2^4=16$ nijansi,...

Za formiranje slike u boji razlikujemo dva osnovna modela:

1. Aditivni sistem RGB (Red, Green, Blue), sistem sabiranja, dodavanja boje na crnu osnovu
2. Substraktivni CMY (Cyan, Magenta, Yellow), sistem oduzimanja od bele podloge

Npr.:

RGB kod – svaki piksel se predstavlja pomoću 3 vrednosti, svaka vrednost u opsegu 0-255 (2^8 bita)

Svetlo žuta (255,255,127)

Crvena (255,0,0)

Zelena (0,255,0)

...

Više bita po pikselu znači veći broj nivoa.

16 bita 65 536, 24 bita 16 777 216 različitih nijansi...

Ljudsko oko može da razlikovati nešto više od 10 000 000 različitih nijansi boja pa je dovoljno za slike visoke rezolucije koristiti 24 bita.

Grafika može biti Bitmapirana i Vektorska.

Bitmapirana slika se sastoji od piksela, pikseli mogu da menjaju boju, sjajnost i saturaciju. Kod bit mapiranih povećanjem slike, tačke postaju veće, ivice nisu glatke, lošije je kvalitet slike automatski, broj piksela se može i ne mora menjati (savisno od softvera za obradu). Potrebno je kraće vreme za prikazivanje slike.

Vektorska grafika – slika se prikazuje pomoću linija i lukova koji su opisani matematičkim rezolucijama. Povećanjem slike tačke postaju veće, ivice ostaju čiste bez izobličenja, zadržava se kvalitet slike, povećava se veličina fajla.

A/D konverzija vrši se odabiranjem i kodovanjem. Ako se svaki odbirak koduje sa 8 bita imaćemo na izlazu 256 vrednosti npr. Od 0-1V.

Video signal zahteva linije veze sa velikim protokom, naročito ako je u pitanju slika u HD formatu. Nepohodno je naći način smanjivanja fizičkog prostora (memorijskog) potrebnog za čuvanje podataka. Osnovni princip: podatke koji se ponavljaju zapisati samo jednom i zabeležiti mesto gde se nalaze, ili grupe podataka u zavisnosti od načina kompresije. Video kompresija predstavlja smanjenje količine podataka koji se koriste za predstavljanje video sadržaja.

Razlikujemo Lossy i Lossless kompresiju:

1. Lossy – dolazi do gubitka kvaliteta slike ali sa namerom što manje razlike od originala tako da gledalac ne primeti razliku. Dobijaju se mnogo manji fajlovi.
2. Lossless – kod ove vrste kompresija nema gubitka kvaliteta slike, reproduktivna slika je identična originalu.

RLE – Run Length Encoding, LZW – Lempel Ziv Welch,...

MPEG – Moving Picture Experts Group

MPEG-1 dizajniran je za VHS kvalitet i dva audio signala, protok oko 1,5 Mb/s, video rezolucija 352*240, 30 okvira/s.

MPEG-2 dizajniran je da podrži video broadcast kvalitet od pet audio kanala i brzinom od 4-9 Mb/s. Zahteva mnogo veću propusnu moć, dizajniran je za standard za video kompresiju širokog raspona video aplikacija Satellite Broadcast, HDTV, DVD,... Rezolucija: 352*240, 720*480, 1920*1080, 1440*1152.

CCD senzor (Charge-Coupled Device)

Da bi se slika pretočila u digitalni signal neophodno je postojanje senzora, konvertora koji transformiše upadnu svetlost kroz sočivo u električni signal. CCD senzor je poluprovodnički memorijski element u kome se električno opterećenje kreće po površini. Fotoni prolaze kroz optiku i njihova energija se konvertuje pomoću CCD senzora u par elektron/šupljina. Preciznije, kada foton pogodi elektron i predaje mu energiju, ukoliko je ta energija dovoljna da se elektron oslobodi sila koje ga vezuju za dati atom, prelazi u provodno stanje, odnosno kao slobodno naelektrisanje koje je moguće usmeravati.

Pomoću malih kondenzatora slobodni elektroni se sakupljaju i sprovode do linije za transport, usmeravanje (MOS prekidač ili CCD pomerački registar). Stvaraju se paketi za svaku ćeliju. CCD ćelije reaguju samo samo na intenzitet svetlosti (crno-bela slika). Za rad u boji ćelije se kombinuju sa filtrima boja da bi mogli reagovati samo na zelenu, plavu ili crvenu komponentu, spektar upadnog svetla. Ima više zeleno osetljivih ćelija jer je ljudsko oko osetljivije na zelenu boju. Izmereni intenzitet svetlosti po ćeliji deli se na 256 nivoa sjajnosti. Svaki kompozitni piksel daje 256^3 nijansi boja.

Postoje dva tipa CCD senzora, filmski i za video kamere.

CMOS – senzor (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) je senzor novijeg datuma. Svaki piksel ima posebno ugrađeno pojačalo. Omogućava da se podaci sa svih piksela obrade u istom trenutku. Brži senzor, više slika u minutu. Skuplji senzori se ugrađuju u profesionalne fotoaparate.

CMOS – pojačanje signala se odvija u ćelijama, CCD – poseban sklop za pojačanje na izlazu iz senzora.

Video nadzor u računarskim mrežama

IP kamera predstavlja uređaj za video nadzor, koji prihvata i šalje slike direktno preko IP mreže, tako da je ovlašćenim korisnicima omogućen uvid i upravljanje video sadržajem nezavisno od lokacije na kojoj se nalaze.

IP kamera sadrži svoju IP adresu i ima ugrađen Web server, FTP server, FTP klijent, e-mail klijent, upravljanje alarmom, programabilnost. IP kamera može nezavisno da radi od PC-a, za razliku od Web kamere. Gde god postoji IP konekcija moguće je priključiti IP kameru.

Razlike između analogne i IP kamere: Analogne kamere šalju jednodirekcionu signal koji se završava na DVR uređaju gde se vrši obrada, dok IP kamera bidirekciona tako da istovremeno može da komunicira sa nekoliko aplikacija u cilju izvršenja različitih funkcija.

Video serveri

Vrše funkciju video enkodera, odnosno prilagođavanje analognih kamera i analognog videa digitalnim sistemima, vrši digitalizaciju analognog video signala, tako da se ukida potreba za koaksijalnim kablovima, monitorima i DVR uređajima (snimanje se može vršiti standardnim PC serverima).

Poseđuje 1-4 analogna porta za priključivanje analognih kamera, kao i Ethernet port za povezivanje na IP mrežu. Kao i IP kamere poseduje ugrađen web server, kompresioni čip i operativni sistem. Poseđuje i digitalni ulaz i izlaz, audio, serijske portove. Podržava povezivanje kamera različitih specijalnosti.

VCR

Video kasetni rekorder omogućava snimanje jednog video-strima na traku u trajanju od 180 minuta, pri brzini od 25 kadrova u sekundi. Kod starijih sistema nije radio neprekidno već ga je pokretao neki sistem u slučaju narušavanja bezbednosti, alarmni sistem. Uvodi se korišćenje video multipleksera koji omogućava snimanje više video-strimova na jednu istu traku.

DVR

Digital Video Recorder ustvari predstavlja video multiplekser sa diskom za čuvanje video sadržaja umesto trake. Kvalitet video sadržaja može biti visokog kvaliteta u zavisnosti od mogućnosti kamera za video nadzor. Sadrži razne opcije za kontrolu i upravljanje video sadržaja: rezoluciju slike, broj kadrova u sekundi, opcije pokretanja snimanja, vreme početka i završetka...

DVR uređaji opremljeni su UDP mrežnim portovima, mogu dobiti IP adresu i na taj način aktivno se priključiti u Ethernet mrežu.

U slučaju kvara DVR-a video materijal se može često izgubiti pa im je to glavna mana, često dolazi do kvara usled prekomernog rada i pregrevavanja hard diska.

NVR

Network Video Recorder. Kod NVR uređaja do toga ne može doći. Osnovna razlika između DVR i NVR uređaja su sledeći: DVR uređaj vrši kompresiju analognog video signala koji se smešta na HDD, pa je neophodno najčešće postaviti uređaj u blizini izvora, kamera. NVR zapisuje video signal direktno sa IP mreže, to je omogućeno jer IP kamera šalje automatski kodirane signale.

NVR uređaj možemo ostaviti u različitim delovima mreže. Video sadržaj simultano se snima i reprodukuje tako da istovremeno možemo nadgledati i snimati sadržaj iz bilo kog izvora.

CCTV Closed-Circuit Television

Analogni sistemi koji koriste VCR

Analogne kamere preko koaksijalnog kabla vezane su za VCR ili TV uređaj. VCR koristi kasete istog tipa kao i kućni VCR. Video nije kompresovan, pa je vreme snimanja ograničeno na trajanje kasete. Ukoliko je sistem veći za nadgledanje između se nalazi video multiplekser koji omogućava snimanje sa nekoliko kamera, ali se smanjuje brzina frejmovanja.

Analogni CCTV sistemi koji koriste DVR

Analogni sistemi koji koriste DVR sa digitalnim snimanjem umesto kasete koriste u DVR-u HDD za snimanje videa što zahteva kompresiju i digitalizaciju videa. Od veličine harda zavisi količina snimljenog materijala. Kvalitet slike je poboljšan.

Analogni CCTV sistemi koji koriste mrežni DVR

Delimično prilagođavanje analognih na digitalne sistem. DVR uređaj sadrži mrežni port za povezivanje na mrežu. Video signal se kompresuje u DVR-u, pa se preko mrežnih uređaja za komutaciju može prenositi kroz mrežu do udaljene lokacije, udaljenog korisnika, PC-ja. Omogućeno je daljinsko praćenje, online video, ili daljinsko pregledanje i upravljanje video sadržajem.

Mrežni video koji koristi video server

Delovi: video server, mrežni svič i PC sa softverom za upravljanje videom. Signal iz analogne kamere se povezuje na video server koji digitalizuje i kompresuje video. Video server se povezuje na mrežu i signal se prenosi preko mrežnog sviča do PC-ja gde se memoriše. Karakteristike: korišćenje standardne mreže i hardvera PC servera za snimanje i upravljanje videom. Podešava se jedna po jedna kamera u sistemu. Snimanje bez prisustva.

Mrežni sistem koji koristi IP kamere

IP kamara digitalizuje i kompresuje video signal. Video se prenosi preko IP bazirane mreže, preko mrežnog sviča do PC-ja koji poseduje softver za upravljanje. Nema analognih komponenti. Prednosti: kamere visoke rezolucije, poboljšan kvalitet slike, prednosti koje donose funkcije Ethernet-a i Wireless-a, potpuna fleksibilnost i skalabilnost.