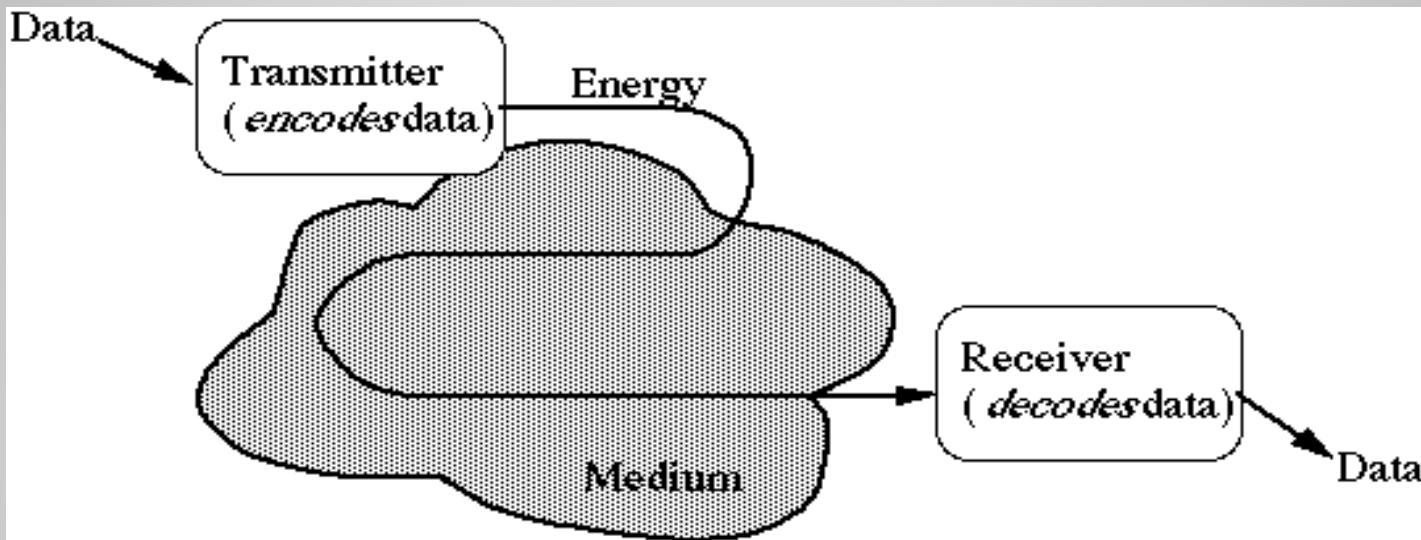


# **RAČUNARSKE TELEKOMUNIKACIJE**

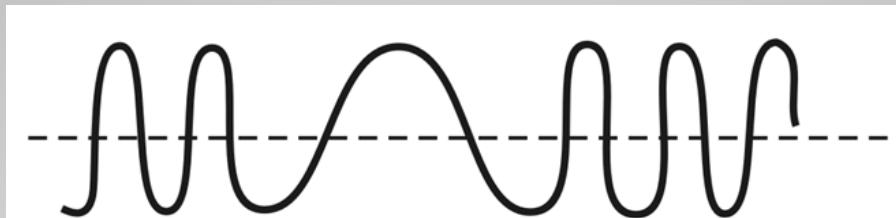
# PRENOS PODATAKA

- Osnovna ideja: Predstaviti podatke u vidu energije - kodirati i potom preneti energiju na traženo mesto. Energija se prenosi posredstvom medijuma. Zatim, pretvoriti energiju na odredištu ponovo u podatke - dekodirati.
- Energija može biti električna, magnetna, svetlosna, radio itd.
- Medij može biti bakar, staklo, vazduh, gvožđe...

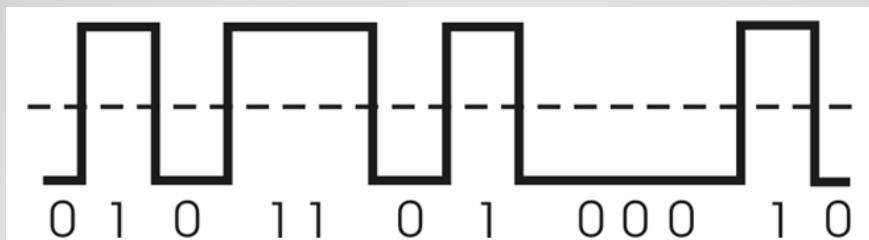


Poruke se mogu prenositi u vidu *analognog* ili *digitalnog* signala.

- **Analogni** signal čini jedna kontinualna kriva koja u sebi nosi podatke o karakteristikama poruke. Tako, na primer veća *amplituda* krive ukazuje na glasniji zvuk, dok veća *gustina* talasa odslikava višu frekvenciju zvuka.

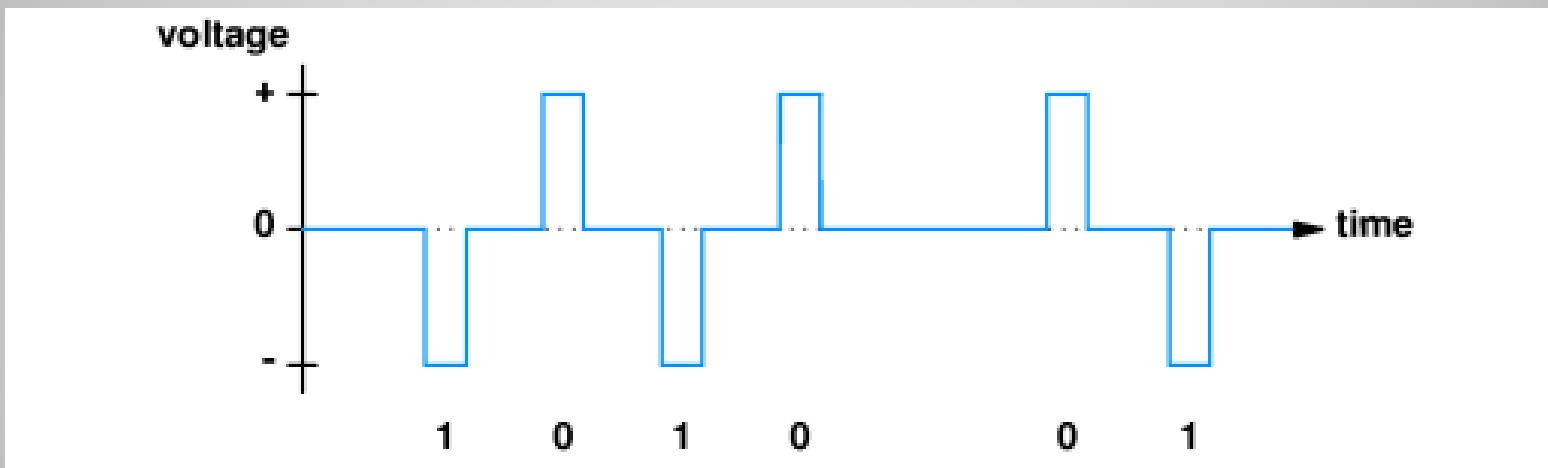


- **Digitalni** signal se dobija konverzijom osnovnih karakteristika analognog signala u niz koji čine dva diskretna stanja ( najčešće predstavljena sa "0" i "1").



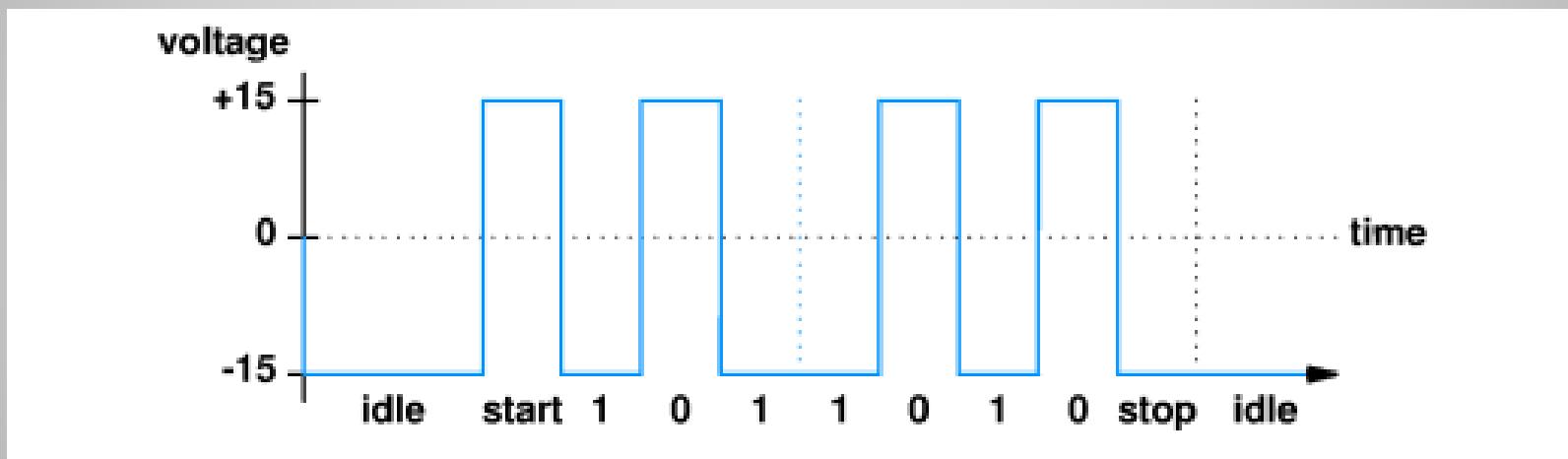
# Asinhrona komunikacija

- Bit se reprezentuje pomoću fizičkih veličina (napona-V ili intenzitet-A) koje se koriste pri opisu električne struje.
- Na primer, različiti nivo napona predstavlja logičke vrednosti "1" ili "0".
- Na slici predajnik koristi pozitivni napon za predstavljanje "0" i negativni napon za "1".



# Asinhroni prenos znakova

- Znak, koji se predstavlja u ASCII tabeli sa 7 bita, pri slanju se predstavlja povorkom, nizom od minimalno 9 bita.
- Predajnik pre početka slanja bita znaka šalje "0".
- Prijemnik detektuje "0" kao oznaku sekvence (niz bitova) koja koduje znak. Ova dodatna "0" se naziva: **start bit**.
- Predajnik pre početka slanja podataka o znaku mora na komunikacionoj liniji držati napon "1" kako bi prijemnik mogao detektovati "0" kao oznaku početka sledećeg znaka. Znači, predajnik šalje bit "1" nakon slanja svakog znaka. Ova dodatna "1" se zove: **stop bit**.

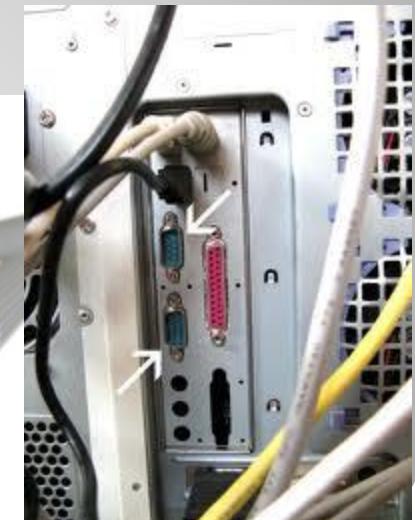


# RS-232

- Electronic Industries Association (EIA) standard za prenos niza znakova preko bakarnih provodnika.
- RS-232 definiše **serijsku, asinhronu komunikaciju**.
- Serijska - bitovi se kodaju i prenose jedan po jedan u vremenu za razliku od paralelnog prenosa podataka.
- Asinhrona - znakovi mogu se slati u bilo kom trenutku vremena i nisu pojedinačno sinhronizovani.
- Za veće dužine - oko 15 m, naponi su od +15 V i -15 V, koristi 9-pinski konektor.



[szatc.en.alibaba.com](http://szatc.en.alibaba.com)

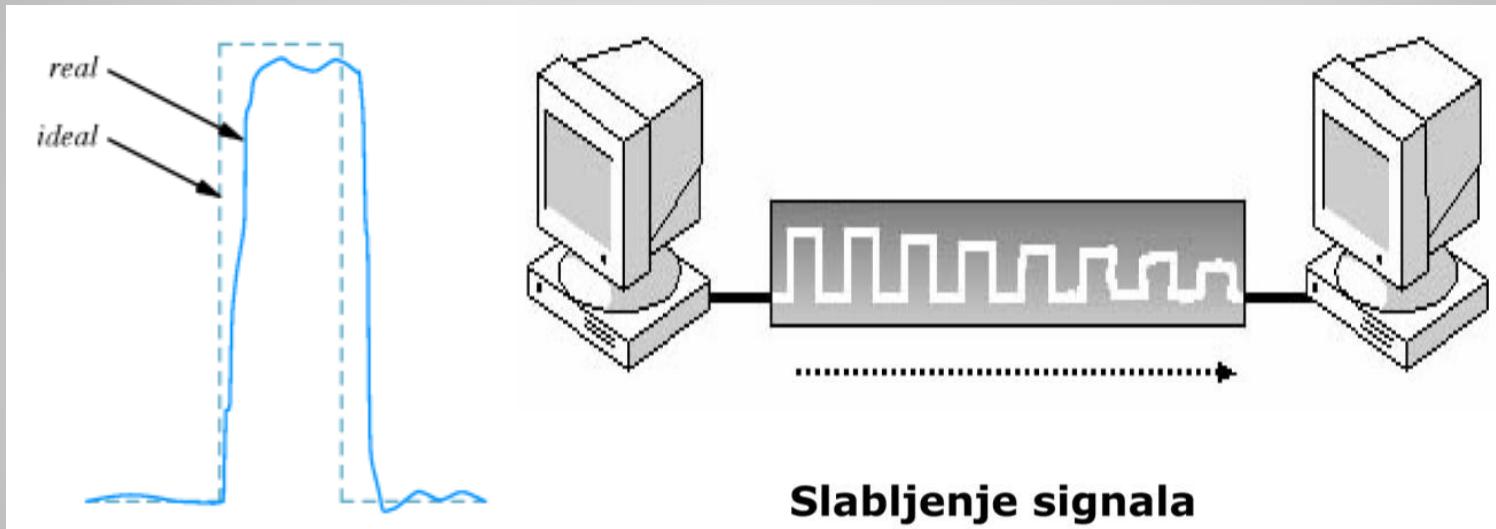


# Sinhroni prenos podataka

- Predajnik i prijemnik moraju usklađeno raditi na svakom bit-u poruke.
- Podaci koji se prenose sinhronizuju se pomoću spoljnih ili sopstvenih taktnih signala.
- Sinhronizacija se vrši izborom brzine prenosa i ona je konstantna.
- Brzina prenosa se meri b/s ili bps (bits per second).
- Uobičajeno je da se režim primopredaje konfiguriše (manuelno ili automatski):
  - hardverski - postavljanjem prekidača,
  - softverski,
  - automatski - autodetekcijom.

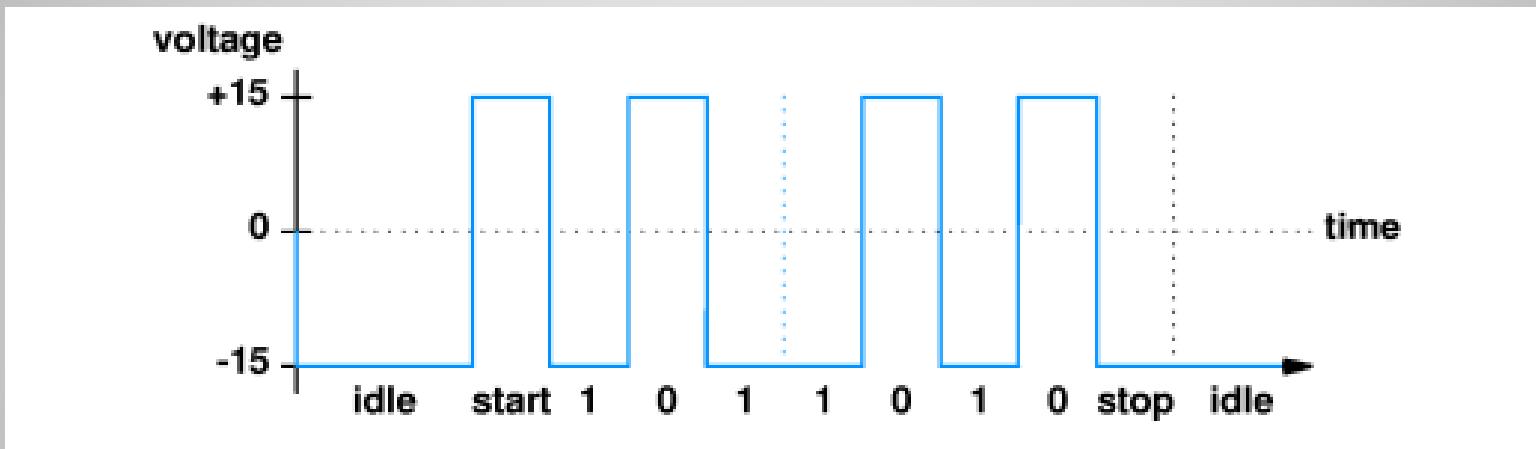
# Mere za brzinu prenosa podataka

- **Baud** (čita se: bod) - mera za broj promena naponskog ili strujnog signala u jedinici vremena.
- bps (bits per second) - mera broja bita prenetih u jedinici vremena.
- **U RS-232 C** standardu jedna promena signala predstavlja jedan bit pa je broj baud-a jednak broju bps.
- Važno: Ako jedna promena signala reprezentuje više od jednog bita, onda broj bps može biti veći od broja baud!



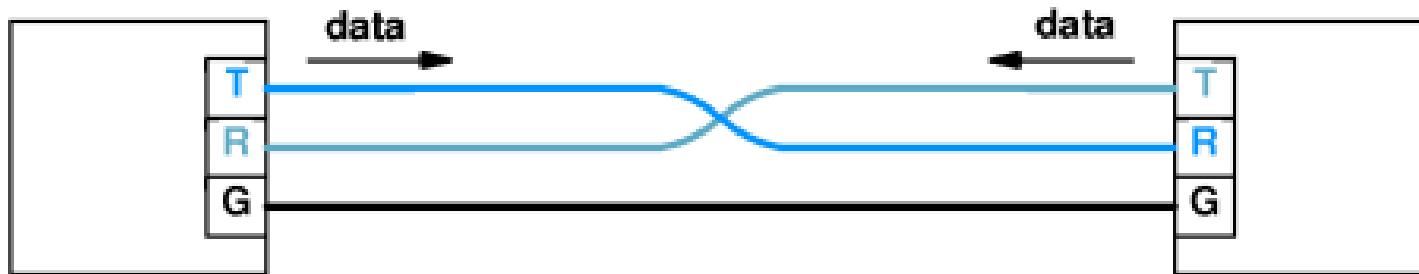
# Okvir

- Start i stop biti reprezentuju okvir (frame) svakog znaka.
- Važno je da predajnik i prijemnik rade na istoj brzini, inače stop bit ne može biti detektovan u očekivanom vremenu.
- Opisani problem je poznat kao greška okvira - framing error.



# Režimi rada

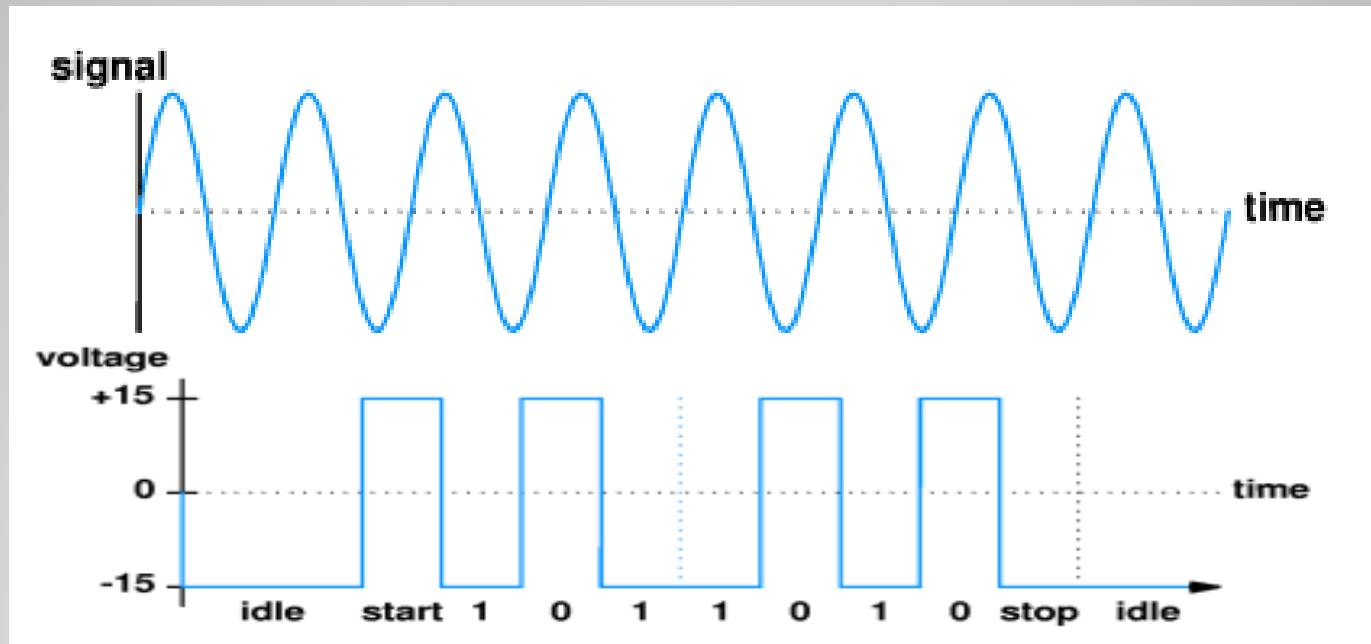
- Simplex je unidirekcion prenos – prenos u jednom smeru.
- Half-duplex je neizmenično slanje i prijem podataka.
- Full-duplex je istovremeno slanje i prijem podataka sa obe strane i zahteva kanal slanja i kanal prijema podataka.
- **Transmiter ili predajnik i  
Risiver ili prijemnik  
Grounding, grid-leak ili uzemljenje**



Full-duplex

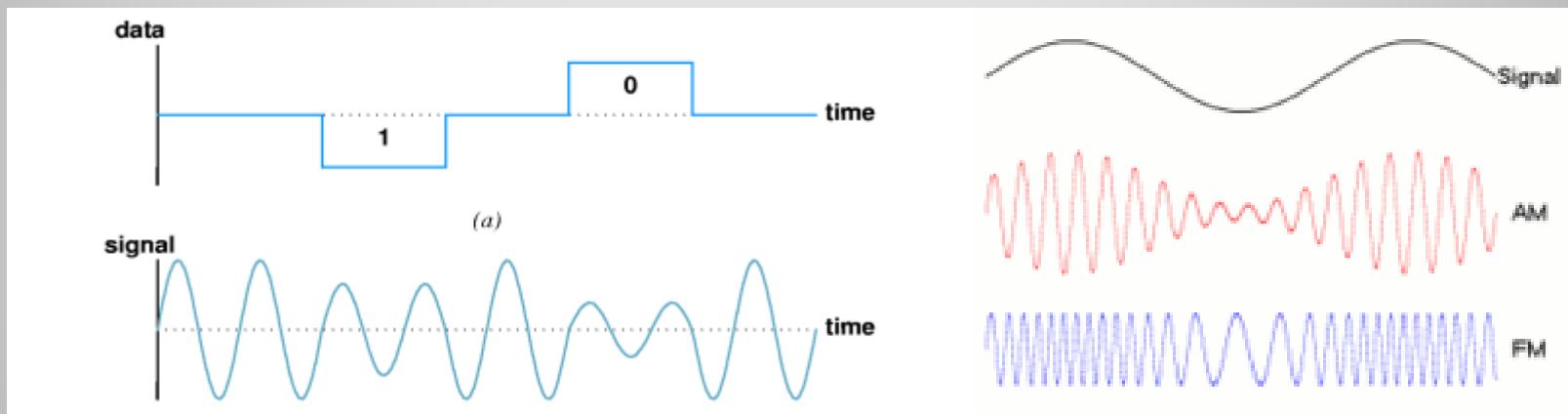
# KOMUNIKACIJA NA DALJINU

- Jačina električne struje slabi sa povećanjem dužine provodnika. Rezultujući gubici snage signala mogu onemogućiti detekciju i dekodovanje utisnutih podataka.
- Sinusoidni oscilirajući signal, tj. signal noseće frekvencije, pokazuje bolje karakteristike od diskretnog prekidanja struje.



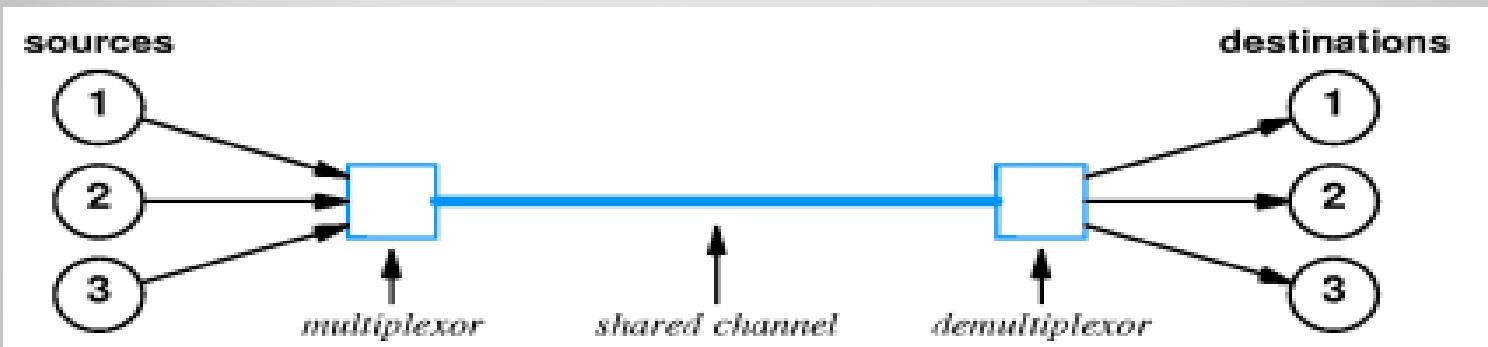
# Kodovanje podataka sa signalom nosiocem

- Oscilirajući signal koji se koristi pri prenosu podataka na veća rastojanja zove se **signal nosilac (nosilac signala) – carrier**.
- Kodovanje (utiskivanje) podataka se ostvaruje modifikacijom signala nosioca pre slanja na liniju (kanal).
- Tehnika modifikacije signala nosioca je poznata kao **modulacija**.
- Amplitudna modulacija - podaci se u signal nosilac utiskuju promenom amplitudine ili jačine signala.



# Multipleksiranje

- je postupak prenosa više signala podataka kroz neki medij. Postoji više signala nosilaca.
- Na istom mediju može biti više signala sa utisnutim podacima, a da ne dođe do interferencije (preklapanja). Ovim se omogućava višestruki istovremeni prenos podataka.
- Svaki deo spektra koji služi za prenos jednog niza podataka naziva se kanal.
- Frekvencije se moraju filtrima razdvajati kako bi se izbeglo mešanje signala ili interferencija.
- Više parova transmitera/risivera može koristiti multipleksiranje da bi se delio jedan prenosni medijum.

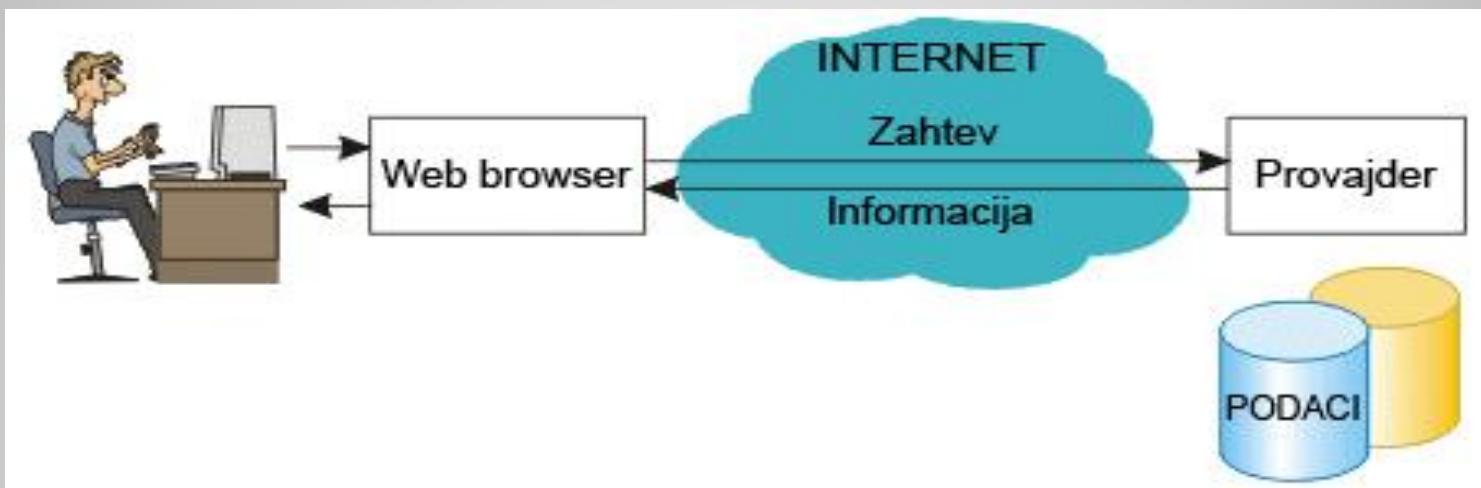


# Multipleksiranje - vrste

- **Frequency division multiplexing** (FDM) ili multipleksiranje delenjem frekvencijskog spektra se postiže pomoću više signala nosilaca, tj. veći broj kanala.
- Frekvencije se moraju filtrima razdvajati kako bi se izbeglo mešanje ili interferencija.
- FDM je korisna za medije koji mogu propustiti veći broj signala podataka različitih frekvencija. Prijemnik se može podesiti na određenu frekvencu kako bi izdvojio signal za taj kanal.
- **Time division multiplexing** (TDM) ili multipleksiranje delenjem vremena koristi jedinstven signal nosilac za sekvencijalni prenos različitih nizova podataka.
- Više uređaja dele jedan komunikacioni kanal, ali u različitim vremenskim intervalima.

Da bi računar mogao da razmenjuje podatke s drugim računaram, ili nekim drugim perifernim uređajem koji se priključuje na računar, moraju da budu ispunjena tri uslova, tj. potrebno je da postoje:

- 1. komunikacioni medijum-linije**
- 2. komunikacioni uređaj-hardver**
- 3. komunikacioni softver**



Skica komunikacija

# 1. Komunikacioni medijum

služi za povezivanje računara s drugim računarom (ili nekim drugim uređajem koji se priključuje na računar).

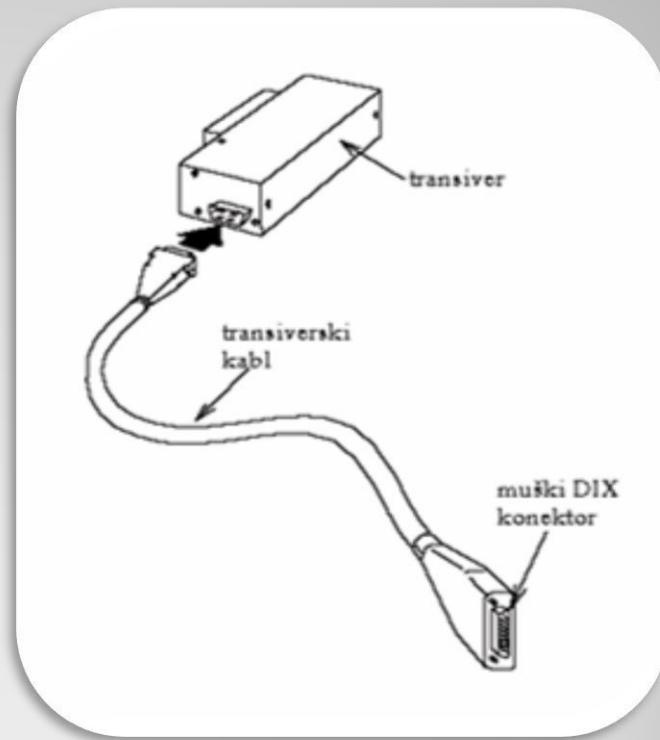
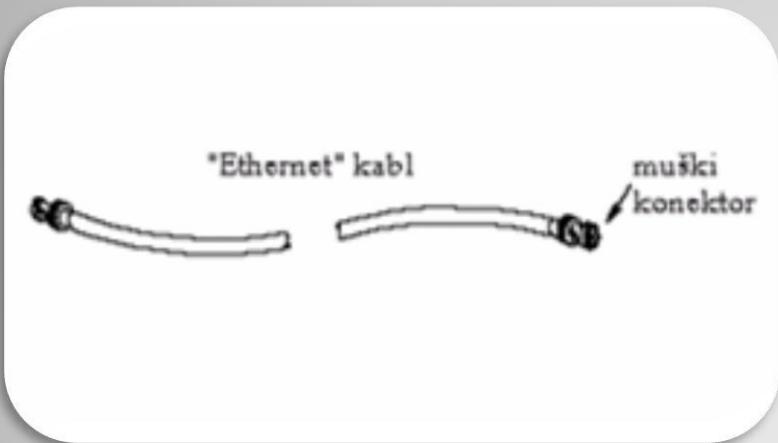
Brzina prenosa između dve jedinice meri se brojem prenetih bitova u sekundi.

Komunikacioni medijum može da bude u vidu kabla ili bežični. Komunikacioni (prenosni) medijumi predstavljaju fizički kanal koji se koristi za povezivanje dva uređaja.

Mediji se klasifikuju kao:

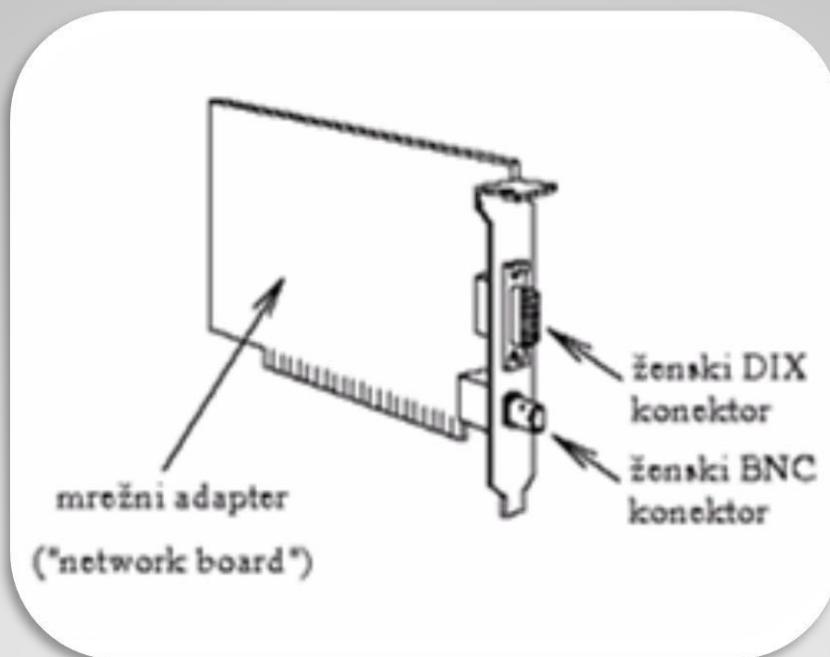
- kablovski (žice, kablovi, optička vlakna),
- bežični gde se veza uspostavlja talasima (radio, mikrotalasnim, infracrvenim) ili drugim signalima koji se emituju.

Specijalni kablovi za povezivanje (nekada u upotrebi) koristili su se za direktno povezivanje, na maloj udaljenosti (do nekoliko metara), dva računara ili računara i drugog uređaja. Najčešće se sastoji od četiri ili više žica, u zavisnosti od toga koji se uređaji povezuju.



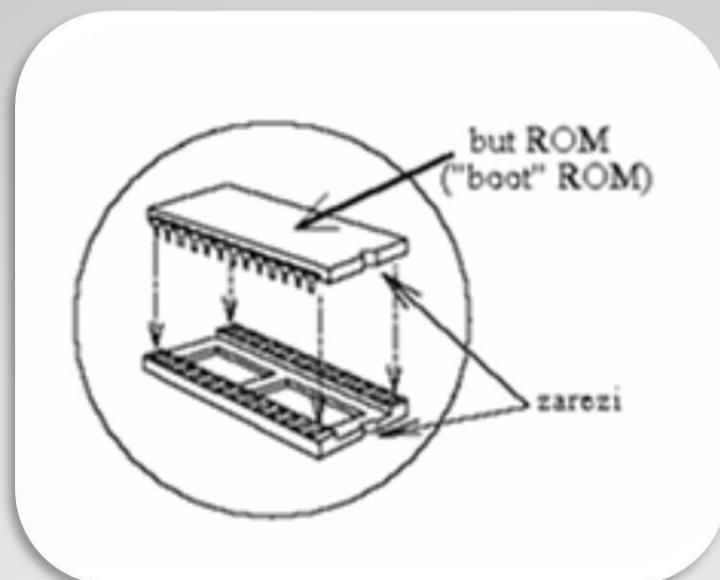
Slika: Specijalni kablovi za povezivanje - nekada u upotrebi

**Kartice mrežnih adaptera** (mrežne kartice – nekada korišćene) predstavljaju vezu između ožičenja mreže i računara (radne stanice). Ugrađuju se u računar i time se stvaraju priključne tačke na računaru na koje mogu ga se priključiti mrežni kablovi.



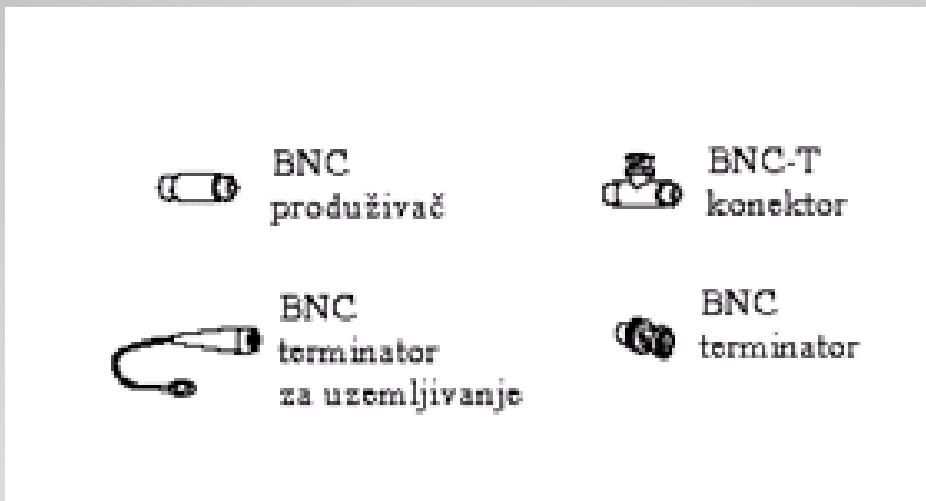
Slika: Mrežna kartica - nekada u upotrebi

Mrežna kartica je imala malu količinu memorije koja se koristi kao skladište za deo dolaznih podataka s mreže dok ih računar obrađuje. Neke novije mrežne kartice imaju čak i sopstveni procesor koji pomaže u obavljanju mrežnog saobraćaja.



Slika: Memorija na mrežnoj kartici - nekada

U zavisnosti od topologije i arhitekture računarske mreže, ova kartica može imati BNC ethernet priključak (stara tehnologija), UTP priključak (novija tehnologija) ili oba priključka.



Slika: BNC i UTP priključak – nekada u upotrebi

## Prenosni mediji – bakarni provodnici

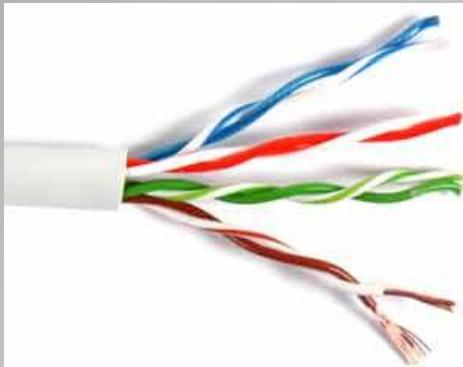
- Dva upredena provodnika čine paricu.



- Kablovi sa upredenim paricama se koriste u računarskim mrežama i sastoje se od osam pojedinačno izolovanih bakarnih provodnika koji su upredeni u parovima (4 para) i označeni različitim bojama.
- Upredanjem se smanjuje preslušavanje između različitih parica i pruža dobru zaštitu od slabijih spoljašnjih smetnji.
- Postoje tri osnovne varijante ovih kablova:
  - neoklopljeni - UTP (Unshielded Twisted Pair),
  - oklopljeni - STP (Shielded Twisted Pair), i
  - kablovi sa upredenim paricama obmotani folijom - FTP (Foiled Twisted Pair).

# Prenosni medij bakarni provodnici - Upredene parice

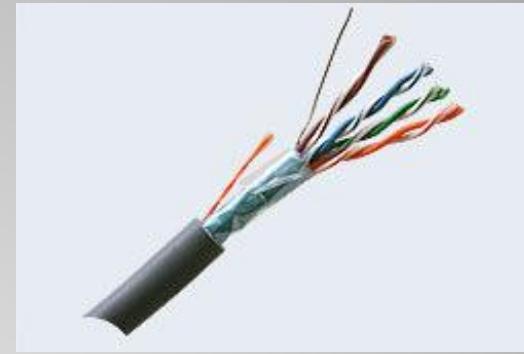
UTP



STP



FTP



- U zavisnosti od kategorije (oznake: cat) pojedinih kablova sa upredenim paricama, moguće je ostvariti brzine prenosa od 10 Mb/s do 10 Gb/s na rastojanjima do 100m.
- cat-3: brzina prenosa do 10 Mbps (10 Mb/s)
- cat-5: brzina prenosa do 100 Mbps (100 Mb/s)
- cat-5e (Enhanced cat-5): brzina prenosa do 1000 Mbps (1 Gb/s)

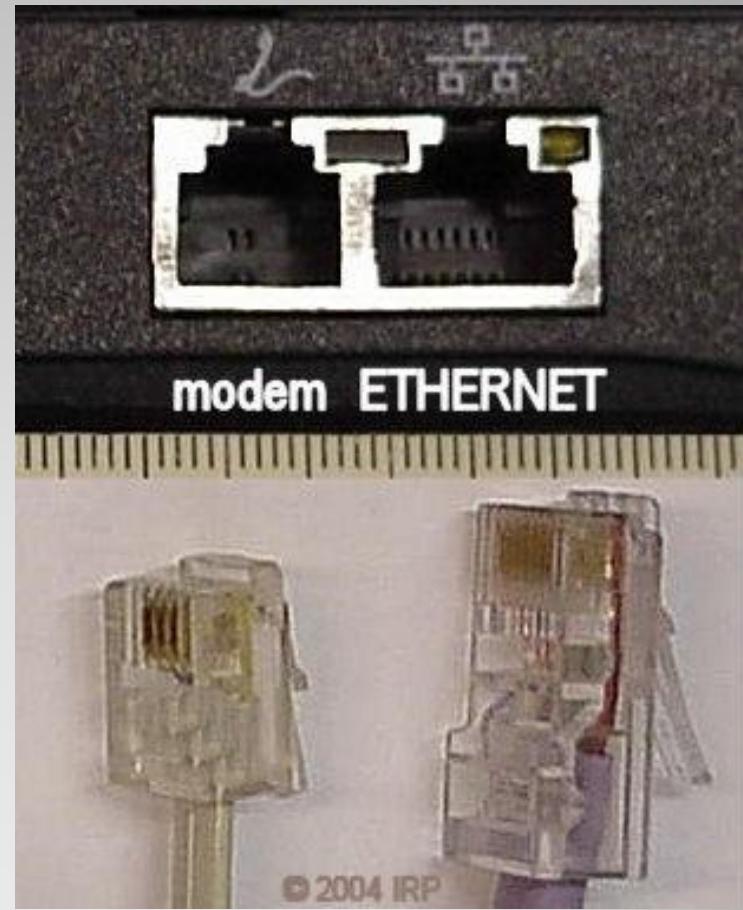
## Prenosni medij bakarni provodnici - Upredene parice

- cat-6: brzina prenosa do 10 Gbps, max dužina kabla 55m; 1Gbps – 100m
- cat-6a (Augmented Category 6): brzina prenosa do 10 Gbps, max dužina kabla 100m;
- cat-7(e): brzina prenosa 10 Gbps, max dužina kabla 100m
- Kada se koriste bakarne upredene parice, maksimalna dužina kabla je 100m i to: 90m između patch panela i zidne utičnice + 5m između utičnice u zidu i računara +5m između patch panela i mrežnog uređaja (svič, ruter)

Name	Maximum Data Rate	Cables
10Base5	10 Mbps	Coaxial
10Base2	10 Mbps	Coaxial
10BaseT	10 Mbps	UTP cat 3, UTP cat 5
100BaseT	100 Mbps	UTP cat 5, fiber
1000BaseX	1 Gbps	UTP cat 5, UTP cat 5e, UTP cat 6, fiber
10 GbE	10 Gbps	UTP cat 5e, UTP cat 6, UTP cat 7, fiber
40 GbE	40 Gbps	fiber

## Upredene parice - Konektori

- Kablovi sa upredenim paricama za povezivanje sa računarima koriste RJ-45 konektore.
- Konektor RJ-45 liči na konektor RJ-11 koji se koristi na većini analognih telefona.



RJ-11

RJ-45

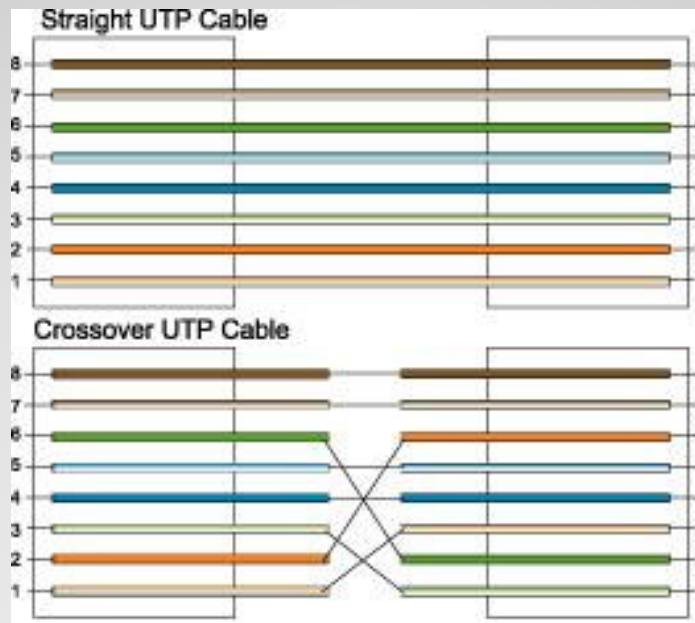
## Konektori

- Za povezivanje bakarnih žica sa konektorima koristi se poseban alat - klešta za krimpovanje.
- Svaka žica se mora ubaciti u konektor do kraja (na oba kraja kabla) po jednom od standarda: TIA/EIA 568B ili TIA/EIA 568A
- Ako je raspored žica na oba kraja kabla isti radi se o ravnom kablu (straight-through cable)
- Promenom rasporeda na drugom kraju kabla, dobijamo ukršten kabal (cross-over cable)



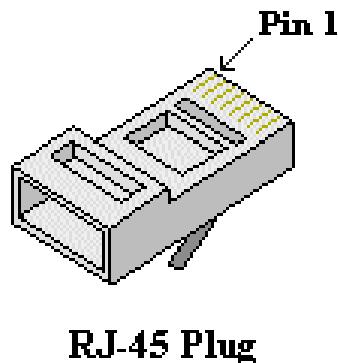
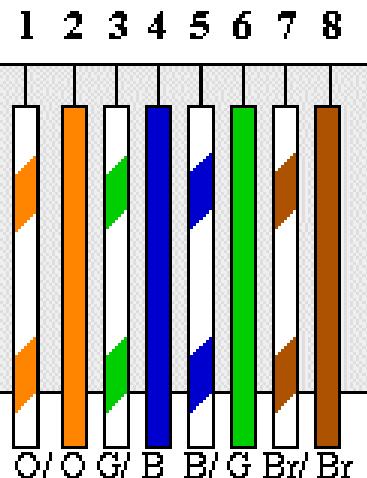
## Upredene parice - Kablovi

- Ravni kablovi (straight-through cable) se koristi za povezivanje dva uređaja različitog tipa (npr. povezivanje računara sa switch-om, switch sa ruterom).
- Ukršten kabl (cross-over cable) se koristi za povezivanje uređaja istog tipa (npr. direktno povezivanje dva računara ili dva rutera).



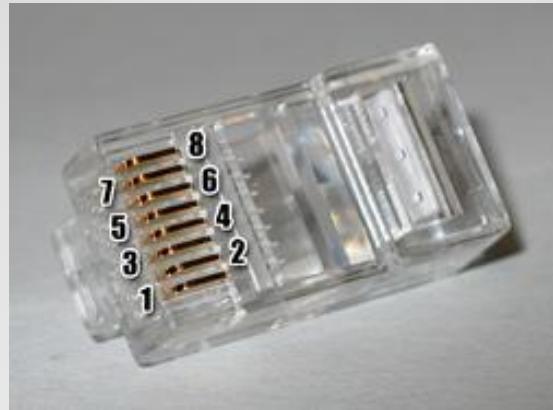
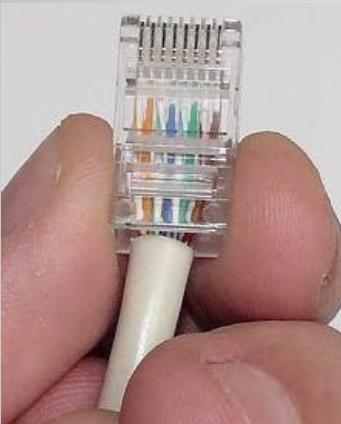
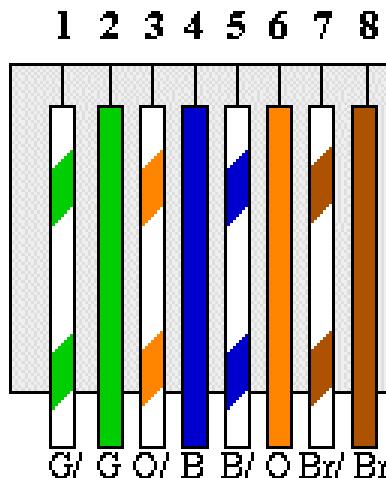
# Raspored žica za 568B i A standard

T-568B

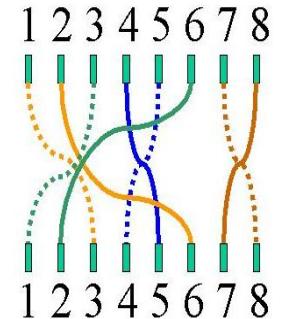


RJ-45 Plug

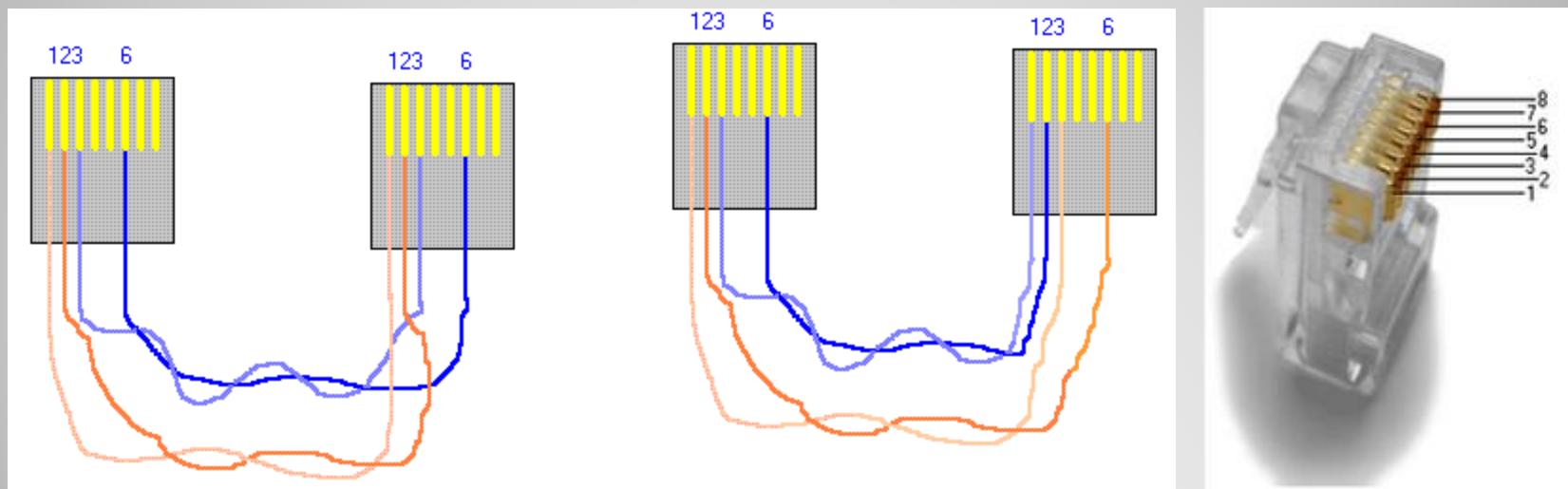
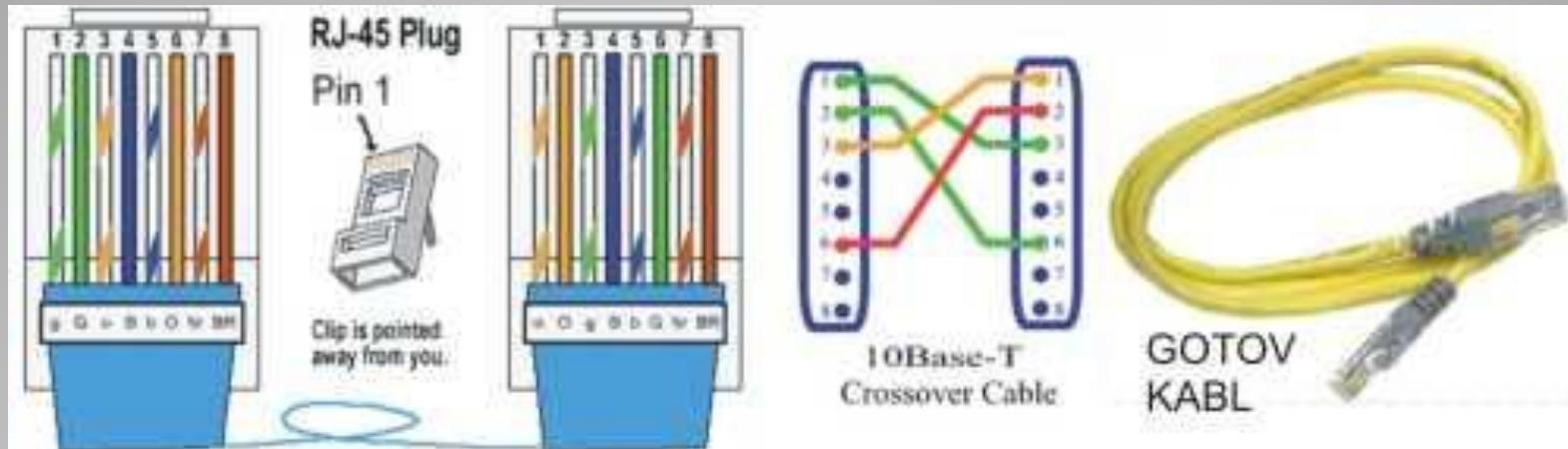
T-568A



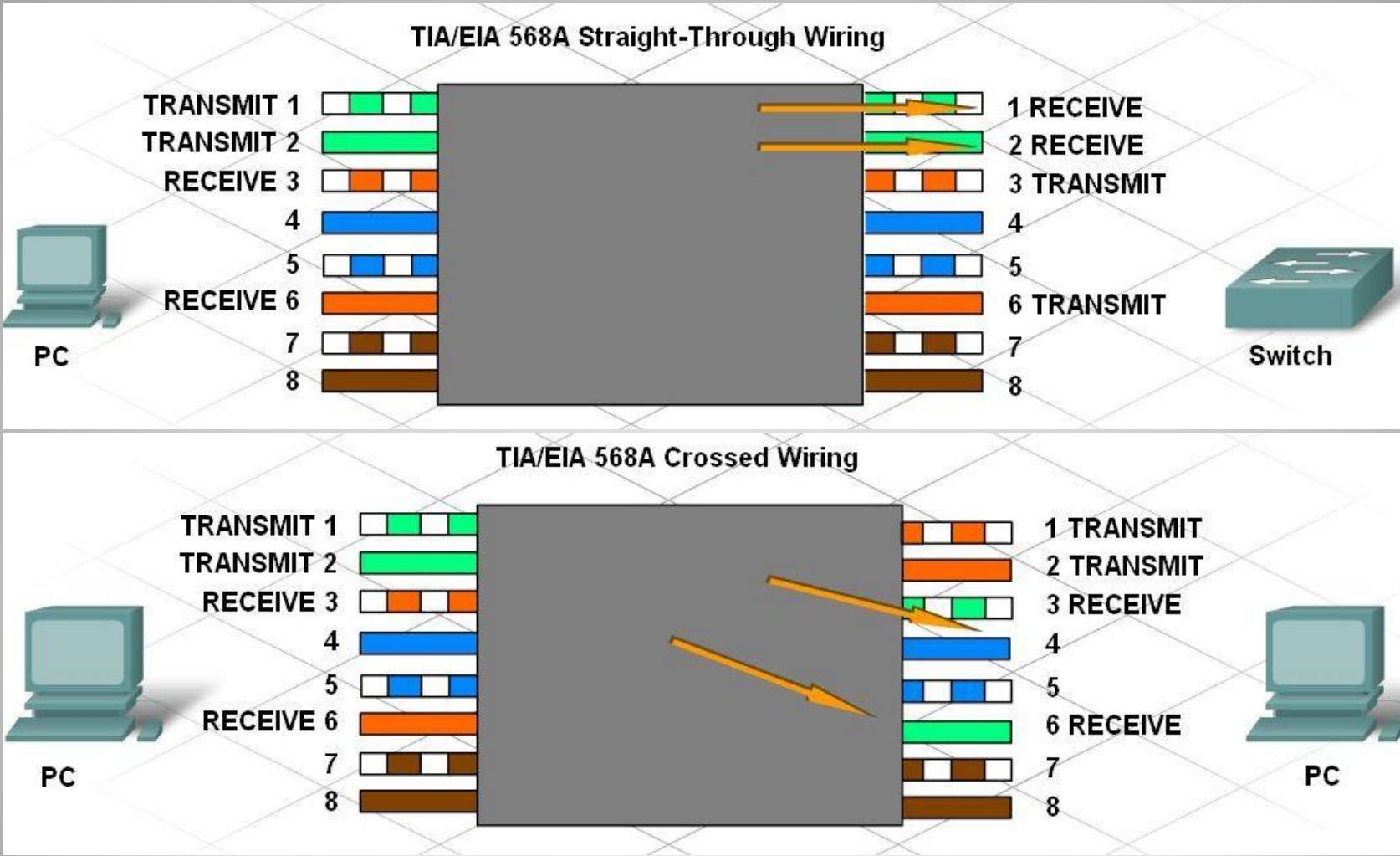
RJ45 Crossover Cable



# Raspored žica za 568A i B standard

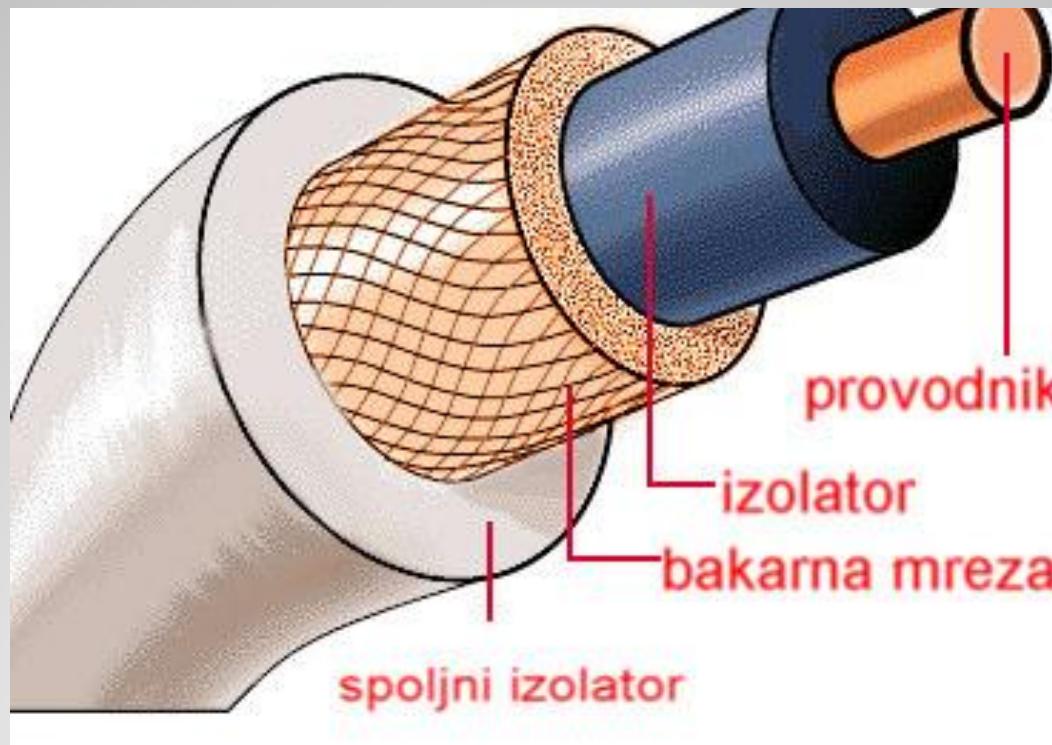


# Ravan i ukršten kabal

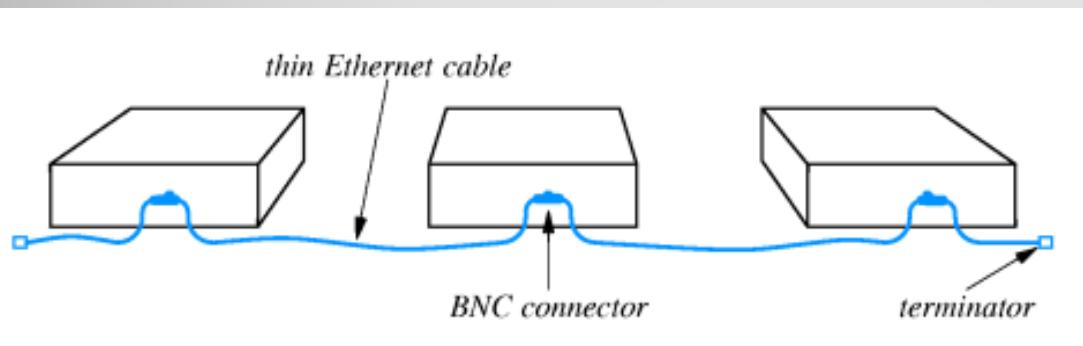
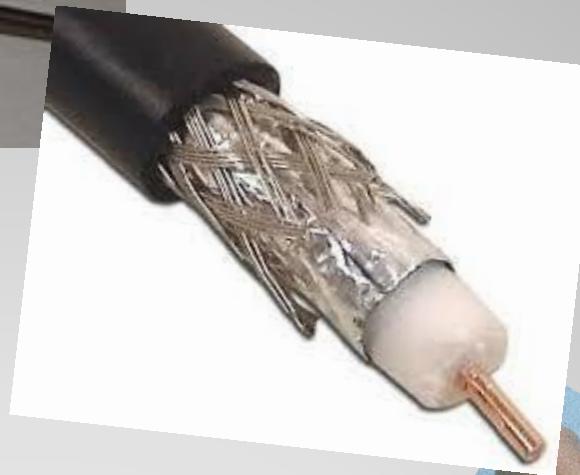


## Prenosni medij bakarni provodnici – Koaksijalni kabl

- Koaksijalni kabl se sastoji od bakarnog provodnika (žice) u sredini, oko koje se nalazi najpre izolacija, a zatim sloj od metala upletenog u mrežu - širm i na kraju, spoljašnji zaštitni omotač.

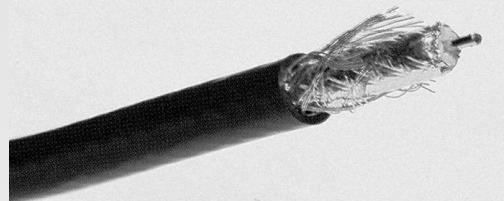


# Koaksijalni kablovi



## Koaksijalni kablovi

- Koaksijalni kablovi su danas gotovo potpuno potisnuti iz upotrebe u računarskim mrežama.
- Razlog je što kablovi sa upredenim bakarnim paricama omogućuju mnogo veće brzine prenosa, jeftiniji su i daju veću fleksibilnost u projektovanju same mreže.
- BNC (British National Connestor) T konektor i BNC terminator (na krajevima koaksijalnih kablova) - tanki Ethernet
- Koriste se za realizaciju topologije magistrale (ili *bus*)
- Zbog svoje konstrukcije i oklopa, koaksijalni kabl je veoma otporan na razne oblike degradacije signala (npr.interferencija sa signalima iz okoline)



Slika: Koaksijalni kabel

## Koaksijalni kablovi

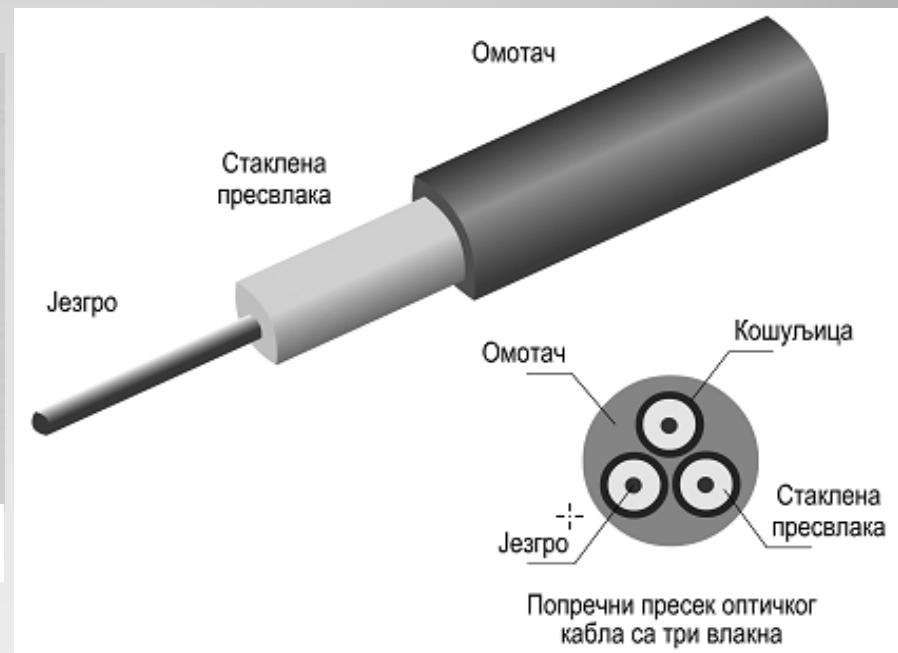
- Postoje dva tipa koaksijalnih kablova:
  - tanki (engl. thinwire) kabl – RG-58
  - debeli (engl. thickwire) kabl – RG-8 i RG-11
- **Tanki kablovi** su savitljiviji i lakše se nameštaju od debelih kablova. Debljine su oko 0,64 cm (0,25 inča).
- Mreža za čiju realizaciju se koriste ovi kablovi zove se tanki Ethernet ili 10Base2 standard. Omogućavaju prenos podataka od 10 Mb/s na rastojanjima do 185 m.
- **Debeli koaksijalni kablovi** su debljine 1,27 cm (0,5 inča). Njihov bakarni provodnik je deblji od provodnika tankih koaksijalnih kablova i zato se teže savija i postavlja, ali zato omogućuje slanje signala na veće daljine.
- 10Base5 ili debeli Ethernet standard omogućava prenos podataka od 10 Mb/s na rastojanjima do 500 m.

# Optičko vlakno

- Bzina prenosa od 1 Gbps pa do 10 Gb/s
- Izvor svetlosti (predajnik): Light emitting diode (LED) ili laser unose svetlo u optičko vlakno.
- Prijemnik osetljiv na svetlo – foto senzor na kraju optičkog vlakna pretvara svetlosni signal u električni signal.

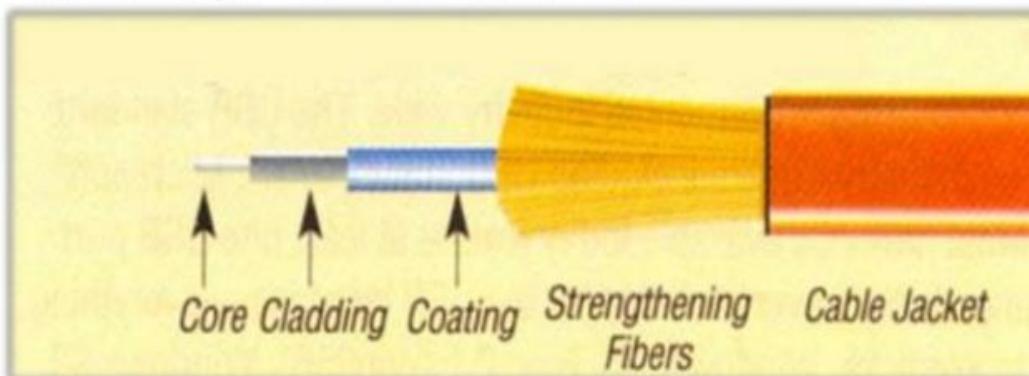


Slika: Optički kabel



## Prenosni mediji – optičko vlakno

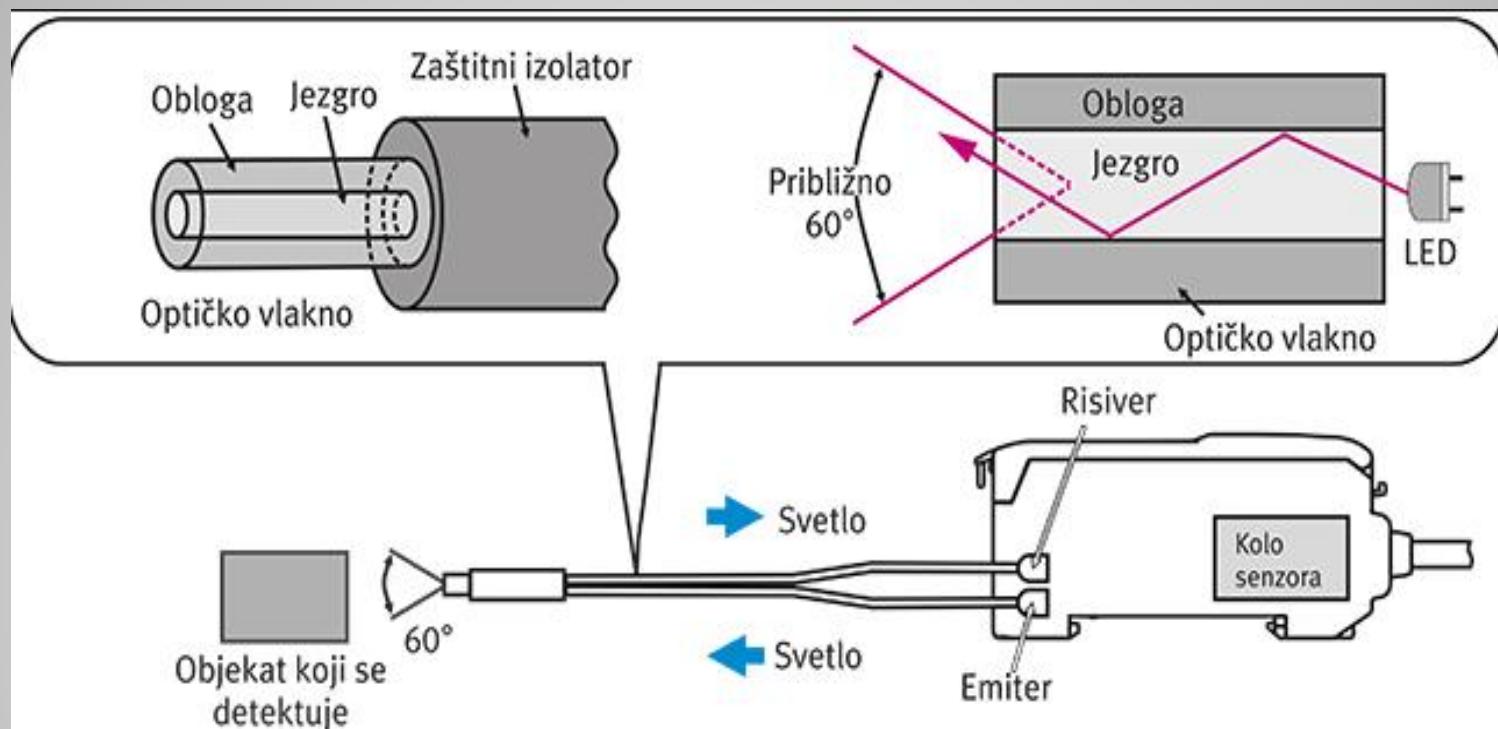
- Koristi svetlosni signal za prenos podataka
- Core & Cladding se prave najčešće od specijalne vrste silikonskog stakla
- Tipičan “Cladding” prečnik = 125 µm
- Tipičan “Coating” prečnik = 250 µm
- Prečnik jezgra (core) definiše tip vlakna
  - 9 µm za *singlemodna* vlakna (varira od 8.3 do 9)
  - 50 i 62.5 µm za *multimodna* vlakna



Fiber-Optic cable

## Prenosni mediji – optičko vlakno

- Ovi kablovi prenose svetlost (fotone), a ne električni signal, pa su neosetljivi na elektromagnetsko zračenje i podržavaju izuzetno velike brzine prenosa podataka na velikim udaljenostima.



# Prenosni mediji – optičko vlakno



Single-mode kabl



Multi-mode kabl

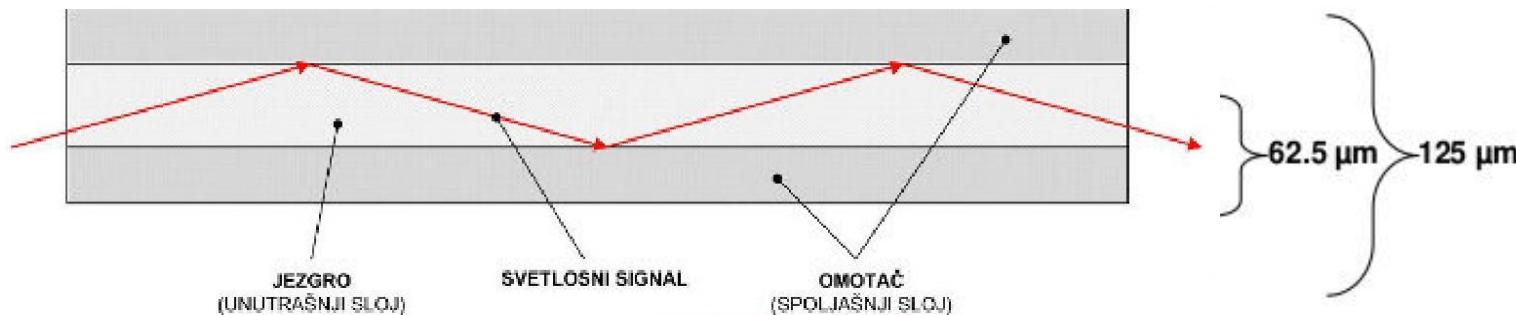
## Tipovi optičkih vlakana

- **Monomodna (SM, singlemode)**
  - sva vlakna su monomodna
  - Talasne dužine: 1310nm i 1550nm (ima i drugih)
- **Višemodna (MM, multimode)**
  - sva vlakna su multimodna
  - Talasne dužine: 850nm i 1300nm
- Hibridni mod
  - monomodna i multimodna vlakna u okviru jednog kabla (npr. 4MM i 4SM)

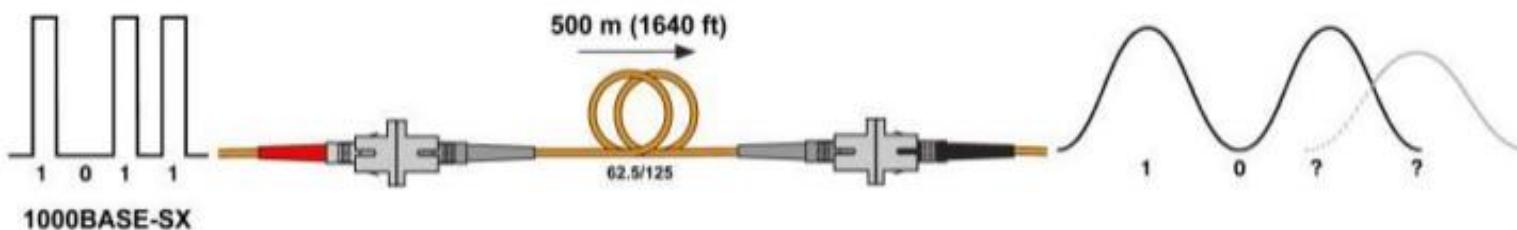
# Prenosni mediji – optičko vlakno

## Multimodna vlakna

- Od latinske reči “multi-path”; što znači “višemodni”

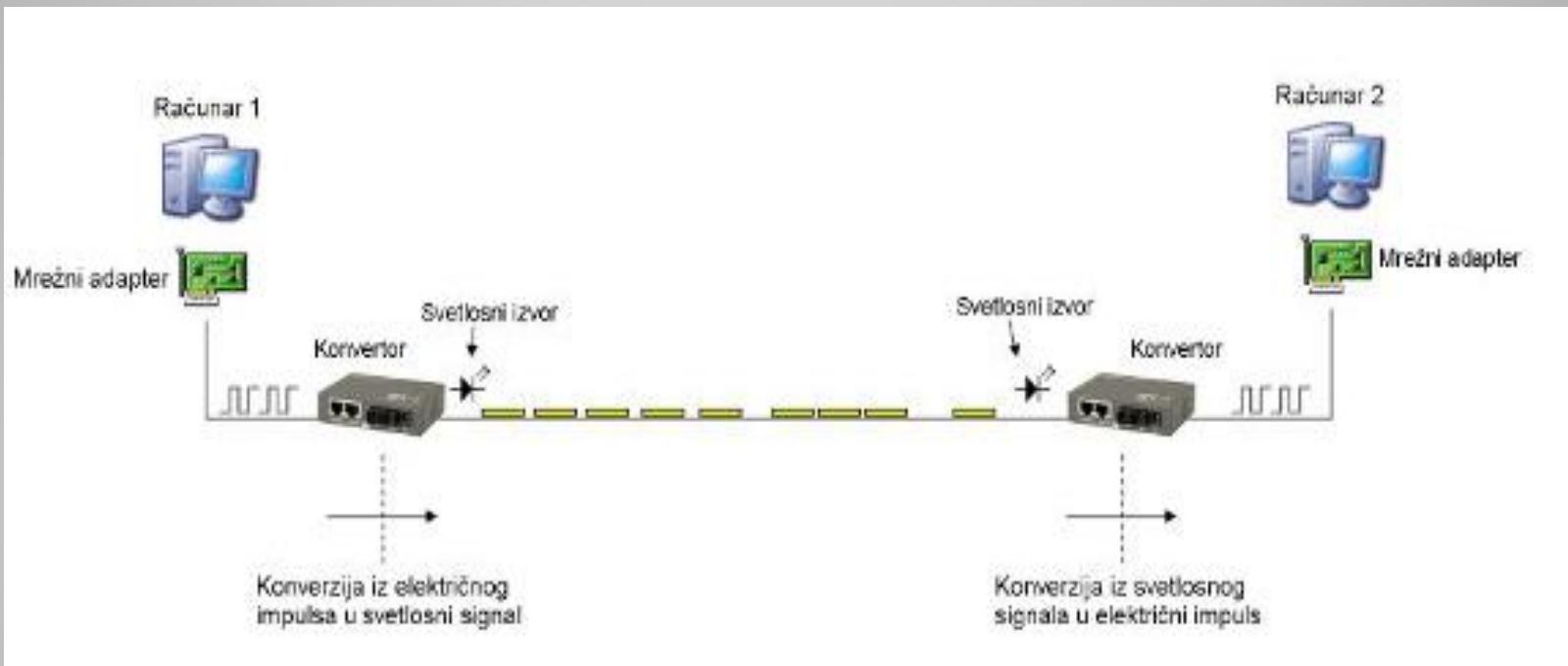


- Modovi svetlosti stižu na destinaciju u različito vreme i prouzrokuju širenje/rasipanje signala



# Prenosni mediji – optičko vlakno

- Optičko vlakno provodi svetlosni signal u koji su utisnuti (kodirani) podaci.
- Plasticni omotač omogućava savijanje optičkog vlakna. Fiber je proziran i projektovan da u unutrašnjosti reflektuje svetlost radi efikasnijeg prenosa.
- Domet i do 80 km



## Prenosni medij - Radio talasi

- Podaci se prenose pomoću radiotalasa. Energija se prenosi kroz vazduh, odnosno etar. Postupak sličan radio, TV, mobilnoj telefoniji. Radio talasi prolaze kroz zidove zgrada. Služe za prenos podataka na bliska ili veća odstojanja.
- Satelitski prenos podataka
- Mobilna telefonija
- Bliska odstojanja, Wi-Fi, IEEE 802.11
- Bluetooth



access point

# Wi-Fi - IEEE 802.1

- IEEE 802.11a - radi na 5 GHz, 54 Mb/s,
- IEEE 802.11b: radi na 2.4 GHz, 11 Mb/s
- IEEE 802.11g: radi na 2.4 GHz, 54 Mb/s
- IEEE 802.11n: radi na 2.4 GHz i 5 GHz, 600 Mb/s
- IEEE 802.11ac: radi na 5 GHz, 1 Gb/s



WLAN STANDARD	MAKSIMALNA BRZINA
IEEE 802.11	2 Mb/s
IEEE 802.11a	54 Mb/s
IEEE 802.11b	11 Mb/s
IEEE 802.11g	54 Mb/s
IEEE 802.11h	54 Mb/s
IEEE 802.11n	300 Mb/s

# Komunikacioni sateliti

Komunikacioni sateliti predstavljaju rešenje koje omogućava da se radio mikrotalasi mogu slati sa bilo kog mesta, na bilo koje drugo mesto na zemlji. To su u stvari relejne mikrotalasne stanice u zemljinoj orbiti.

Današnji sateliti mogu zauzimati jednu od sledeće tri zone u svemiru:

- *GEO*,
- *MEO* ili
- *LEO*.

## ***GEO (Geostationary earth orbit) zona***

- Sateliti koji se nalaze u ovoj zoni su udaljeni najmanje 35.800 Km od ekvatora. Oni, zahvaljujući solarnoj energiji, primaju signal sa zemlje, pojačavaju ga i prenose dalje.
- Oni imaju istu brzinu kao i zemlja, pa im je i položaj uvek isti u odnosu na zemlju (odatle potiče i naziv *geostacionarni*). To znači da zemaljske stanice koje emituju radio mikrotalase, to čine uvek u istom pravcu.

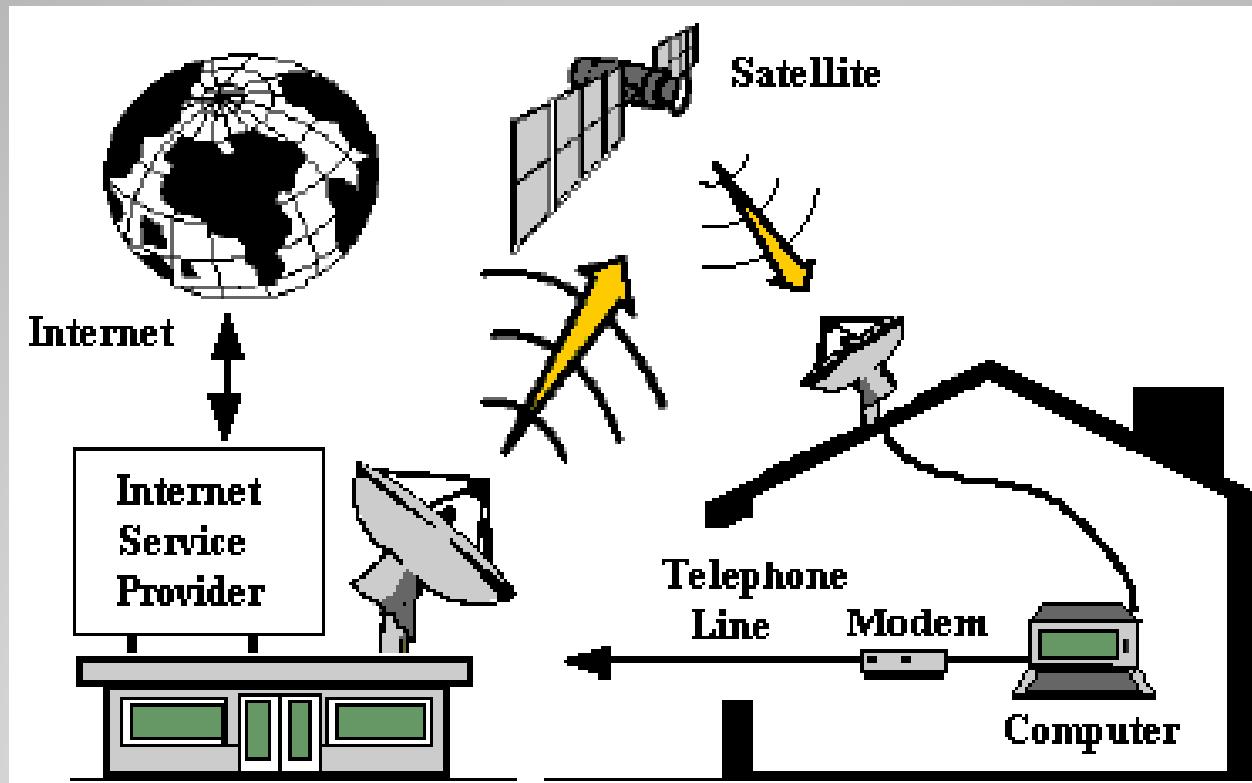
### **MEO (*Medium earth orbit*) zona**

- Sateliti iz ove zone se nalaze od 7.000 do 10.000 Km udaljeni od zemlje.
- Zbog manje razdaljine u odnosu na satelite iz GEO zone, ovde je potrebno angažovati više satelita za globalno pokrivanje zemlje.

### **LEO (*Low earth orbit*) zona**

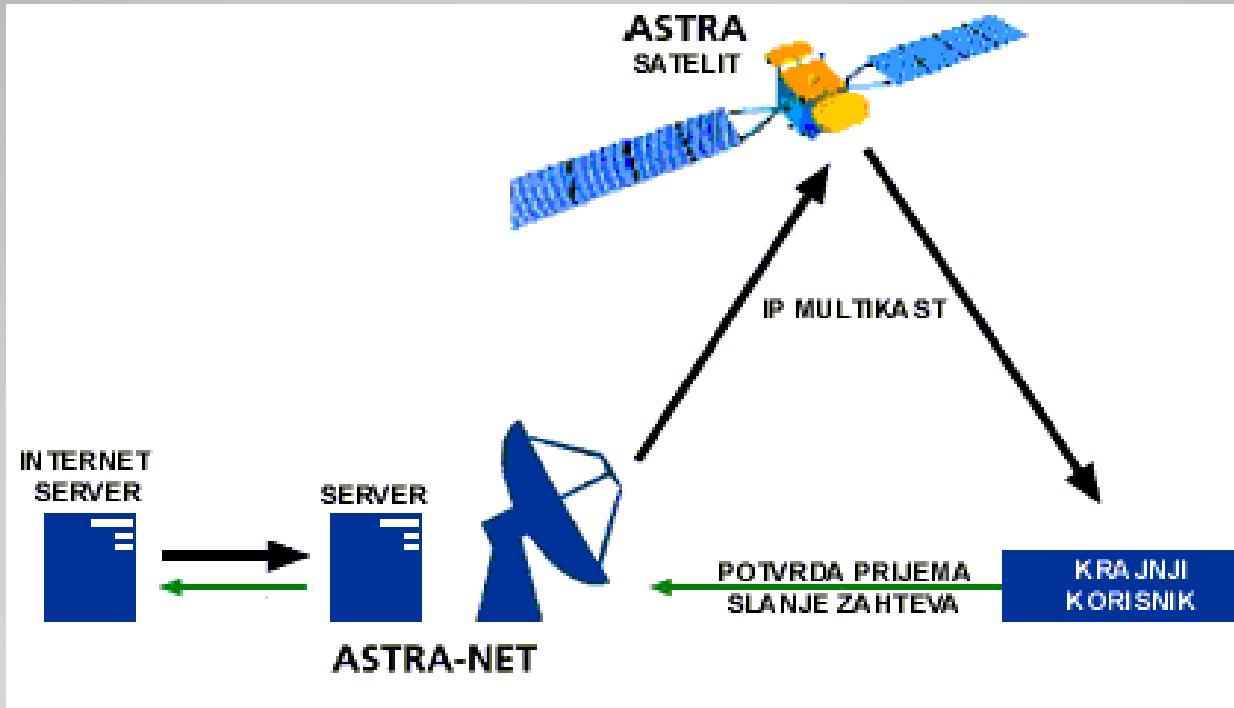
- Ova zona je najbliža zemlji, nalazi se na samo 2.000 Km od nje.
- Sateliti iz ove zone su manji, jeftiniji za izgradnju i lakše ih je lansirati. Takođe daju najbrži i najkvalitetniji signal, budući da su vrlo blizu zemlje. Međutim, globalno pokrivanje zemlje bi zahtevalo angažovanje velikog broja satelita u ovoj zoni.

Microsoft-ov najnoviji projekat na ovu temu je sistem Teledesic i ima za cilj postavljanje 800 satelita u nisku Zemljinu orbitu



Slika: Satelitska veza koncept

**Satelitske veze.** Dobljavač Internet usluga preko satelita je DirectPC, on može da obezbedi i do 400 kb/s u dolaznom smeru. U odlaznom smeru komunikacija mora da se vrši preko modema jer je satelitska dvosmerna oprema vrlo skupa.



Slika: Satelitska veza koncept

## Tipična upotreba medijuma

- **Upredene parice** - bakarni provodnici unutar zgrade ili sprata zgrade.
- **Koaksijalni kabal** između spratova zgrade.
- **Bakarni provodnici** i optička vlakna za velika odstojanja (u Internetu).
- **Optička vlakna** između zgrada ili između gradova.
- **Svetlosni talasi** koriste infracrvene zrake za komunikaciju između uređaja koji su sasvim blizu, ili laserske zrake za komunikaciju između zgrada koje su relativno blizu. Ove veze rade dobro u mnogim uslovima, ali su veoma podložne smetnjama.
- **Radio talasi** koriste se za prenos podataka radio talasima. Najčešće se koriste mikrotalasi. Veze mogu biti između dve stanice na zemlji ili za vezu s komunikacionim satelitom. Mogu se koristiti i druge vrste talasa za komunikacije na manjim rastojanjima.

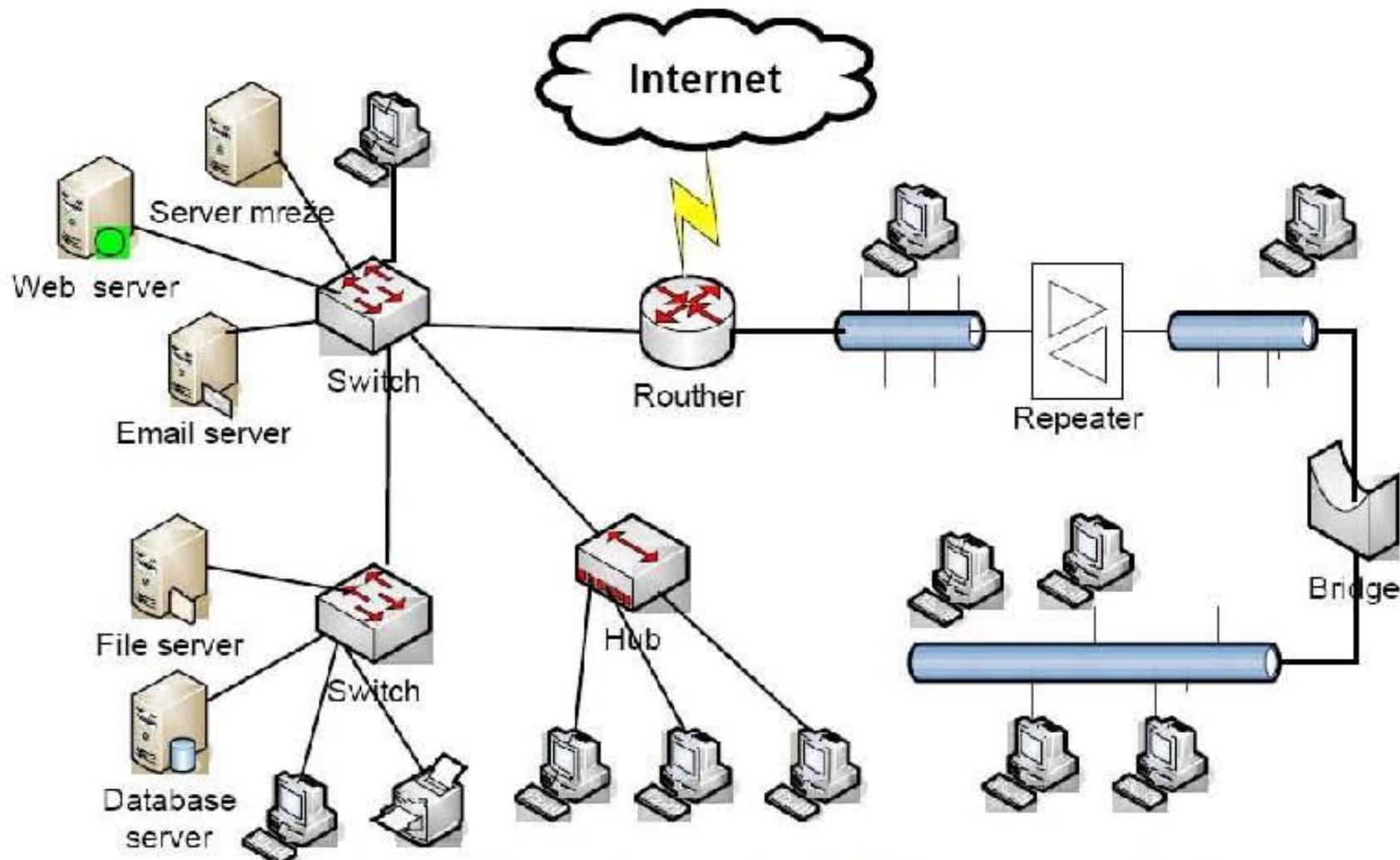
## 2. Komunikacioni uređaji

### Aktivna mrežna oprema

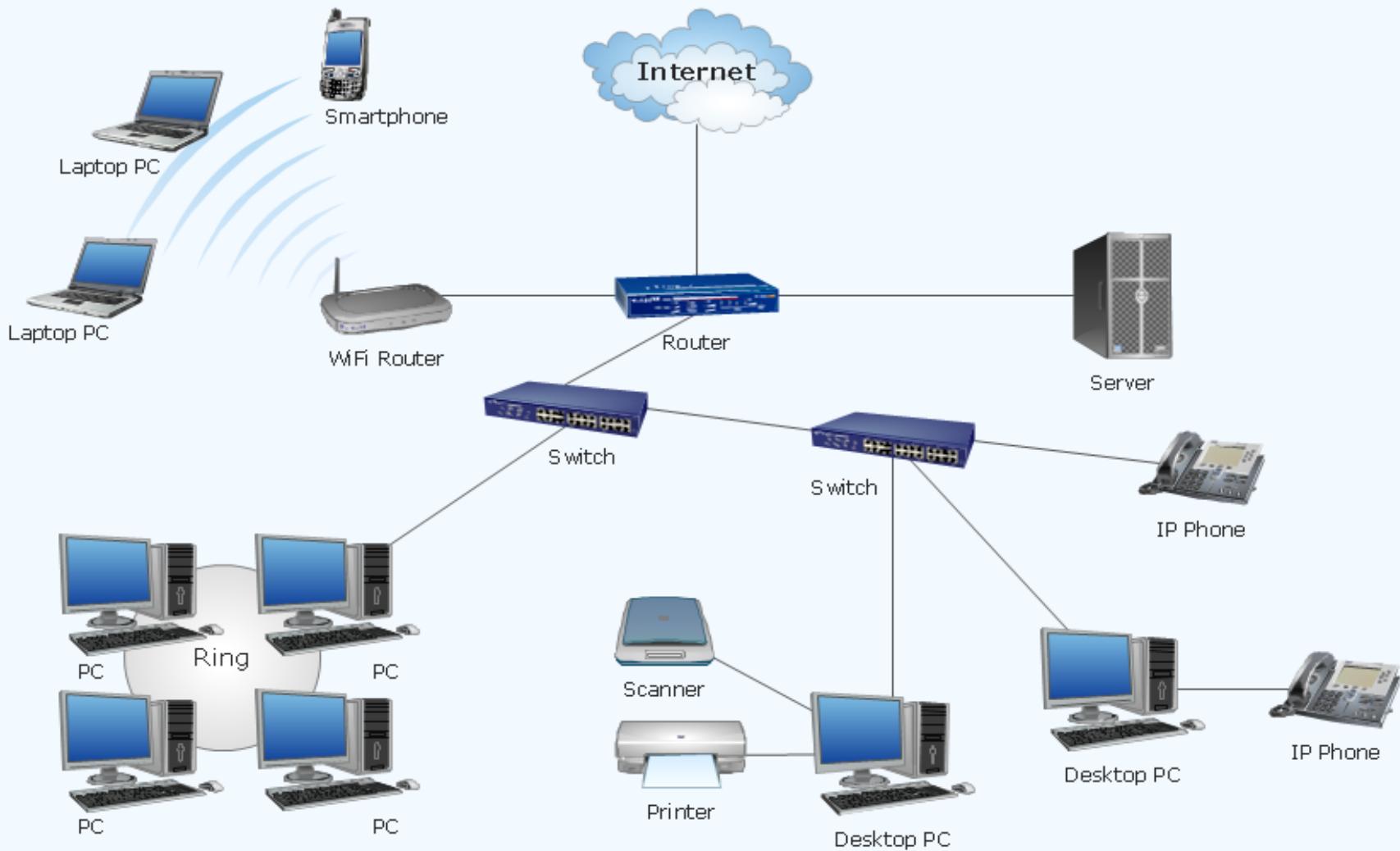
U sastavu mrežne opreme imamo sledeće aktivne uređaje:

- ✧ Ripiter (*Repeater*)
- ✧ Hub (*hub*)
- ✧ Mrežni most (*bridge*)
- ✧ Svič (*Switch*) – skretnica
- ✧ Usmerivač (*Router*)
- ✧ Mrežni prolaz (*gateway*)
- ✧ Proxy

# Mreže



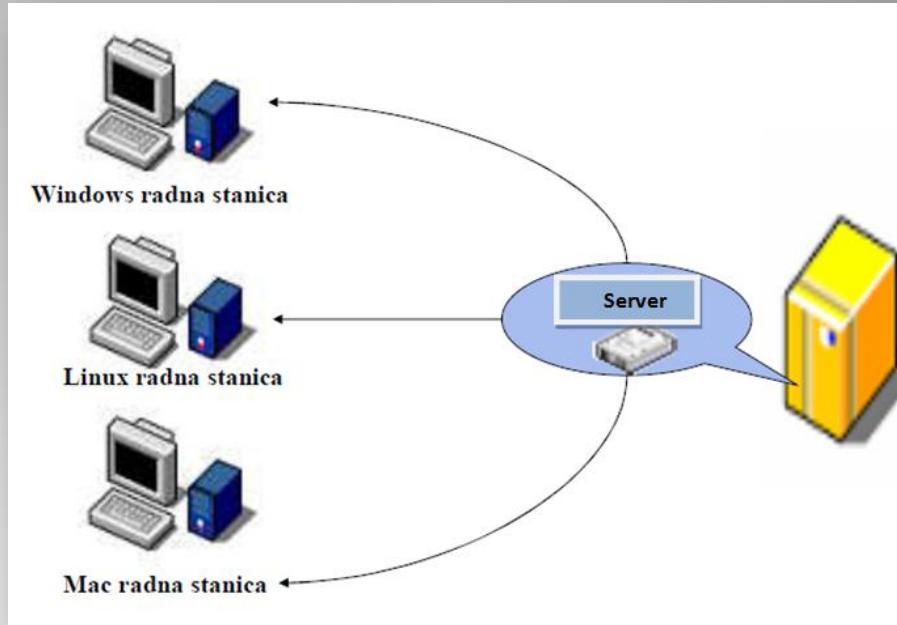
# Mrežni uređaji



# Serveri

Serveri mogu biti:

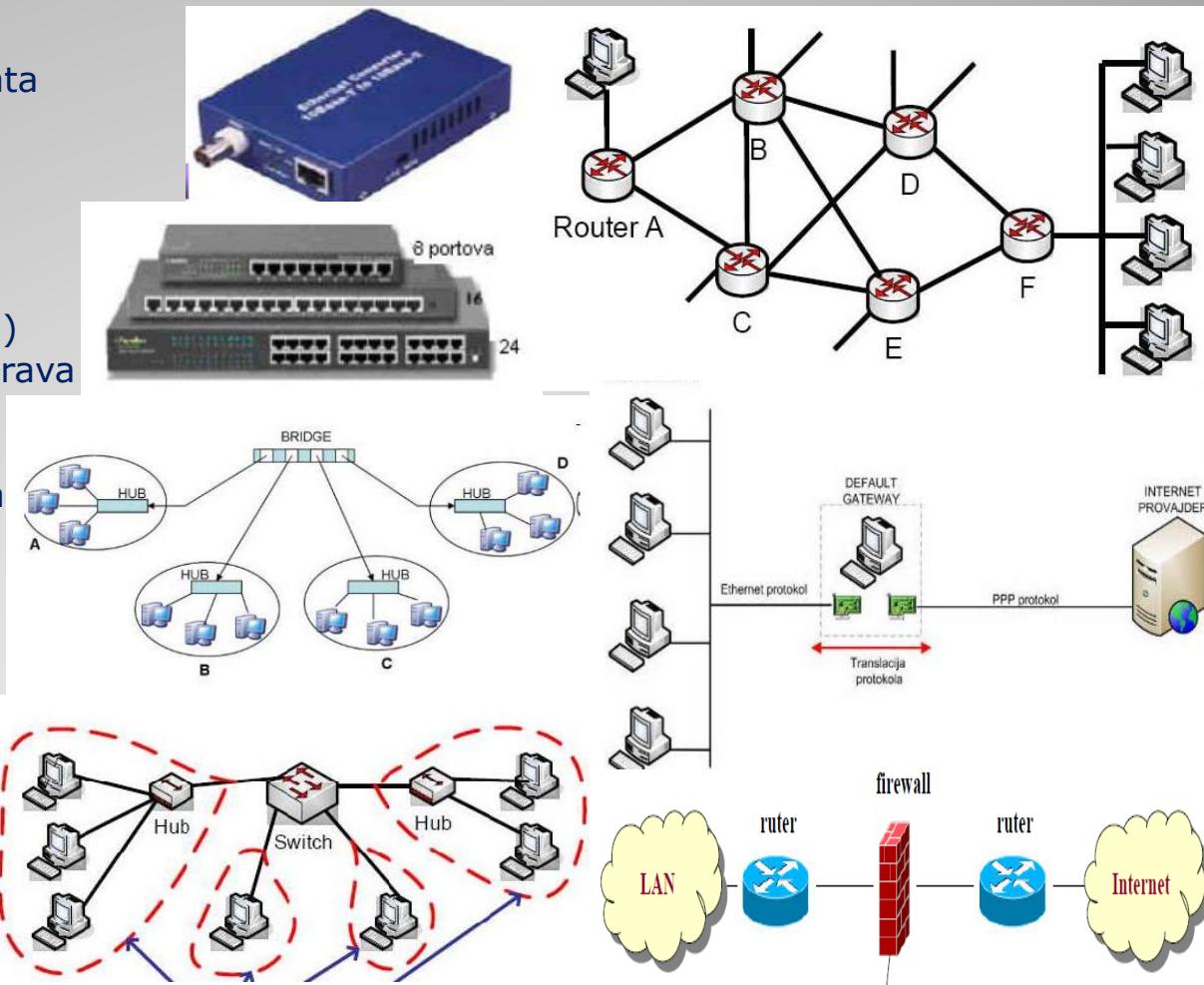
- **Mrežni serveri** (služe za umrežavanje računara)
- **Web serveri** (na njima se nalaze Web stranice - sajtovi)
- **Email serveri** ( preko njih se šalju i primaju mejlovi)
- **Fajl serveri** (služe za slanje i prijem fajlova sa podacima)
- **Bazni serveri - Database** (za baze podataka na računarskoj mreži)



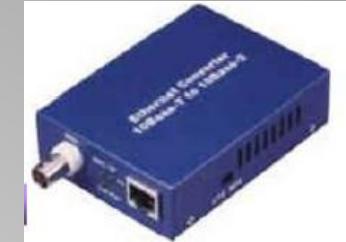
Ova arhitektura povezuje personalne računare (klijente) sa snažnim računarom (Server-om) čiji se resursi (programi i podaci) dele putem lokalne (LAN) ili globalne mreže (Internet).

# Mrežni uređaji

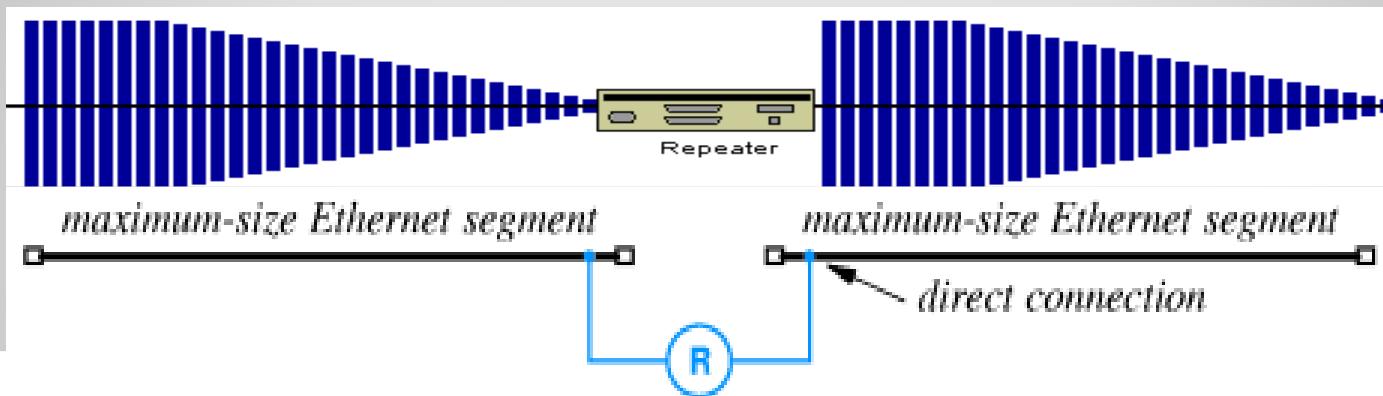
- **Ripiter** (Pojačivač signala)
- **Hab** (Povezuje više segmenata mreže u jedan)
- **Mrežni most – Bridge**  
(povezuje udaljene mrežne segmente)
- **Svič** (Skretnica, prosleđuje podatke određenom segmentu)
- **Usmerivač – Router** (usmerava podatke do svog odredišta)
- **Mrežni prolaz – Gateway**  
(povezuje dva različita mrežna okruženja)
- **Vatreni zid – Firewall**  
(bezbednosni uređaj)



# Aktivna mrežna oprema Ripiter (eng. Repeater)



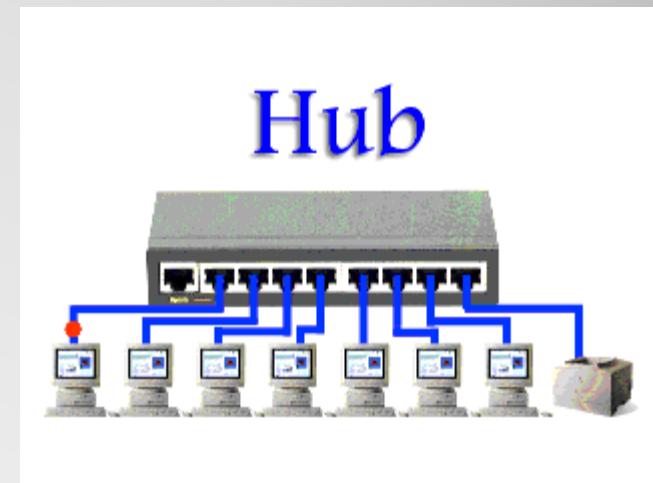
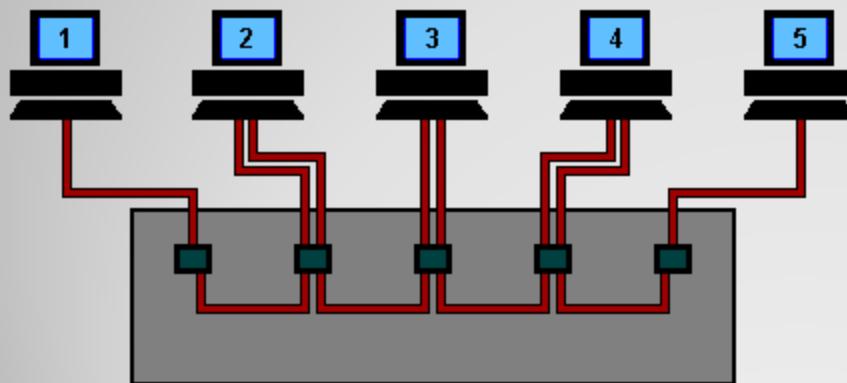
- Bidirekpcioni analogni **pojačavač signala**. Omogućavaju retransmisiiju i pojačavaju signal između segmenata mreže. Ali proširuju i lokalne smetnje!!
- Ripiteri su uređaji sa dva porta. Na jednom portu (priključku) ripiter prima signal i prenosi na drugi port.
- Ripiter udvostručava dužinu LAN segmenta.
- Ethernet standard definiše maksimalno korišćenje do 4 ripitera (repetitora) između dva čvora LAN mreže.
- CSMA/CD zahteva malo kašnjenje. Ako je medij mnogo dug - CSMA/CD ne može da radi.



# Aktivna mrežna oprema

## Hab (eng. Hub)

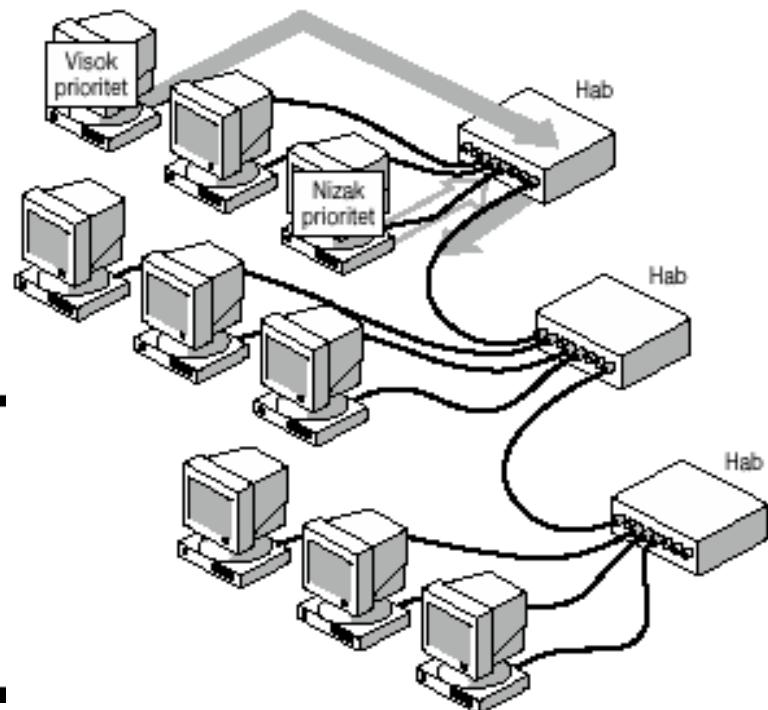
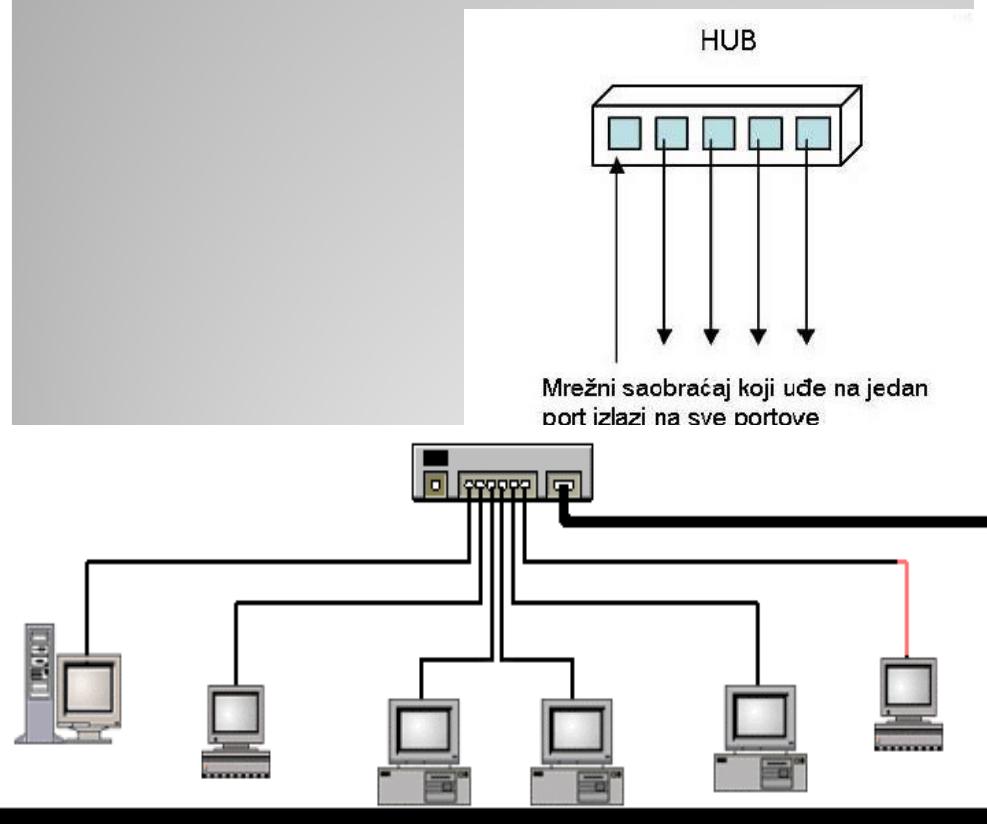
- Hab radi slično kao ripiter: što primi na jednom svom portu, hab emituje ka svim ostalim portovima.
- Može se posmatrati kao višeportni ripiter.
- U Ethernet mrežama sa UTP i optičkim kablovima hab je čvor koji povezuje ostale čvorove (računare).
- Samo jedan od čvorova (računara) povezanih na Hub može u jednom trenutku da vrši slanje, emitovanje podataka. Ostali čvorovi primaju podatke.



# Hab (Hub)

Koristiti se kao centralna tačka u topologiji zvezde.

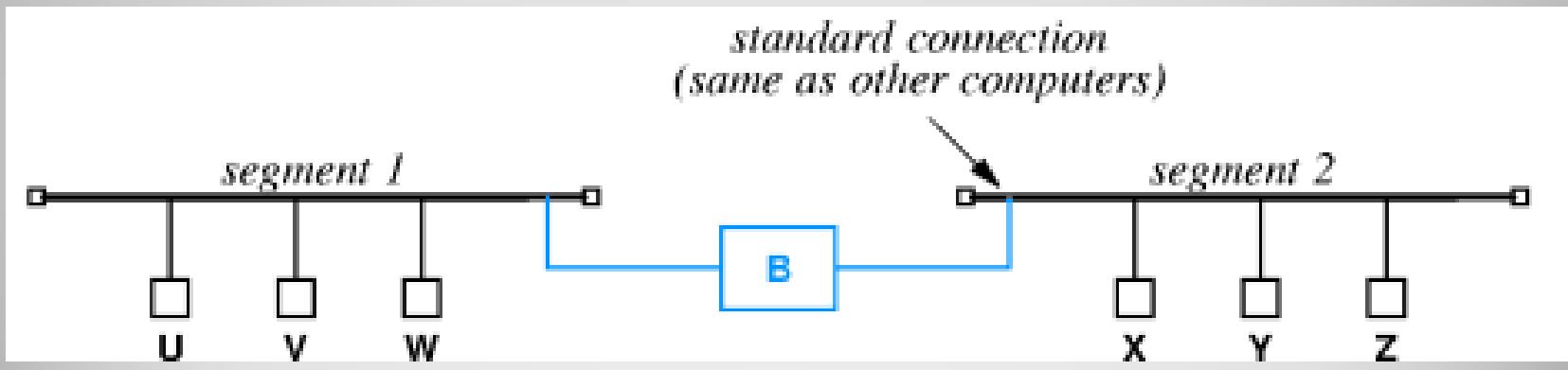
Habovi uglavnom sadrže između 6 i 24 porta.



# Aktivna mrežna oprema

## Most (eng. Bridge)

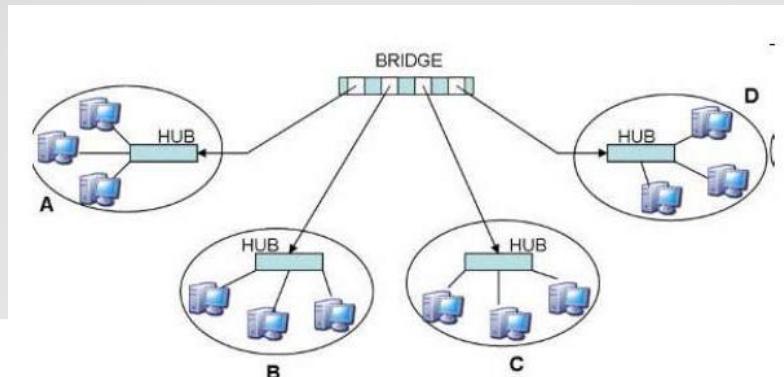
- Most je uređaj koji povezuje udaljene mrežne segmente.
- Most razmenjuje okvire sa podacima između segmenata mreže, a ne analogne signale (za razliku od hab-a i ripitera). Ne širi šum.
- U datom trenutku na mreži, samo jedan čvor može da emituje podatke. Ostali čvorovi osluškuju saobraćaj i kada zaključe da je medij slobodan, šalju svoje pakete.
- Pravilo: oko 80% saobraćaja treba da se odvija u okviru istog segmanta mreže, a oko 20% da ide preko mosta.



# Aktivna mrežna oprema

## Mrežni most (eng. Bridge)

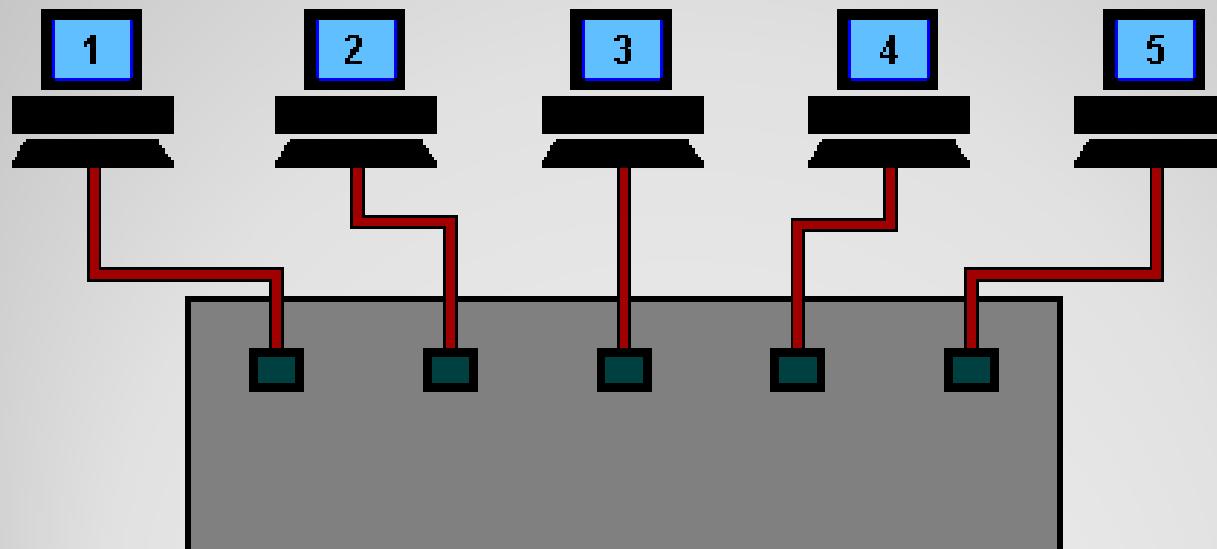
- Ideja: logički podeliti mrežu na segmente koji se sastoje iz čvorova koji međusobno najviše komuniciraju.
- Ako čvor iz jednog segmenta šalje podatke čvoru u drugom segmentu, preostali čvorovi ne mogu da komuniciraju.
- **Most** proverava fizičku (**MAC**) adresu odredišta svakog dolazećeg okvira i određuje položaj odredišta u odnosu na most.
- **Most prosleđuje** okvir ako je odredište na drugoj strani mosta, tj. odredište nije u istom segmentu mreže.
- **Most ne prosleđuje** okvir ako je odredište na istoj strani mosta, tj. odredište je u istom segmentu mreže.



# Aktivna mrežna oprema

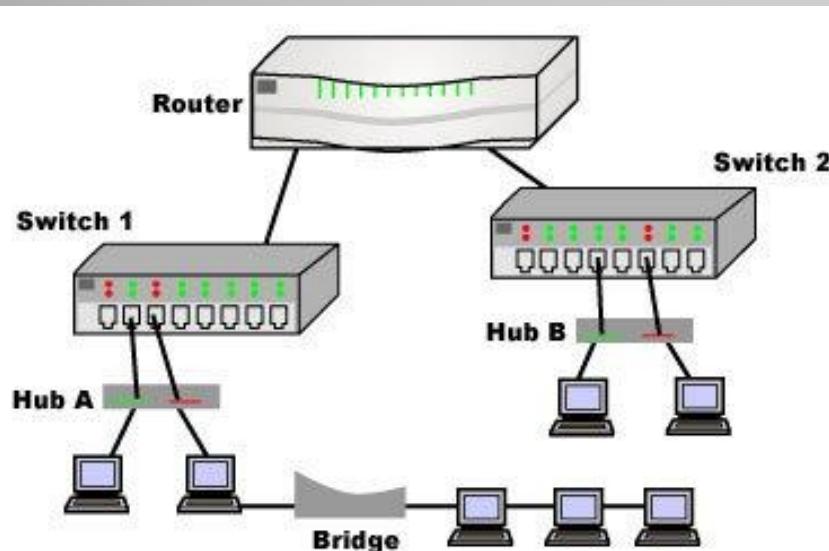
## Skretnica (eng. Switch)

- Switch je uređaj sa više ulaza, tj port-ova, od kojih neki ulazi (portovi) mogu biti, po potrebi, na određeno vreme, prividno spojeni "kratkom vezom".
- Za razliku od hub uređaja, svič podatke ne šalje svim čvorovima računarske mreže, već samo čvoru kome su podaci (paket, okviri) upućeni.

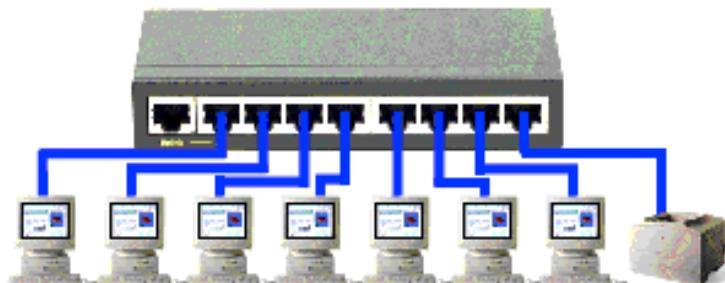


# Svič (Switch) skretnica

- Korišćenjem switch-a, više parova čvorava (računara) može istovremeno da komunicira, za razliku od hub-a.



## Switch



# Svič (Switch) skretnica

Tehničke karakteristike:

SWITCH	
Komponenta	Specifikacija
Broj eternet portova:	10/100 - 8/16/24/48
Broj portova za povezivanje sa drugim uređajima:	2 Dual Purpose (10/100/1000 ili SFP)
Set karakteristika:	LAN lite
Performanse prosleđivanja:	10,1 Mbps
Ulagani napon i struja:	napon 100-240 VAC, struja 1,3A-0,8A frekvencije 50 do 60 Hz
Svič mora da podržava sledeće standarde:	IEEE802.1D STP, IEEE802.1p CoS Prioritization, IEEE802.1Q VLAN, IEEE802.1ab LLDP, IEEE802.3x full duplex za 10BASE-T, 100BASE-TX i 1000BASE-T portove
Svič mora da omogući korišćenje sledećih upravljačkih protokola:	CDP, FTP-Client, IGMP-Filter, PING, PORT-Security, PORT-Storm-Control, Sys-Log, STP-Extensions, VTP
Na primer:	Cisco WS-C2960+48TC-S

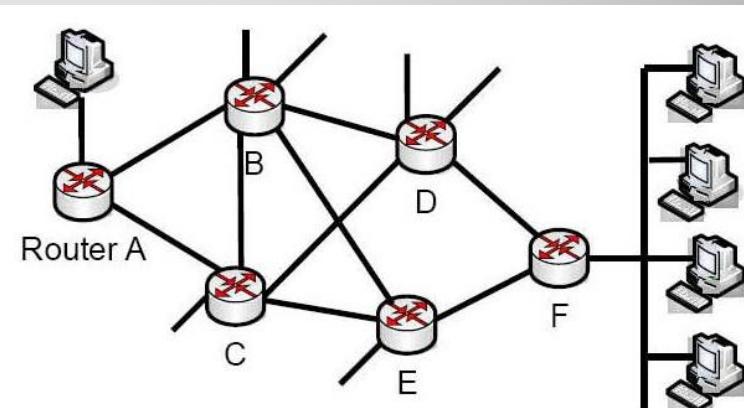


# Aktivna mrežna oprema Usmerivač (eng. Router)

- Ruteri rade na trećem nivou, odnosno mrežnom sloju ISO OSI referentnog modela.
- Glavna uloga rutera u mreži je da rutiraju (usmeravaju) pakete kako bi oni stigli do svog odredišta.
- Kada primi paket, ruter prvo proverava da li je adresa odredišta na istoj mreži kao i adresa izvora:
  1. Ako jeste, paket se odbacuje.
  2. Ako nije, ruter prosleđuje paket odredišnom čvoru ako je njegova mreža povezana na posmatrani ruter ili sledećem ruteru na putanji do željenog čvora.



Routeri

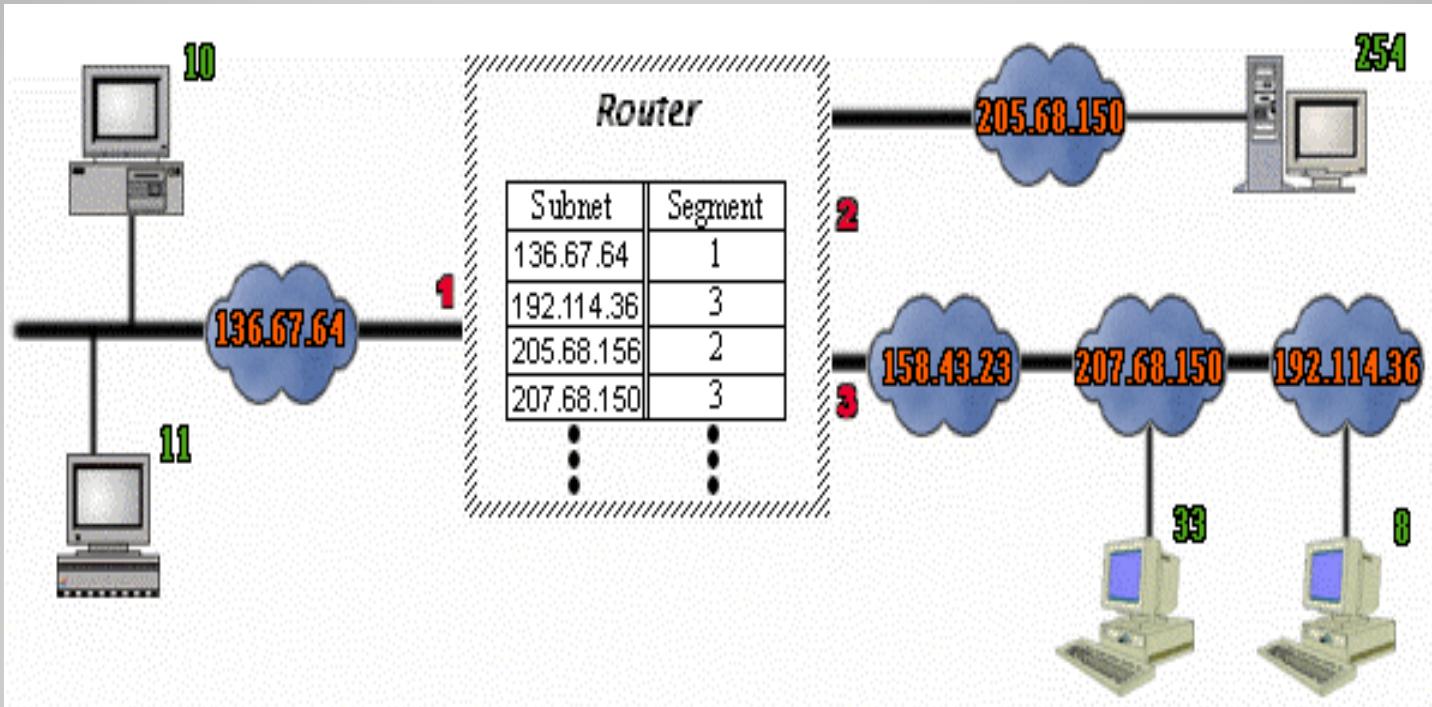


# Aktivna mrežna oprema Usmerivač (eng. Router)

- Korisne komande:

netstat -r -n

tracert ftn.uns.ac.rs



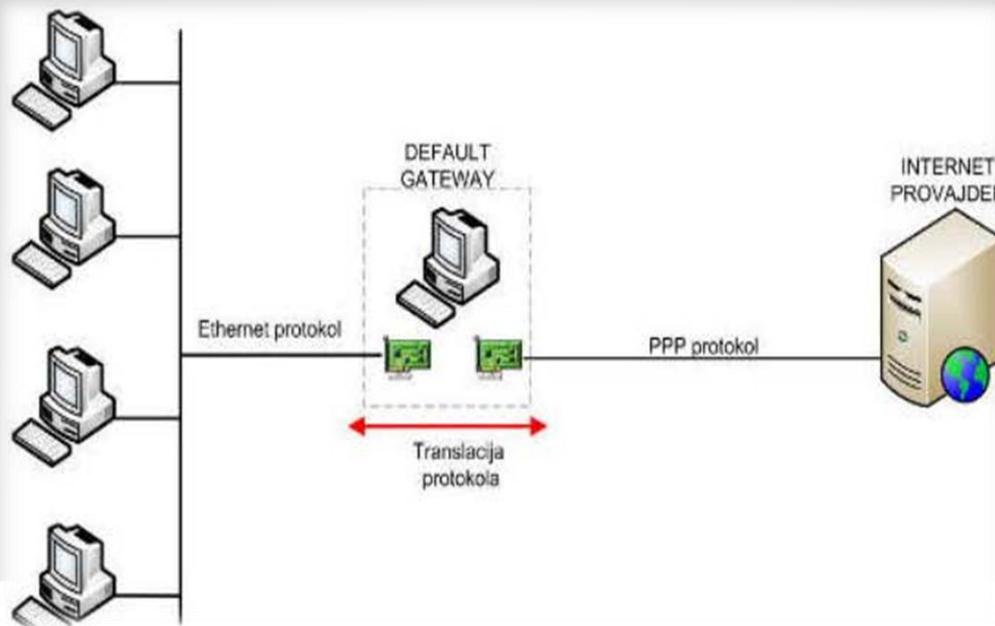
# NAT (Network Address Translation)

- Svaki uređaj (**npr. ruter**) povezan na Internet ima spoljašnju (javnu) IP adresu koju mu je dodelio Internet Provajder (ISP – Internet Service Provider), a svaki računar povezan na ruter ima internu (privatnu) IP adresu.
- NAT je jedan od razloga zašto se usporilo sa uvođenjem IPv6 protokola. U većini mreža realno i ne postoji potreba da svi računari budu direktno dostupni spolja.
- Potrebe nekoliko računara lako se podešavaju na ruteru. Zato se i većina administratora mreža odlučuje da podesi da računari imaju privatne adrese, a da im se kod pristupa Internetu, interna adresa natuje.



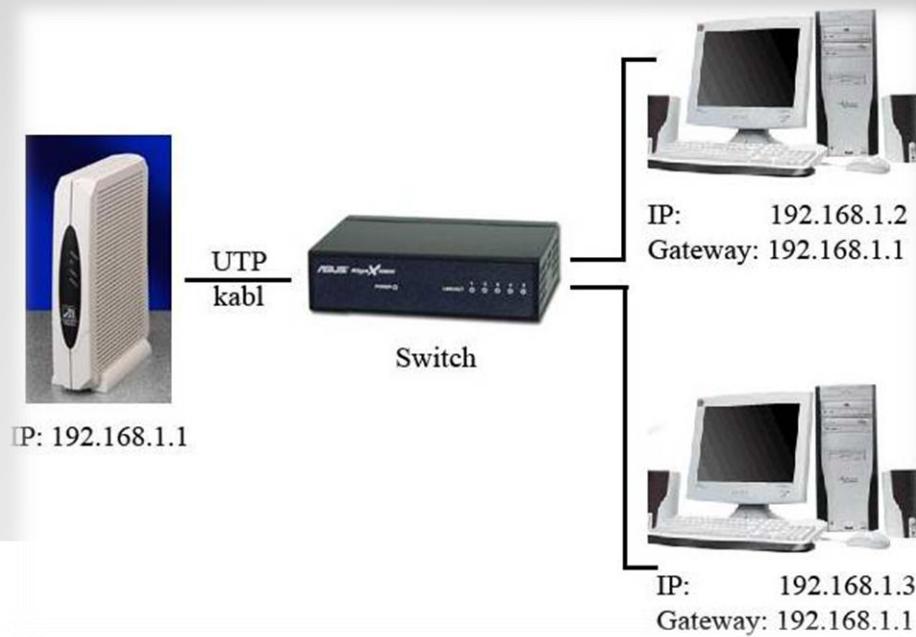
# Default Gateway

- Mrežni prolaz je IP adresa čvora koji omogućava izlaz poruke iz LAN mreže. Ukoliko čvor 192.168.1.10 (**primer 1**) želi da komunicira sa odredištem čija je IP adresa 192.168.1.135, čvor će pomoći mrežne maske uporediti prva 24 bita svoje adrese sa prva 24 bita odredišne adrese. Ovi bitovi se poklapaju (**192.168.1 = 192.168.1**) i čvor zna da se odredište nalazi u istoj mreži kao i sam čvor. Čvor se odredištu obraća direktno tj. **bez posredstva gateway-a**.



# Default Gateway

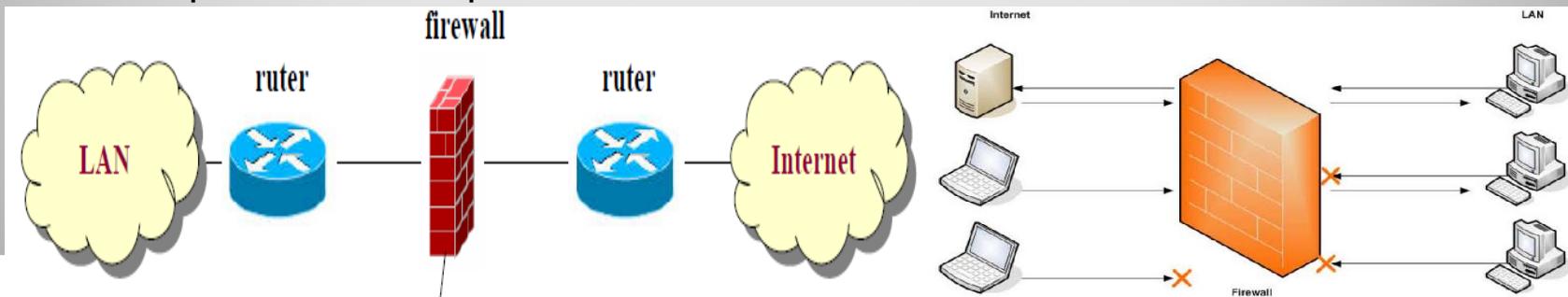
- Na osnovu svoje IP adrese i mrežne maske, čvorovi mreže znaju da li se odredište nalazi u istoj mreži kao i sam uređaj ili se odredište nalazi van lokalne mreže i neophodno je komunikaciju obaviti **preko gateway-a**. Ukoliko čvor 192.168.1.10 (**primer 2**) želi da komunicira sa odredištem čija je IP adresa 192.168.1.135, čvor će pomoću mrežne maske uporediti prva 27 bita svoje adrese sa prva 27 bita odredišne adrese. Ovi bitovi se **NE poklapaju (x.x.x.000 ≠ x.x.x.100)** i čvor zna da se odredište NE nalazi u istoj mreži kao i sam čvor. Čvor se odredištu obraća posredno, **preko gateway-a**.



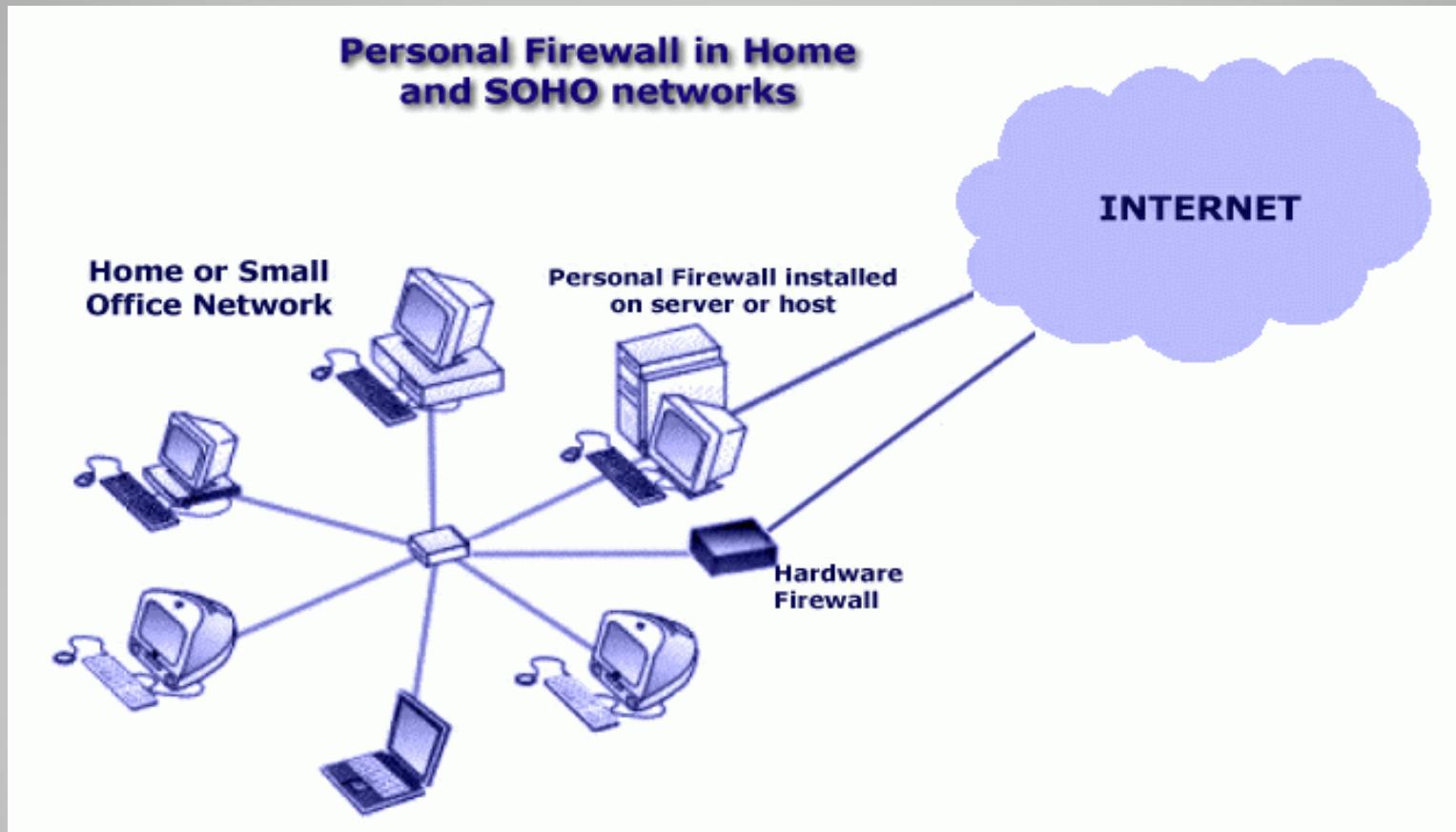
# Aktivna mrežna oprema

## Bezbednosna barijera (eng. Firewall)

- **Firewall** je bezbednosni hardverski ili softverski resurs, postavljen između lokalne mreže i Interneta, namenjen da štiti podatke u LAN mreži od neautoriziranih korisnika i neželjenih aktivnosti.
- Blokira se i zabranjuje pristup po pravilima koji su definisani usvojenom bezbednosnom politikom, tj. sprečavaju se komunikacije koje su zabranjene određenom mrežnom polisom (tj. politikom).
- Postavljanjem firewall uređaja između dva ili više segmenata LAN mreže mogu se kontrolisati prava pristupa pojedinih korisnika pojedinim delovima mreže.
- Osnova rada firewall-a je u ispitivanju IP paketa koji putuju između klijenta i servera, čime se ostvaruje kontrola toka informacija za svaki servis po IP adresi i portu u oba smera.

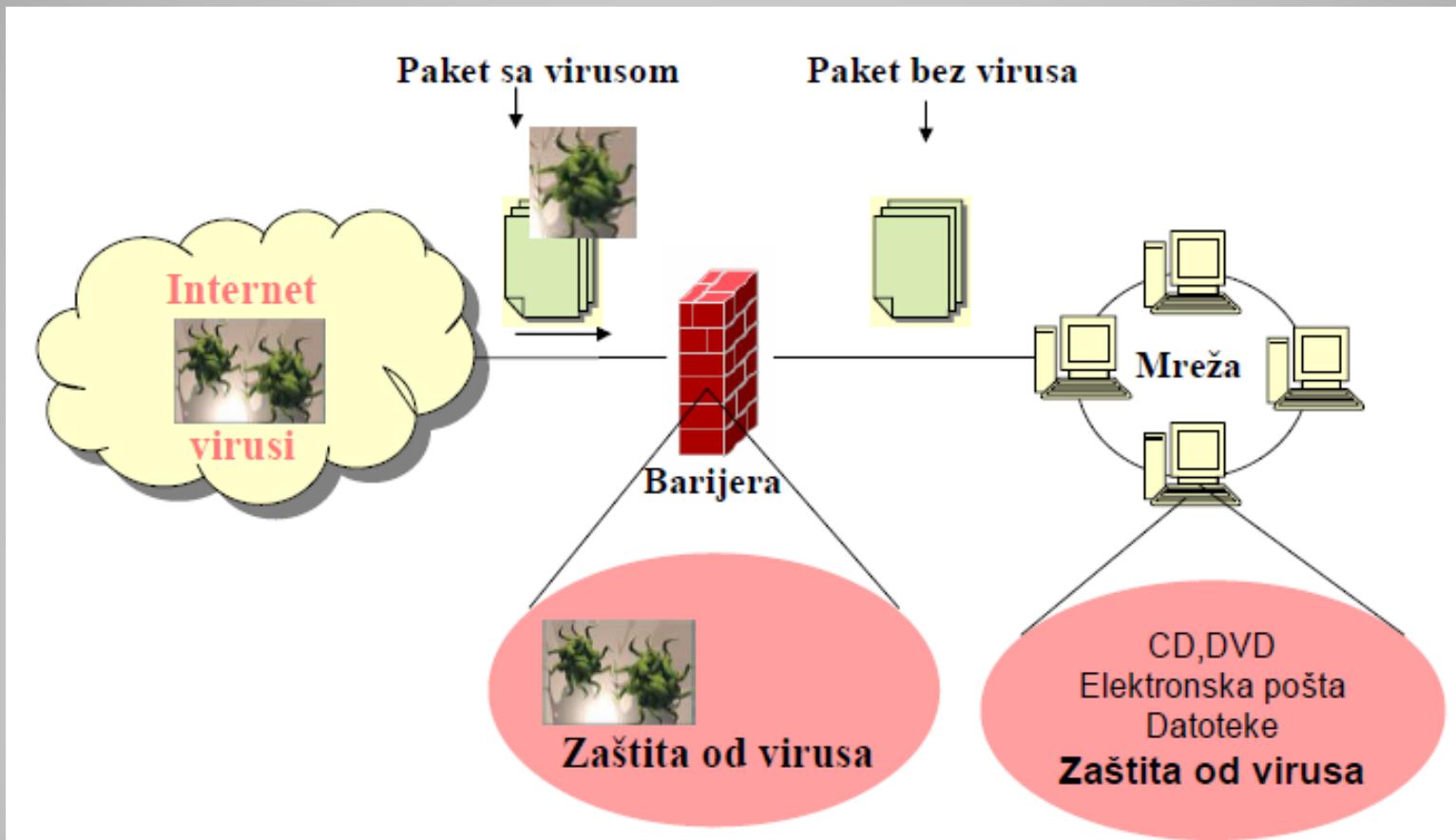


# Aktivna mrežna oprema Bezbednosna barijera (eng. Firewall)



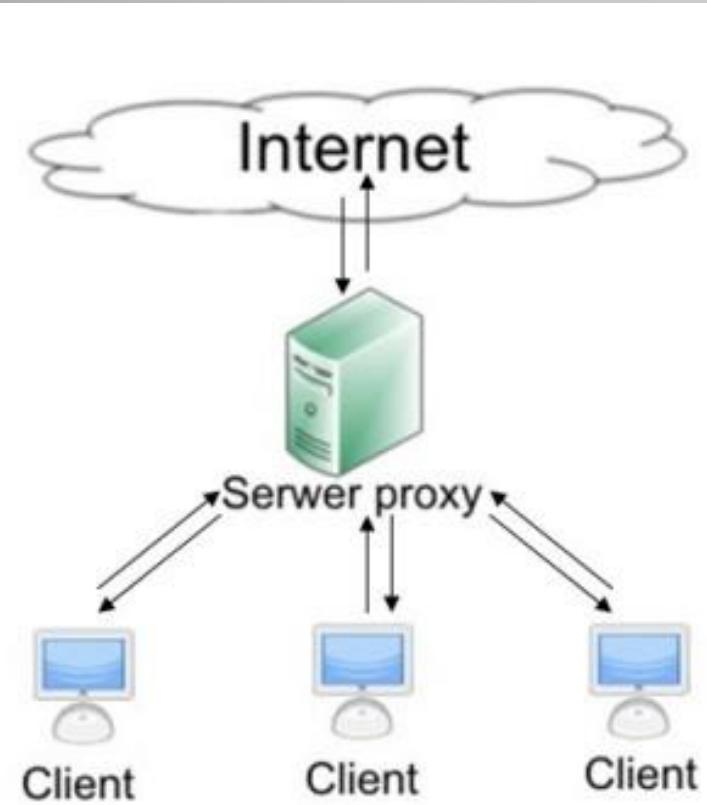
# Aktivna mrežna oprema

## Bezbednosna barijera (eng. Firewall)



# Aktivna mrežna oprema

## Proksi (eng. Proxy)



- **Proksi** je posrednik, tj. mrežni servis koji omogućava klijentima da udaljeni resurs (npr. web sadržaj - html stranica) prema kome je već ranije bio ostvaren pristup, privremeno sačuva u lokalnoj memoriji (npr. HDD).
- Na taj način je omogućeno da se na svaki sledeći zahtev za istim resursom odgovori bez pristupa originalnom izvoru već iz proksi uređaja.
- Ovaj proces se naziva "keširanje".

# Modemi

Modem je dodatak koji se, najčešće u obliku kartice, stavlja u računar i na koji se povezuje komunikacioni medijum.

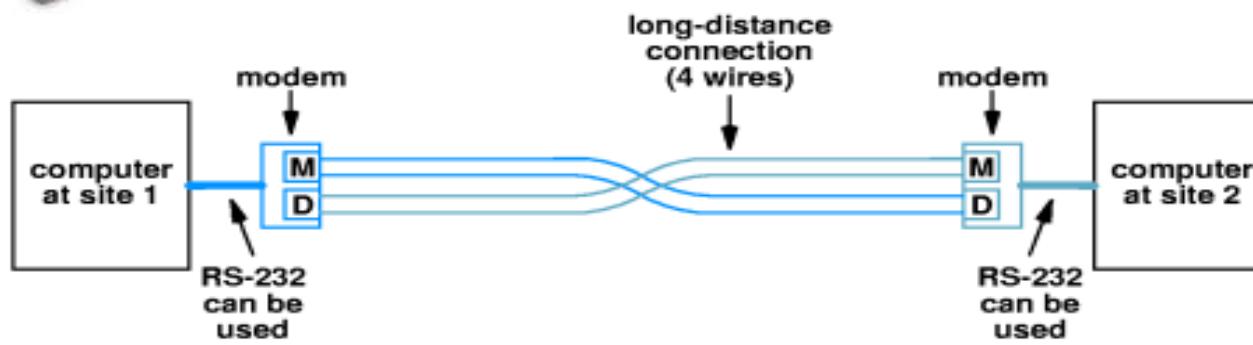
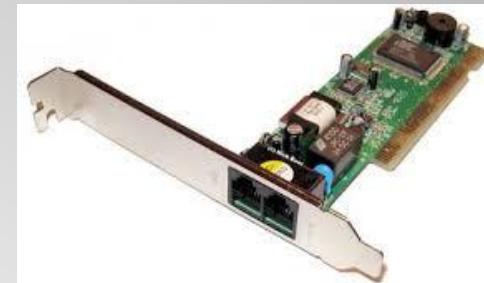
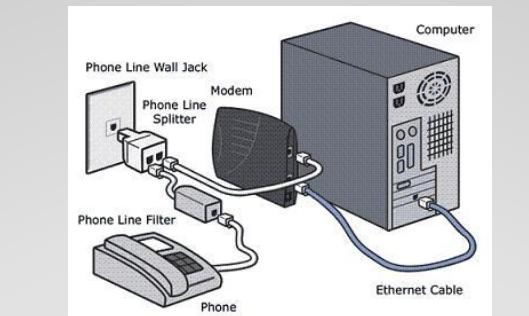
Ovaj uređaj ima dva zadatka:

- prvo, da električno usaglasi uređaje koji se povezuju, i
- drugo, da podatke koji se prenose iz računara pretvori iz oblika u kome su bili uskladišteni u računaru u oblik pogodan za prenošenje preko komunikacionog medijuma

Uređaj koji vrši konverziju digitalnih u analogne signale (modulacija) i obrnuto (demodulacija) zove se **modem** (**modulator-demodulator**). Modem može biti interni (koji se ugraćuje u računar) i spoljni (koji se spolja priključuje na računar). Kod savremenih modema obično je s modemom integrisana i faks kartica i govorna mašina (telefonska sekretarica). Takva kartica se naziva FMV (Fax, Modem, Voice) kartica.

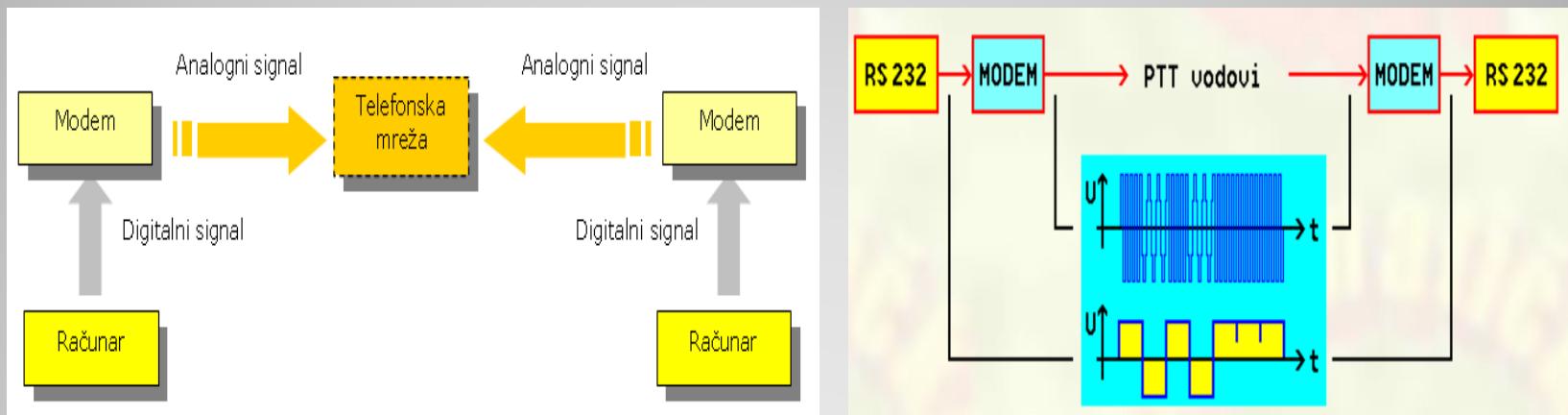
## Kodovanje podataka sa signalom nosiocem

- Modulator i demodulator su delovi jednog uređaja - **modem** (modulator/demodulator).
- Eksterni modem se povezuje spolja na računar, interni modem se neposredno povezuje na matičnu ploču.
- Kod savremenih modema obično je s modemom integrisana i faks kartica i govorna mašina (telefonska sekretarica). Takva kartica se naziva FMV (Fax, Modem, Voice) kartica.



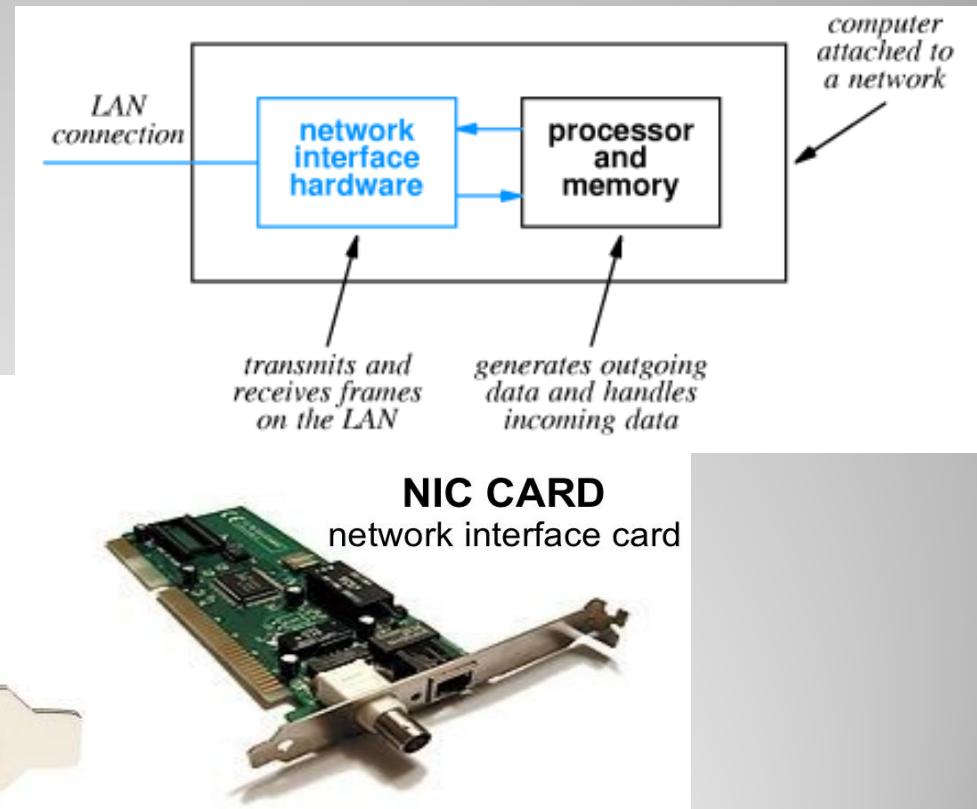
## T1 modemi

- Modemi priključeni na T1 tip konekcije obezbeđuju najbolje performanse, ali su vrlo skupe tako da ih uglavnom koriste veće firme, vladine organizacije i akademske mreže.
- Brzina prenosa preko T1 veze je 1,5 Mbps, a ona podržava istovremeno 24 telefonske linije, gde svaka linija ima brzinu od 64 Kbps.

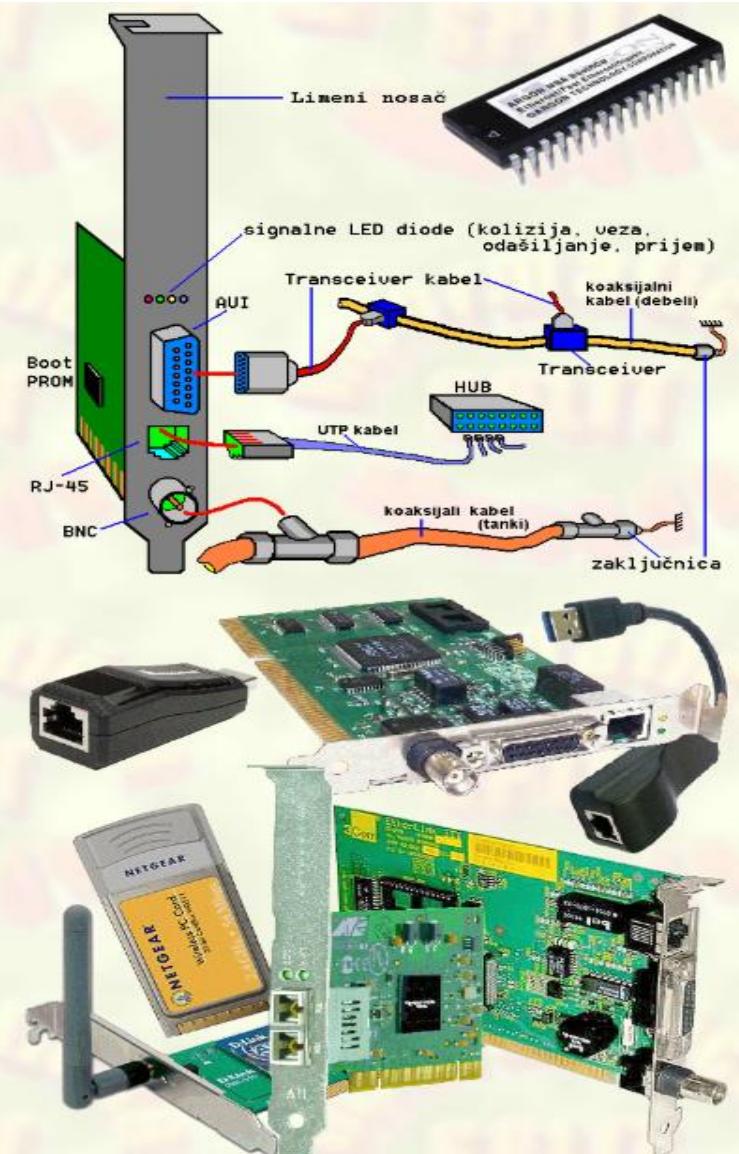


Slika: Blok šema modemske komunikacije računara

**PC Card.** Pored drugih uređaja, u ovom obliku se prave i komunikacioni uređaji. Ova kartica može imati mrežni adapter, modem ili da integriše u sebi oba ova uređaja.



Slika: **Mrežna kartica** povezuje čvor (npr. računar) sa mrežnom infrastrukturom



Slika: Mrežna kartica povezuje čvor (npr. računar) sa mrežnom infrastrukturom

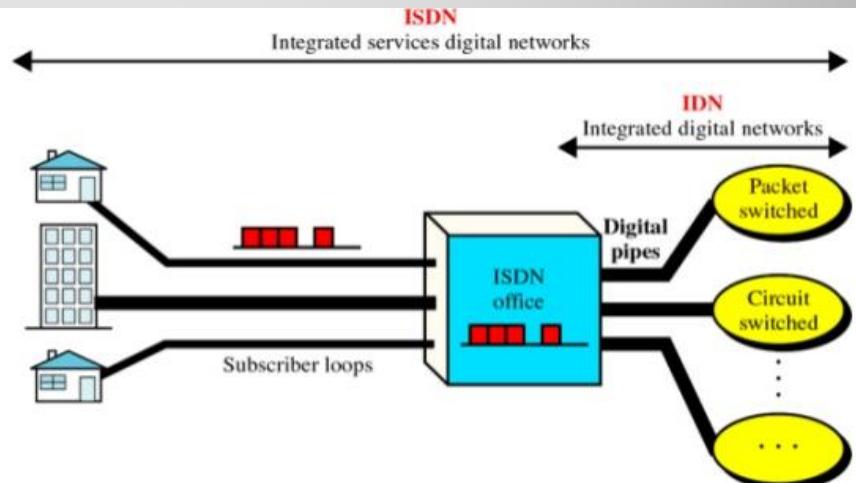
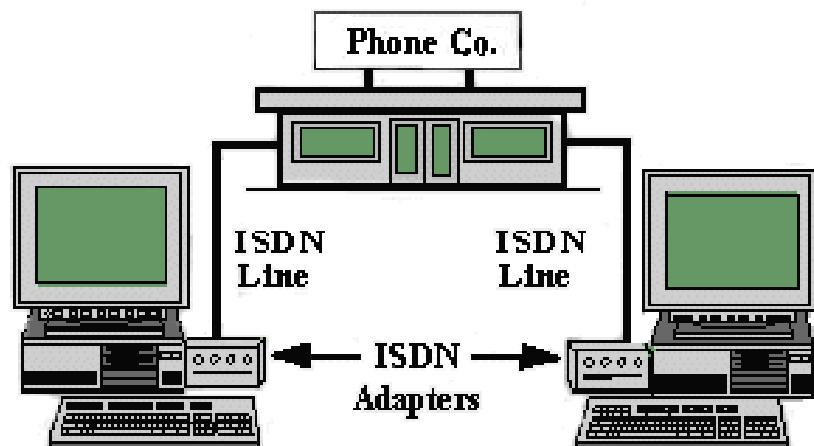
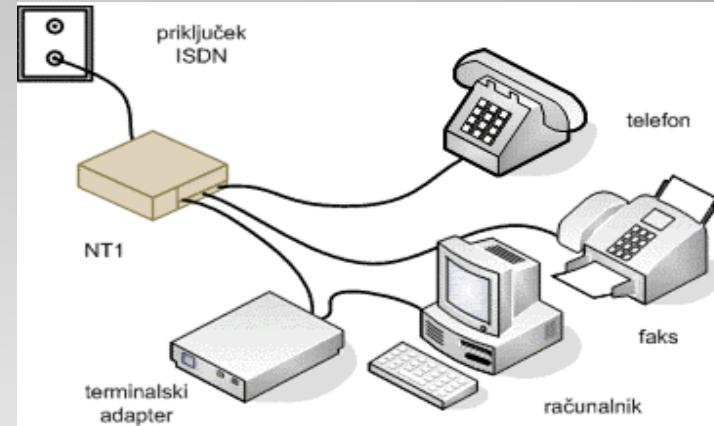
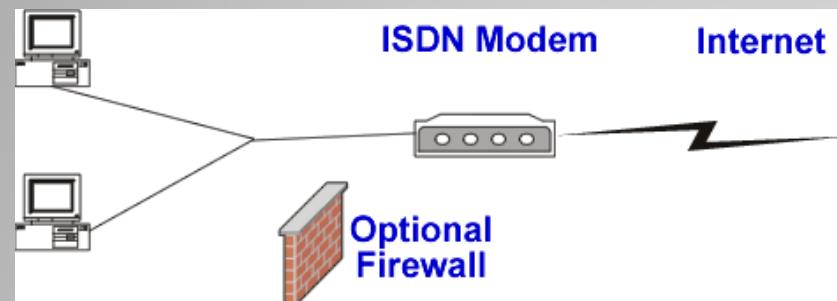
# Modem: DSL - Digital Subscriber Line

- **DSL** (Digital Subscriber Line – **digitalna preplatnička linija**).  
Ovi **modemi** brže prenose podatke u dolaznom nego u odlaznom smeru. Neke vrste DSL priključaka mogu da obezbede protok podataka do 51 Mb/s. Sam **modem** koristi više stepena modulacije telefonske linije i od toga zavisi brzina veze.  
Za sve to naravno potrebna je asimetrična digitalna linija. Što je razdaljina između modema i provajdera veća to je veza lošija.  
Digitalna preplatnička linija obuhvata skup tehnologija za pristup digitalnim telefonskim mrežama.
- Drugi naziv je **xDSL**. Omogućava vrlo brz prenos podataka preko postojećih bakarnih parica. Vrlo često se ovi modemi spominju kao **xDSL modemi**, budući da postoje njihove brojne varijacije, kao što su:

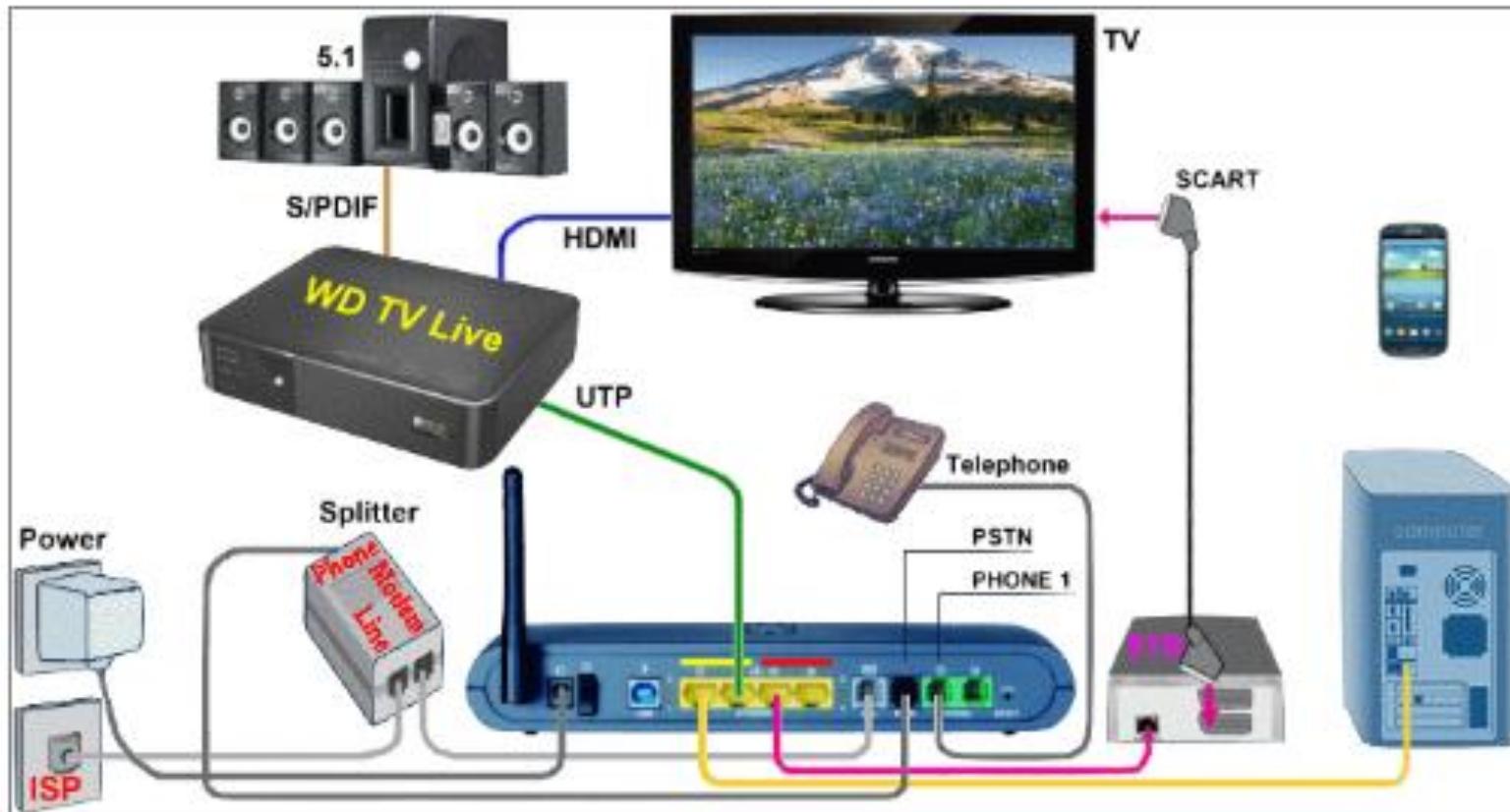
- **ISDN** (Integrated Services Digital Network – digitalna mreža integriranih usluga).
- **ADSL** (*Asymmetric DSL* – Asimetrična digitalna pretplatnička linija),
- **SDSL** (*Symmetric DSL* – Simetrična DSL),
- **RADSL** (*Rate Adaptive DSL* – Platforma prilagođljivog DSL),
- **HDSL** (*High bit-rate DSL* – digitalna pretplatnička linija velike brzine prenosa podataka),
- **VDSL** (*Very high data rate DSL* – veoma visoka brza prenosa podataka DSL),
- **LMDS** (Local Multipoint Distribution Service – lokalna usluga distribucije sa više tačaka).

**ISDN** (Integrated Services Digital Network). Za usluge ISDN-a potrebna je specijalna telefonska linija, i specijalni adapter. ISDN šalje podatke u digitalnom obliku kroz telefonsku liniju. Veza je brza i tiha, nema "pištanja" a podaci se nikada ne gube zbog statičkog elektriciteta ili šuma na liniji.

Brzina prenosa podataka je 128 kb/s.



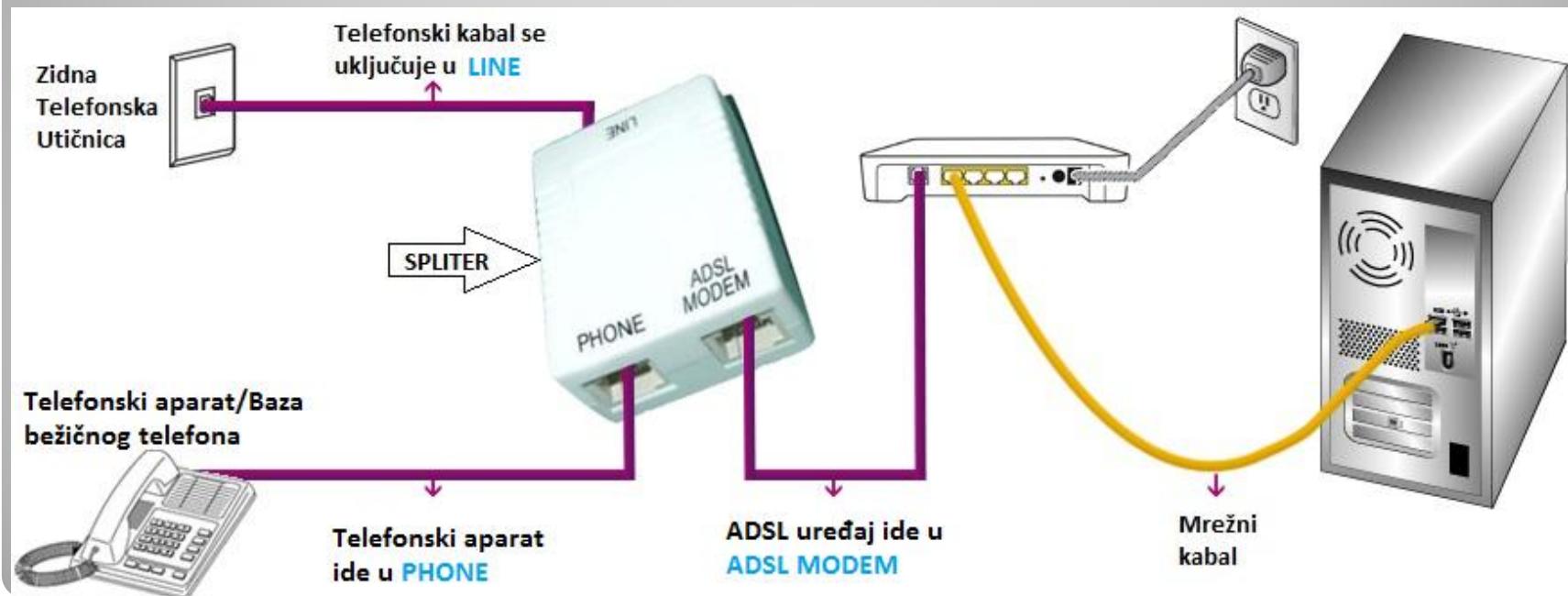
# ISDN



Slika: ISDN tehnologija

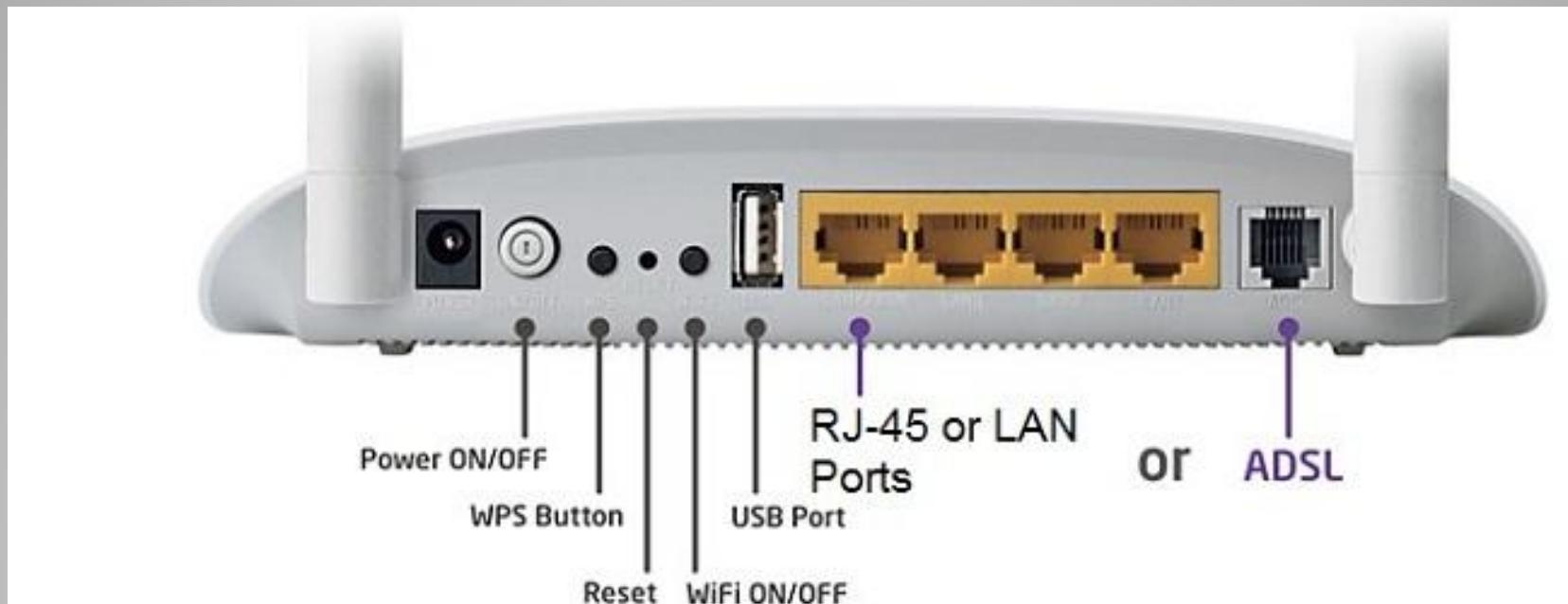
# ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line - asimetrična digitalna pretplatnička linija)

- Moguća brzina prenosa zavisi od udaljenosti do centrale.
- Za rad sa **IPTV** (MPEG 1, cca 1.5 Mbps) ne više od 5.5 km.
- Na udaljenost 1,5 km od centrale moguće je postići brzinu do 8 Mbit/s.
- Odlazna brzina prenosa se kreće od 64 Kb/s pa do ...
- Dolazna brzina prenosa se kreće od 256 Kb/s pa do ...



Nesimetrična digitalna pretplatnička linija

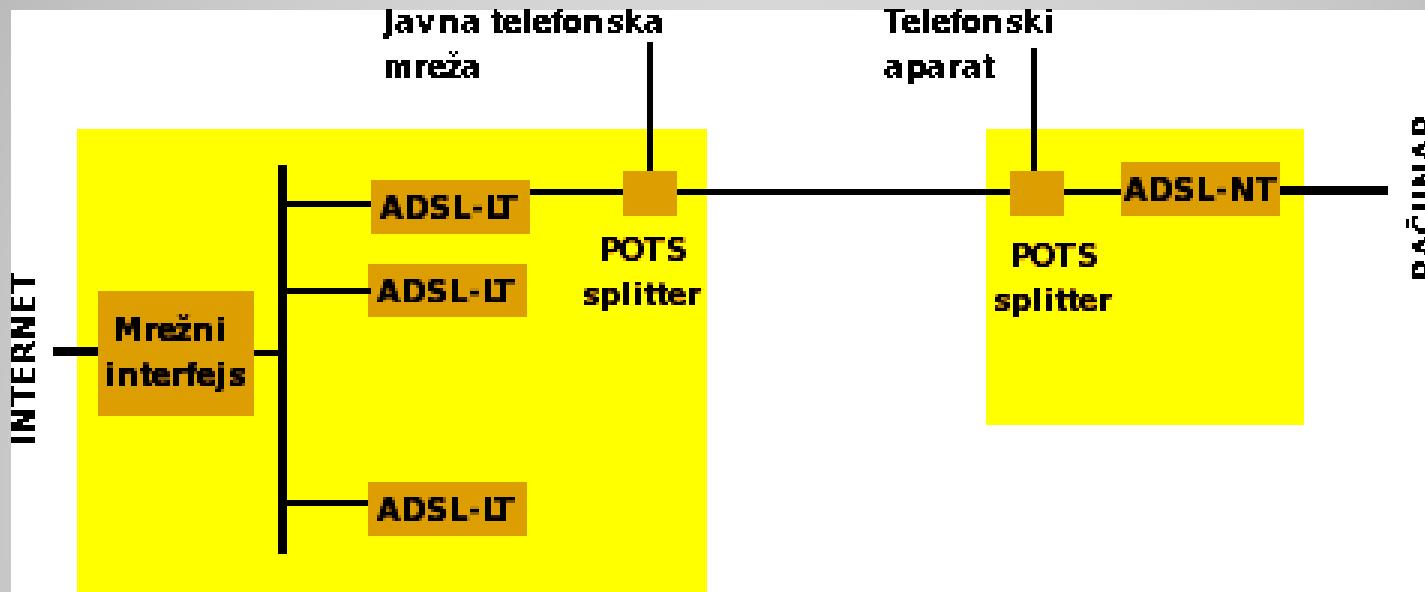
# ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)



ADSL pristupni uređaj

# ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

Najznačajnija tehnologija: ADSL (Asymmetric DSL) - Asimetrična digitalna preplatnička linija. Omogućava veće brzine prenosa ka korisniku, nego od korisnika. Istraživanja su pokazala da korisnici na Internetu imaju mnogo veći dolazni saobraćaj, ka korisniku ("downstream") u odnosu na odlazni, od korisnika ("upstream"). ADSL modem koristi bakarne parice do telefonske centrale.



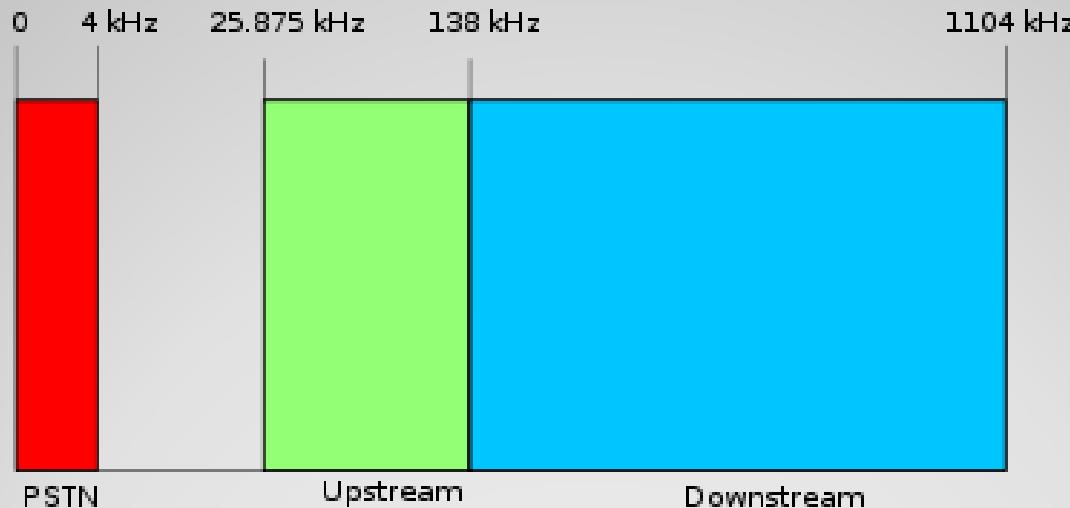
Slika: ADSL - nesimetrična digitalna preplatnička linija

# ADSL (Asymetric Digital Subscriber Line)

- Kroz bakarnu paricu, na manjim rastojanjima, može se preneti mnogo više informacija nego što je sadržano u govornom signalu. ADSL koristi "višak" ovog kapaciteta za prenos informacija, bez ometanja telefonskog razgovora koji može da se odvija istovremeno.
- ADSL tehnologija deli raspoloživi frekvencijski opseg obične bakarne parice na tri dela:
  1. Ljudsko uvo može registrovati zvuk u opsegu od 50 Hz do 16000 Hz. Ljudski govor, da bi bio prenesen i da ostane razumljiv, dovoljno je da se prenesu frekvencije od 300Hz do 3400 Hz. Ovaj opseg koji je predviđen za telefonski saobraćaj, posebnim filterom - spliterom, je odvojen od ostalih opsega metodom koji garantuje da će se telefonski razgovor odvijati i u slučaju da ADSL zakaže.

# ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

2. Drugi opseg frekvencija prenosi signal podataka koji šalje podatke od korisnika ka mreži - upload (upstream)
3. Treći propusni opseg je veza velike brzine ka korisniku - download (downstream)



PSTN (Public Switched Telephone Network – javna komitirana telefonska mreža)

## **SDSL (Symmetric DSL - simetrična DSL)**

- Simetrična DSL, SDSL (Symmetric DSL) obezbeđuje simetrične brzine u oba smera: od korisnika i ka korisniku.
- Upload i download ostvaruju ISTE brzine, npr. po 10Mbps

## **LMDS (Local Multipoint Distribution Service – lokalna usluga distribucije sa više tačaka).**

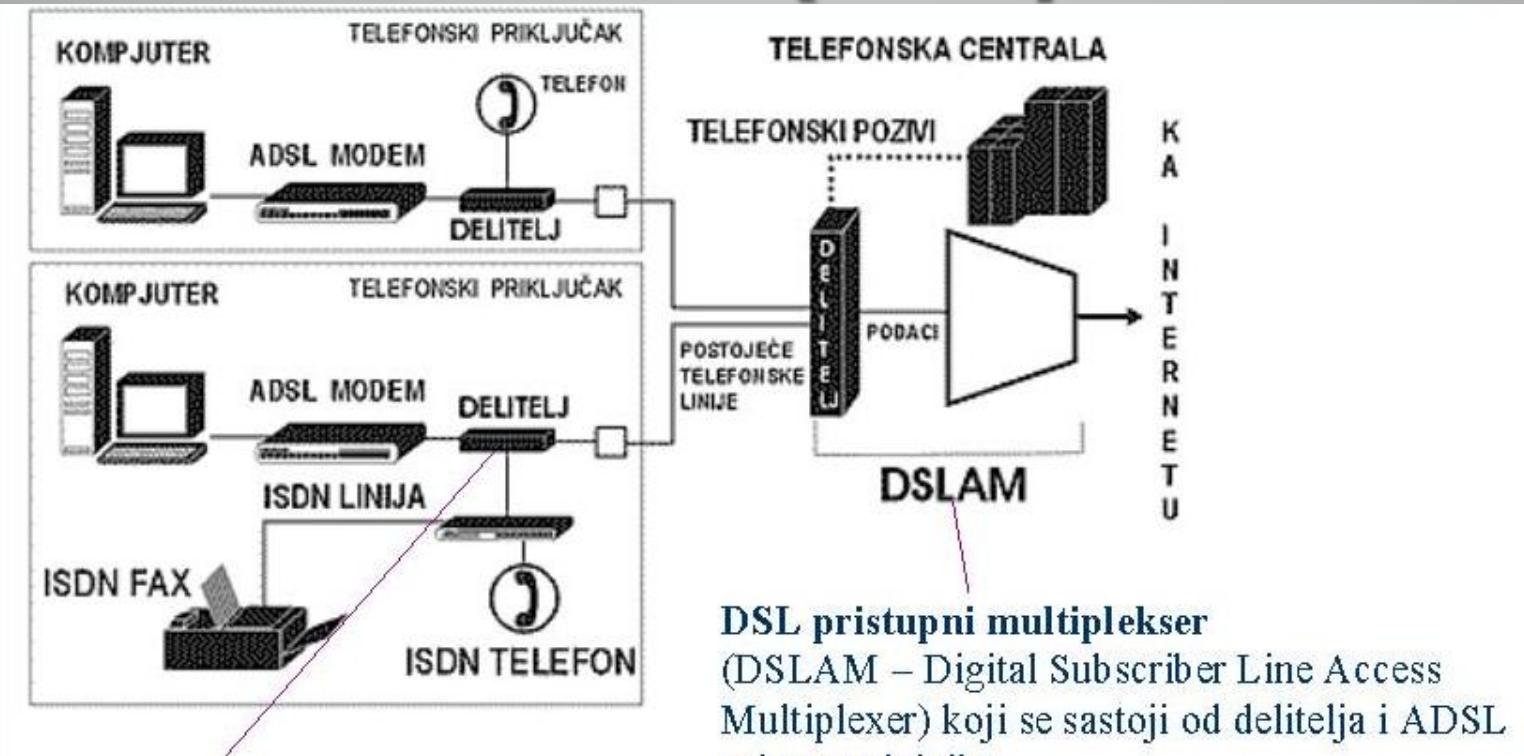
- Umesto kablova ova tehnologija koristi delove radio-frekventnog spektra, što teorijski omogućava protok od 30 Mb/s.
- Princip rada zasnovan je na relej stanicama koje od vašeg računara maksimalno mogu da budu udaljene 3km. Potreban vam je takođe Ethernet priključak. Na ispitivanjima se postižu brzine od 500 kb/s.

# DSL - Digital Subscriber Line (digitalna preplatnička linija)



Slika: DSL

# ISDN-ADSL-DSL (kompatibilnost)

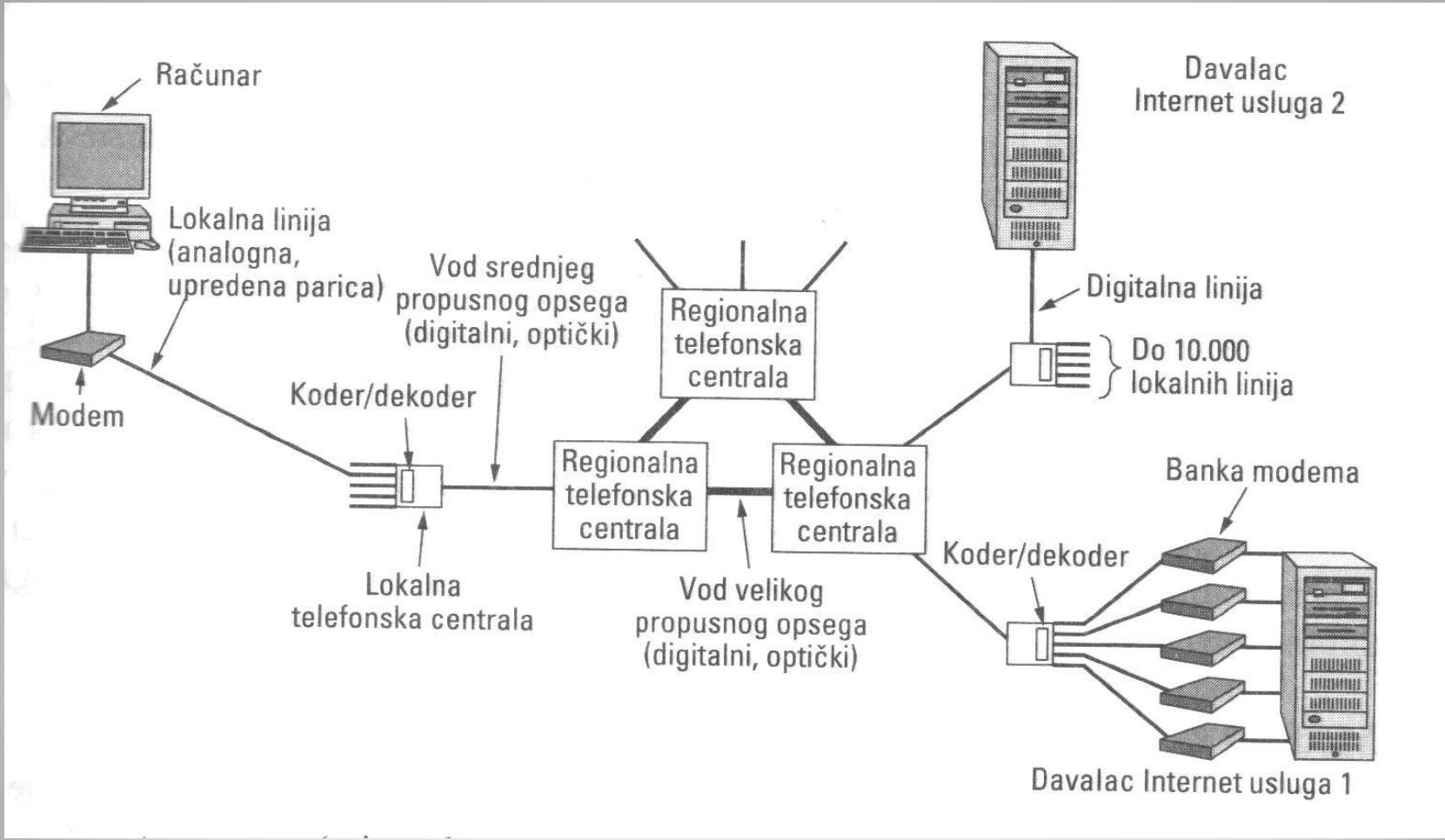


izdvoji osnovni  
opseg koji služi za  
telefonski razgovor

## DSL pristupni multiplekser

(DSLAM – Digital Subscriber Line Access Multiplexer) koji se sastoji od delitelja i ADSL primopredajnika.

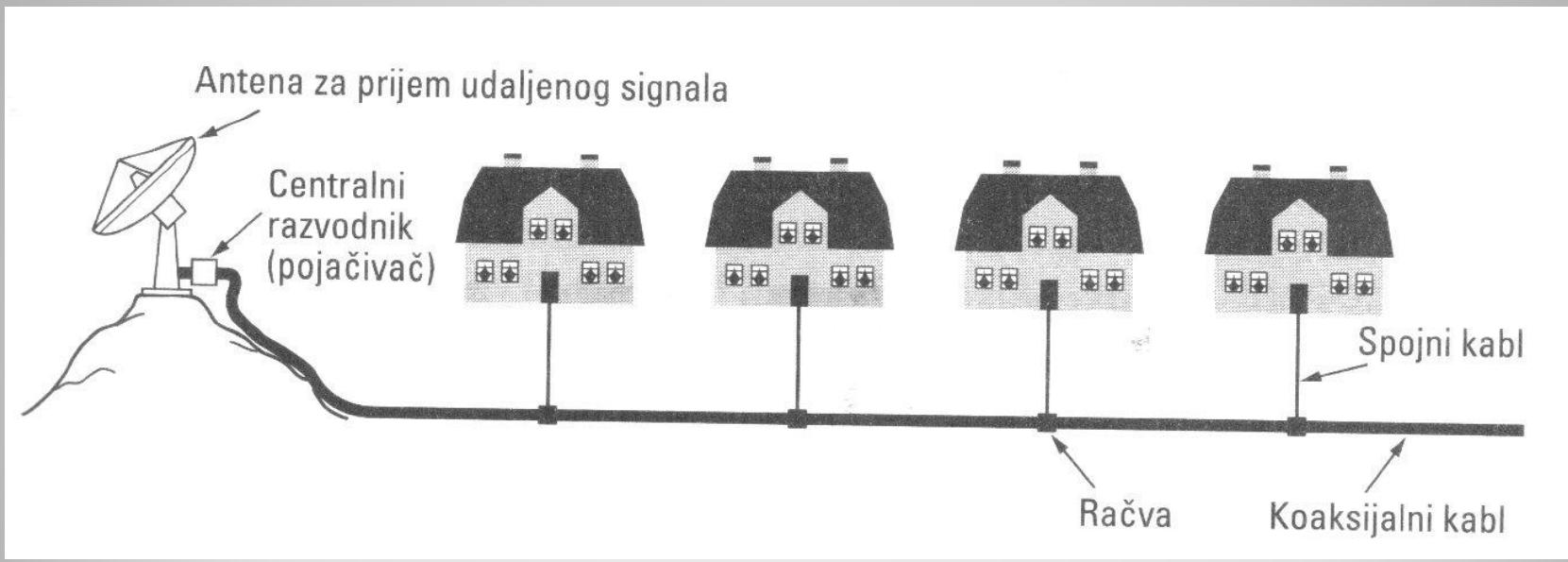
# Telefonska infrastruktura



PSTN (Public Switched Telephone Network)  
– javna komitirana telefonska mreža

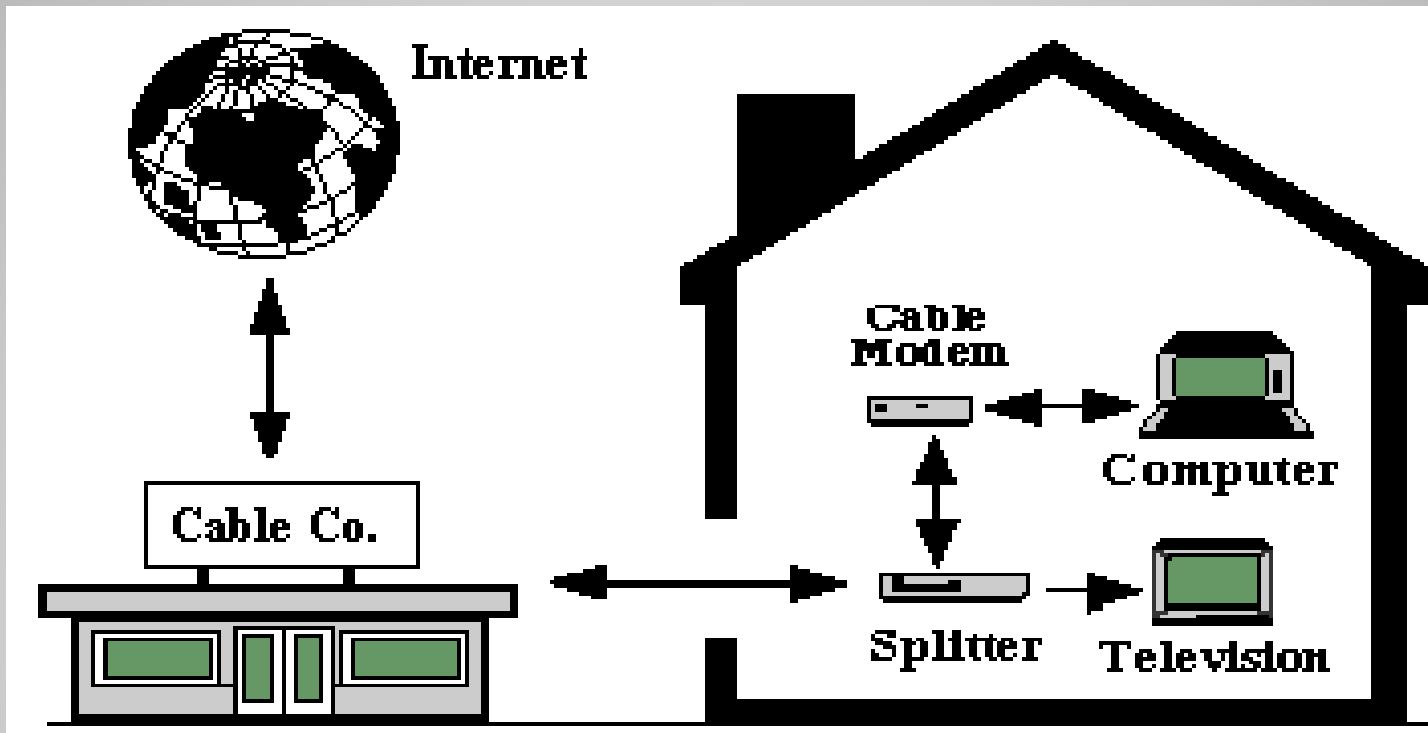
# Kablovska televizija

- Kablovski TV sistem je unidirekcion - jednosmeran.
- TV signal se emituje sa centralne lokacije.
- Pojačavaci na mreži su unidirekpcioni i omogućavaju dopremanje signala do svakog čvora u mreži.



# Kablovska televizija

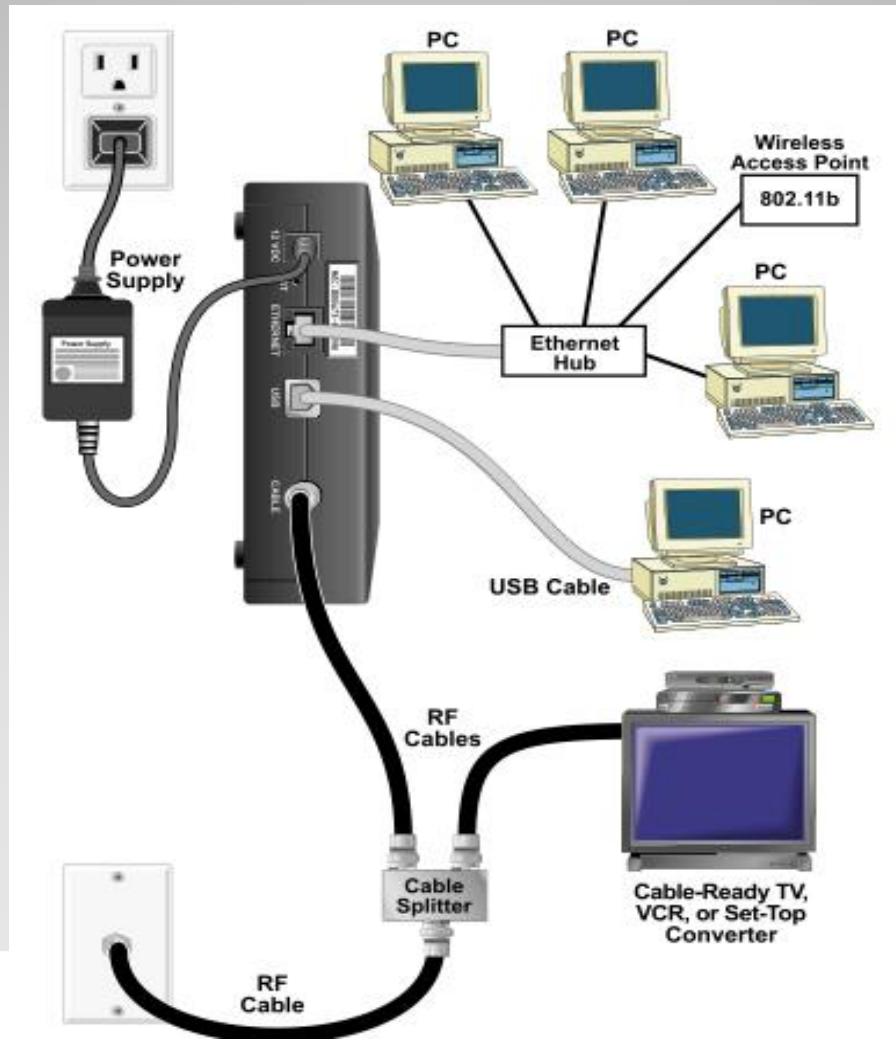
**Kable Modem** (kablovski modemi). Način da prenesemo podatke do svojih domova je koaksijalni kabl kojim se prenose TV emisije putem kablovske televizije. I kod ove konekcije se razlikuju brzine slanja i prijema podataka, tako da je najveća brzina izlaznih podataka 500 Kbps, a ulaznih 10 Mbps.



Slika: Kablovski pristup Internetu

# Kablovski Internet

(koakcijalni kabel ili otički kabel)



# Kablovski Internet



### **Teorijske brzine raznih načina prenosa**

Način prenosa	Teorijska brzina	Trajanje prenosa fajla od 10 Mb u idealnim uslovima
56Kb modem	45 kb/s	29,6 min.
ISDN	128 kb/s	10,4 min.
Direct PC (satelitska veza)	400 kb/s	3,3 min.
LMDS	500 kb/s	2,7 min.
DSL	9 Mb/s	8,9 s
Kablovski modemi	30 mb/s	2,7 s

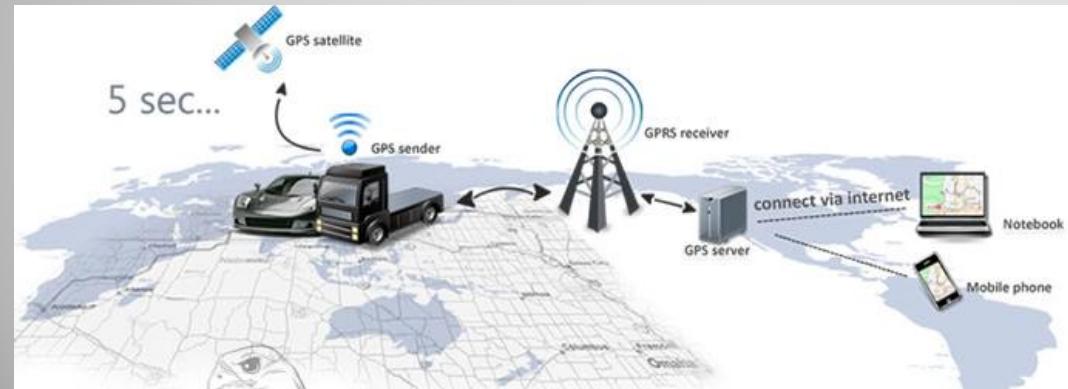
Tabela: Teorijske brzine prenosa

## Sistem za globalno pozicioniranje (GPS - *Global Positioning System*)

Uređaji koji se oslanjaju na sistem za globalno pozicioniranje omogućavaju korisniku da lako i brzo, na bilo kom delu zemljine kugle odredi svoj tačan položaj.

To omogućavaju 24 satelita u zemljinoj orbiti koji stalno emituju radio signale. Trenutna lokacija se definiše na osnovu prijema sledeća tri signala:

- geografske širine,
- geografske dužine i
- nadmorske visine.



Slika: GPS namenjen navigaciji vozila

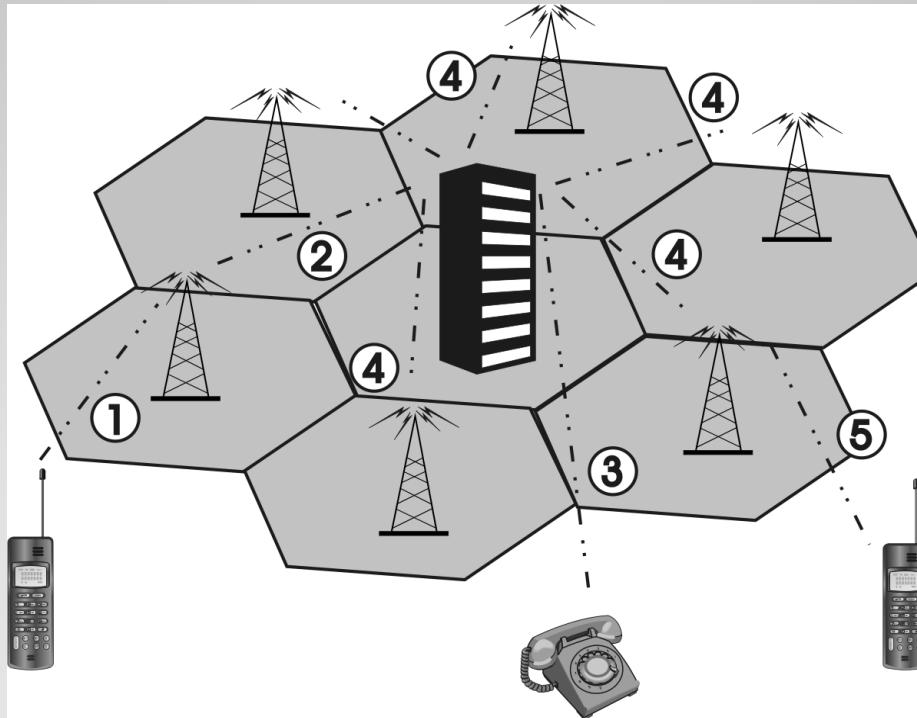
# Pejdžeri (*pgers*)

Pejdžeri postoje u dve varijante: jednosmerni i dvosmerni.

- Jednosmerni pejdžeri su uređaji koji rade kao jednostavni radio prijemnici i sposobni su da prime male količine podataka, poslate od strane specijalnog predajnika. Pejdžeri nemaju sposobnost da primaju glasovne poruke. Primljene poruke su najčešće kratke tekstualne poruke, obično do 80 znakova.
- Dvosmerni pejdžeri omogućavaju pored prijema i slanje određenih podataka. Funkcije se razlikuju od proizvođača do proizvođača, pa to može biti ili slanje prethodno memorisanog teksta potvrde prijema poruke ili može biti slanje elektronske pošte ali opet sa vrlo kratkim sadržajem.

# Mobilna telefonija

Od svih vrsta bežične komunikacije na veliku razdaljinu, sigurno je da je mobilna telefonija na prvom mestu i po broju korisnika i po dostignutoj popularnosti. Od momenta njene pojave prošla je kroz nekoliko faza razvoja.



Slika: Mobilna telefonija

# Mobilna telefoni (1G - 2G)

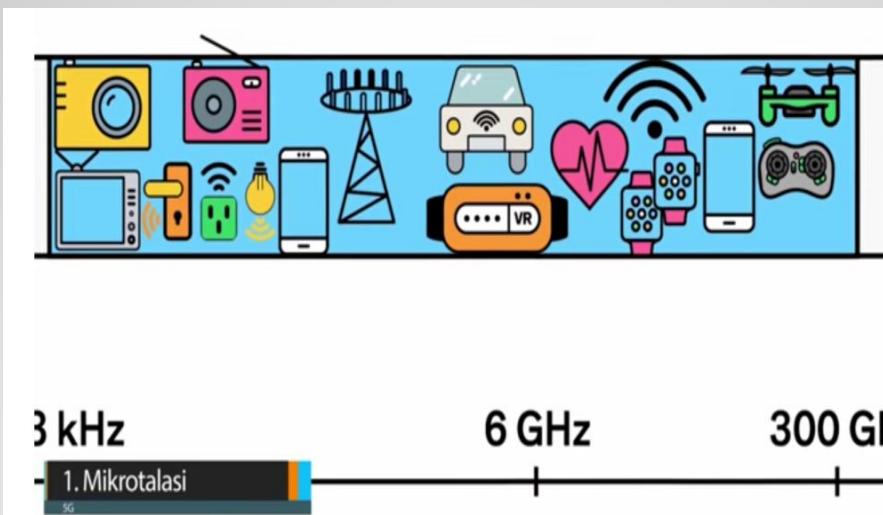
- Koristi se za prenos glasa i podataka.
- **1G** - skraćeni termin za prvu generaciju mobilne telefonije, uveden 1980. godine. Analogni telekomunikacioni standard. Samo za prenos glasa.
- Zamenjen je sa 2G - druga generacija mobilne telefonije koja predstavlja digitalni telekomunikacioni standard.
- **2G - GSM** (Global System for Mobile Communications) je standard koji opisuje protokole druga generacija mobilne telefonije. Brzina prenosa podataka: 9.6 kbps.
- GSM je ćelijska mreža, tj. mobilni telefoni se priključuju na mrežu tražeći ćelije koje se nalaze u blizini.
- GSM mreže rade u 4 frekvencijska opsega. Većina GSM operatera radi na 900 MHz ili 1800 MHz. Neke države na američkom kontinentu, uključujući SAD i Kanadu, koriste 850 MHz i 1900 MHz frekvencijski opseg.

# Mobilna telefonija (3G)

- General packet radio service (GPRS) je značajan korak ka **3G**-u: brzine 56–114 kbps. GPRS je poznat i pod skraćenom oznakom 2.5G.
- EDGE je unapređeni GPRS (eng. Enhanced Data Rates for GSM Evolution) i korisnicima je pružao tada neverovatan protok od 384 kbps. Poznat i kao 2.75G
- **3G** je skraćeno ime treće generacije mobilne telefonije.
- High Speed Packet Access (HSPA) omogućava brzine i do 14.4 Mbps. Omogućen prenos ne samo teksta i zvuka već i: pokretnih slika, televizije i ostalih usluga.
- High-Speed Downlink Packet Access (HSDPA) – 3.5 G, brzine prenosa podataka i do 99.3 Mbps

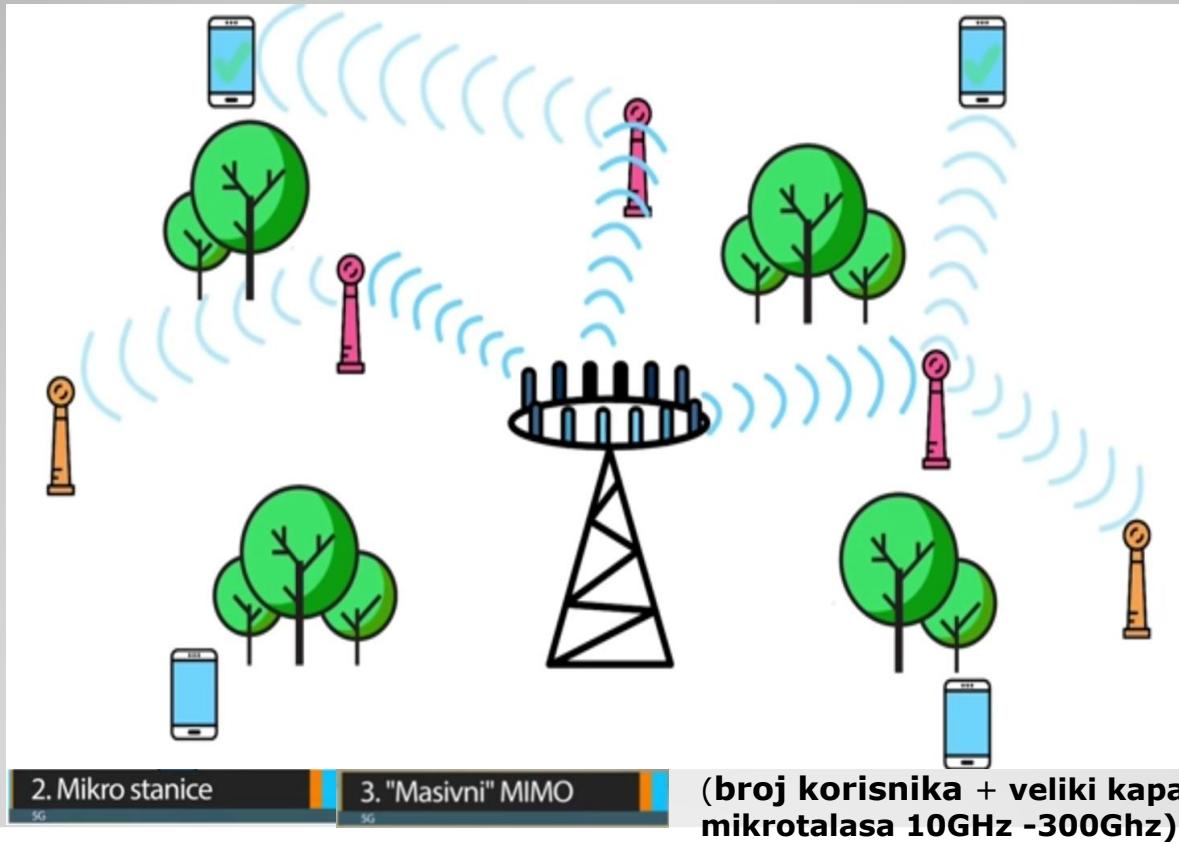
# Mobilna telefonija (4G - 5G)

- **4G** - četvrta generacija mobilne telefonije
- HSPA+ (Evolved High-Speed Packet Access ) omogućava do 168 Mbps (downlink), tj. 22 Mbit/s (uplink)
- LTE (Long-Term Evolution), brzine: downlink peak - 300 Mbit/s, uplink peak - 75 Mbit/s.
- **5G** - peta generacija mobilne telefonije ima za cilj:



# Mobilna telefonija (1G - 5G)

- **5G** - peta generacija mobilne telefonije ima za cilj:



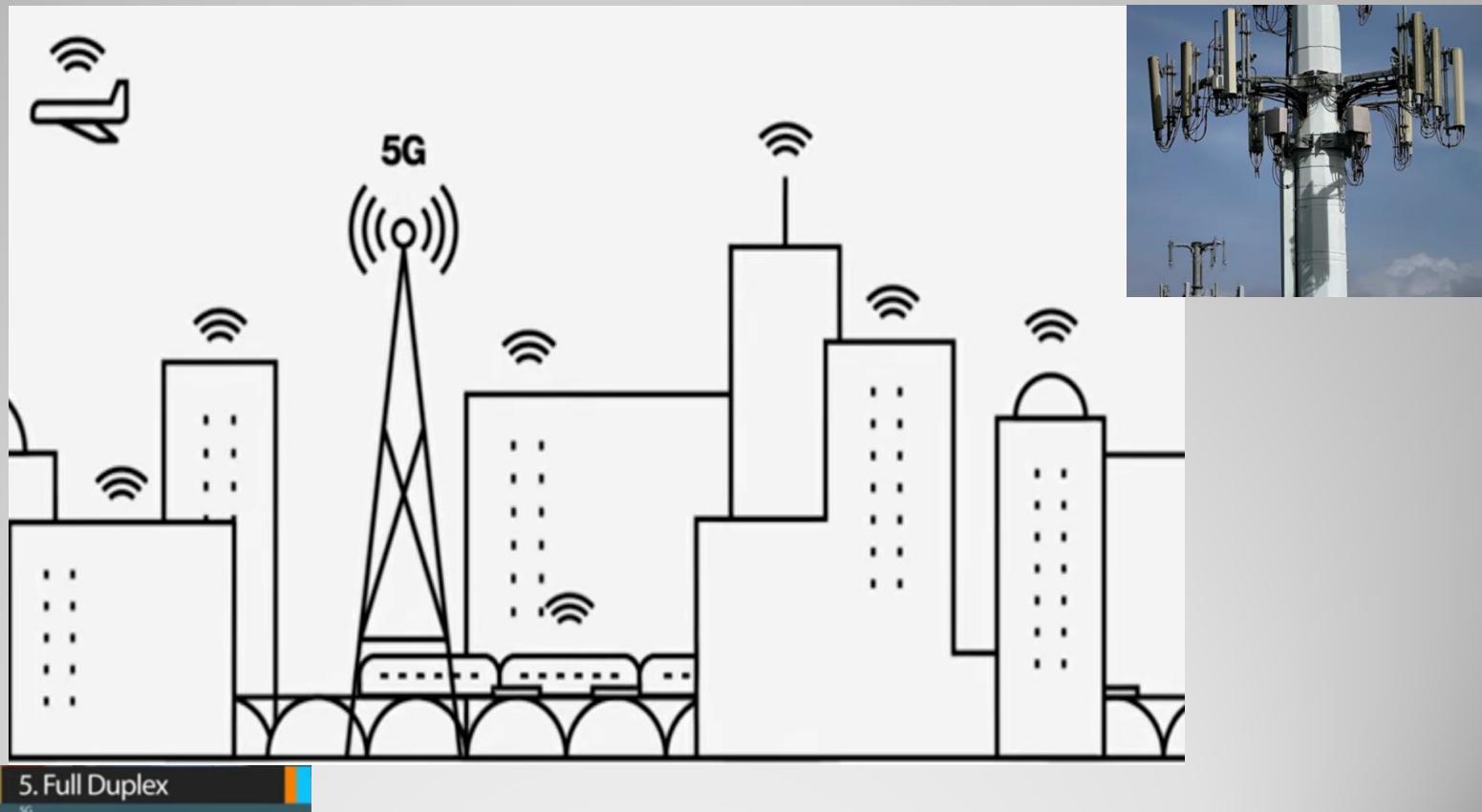
# Mobilna telefonija (1G - 5G)

- **5G** - peta generacija mobilne telefonije ima za cilj:



# Mobilna telefonija (1G - 5G)

- **5G** - peta generacija mobilne telefonije ima za cilj:



# Mobilna telefonija (1G - 5G)

- **5G** - peta generacija mobilne telefonije ima za cilj:



[www. speedtest.net](http://www.speedtest.net)

# 3. Komunikacioni softver

čine programi koji omogućavaju komunikaciju dva uređaja korišćenjem datog komunikacionog uređaja i medijuma. Tu treba razlikovati dve vrste programa:

- veznike (državere)
- komunikacione aplikacije
- aplikacione programe



**Veznici (drajveri)** omogućavaju da komunikacioni uređaj prihvata i izvršava komande koje su zadate u skladu sa određenim standardom za tu vrstu uređaja. Oni se dobijaju kupovinom komunikacionog uređaja na CD-u (ili disketama). Ovi programi najčešće zavise od operativnog sistema na računaru, pa proizvođač daje različite verzije veznika za različite operativne sisteme. To znači da izmenom operativnog sistema na računaru moraju da se zamene i veznici (drajveri) za postojeće uređaje.

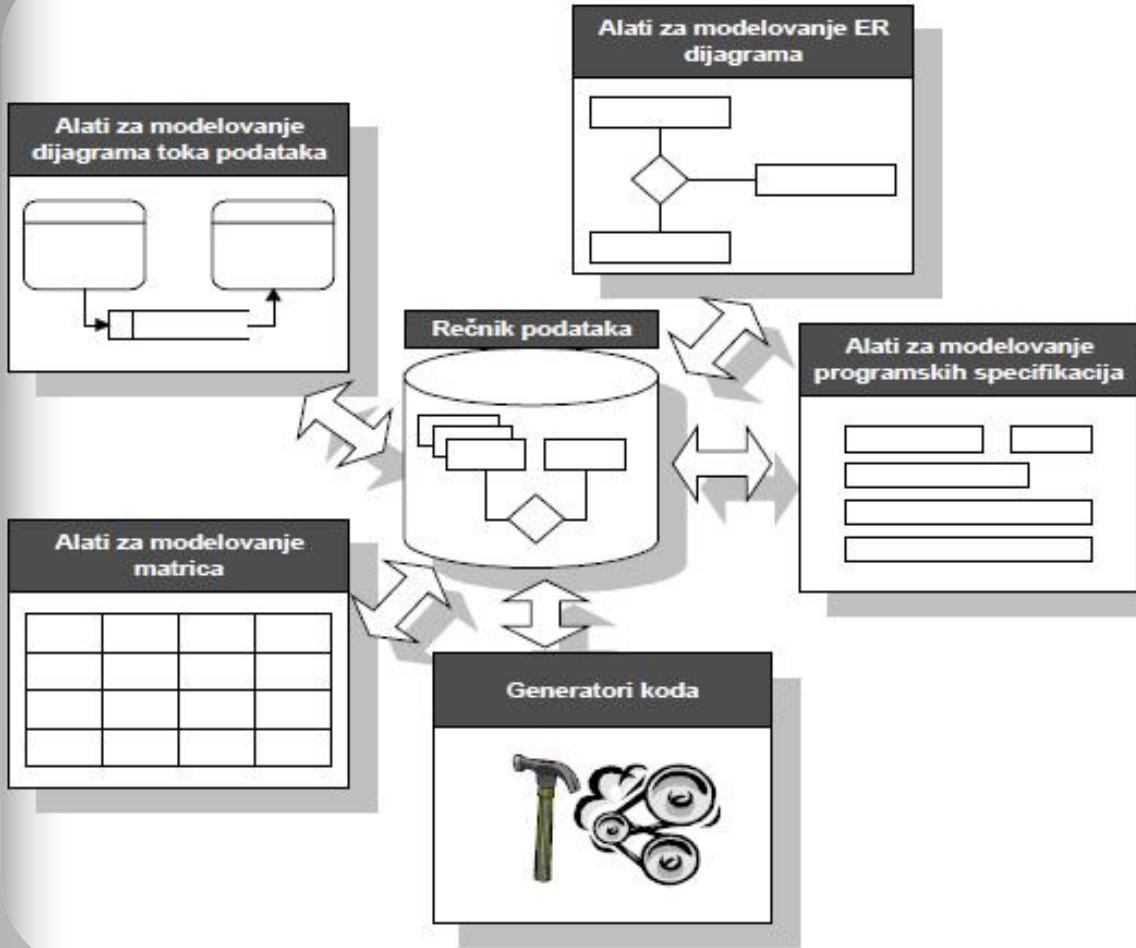
### **Komunikacione aplikacije:**

- videokonferencije,
- e\_pošta,
- elektronska razmena podataka (**EDI** - *Electronic Data Interchange*),
- Elektronski transfer novca (**EFT** - *Electronic Funds Transfer...*).

**Aplikacioni programi** omogućavaju različite vrste komunikacija među računarima ili između računara i drugog udaljenog uređaja (na primer, štampača ili faksa). Proizvođač komunikacionog uređaja, pored veznika (drajvera), obično daje i osnovni aplikativni softver da bi njegov uređaj mogao da se koristi. Međutim, program za korišćenje komunikacionog uređaja može biti i deo operativnog sistema (na primer, u Windows-u), a mnogo češće postoji veći broj programa na tržištu s različitim mogućnostima.

### **Aplikacije se mogu podeliti na:**

- ❖ Programi za pravljenje sajtova (FrontPage, Dreamweaver...)
- ❖ Baze podataka (Access, MySQL, Oracle...)
- ❖ Multimedija (programi za tekst, zvuk, slike, video...)
- ❖ Poslovni programi (MS Project, MS Visio..)
- ❖ Programki za izdavaštvo (Quark Xpress..)
- ❖ Grafika (Corel Draw, Adobe...)
- ❖ CAD grafika (Auto Cad, Arhi CAD, 3D Studio Max...)
- ❖ Office (MS Word, MS Excel, MS Point..)
- ❖ Muzički alati (Sound Forge..)
- ❖ i druge aplikacije



**Access, My SQL, Oracle**

**Baze podataka**

# Kraj