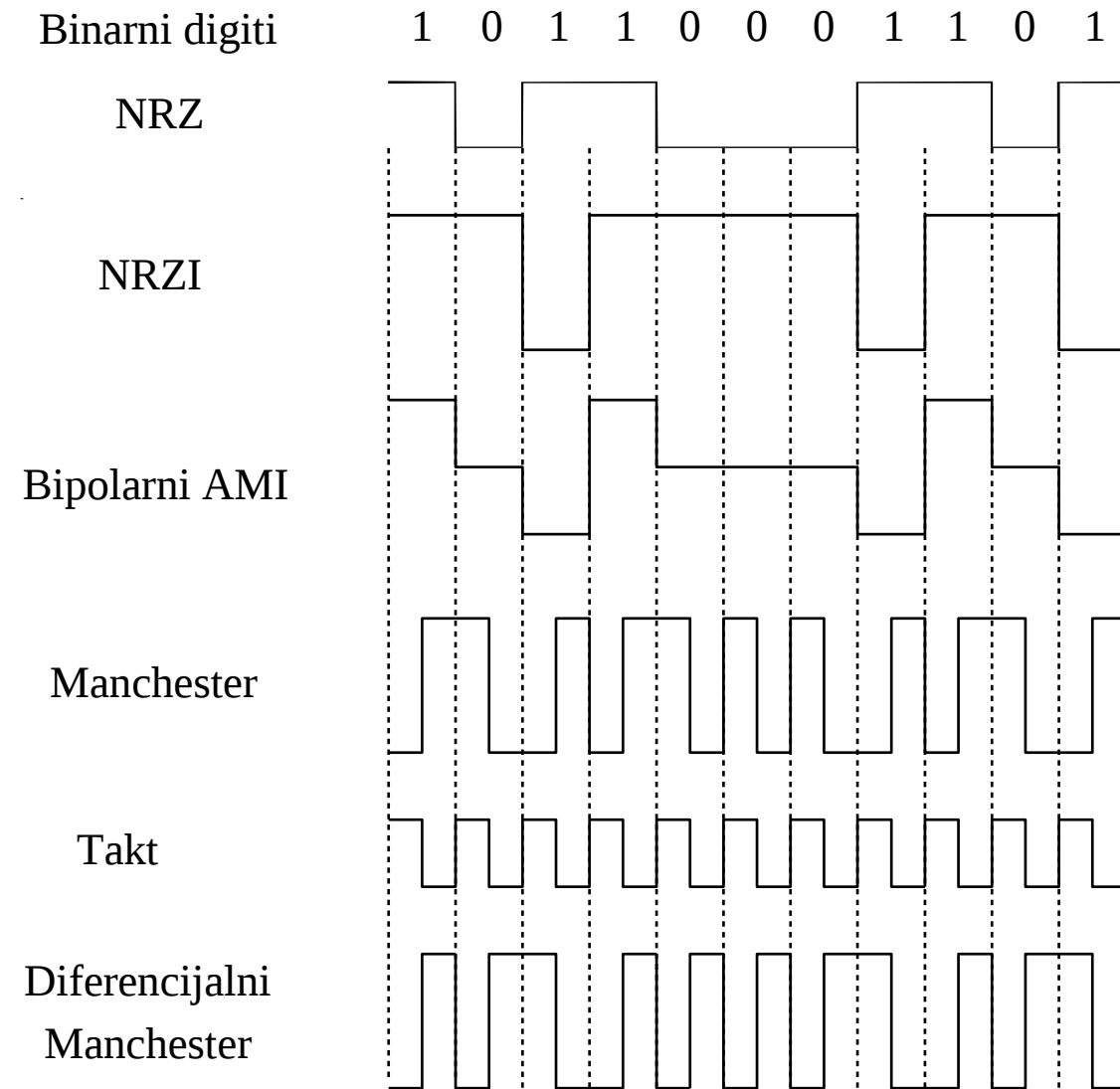


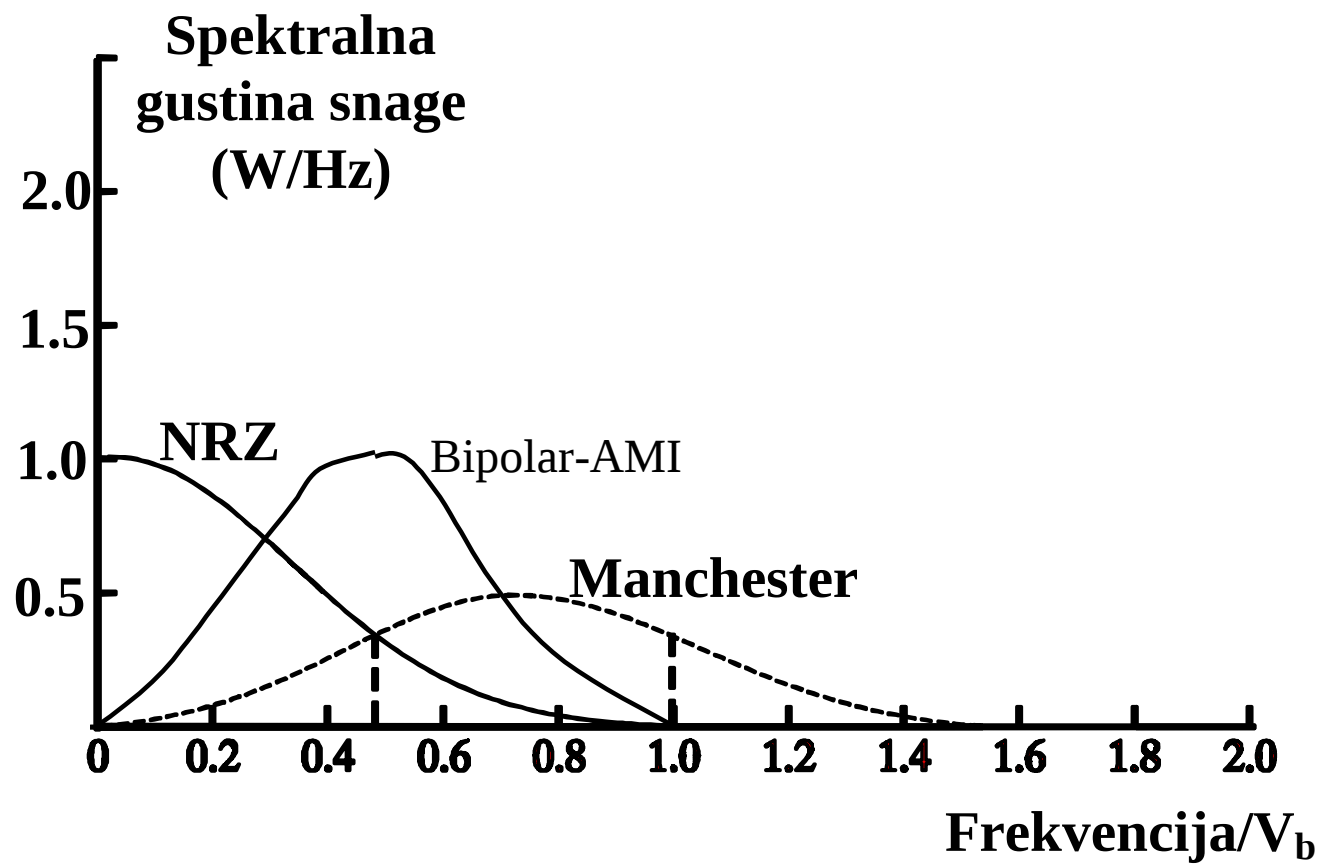
Kodiranje

- U postupku obrade signala, razlikuju se dva tipa kodiranja:
 - kodiranje digitalnih signala u osnovnom opsegu učestanosti i
 - kodiranje analognih signala, odnosno analogno/digitalna konverzija.

- Pri tome se mogu identifikovati različiti aspekti uticaja kodiranja na ponašanje signala.
 - Oblik spektra signala.
 - Sinhronizacija.
 - Otkrivanje grešaka.
 - Otpornost na uticaj šuma.
 - Složenost i ekonomičnost.



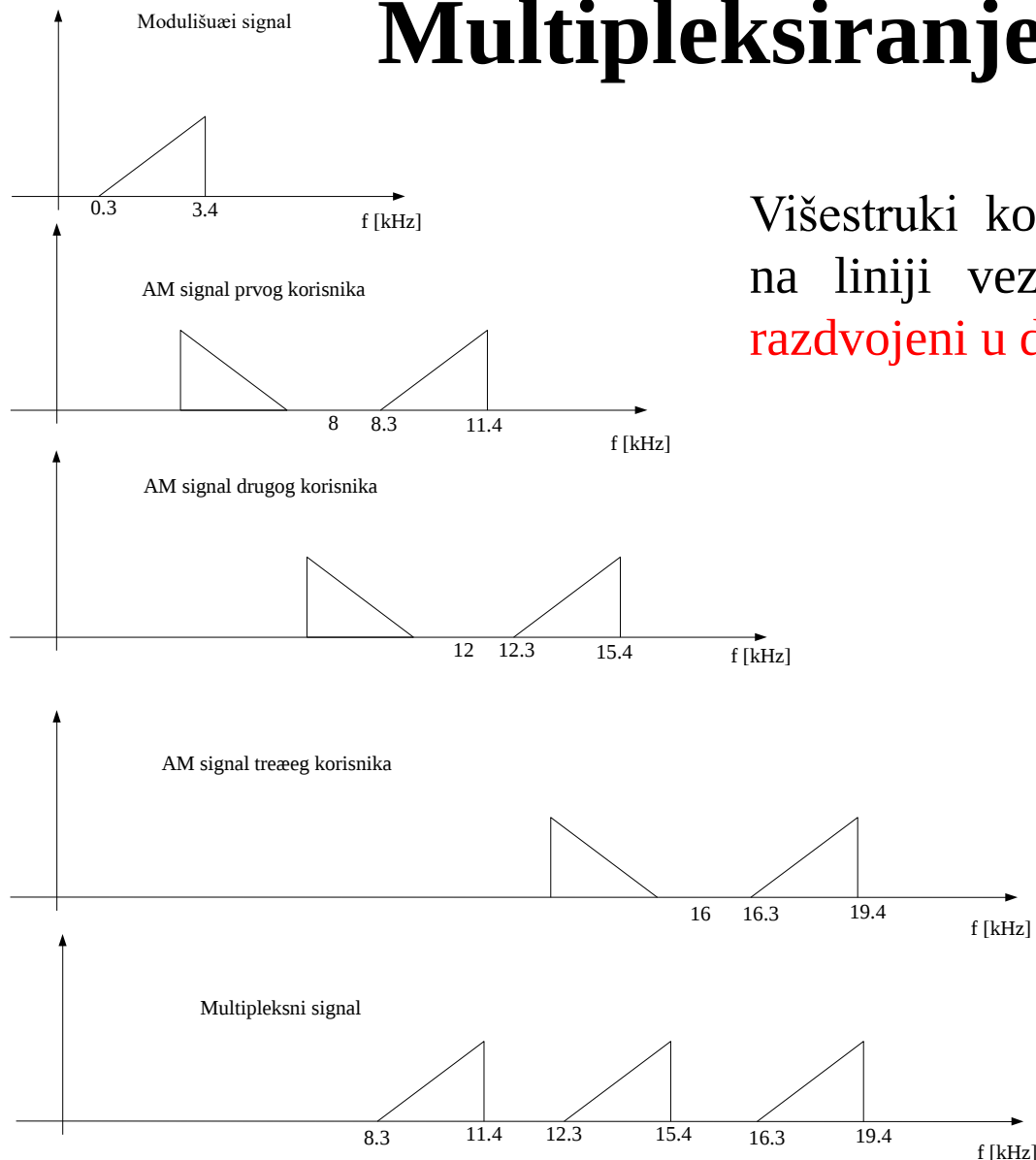
Neki osnovni postupci kodiranja digitalnih signala



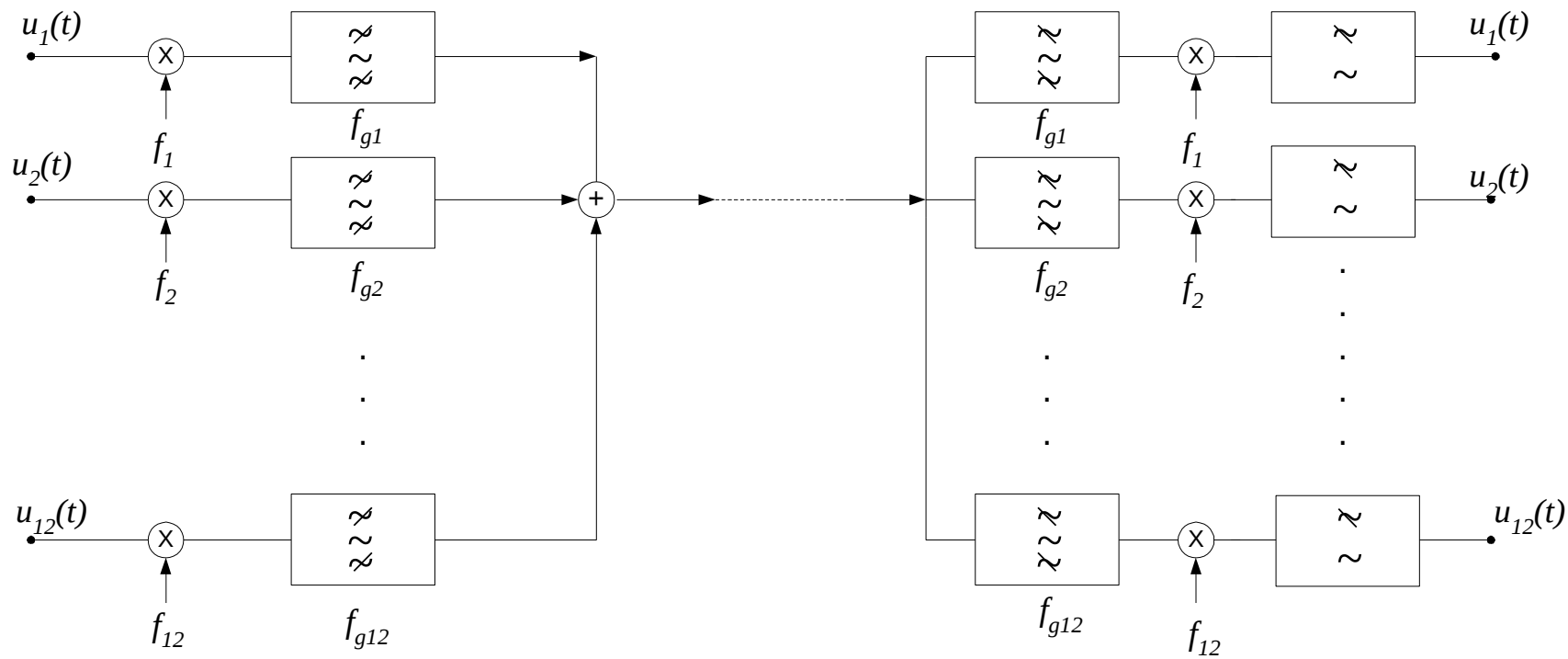
Spektralna gustina amplituda za različite postupke kodiranja

Multipleksiranje

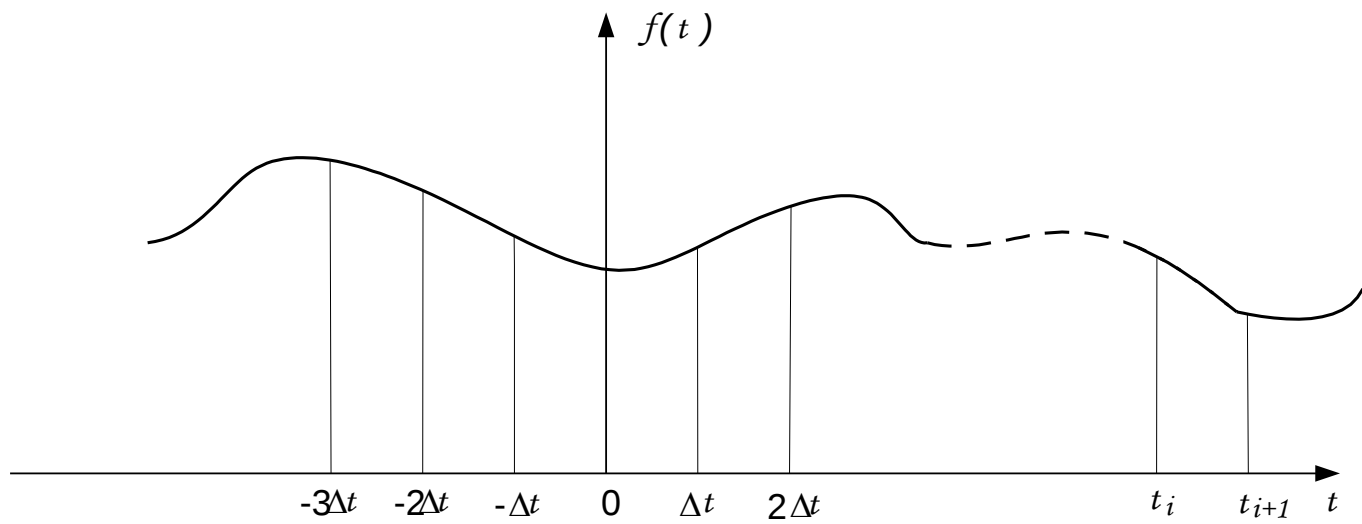
Višestruki korisnici su istovremeno na liniji veze, ali su međusobno **razdvojeni u domenu učestanosti**.



Postupak formiranja multipleksnog signala sa frekvencijskom raspodjelom kanala

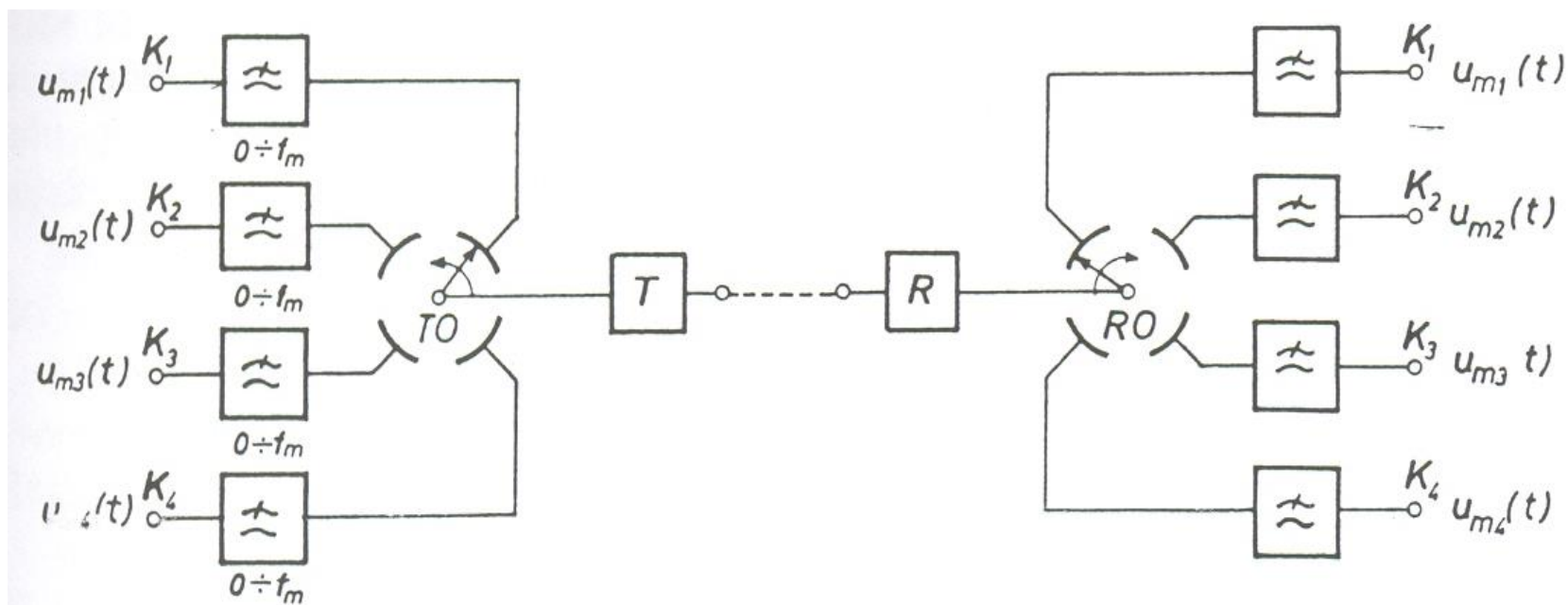


Primjer multipleksnog sistema sa frekvencijskom raspodjelom kanala



Odabiranje kontinualnog signala

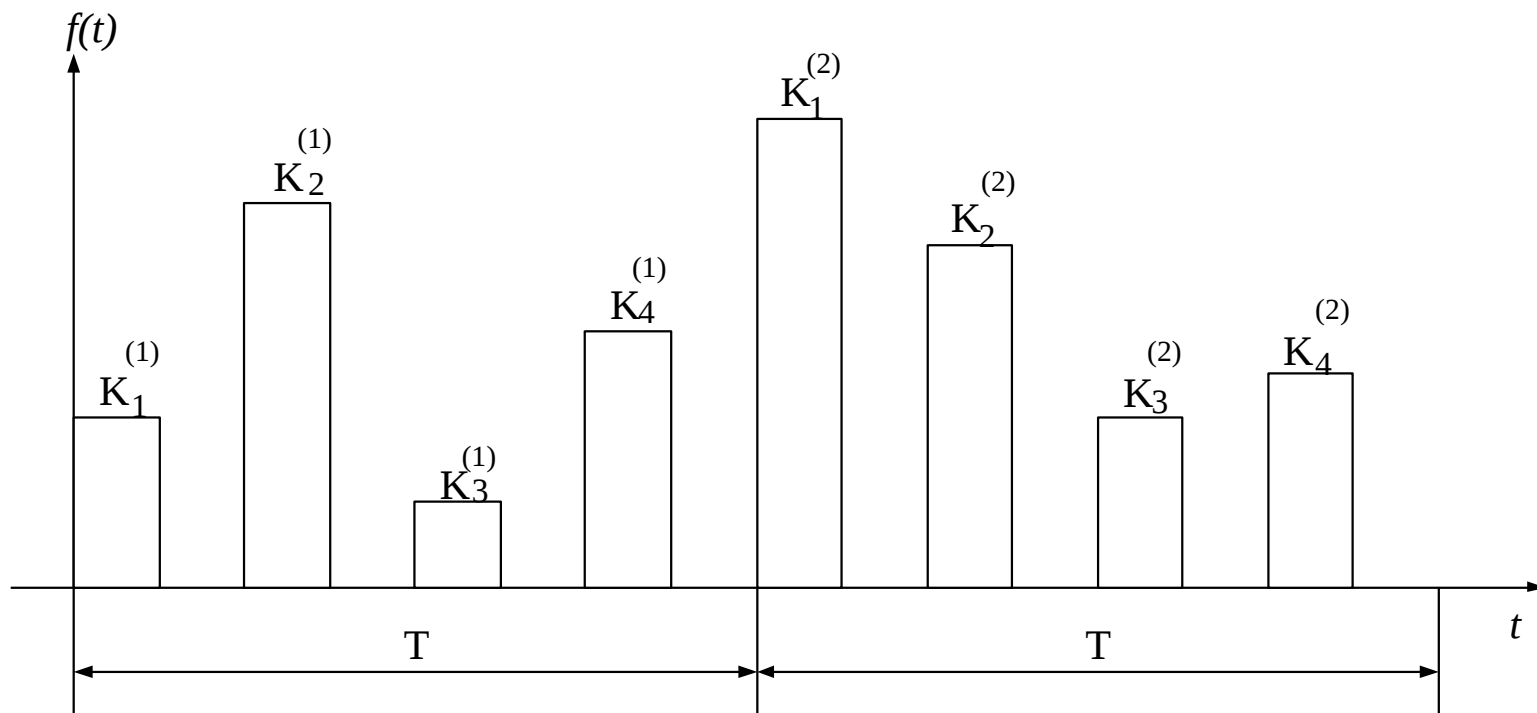
Multipleks sa vremenskom raspodjelom kanala



Blok šema TDMA sistema

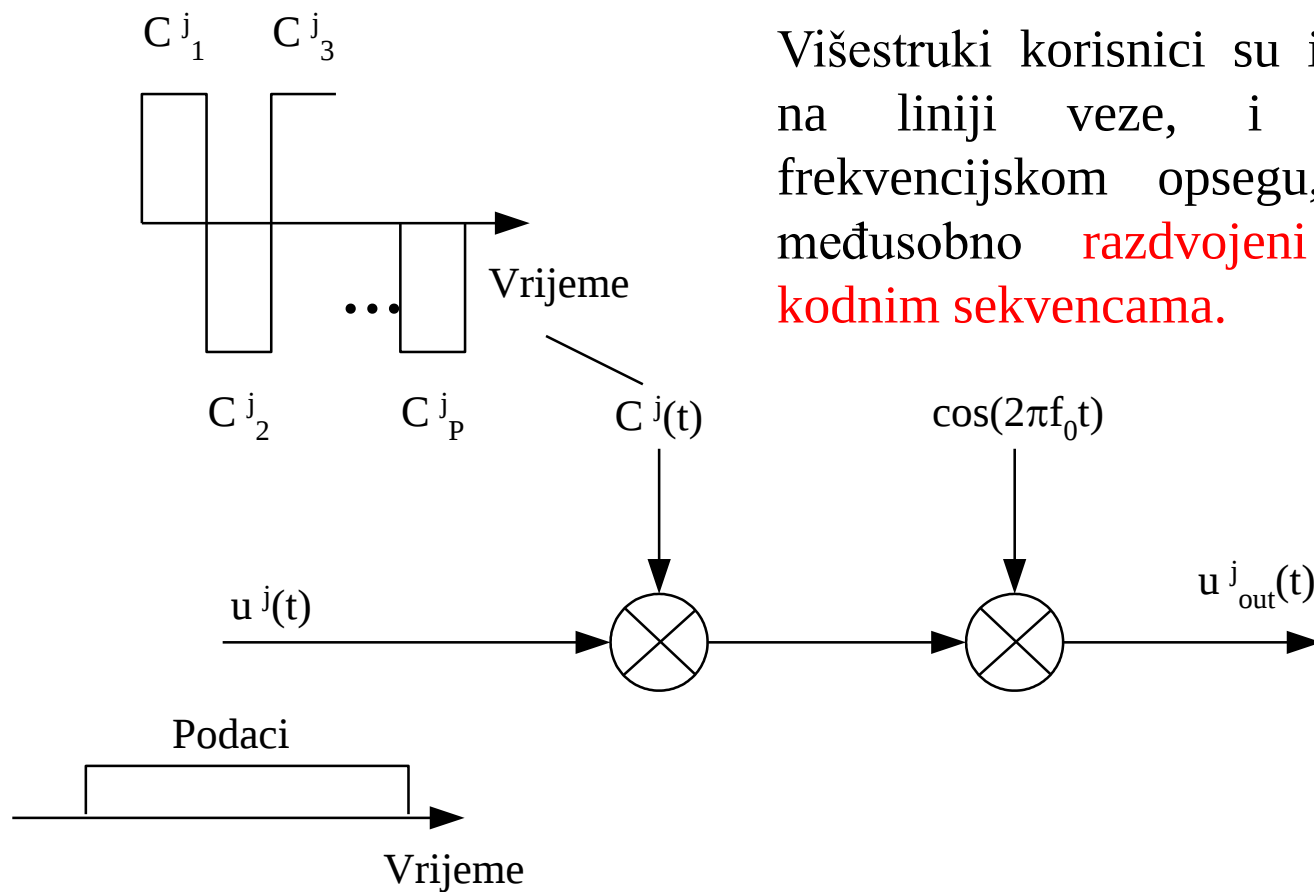
Svi korisnici koriste isti frekvencijski opseg kanala, ali su **međusobno razdvojeni u domenu vremena**.

U jednom trenutku, čitav kanal pripada samo jednom komunikacionom paru.

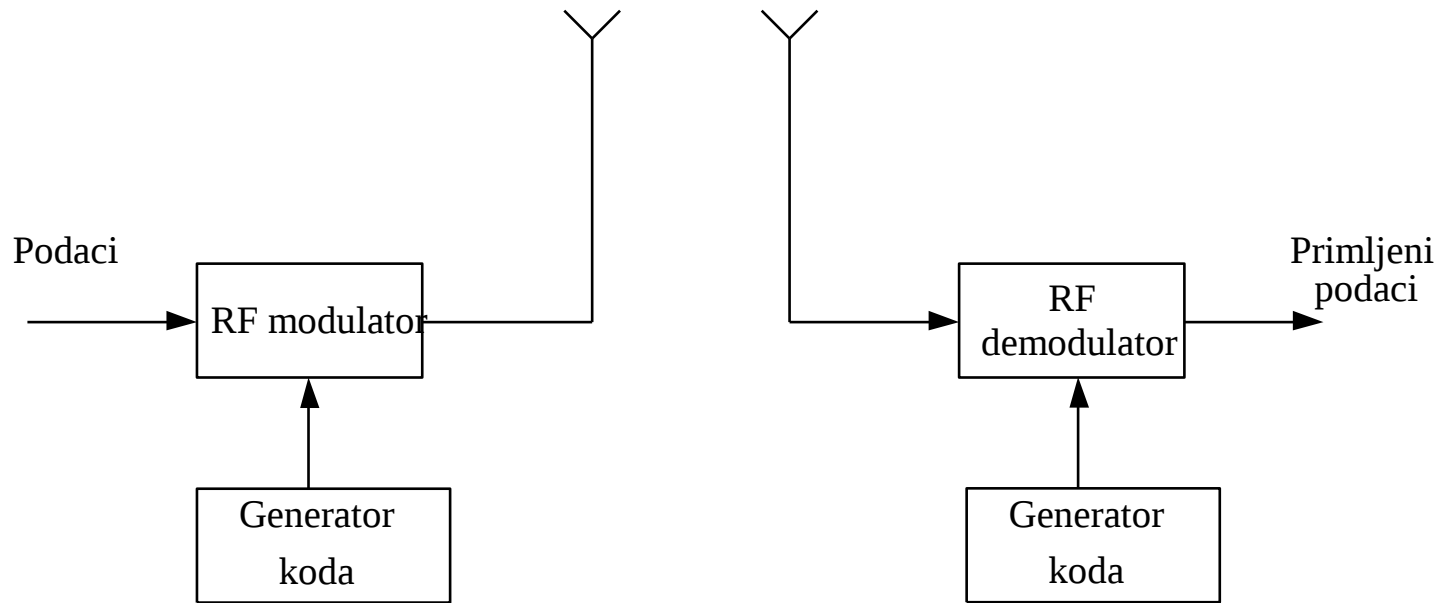


Multiplexni signal sa vremenskom raspodelom kanala

Kodni multipleks



Obrada signala j -tog korisnika u cilju formiranja kodnog multipleksa



Formiranje multipleksnog signala na bazi frekvencijskog skakanja

Šum

- Šum se može podijeliti u četiri osnovne kategorije:
 - termički šum,
 - intermodulacioni šum,
 - šum preslušavanja i
 - impulsni šum.

Termički šum nastaje usled termičkog kretanja elektrona u provodnicima i prisutan je u svim električnim uređajima.

$$P = kTW$$

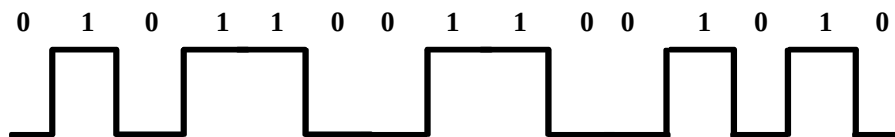
gdje je $k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$ Bolcmanova konstanta, a T je apsolutna temperatura izražena u $^\circ\text{K}$.

Šum

- Kada signali različitih frekvencija dijele isti transmisioni medijum, može doći do **intermodulacionog šuma**.
- **Šum preslušavanja** se javlja kada se signal iz jednog kanala indukuje u drugom kanalu.
- **Impulsni šum** je nekontinualna smetnja, koja se sastoji od impulsa kratkog trajanja i relativno velike amplitude. Može biti generisan od strane različitih izvora, uključujući električne uređaje raznih namjena.

Emitovana poruka

Signal



Šum



Signal+ šum



Trenuci odabiranja



Primljena poruka

0 1 0 1 1 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0

Originalna poruka

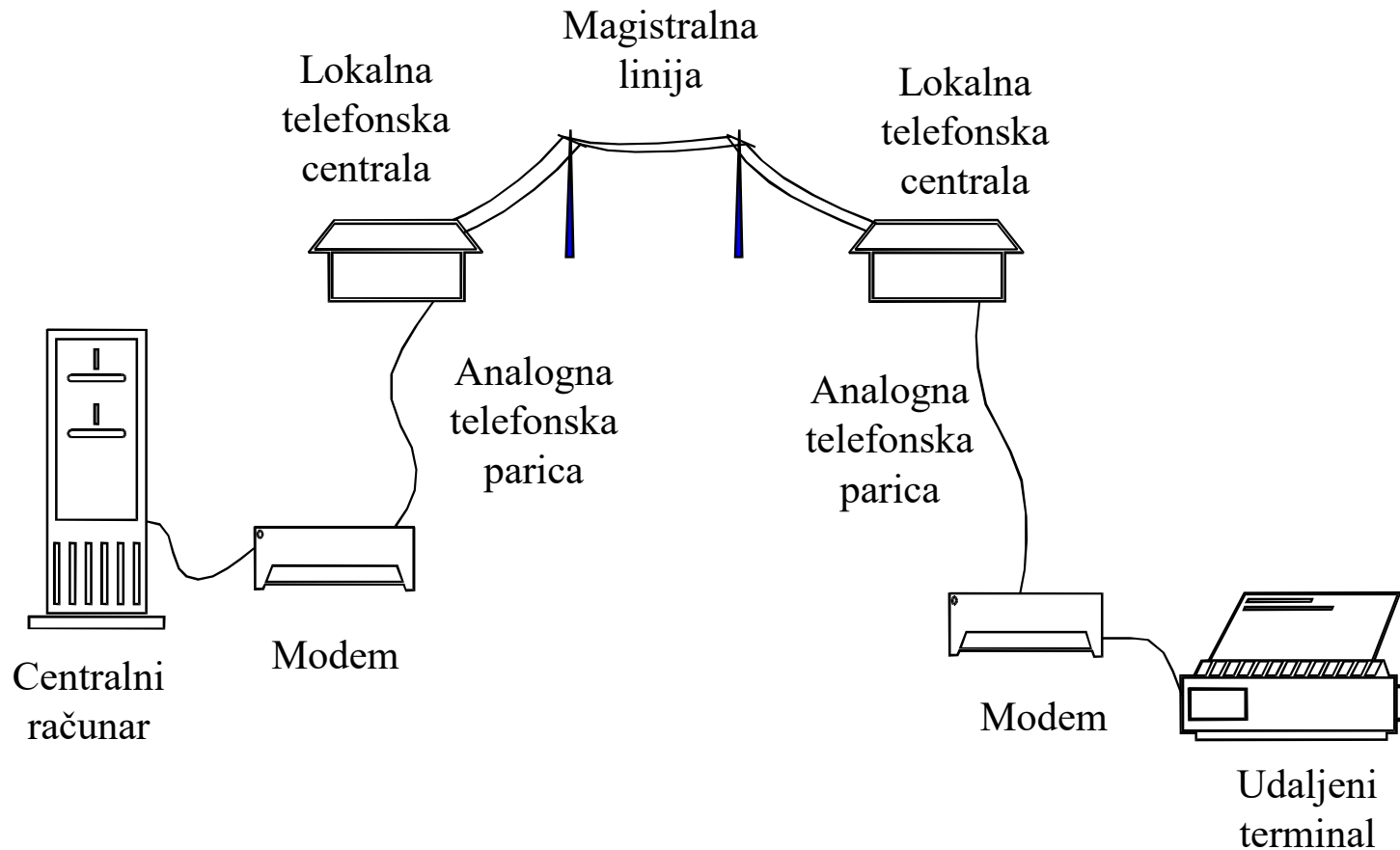
0 1 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 1 0

↑
**Pogrešan
bit**

↑
**Pogrešan
bit**

Uticaј šuma na prenos digitalnog signala

PRENOSNI PUTEVI



Forma povezivanja računara sa udaljenim terminalom

Klasifikacija prenosnih puteva

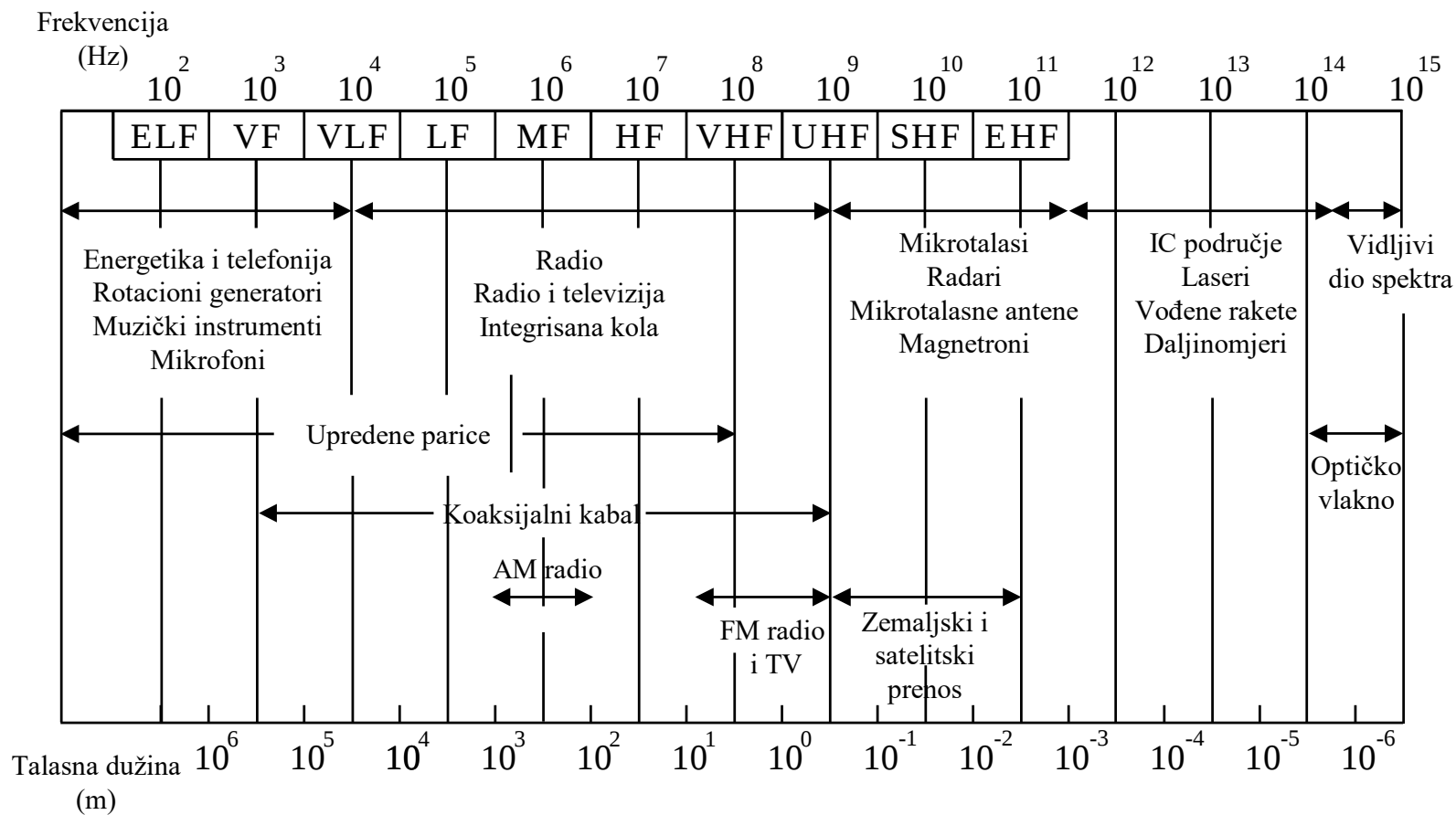
- Prenosni putevi se generalno mogu podijeliti na:

1. Vođene

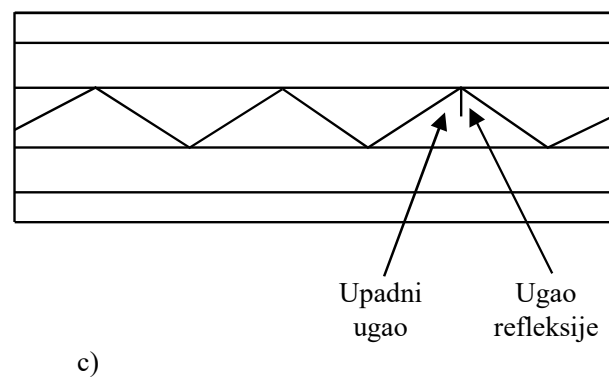
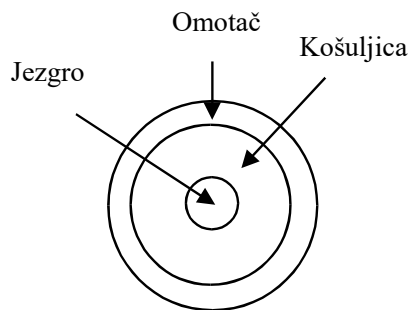
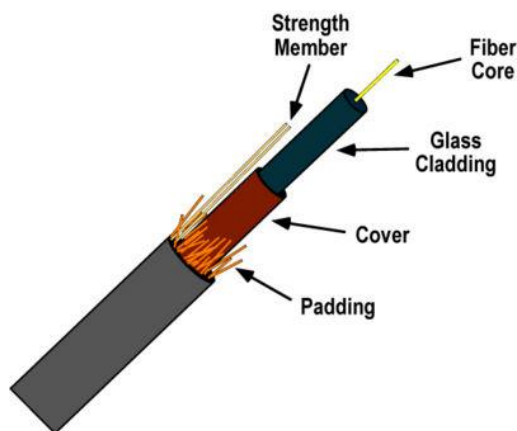
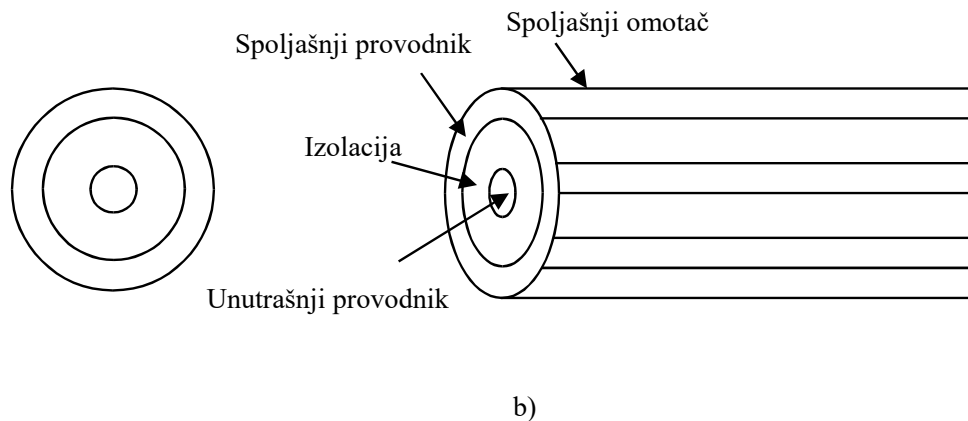
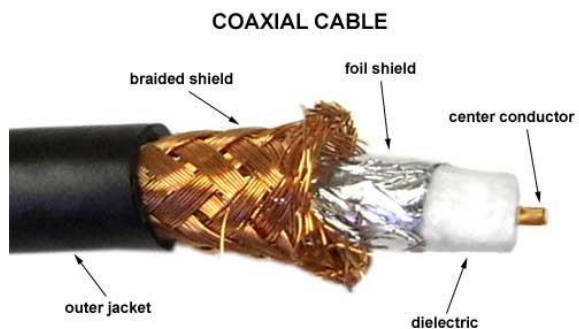
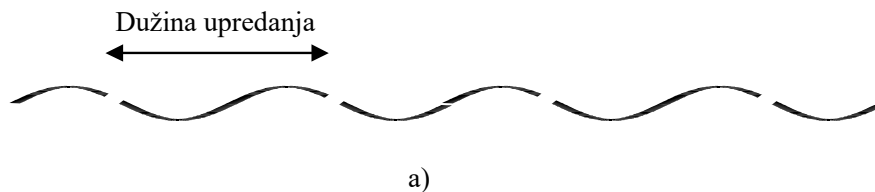
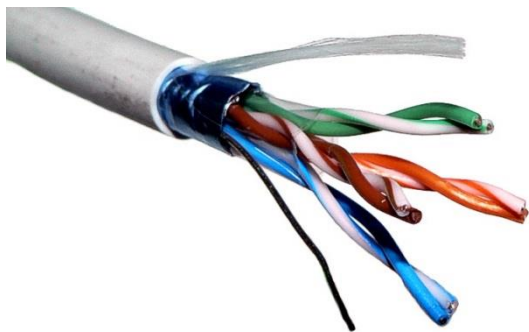
- Talasi su vođeni kroz medijum od čvrstog materijala, kao što je bakarna parica, koaksijalni kabal ili kabal sa optičkim vlaknima

2. Nevođene

- Atmosfera i slobodni prostor su primjeri medija kojima se ostvaruje nevođena komunikacija, putem slobodnog prostiranja elektromagnetnog talasa.



Raspodjela telekomunikacionih frekvencija unutar elektromagnetnog spektra



Vođeni prenosni putevi

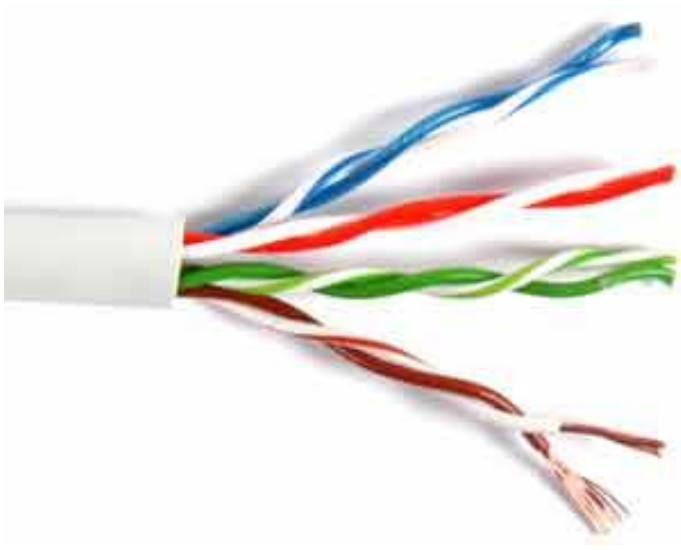
a) Upredena parica; b) Koaksijalni kabl; c) Optičko vlakno

UPREDENE BAKARNE PARICE

- Predstavljaju najčešće korišćen medijum za prenos u lokalnim računarskim mrežama.
- Kablovi sa upredenim paricama koji se koriste u računarskim mrežama sastoje se od osam pojedinačno izolovanih bakarnih provodnika koji su upredeni u parovima (4 para) i označeni različitim bojama. Radi fizičke zaštite, četiri parice su obuhvaćene omotačem od PVC-a ili teflona (ukoliko kabal treba da bude vatrostan).
- Predstavljaju danas najčešće upotrebljavan medijum za prenos u lokalnim računarskim mrežama. Njihova prednost ogleda se u lakoći postavljanja i održavanja, kao i veoma niskoj cijeni.
- U zavisnosti od kategorije pojedinih kablova sa upredenim paricama, njima je moguće ostvariti brzine prenosa od 16 Mb/s do 10 Gb/s **na rastojanjima do 100m**

UPREDENE BAKARNE PARICE

- Postoje tri osnovne varijante ovih kablova:
 1. neoklopljeni - **UTP** (*Unshielded Twisted Pair*),
 2. oklopljeni – **STP** (*Shielded Twisted Pair*),
 3. i kablovi sa upredenim paricama obmotani folijom – **FTP** (*Foiled Twisted Pair*).



UTP kabal



STP kabal



FTP kabal

Upredene bakarne parice

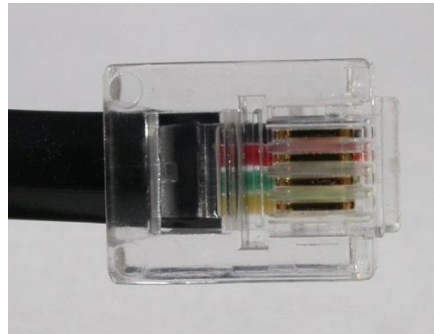
- Kategorija **3.** kablovi, i odgovarajući konektori, koji podržavaju brzinu prenosa od **16Mb/s** za rastojanja do 100m.
- Kategorija **5.** kablovi i konektori, koji podržavaju brzinu prenosa od **100Mb/s** za rastojanja do 100m.
- Kategorija **5e.** kablovi i konektori, koji podržavaju brzinu prenosa do **1Gb/s** za rastojanja do **100m**, sa mogućnošću podrške brzina do 10Gb/s na manjim rastojanjima.
- Kategorija **6.** kablovi i konektori, koji podržavaju brzinu prenosa do **10Gb/s** za rastojanja do 100m.

RJ-45 KONEKTOR

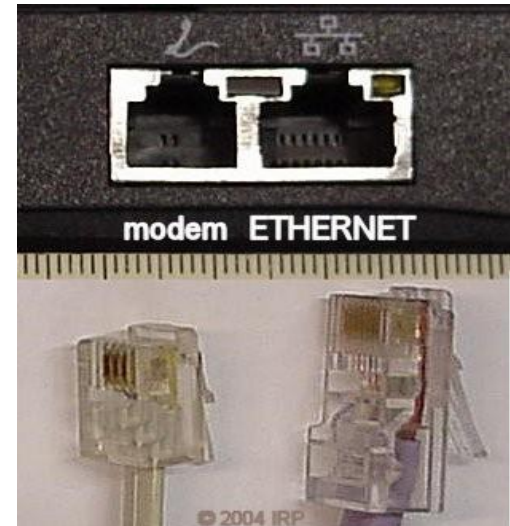
- Za povezivanje kablova sa upredenim paricama na računar koristi se RJ-45 konektor. Ovaj konektor je sličan modemskom RJ-11 konektoru, samo što ima osam pinova



RJ-45 konektor



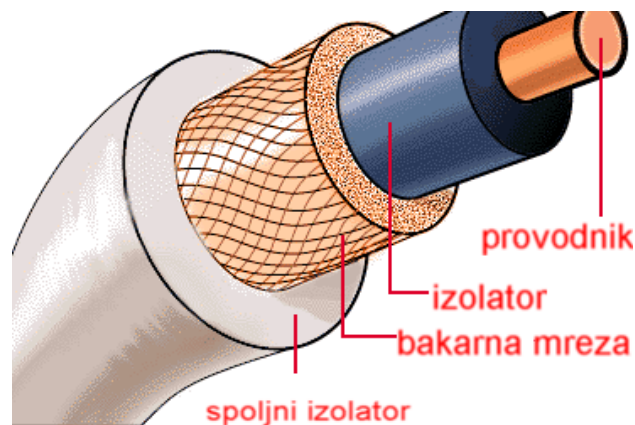
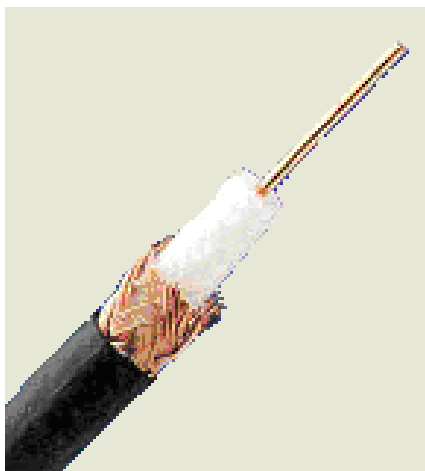
RJ-11 konektor



Konektori sa odgovarajućim portovima na računaru

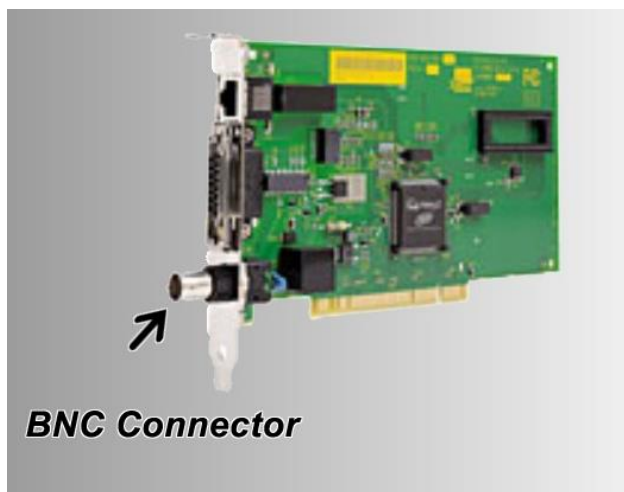
KOAKSIJALNI KABLOVI

- Koaksijalni kabal se sastoji od dva koncentrično postavljena provodnika. Spoljašnji provodnik je šupalj, pa se između njih postavlja neki dielektrični materijal ili izolatorski prstenovi. Oko spolnog provodnika se nalazi zaštitni omotač.
- Zbog svoje konstrukcije i oklopa, koaksijalni kabl je veoma otporan na razne oblike degradacije signala (npr.interferencija sa signalima iz okoline), što znači da koaksijalni kablovi omogućavaju prenos kroz okruženja sa izraženim električnim šumom.



- Koaksijalni kablovi su danas gotovo potpuno potisnuti iz upotrebe u računarskim mrežama. Razlog tome je što kablovi sa upredenim bakarnim paricama omogućuju mnogo veće brzine prenosa, jeftiniji su i daju veću fleksibilnost u projektovanju same mreže.
- Ranije su se upotrebljavale dvije vrste koaksijalnih kablova za povezivanje stanica u računarskim mrežama:
 - **RG-58** (*thinwire*) tanki 50-ohmski kabl - korišćen je za povezivanje manjih grupa računara (u kancelarijama i laboratorijama) i omogućavao je brzinu prenosa do 10 Mb/s na segmentu dužine do 185m.
 - **RG-11** (*thickwire*) - nešto deblji 75-ohmski kabl koji je korišćen kao *backbone* kabl za distribuciju Ethernet signala kroz veće zgrade između spratova, i omogućavao je maksimalan domet do 500m pri brzini prenosa od 10 Mb/s.

- Mrežne kartice su morale imati BNC (*British National Connector*) konektor, pri čemu bi se na kartici poslednjeg računara u nizu (*bus* topologija) morao postaviti završni otpornik, kako se signal ne bi reflektovao nazad u mrežu. Na krajevima koaksijalnih kablova se takođe postavljaju BNC konektori.

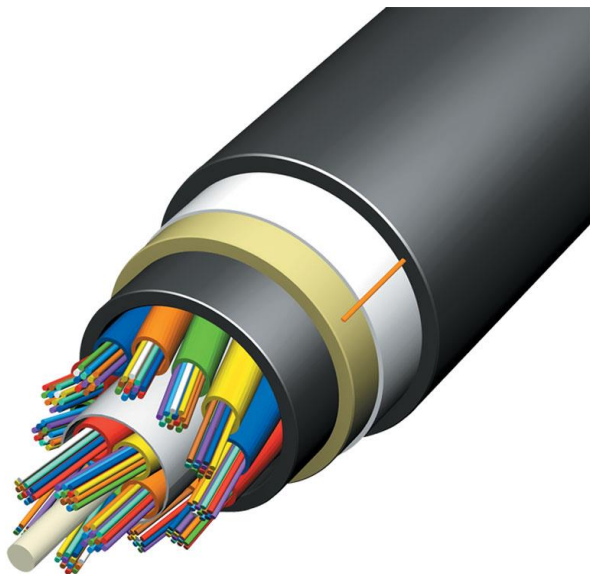
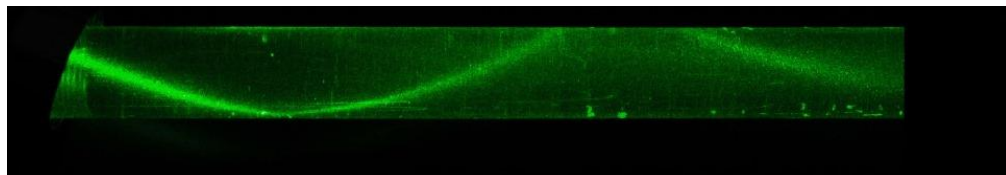
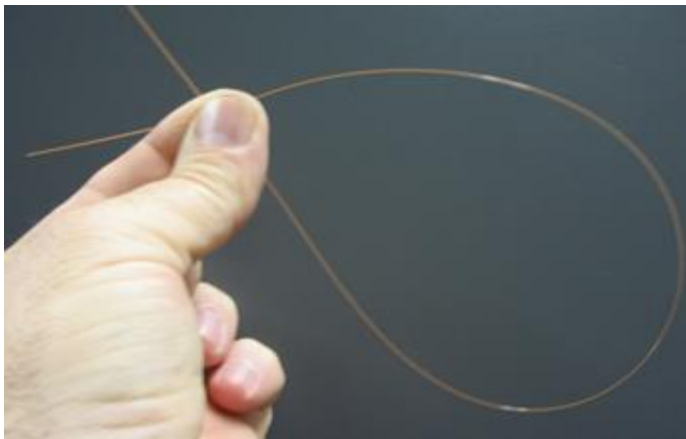


BNC konektor na NIC kartici



BNC konektori **a)** T tipa; **b)** N tipa

Optičko vlakno



Optičko vlakno

- Indeks prelamanja jezgra je uvijek veći od indeksa prelamanja omotača. Indeks prelamanja (n) neke sredine je odnos brzine prostiranja svjetlosti u slobodnom prostoru ($c=3 \cdot 10^8$ m/s) i u toj sredini (v):

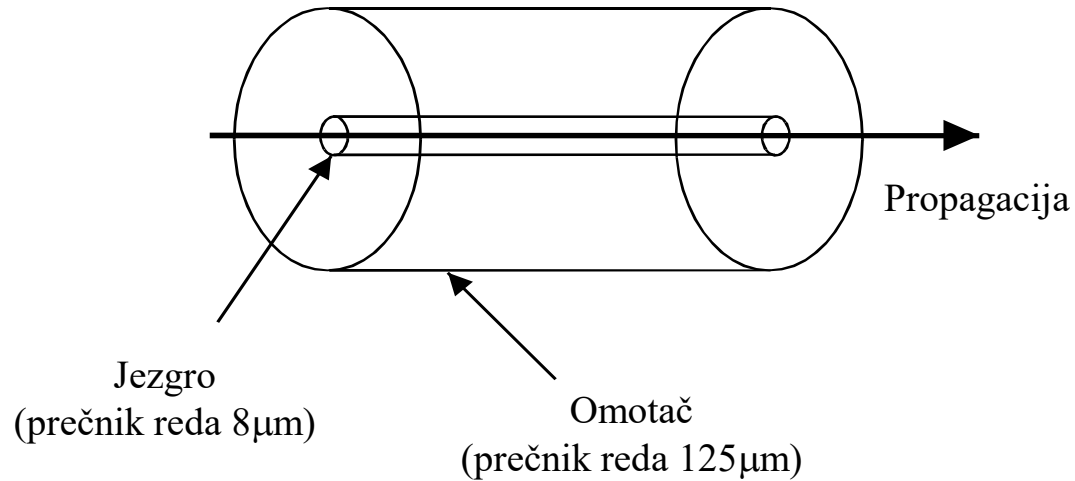
$$n=c/v$$

- Optička vlakna se koriste za:
 - lokalne veze računara sa perifernim uređajima;
 - interkonekciju lokalnih računara i terminala posredstvom dodijeljenih optičkih vlakana i LAN mreža;
 - magistralne veze na velika rastojanja, sa velikim brzinama prenosa.

- Optička vlakna imaju brojne prednosti u odnosu na druge fiksne medijume, kada je prenos podataka u pitanju.
 - **Veća brzina prenosa.** Svjetlost se optičkim vlaknom prostire brzinom oko 300 miliona metara u sekundi.
 - **Veći kapacitet prenosa.** Protoci i do Tb/s (10^{12} b/s) se mogu realizovati optičkim vlaknima, dok za upredene parice gornja granica za sada iznosi 40Gb/s, ali na veoma kratkim rastojanjima.
 - **Elektromagnetna izolacija.** Optička vlakna ne stvaraju elektromagnetnu interferenciju i nisu osjetljiva na spoljašnju interferenciju i atmosferska pražnjenja (ukoliko su vlakna organizovana u okviru kabla koji nije armiran).
 - **Nema problema preslušavanja i refleksije,** prisutnih kod upredenih parica i koaksijalnih kablova.
 - **Manje slabljenje.** Slabljenje raste sa rastojanjem sporije nego u slučaju prenosa električnim medijumima, čime se omogućava postavljanje ripitera na većim razmacima.

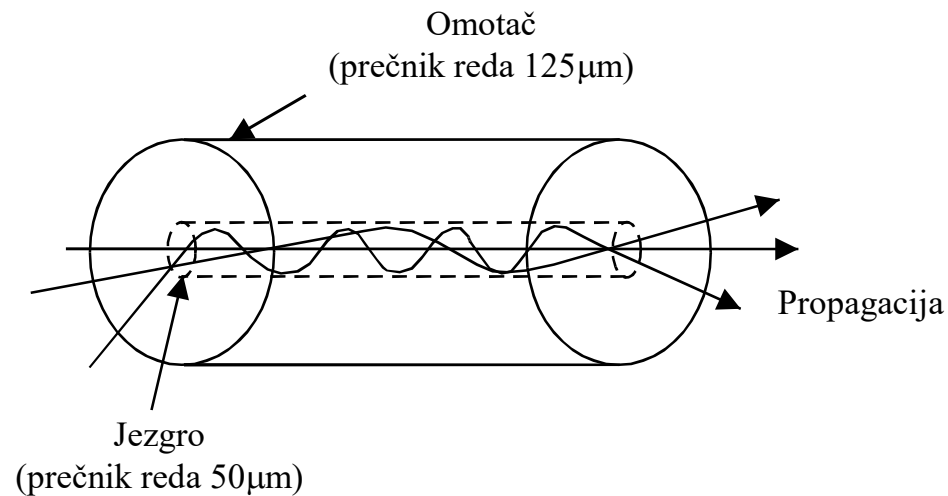
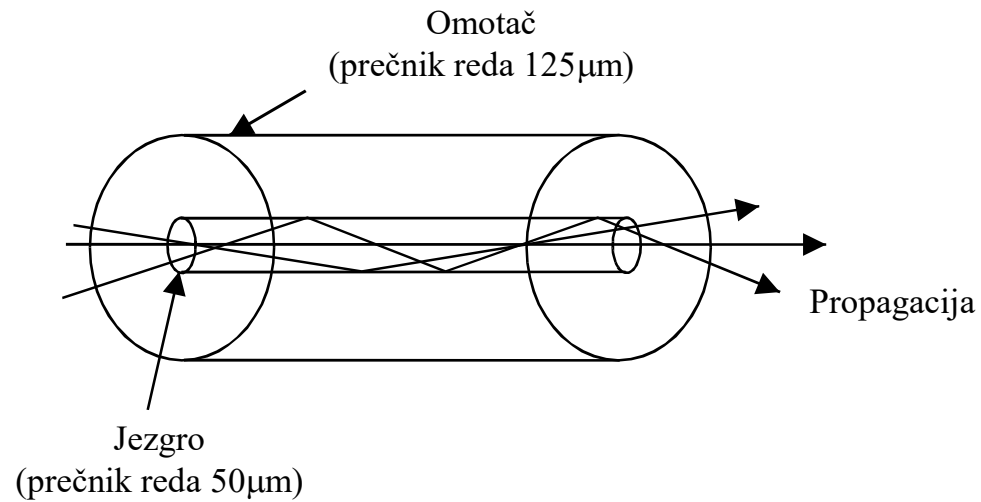
- **Mala vjerovatnoća greške.** Vjerovatnoće greške reda 10^{-9} su tipične, u odnosu na 10^{-6} za koaksijalne kablove.
- **Manji su i lakši.** Tipično, kablovi sa optičkim vlaknima imaju deset puta manju težinu od koaksijalnih kablova, tanji su i lakši za ugradnju.
- Optička vlakna su pogodna za upotrebu u širokom temperaturnom opsegu.
- Povećanje kapaciteta prenosa može biti ostvareno “gušćim” multipleksiranjem po talasnim dužinama (DWDM).
- Optička vlakna su otporna na koroziju i vlagu.
- Troškovi održavanja su manji nego za električne kablove. Takođe je i srednje vrijeme između otkaza znatno duže.

- U odnosu na način prostiranja svjetlosti duž vlakna, razlikuju se:
 - **monomodna** i
 - **multimodna** vlakna.
- Kod monomodnih vlakana postoji samo jedna putanja prostiranja svjetlosti duž jezgra. Za smanjivanje broja refleksija od ivice jezgra, potrebno je da jezgro bude što je moguće manje (reda $8\mu\text{m}$), što stvara probleme u proizvodnji.
- Multimodna vlakna, imaju veći prečnik jezgra i veći broj putanja prostiranja dobijenih refrakcijom svjetlosnog zraka. Postojanje više putanja prostiranja različitih dužina, a time i različitih vremena potrebnih za prelazak vlakna, dovodi do toga da se pojedinačni elementi signala (impulsi) rasipaju u vremenu. Ova pojava zove se **modalna disperzija**.



Prostiranje svjetlosti duž jezgra kod monomodnih vlakana

- U praksi se uobičajeno sreću dvije vrste multimodnih vlakana:
 - **dvoslojna i**
 - **gradijentna.**



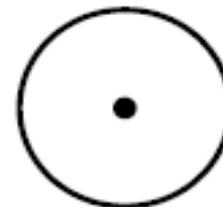
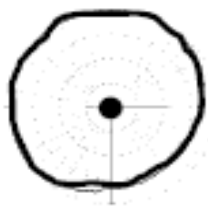
Putanje prostiranja svjetlosnih zraka kod dvoslojnih i gradijentnih multimodnih optičkih vlakana

Bežični prenosni putevi

Kod bežičnih veza, predaja i prijem signala se ostvaruje pomoću antena, koje predstavljaju konvertore električnih signala visokih učestanosti u elektromagnetno zračenje (predajna antena) i obrnuto (prijemna antena).

Dva tipa konfiguracije za bežični prenos:

- **Omni-direkciona antena** – emituje EM energiju u svim pravcima
- **Direkciona antena** – ima usmjereno zračenje
- **Izotropna antena** - emituje EM energiju podjednako u svim pravcima (teorijski model)



Dijagrami zračenja: **a)** Omni-direkcionane antene; **b)** Direkcionane antene;
c) Izotropne antene

- Jedna od podjela bežičnih komunikacionih sistema, u odnosu na primijenjene frekvencijske opsege, kao i na prirodu komunikacije je na :

1. Zemaljske radio veze
2. Mikrotalasne veze
3. Radio difuzija
4. Satelitske mikrotalasne veze

Zemaljske radio veze:

- Uglavnom u VHF (30MHz - 300MHz) i UHF (300MHz – 3GHz) opsezi elektromagnetnog spektra.

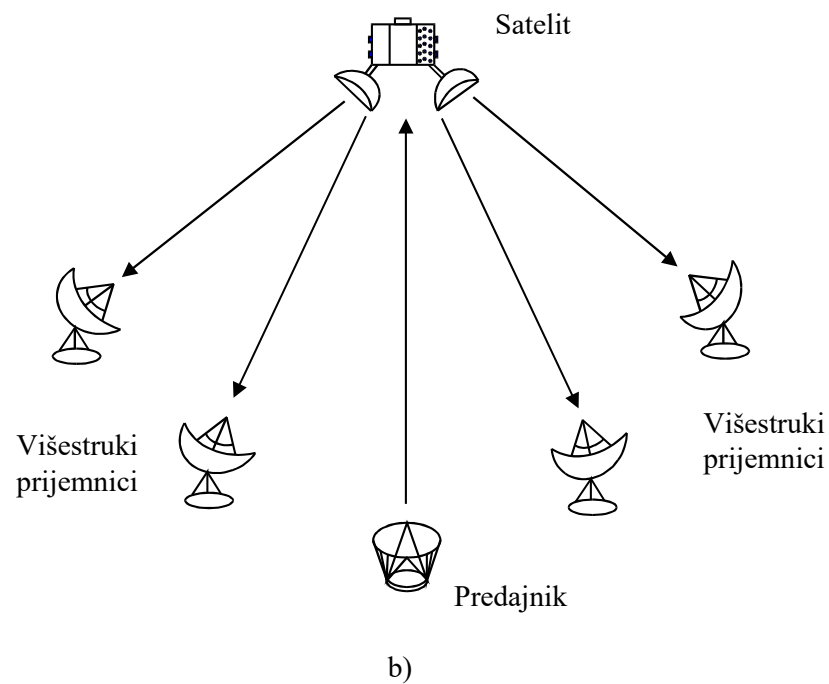
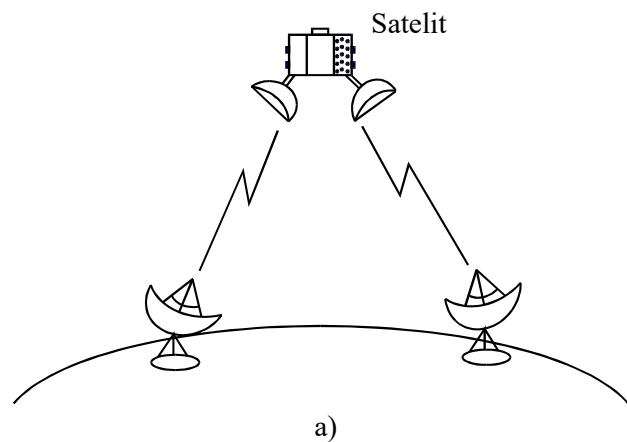
Mikrotalasne veze (3-40 GHz):

Ključni elementi potrebni za uspostavljanje mikrotalasnih veza su **parabolične antene** prečnika od 0,4 do 2,6m.

Pod uslovom da nema prepreka koje narušavaju liniju direktne vidljivosti, maksimalno rastojanje između antena je moguće odrediti relacijom:

$$d = 7.14\sqrt{Kh}$$

gdje je ***d*** rastojanje između antena u **kilometrima**, ***h*** je visina antene izražena u **metrima**, i ***K*** je faktor prilagođenja u slučaju da talas prati zakrivljenost Zemljine površine (obično se uzima $K=4/3$).

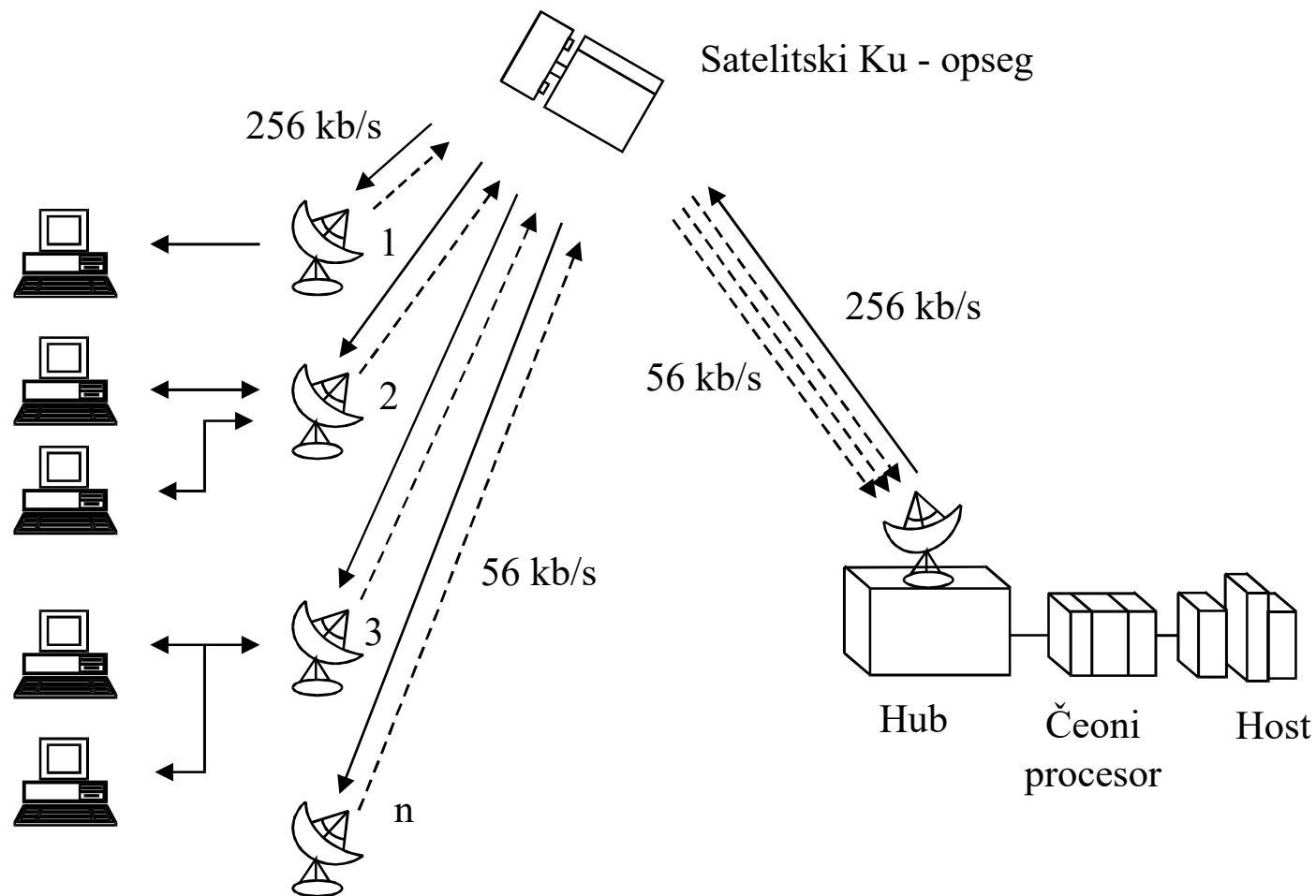


Konfiguracije za satelitske komunikacije: Komunikacija između dva korisnika preko satelita; b) Prosleđivanje signala od predajnika prema većem broju prijemnika

- Da bi komunikacioni satelit efikasno funkcionisao, generalno je potrebno da ostane stacionaran u odnosu na poziciju prema Zemlji. U protivnom dolazilo bi do gubljenja linije direktne vidljivosti od zemaljskih stanica. Da bi se postigla ta stacionarnost, satelit mora imati period rotacije jednak periodu Zemljine rotacije.
- Ukoliko se dva satelita koja funkcionišu u istim opsezima, nalaze blizu jedan drugom, može doći do međusobne interferencije. Taj problem se izbjegava postizanjem razmaka od 4° u opsegu 4/6 GHz i 3° u opsegu 12/14 GHz. Prema tome, broj mogućih satelita je vrlo ograničen.
- Optimalan opseg učestanosti za satelitski prenos je od 1 GHz do 10 GHz. Ispod 1 GHz, postoji značajan šum iz prirodnih izvora, kao što je galaktički, solarni, atmosferski ili "čovjekom izazvani" od raznih električnih uređaja. Iznad 10 GHz signal je izložen ozbiljnom slabljenju usled atmosferske absorpcije.

Kada su u pitanju satelitski prenosni putevi, najvažnije oblasti njihove primjene se mogu sistematizovati na sledeći način:

- Televizijska distribucija, koja predstavlja tradicionalan način upotrebe satelita za emitovanje TV signala sa neke centralne lokacije.
- Magistralne telefonske veze, gdje se satelitski linkovi koriste za veze od tačke do tačke između telefonskih centrala javne telefonske mreže. To je ujedno optimalan medijum za međunarodne veze koje zahtijevaju veliki kapacitet.
- Privatne mreže, koje su ustvari poslovne mreže za prenos podataka. U takvim aplikacijama provajder satelitskog servisa može podijeliti ukupan kapacitet na određeni broj kanala i potom izdavati te kanale pojedinačnim poslovnim korisnicima. Tradicionalno, ovakve aplikacije su bile vrlo skupe i ograničene na velike organizacije sa zahtjevima za saobraćaj velikog obima. Najnovija tehnološka dostignuća u vidu sistema terminala sa malim otvorom (*Very Small Aperture Terminals-VSAT*), omogućavaju značajno jeftiniju alternativu
- Pristup Internetu sa bilo koje lokacije na Zemlji
- Komunikacioni sistemi za povećanje bezbjednosti u pomorstvu, vazduhoplovstvu i kopnenom transportu



VSAT konfiguracija

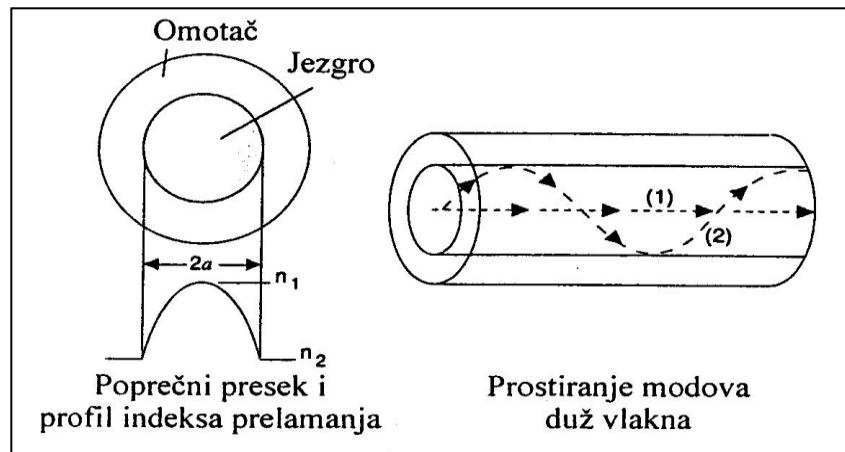
Primjeri pitanja za završni ispit

1. Prikazani prenosni medijum je:
 - a) upredena parica
 - b) koaksijalni kabal
 - c) kabal sa optičkim vlaknima



2. UTP kablovi kategorije 5e podržavaju brzinu prenosa od:
 - a) 1Gb/s
 - b) 10Mb/s
 - c) 100Mb/s
3. Gradijentna optička vlakna su:
 - a) monomodna vlakna kod kojih je indeks prelamanja jezgra veći od indeksa prelamanja omotača.
 - b) multimodna vlakna kod kojih je indeks prelamanja jezgra veći od indeksa prelamanja omotača.
 - c) multimodna vlakna kod kojih se indeks prelamanja jezgra mijenja duž njegovog prečnika, s tim što je indeks prelamanja omotača konstantan i manji od najmanje vrijednosti indeksa prelamanja jezgra.

5. Prikazani prenosni medijum je:
- a) monomodno optičko vlakno
 - b) dvoslojno multimodno vlakno
 - c) gradijentno multimodno vlakno



Primjeri zadataka za kolokvijum

1. Pod uslovom da nema prepreka koje narušavaju liniju direktne vidljivosti, maksimalno rastojanje između direkcioni paraboličnih antena postavljenim na visini od 192m je:
 - a) 110,42 km
 - b) 114,24 km
 - c) 82 km
2. Da li je moguće sa mikrotalasnim antenama postavljenim na visini od 10m realizovati mikrotalasni link na rastojanju od 18km, pod uslovom da linija direktne vidljivosti postoji?
3. Na koju visinu je potrebno postaviti mikrotalasne antene, da bi bilo moguće realizovati mikrotalasni link na rastojanju od 22 km, pod uslovom da linija direktne vidljivosti postoji?