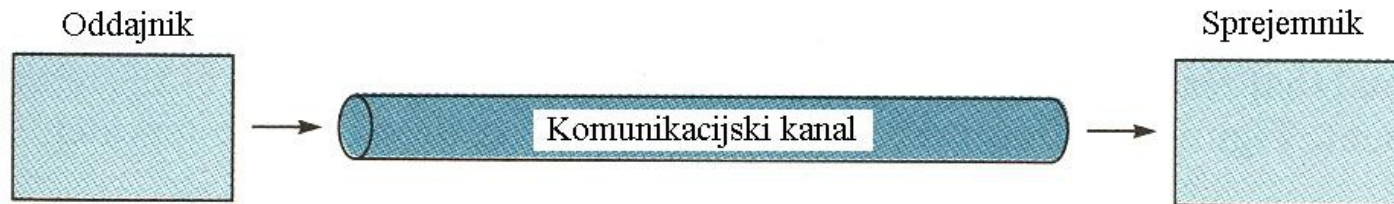




Osnove prenosa signalov

Lastnosti prenosnega medija

Prenosni sistem uporablja fizični **prenosni medij** ali **komunikacijski kanal** za razširjanje energije v obliki spremembe napetosti, toka ali intenzivnosti svetlobe.

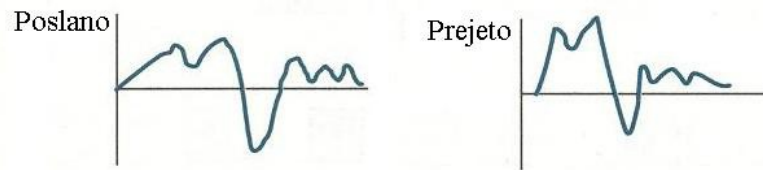


Lastnosti prenosnega medija

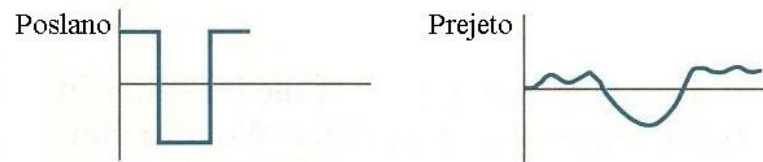
Naloga prenosnega sistema

- ✓ Pri analognem prenosu, da sprejemnik na izhodu generira natančno takšno funkcijo kot je na vhodu sistema.
- ✓ Pri digitalnem prenosu, da sprejemnik določi vhodni simbol z veliko verjetnostjo.

(a) Analogni prenos



(b) Digitalni prenos





Osnove prenosa signalov

Tehnika prenosa po žici



Prenosna zmogljivost

Prenosno zmogljivost žičnega medija določajo naslednje lastnosti:

- ✓ Slabljenje in disperzija,
- ✓ Odboji,
- ✓ Različne vrste šuma.



Slabljenje in disperzija

Če pošljemo na vhod prenosnega kanala sinusni signal

$$x(t) = \cos(2\pi ft)$$

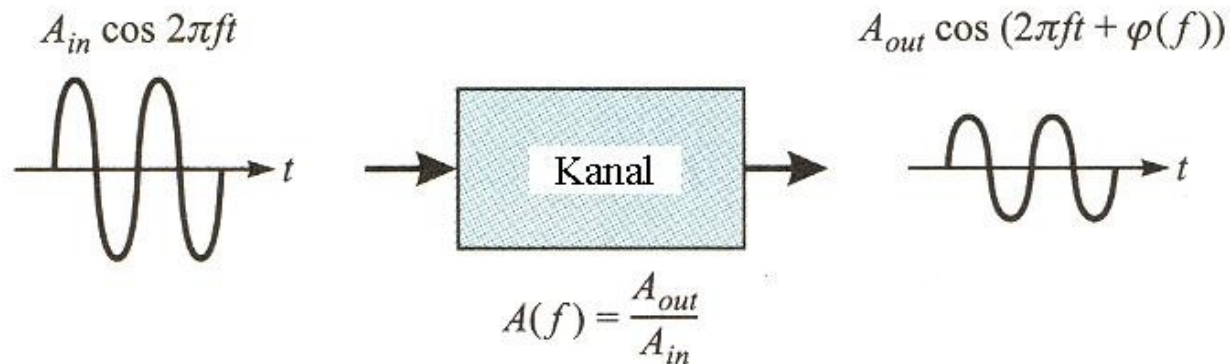
ima signal $y(t)$ na izhodu signala običajno tudi sinusni signal iste frekvence, ki pa ima drugačno amplitudo in fazo

$$y(t) = A(f)\cos(2\pi ft + \varphi(f)) = A(f)\cos(2\pi f(t - \tau(f)))$$

Slabljenje in disperzija

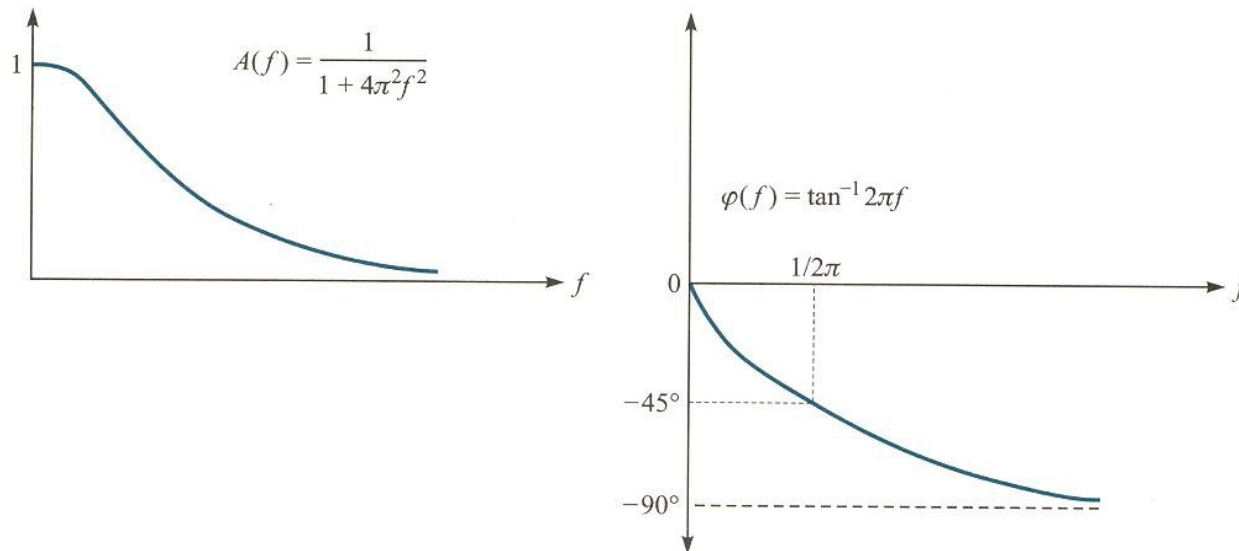
Karakteristika kanala je definirana z vplivom na vhodni signal.

- ✓ **Slabljenje signala.** Definiran je s funkcijo *amplitudnega odziva* $A(f)$, ki je razmerje med izhodno in vhodno amplitudo pri dani frekvenci f sinusnega signala.
- ✓ Relativni **pomik faze** $\varphi(f)$ izhodnega sinusnega signala glede na vhodni signal.



Slabljenje in disperzija

Oba odziva sta odvisna od frekvence - komunikacijski kanal se obnaša različno za posamezne komponente spektra.





Slabljenje in disperzija

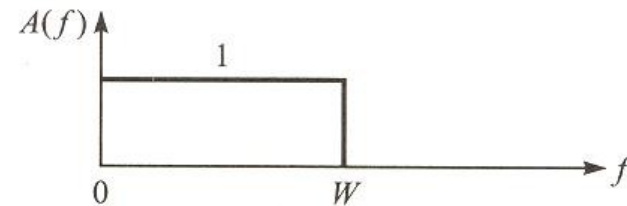
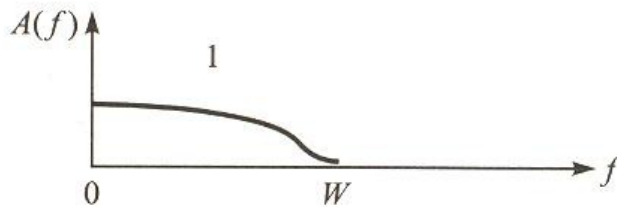
Slabljenje signala (A) je definirano kot upadanje moči signala, ki je poslan preko medija. Slabljenje je običajno izraženo v dB:

$$A = 10 \log_{10} \frac{P_{in}}{P_{out}} = 10 \log_{10} \frac{A_{in}^2}{A_{out}^2} = 10 \log_{10} \frac{1}{A^2(f)}$$

Slabljenje in disperzija

Funkcija amplitudnega odziva $A(f)$ v bistvu specificira frekvenčno okno, ki ga kanal prepušča. *Pasovna širina* W komunikacijskega kanala meri velikost frekvenčnega okna, ki ga le-ta prepušča.

(a) Nizkopasovni in idealiziran nizkopasovni kanal

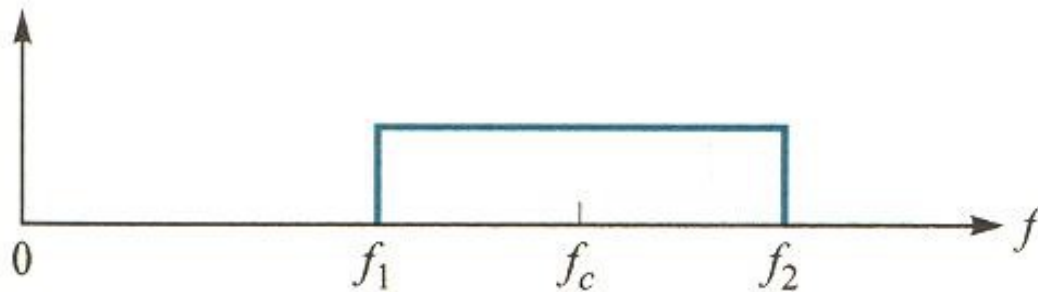


(b) Maksimalna hitrost prenosa impulzov je $2W$ impulzov/sekundo



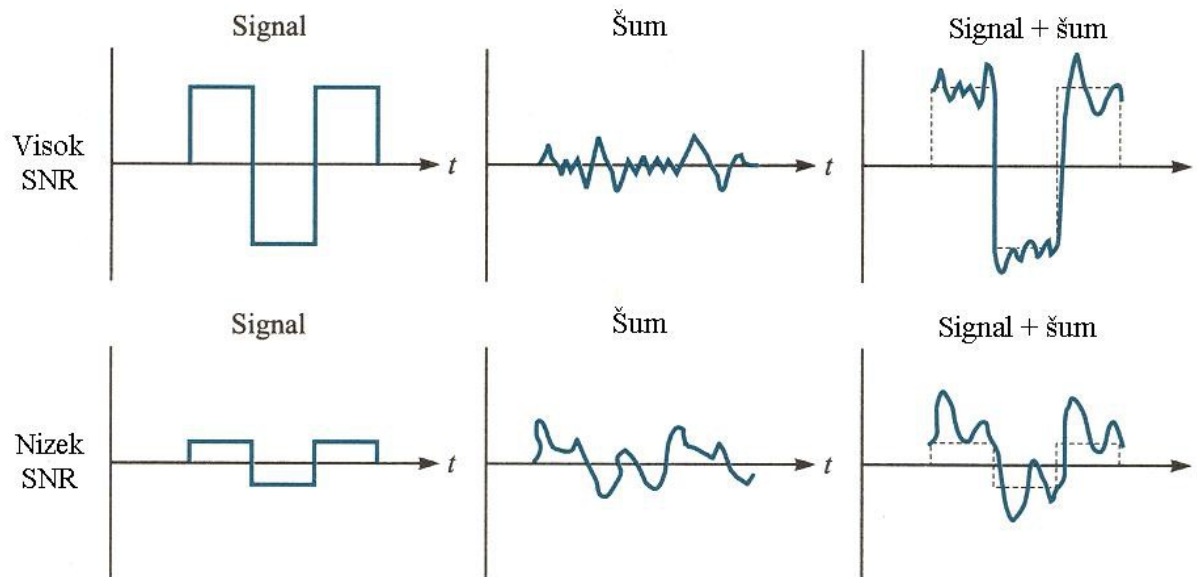
Slabljenje in disperzija

Naslednja tipična funkcija amplitudnega odziva je »pasovni« kanal, ki prepušča frekvence med f_1 in f_2 . Pasovna širina kanala je potem $W = f_2 - f_1$.



Šum

V prenosnem kanalu imamo različne izvore šuma. Šum sestavljajo nepomembni signali, ki se v komunikacijskem signalu prišteva k vhodnemu signalu.





Šum

Razmerje signal šum (SNR - signal-to-noise ratio) meri amplitudo želenega signala napram amplitudi šuma

$$\text{SNR} = (\text{povprečna moč signala})/(\text{povprečna moč šuma})$$

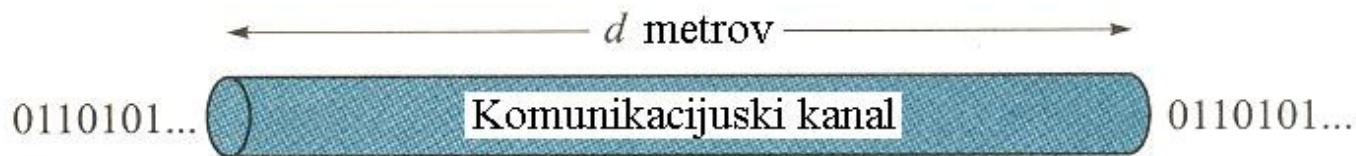
Običajno je to razmerje izraženo v dB

$$\text{SNR(dB)} = 10 \log_{10} \text{SNR}$$

Prisotnost šuma omejuje zanesljivost sprejemnika, da pravilno določi poslano informacijo.

Osnovne značilnosti digitalnega prenosa

Namen digitalnega prenosnega sistema je prenos sekvence ničel in enic (0 in 1) od pošiljatelja do sprejemnika. Prenosni sistem uporablja impulze ali sinusoide za prenos binarne informacije preko fizičnega medija.





Osnovne značilnosti digitalnega prenosa

Pri obravnavi je pomembna *bitna hitrost* R . Osnovno vprašanje v digitalnem prenosu je, kako hitro lahko pošiljamo bite zanesljivo po danem mediju. Na odgovor vpliva več faktorjev:

- ✓ Količina energije uporabljena za prenos vsakega signala.
- ✓ Razdalja, ki jo signal premaguje.
- ✓ Količina šuma v signalu.
- ✓ Pasovna širina medija.



Osnovne značilnosti digitalnega prenosa

Največja hitrost pri kateri lahko pošiljamo pulze po kanalu je odvisna od pasovne širine kanala W in je podana z Nyquist-ovo hitrostjo:

$$r_{max} = 2W \text{ [pulzov/sekundo]}$$

Če uporabljamo več-nivojske prenosne impulze, ki uporabljajo $M = 2^m$ amplitudnih nivojev, je prenosna bitna hitrost:

$$R = 2W \text{ [impulzov/sekundo]} * m \text{ [bitov/impulz]}$$

$$R = 2Wm \text{ [bitov/sekundo]}$$



Osnovne značilnosti digitalnega prenosa

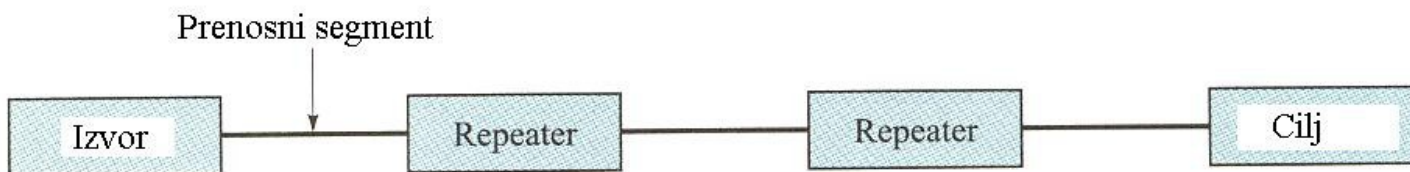
- Prisotnost šuma omejuje zanesljivost s katero lahko sprejemnik odloča o sprejeti informaciji. *Kapaciteta kanala (C)* prenosnega sistema je maksimalna hitrost prenosa bitov, da jih sprejemnik zanesljivo spozna. Shannon je, za določitev kapacitete kanala izpeljal naslednjo formulo:

$$C = W \log_2 (1 + \text{SNR}) \text{ [bitov/sek]}$$

Prenos na večje razdalje

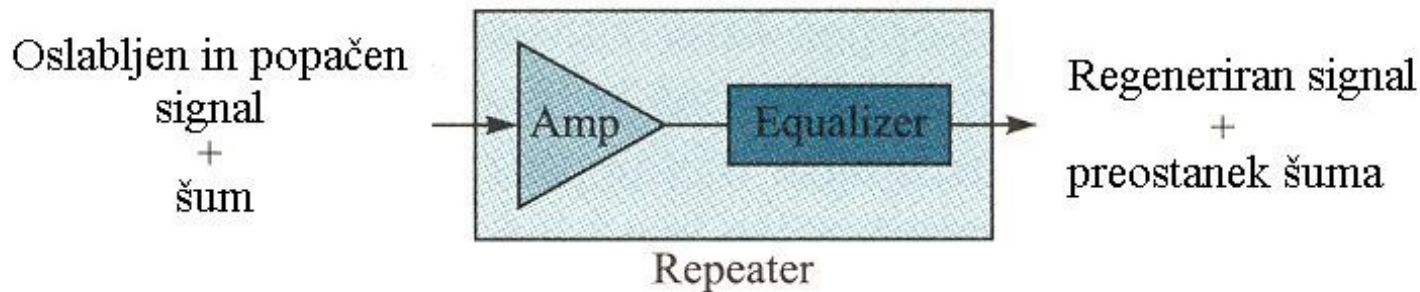
Pri komunikaciji na daljše razdalje je potrebno uporabiti *linijske ojačevalnike (repeater)*, da regenerirajo signal. Regeneracija signala je popolnoma različna za:

- ✓ analogni prenos
- ✓ in digitalni prenos.



Analogni prenosni kanal

Naloga ojačevalnika pri analognem komunikacijskem sistemu je, da je regeneriran signal čim bolj podoben vhodnemu signalu. Ojačevalec najprej opravi s slabljenjem, tako da prejeti signal ojači s faktorjem, ki je recipročen slabljenju. Nato z uporabo *izenačevalca (equalizer)* skuša odstraniti popačenja.





Analogni prenosni kanal

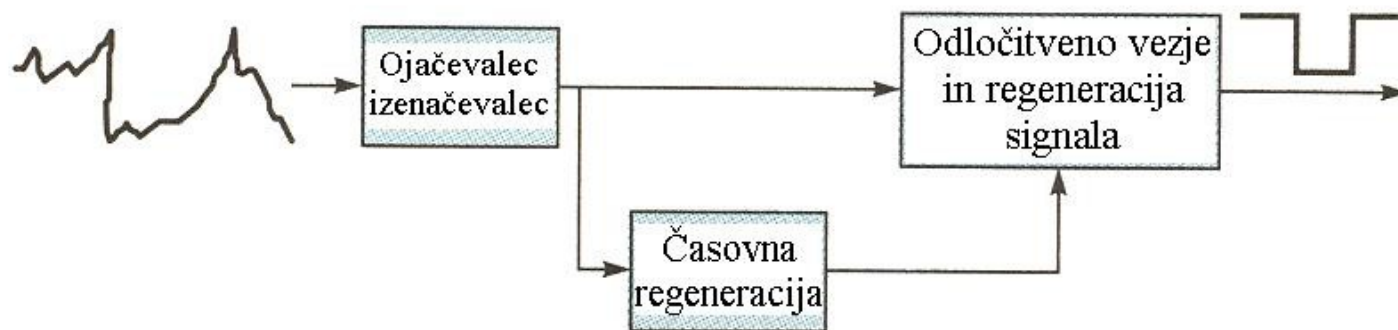
Za pojav popačitve signala obstajata dva temeljna vzroka:

- ✓ Večje slabljenje komponent z višjo frekvenco.
- ✓ Večja zakasnitev komponent z višjo frekvenco.

V praksi je zelo težko doseči obe kompenzaciji, tako da bi bil signal enak originalnemu. Pa tudi, če bi izenačevalec svojo nalogo opravil idealno, dobimo na izhodu ojačevalca obnovljen signal plus šum.

Digitalni prenosni kanal

- Z razdaljo prenosa narašča popačenje impulzov in signal vsebujejo več šuma. Naloga linijskega ojačevalca je, da s čim večjo verjetnostjo obnovljajo originalni binarni niz.





Digitalni prenosni kanal

Vplivu šuma se tudi v tem primeru ni možno povsem izogniti. Če je nivo šuma dovolj velik, da lahko spremeni polariteto originalnega signala v trenutku vzorčenja, nastane napaka. Digitalni prenosni sistemi so oblikovani za zelo nizko *napakovno razmerje* (npr. 10^{-7} , 10^{-9} ali celo 10^{-12}).

Glavne značilnosti digitalnega prenosa:

- ✓ Digitalni linijski ojačevalniki ne akumulirajo šuma in prenos ni omejen na razdaljo.
- ✓ Digitalni prenosni sistemi lahko delujejo z manjšim nivojem signala, zato je lahko večja razdalja med linijskimi ojačevalci – nižji stroški.
- ✓ Omrežja, ki bazirajo na digitalnem prenosu so sposobna posredovati vsako informacijo, ki je lahko podana v digitalni obliki.



Osnove prenosa signalov

Mediji za prenos signala

Telekomunikacijske naprave uporabljajo signale za ponazoritev podatkov. Signali pa se med napravami prenašajo v obliki elektromagnetne energije. Elektromagnetni signali pa lahko potujejo skozi vakuum, skozi zrak ali katerikoli drugi medij.

Elektromagnetna energija, ki je kombinacija nihanja električnih in magnetnih polj, vključuje električno energijo, zvok, radijske valove, infrardečo svetlobo, vidno svetlobo, ultravijolično svetlobo, X žarke (rentgenske žarke), gamma žarke in kozmične žarke.

Uvod

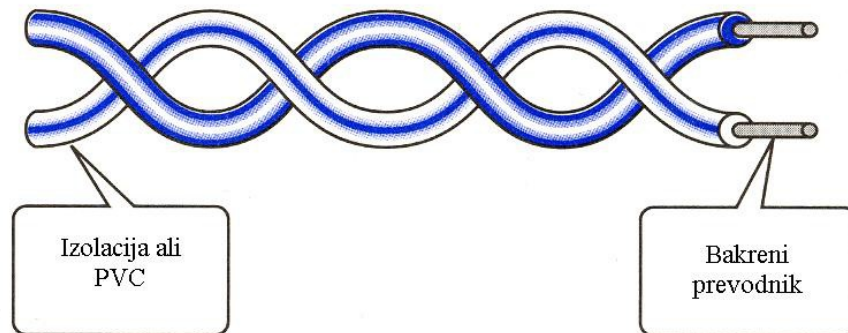
Zvokovni frekvenčni pas se običajno prenaša po kovinskih kabljih. Radijske frekvence se lahko prenašajo skozi zrak ali vesolje, vendar so potrebni specifični oddajni in sprejemni mehanizmi. Vidna svetloba se precej uporablja za komunikacije in za prenos izkorišča optična vlakna.



Mediji za žične prenose

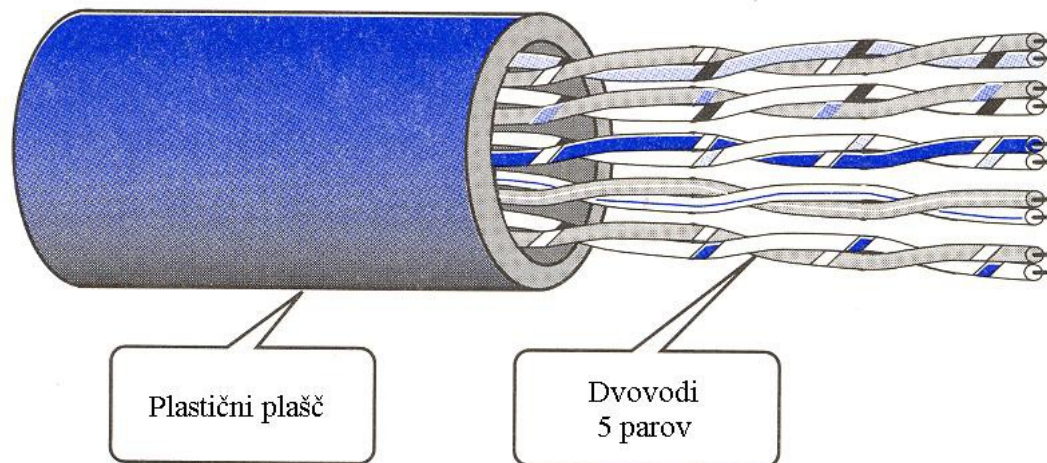
Neoklopljeni sukani par – najpogosteje uporabljen tip telekomunikacijskega medija.

Pasovna širina je nekaj MHz.

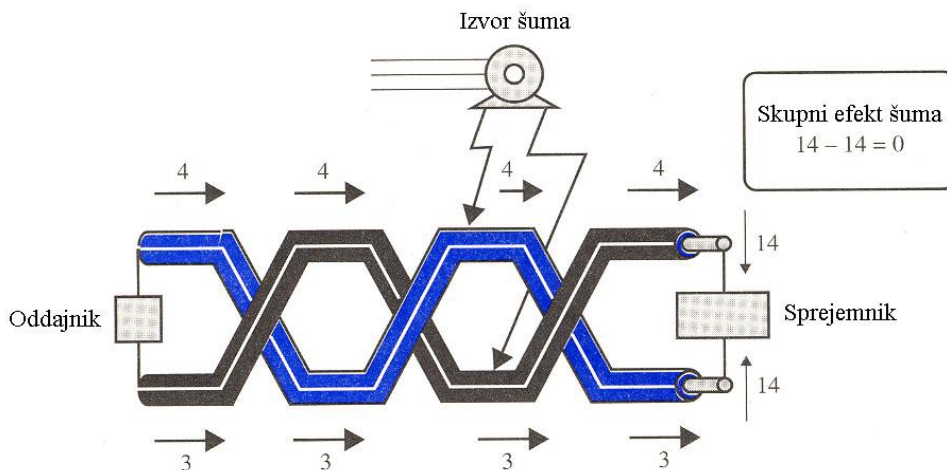
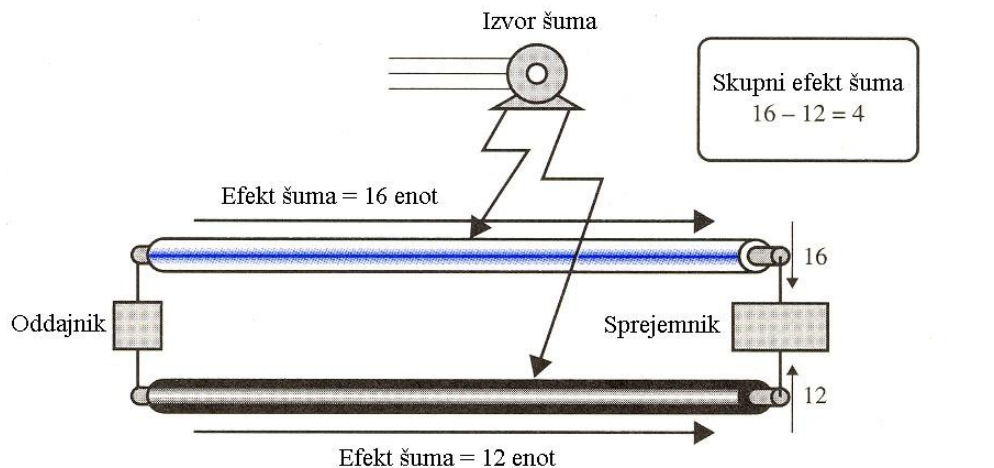


Mediji za žične prenose

Kabel s petimi neoklopljenimi sukanimi pari. Ta dvožični sistem je občutljiv na presluhe ostalih parov in na šum ter motnje elektromagnetnih izvorov. Z tehniko namotavanja je vpliv šuma precej zmanjšan.

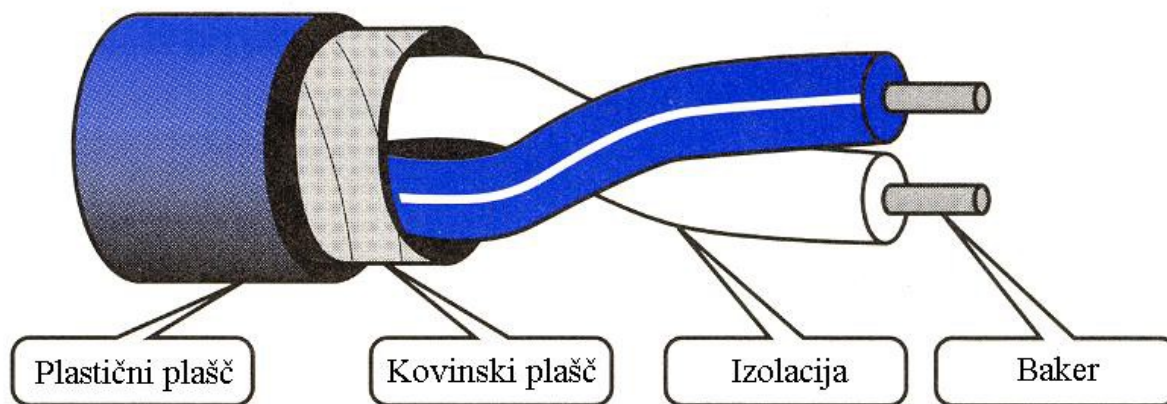


Mediji za žične prenose



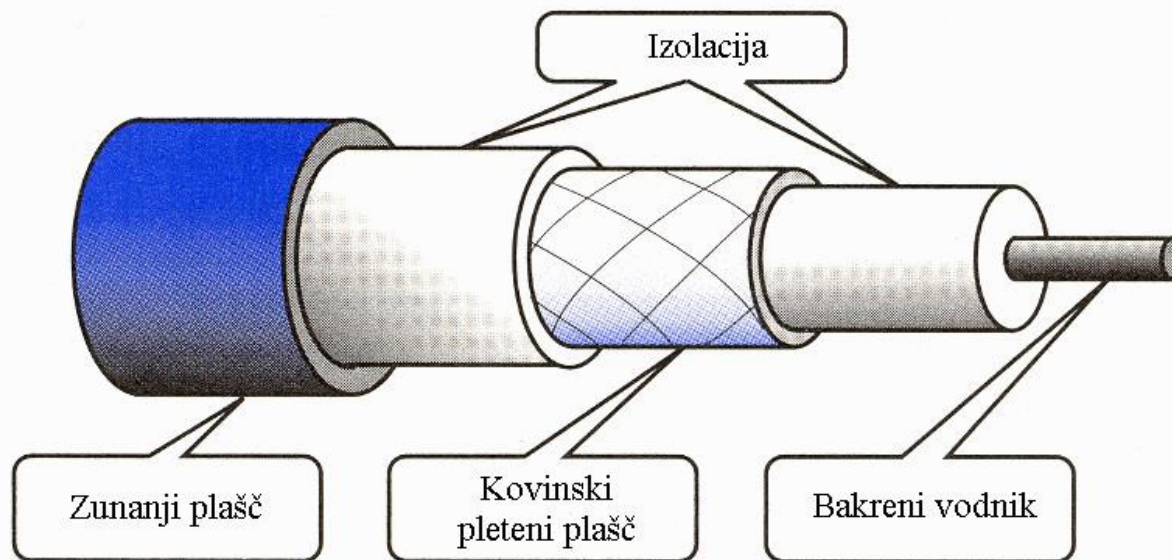
Mediji za žične prenose

Za zaščito pred elektromagnetnimi motnjami se uporablja tudi oklopljena verzija sukanega para.



Mediji za žične prenose

Koaksialni kabel. Koaksialna izvedba dveh vodnikov zagotavlja bistveno boljšo imuniteto pred presluhi in elektromagnetnimi motnjami. Doseže pa tudi bistveno večjo pasovno širino od sukanega para in sicer nekaj sto MHz.





Mediji za žične prenose

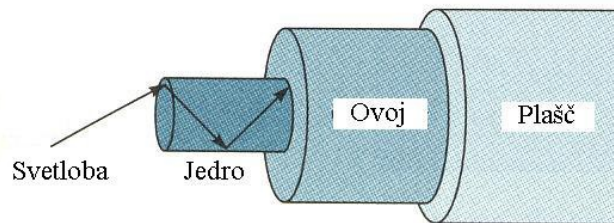
Področja uporabe:

- ✓ Kabelska televizija,
- ✓ Kabelski modem,
- ✓ Ethernet LAN.

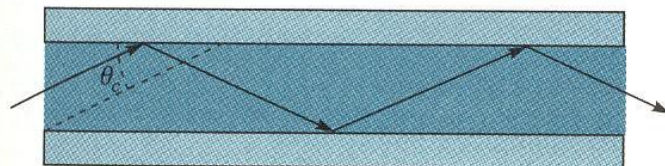
Mediji za žične prenose

Optični kabel. Informacija se pošilja po jedru v obliki svetlobnega žarka. Jedro ima višjo optično gostoto (indeks loma svetlobnih žarkov) kot ovoj. Razmerje indeksov loma obeh stekel definira kritični kot Θ_c .

(a) Geometrija optičnega kabla

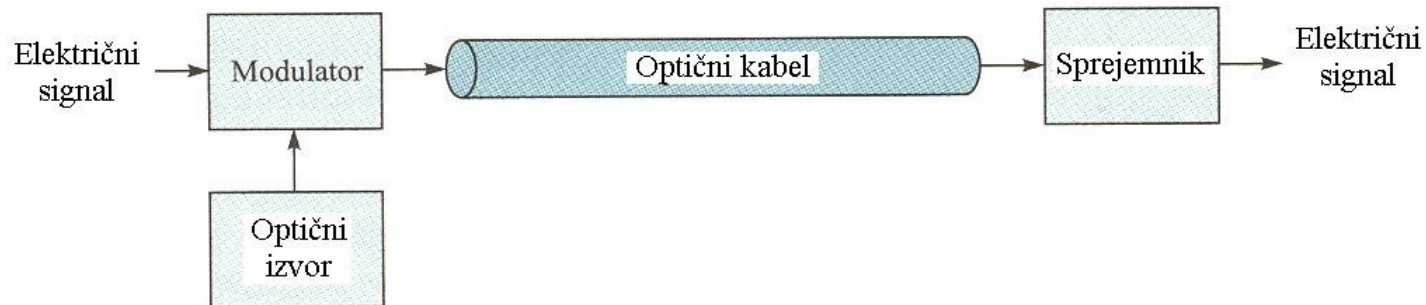


(b) Refleksija v optičnem vlaknu



Mediji za žične prenose

Optični prenosni sistem





Mediji za žične prenose

Pri valovnih dolžinah okrog 1550 nm je pasovna širina optičnega vlakna okrog 25THz (THz = 10^{12} Hz).

Glavne prednosti optičnega kabla so:

- ✓ Neodvisnost od šuma.
- ✓ Manjše slabljenje – razdalja med sosednjima linijskima ojačevalnikoma je od nekaj 10 Km do nekaj 100 Km (pri koaksialnem kablu vsakih 2 Km).
- ✓ Velika pasovna širina.

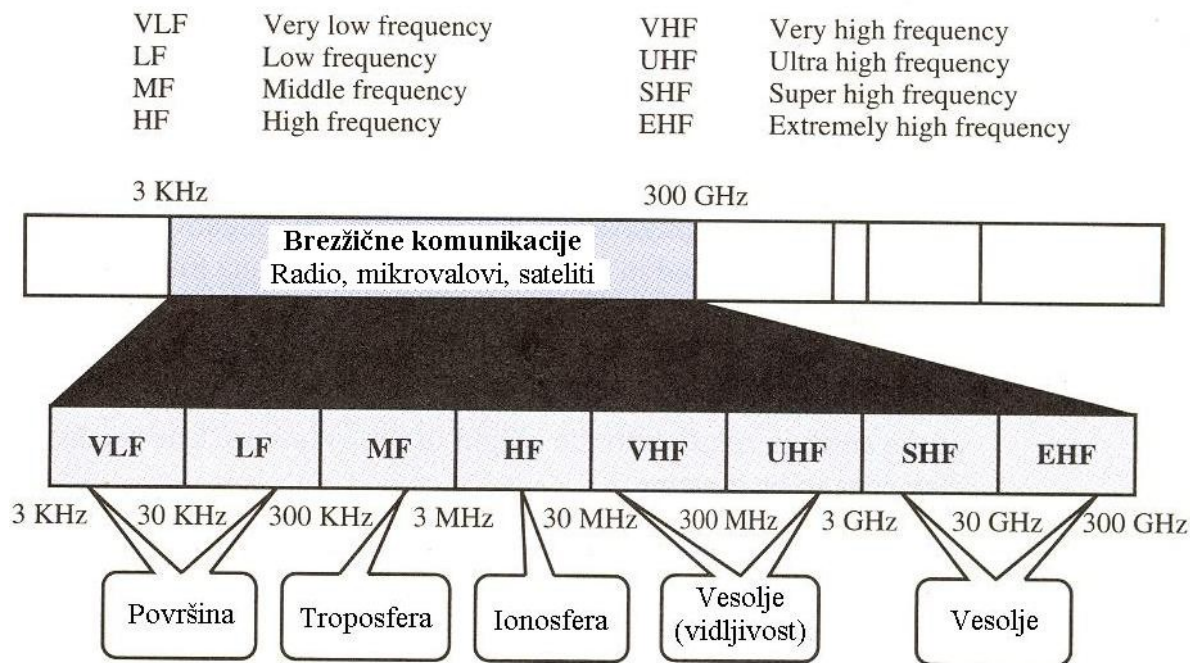


Brezžični prenos

- Brezžični prenos je dokaj neprijazen za prenos signala. Signal se na poti od oddajnika do sprejemnika širi po več poteh. Na poti prihaja do slabljenja, odbojev signala, lomov na ovirah in sipanja. Sprejemnik je pogosto v senci, kar pomeni, da direktna pot (line of sight) med oddajnikom in sprejemnikom ne obstaja.
- Zaradi izgub na poti se moč signala z oddaljenostjo od oddajnika manjša. *V praznem prostoru moč signala pada s kvadratom razdalje in s kvadratom frekvence signala. Če razdaljo ali frekvenco podvojimo, pade moč za faktor 4.*

Brezžični prenos

Radijski spekter elektromagnetnega valovanja je razdeljen na osem področij, imenovanih pasov, katerih uporabo urejajo države.

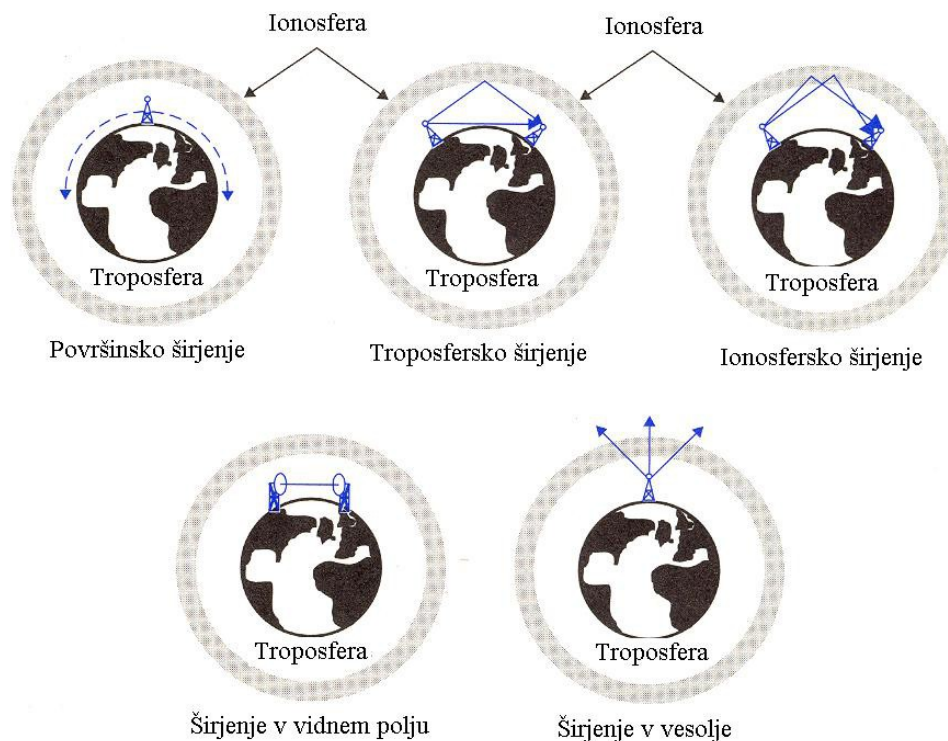


Razširjanje radijskih valov

Radijski valovi koristijo pet različnih načinov razširjanja: površinsko, troposfersko, ionosfersko, v vidni liniji in v vesolju. V radio tehnologiji predpostavimo, da je zemlja obdana z dvema plastema atmosfere: troposfero in ionosfero. Troposfera je del atmosfere, ki se razteza od Zemljine površine do višine 50 Km. V troposferi se dogajajo vremenski pojavi kot so: veter, oblaki, temperaturne spremembe, itd. Ionosfera je plast atmosfere nad troposfero in pod nivojem, kjer se prične vesolje.

Brezžični prenos

Tipi razširjanja elektromagnetnega valovanja

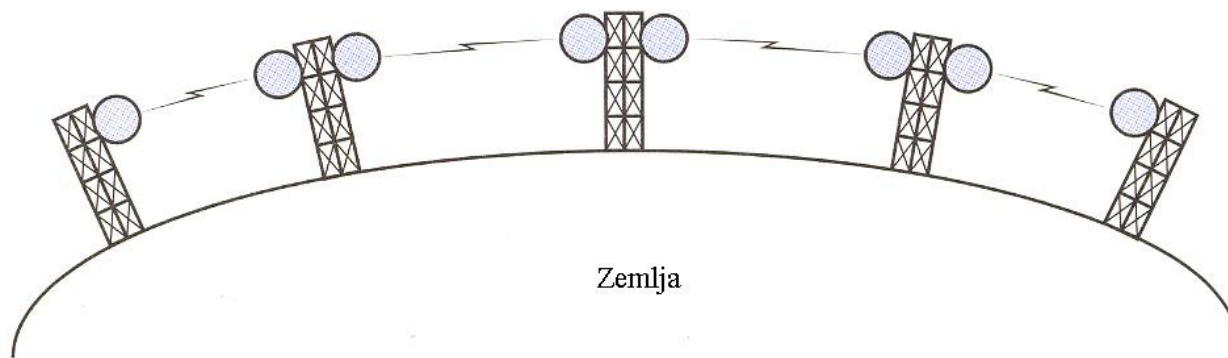


Zemeljski mikrovalovi

Mikrovalovi ne sledijo zakrivljenosti zemlje in je potrebna optična vidljivost oddajne in sprejemne naprave. Razdalja med napravama zavisi od moči oddajnika in višine anten (vrh hriba, stolpi) – manjša možnost vmesne ovire. Mikrovalovi se razširjajo samo v eno smer in sta za dvosmerno komunikacijo potrebni dve različni frekvenci.

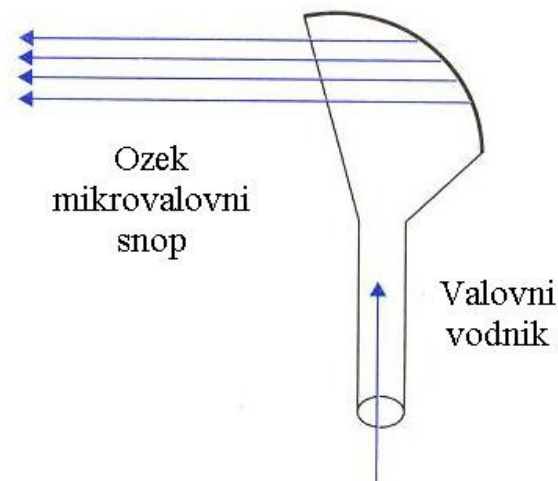
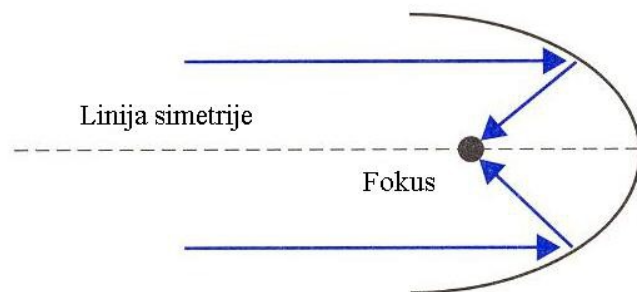
Brezžični prenos

Za povečanje razdalje z uporabo zemeljskih mikrovalov se uporablja sistem ojačevalnikov (repeater), ki so instalirani na vsaki anteni. Sprejet signal od antene se pretvori nazaj v obliko za pošiljanje in se prenese naslednji anteni. Regenerirani signal se lahko pošlje na isti frekvenci ali pa tudi drugi, kar zavisi od sistema. Mikrovalovi so osnova za večino sodobnih telefonskih sistemov.



Brezžični prenos

Za komunikacijo se uporabljata dve vrsti anten: parabolična in v obliki lijaka.



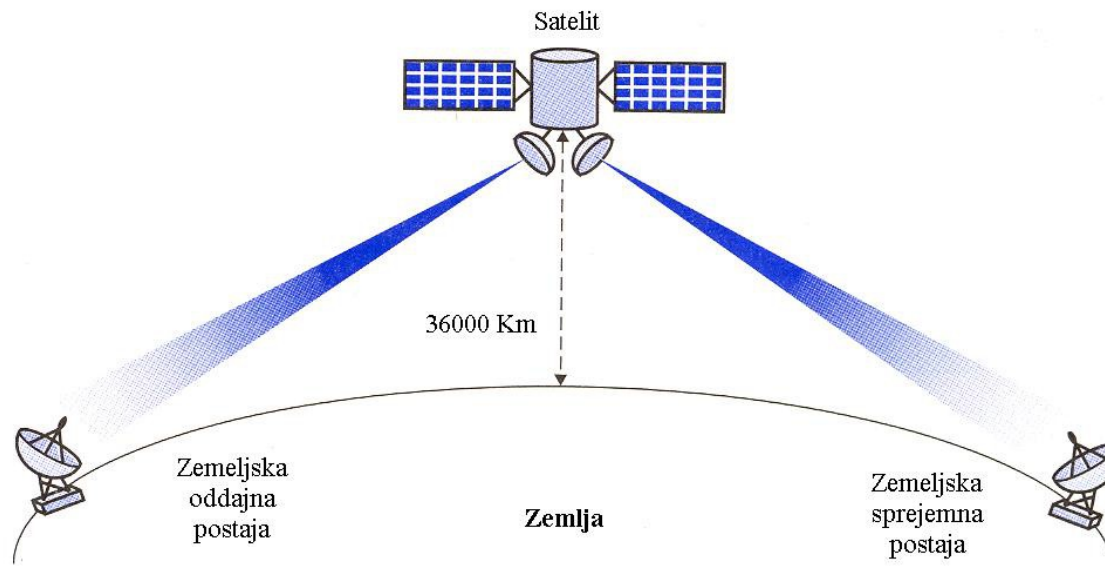
Satelitska komunikacija

Satelitski prenos je zelo podoben prenosu mikrovalov v vidnem polju, kjer je ena od postaj orbitalni satelit. Pri tej vrsti komunikacije odpade problem razdalje zaradi ukrivljenosti zemlje. Komunikacija je možna s kateregakoli dela zemlje.

Satelitski sistemi za javno uporabo uporabljajo različne vrste krožnih tirnic od česar je odvisen tudi čas za en obhod zemlje. Npr. pri satelitih z nizko tirnico (LEO – Low Earth Orbit; 750 do 2000 Km) je obhodni čas satelita približno 2 uri in njegova hitrost 25000Km/h.

Brezžični prenos

Orbita na kateri se satelit giblje z enako kotno hitrostjo kot zemlja se imenuje *geostacionarna tirnica*. Nahaja se približno 36000Km nad ekvatorjem. Za popolno pokritje celotne zemlje so potrebni trije sateliti.





Brezžični prenos

Za mikrovalovno komunikacijo preko satelitov so rezervirane frekvence v področju GHz. Komunikacija s vsakim satelitom poteka preko dveh različnih pasov:

- ✓ pošiljanje signala iz zemlje proti satelitu (uplink) in
- ✓ pošiljanje iz satelita proti zemlji (downlink).