

Bežični komunikacioni mediji

Kada se za prenos signala koriste medijumi sa nevođenim EMT, kaže se da je reč o bežičnim komunikacijama. U bežičnim komunikacionim sistemima prenos signala od predajnika do prijemnika ostvaruje se korišćenjem slobodnog prostora (vazduha), kao medijuma za prenos EM talasa.

Bežični prenos uključuje elektromagnetne talase. Mogu se prostirati kroz vazduh, čak i kroz vakuum. Broj oscilacija u sekundi je učestanost (f), a rastojanje između 2 uzastopne maksimalne (ili minimalne) vrednosti naziva se talasna dužina λ . U vakuumu elektromagnetni talasi se prostiru brzinom koja ne zavisi od učestanosti. Ta brzina se obično naziva brzina svetlosti (c) i približno je $3 \cdot 10^8$ m/s. Kod prostiranja elektromagnetnih talasa kroz bakarni kabl ili optičko vlakno brzina se smanjuje i zavisi od učestanosti.

$$(\lambda \cdot f = c)$$

Bežični prenos može biti sa:

- usmerenim zračenjem (primer radio-relejni prenos) ili
- neusmerenim (radijalnim) zračenjem, odnosno sa zračenjem u svim pravcima (difuzni prenos).

Generalno, postoje dva načina za slanje podataka bežično:

- **Veze pomoću radio talasa**
 - Za prenos podataka radio talasima najčešće se koriste mikrotalasi.
 - Pomoću radio talasa mogu se povezati dve stanice na zemlji ili uspostaviti veze sa komunikacionim satelitom.
 - Za komunikaciju na manjim rastojanjima mogu se koristiti i druge vrste talasa.
- **Veze pomoću svetlosnih talasa**
 - Veze pomoću svetlosnih talasa 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 različitim uslovima, ali su osetljive na smetnje.

Dobre osobine bežičnog prenosa su:

- mogućnost rada na nepristupačnim mestima,
- moguća masovna upotreba bez većeg dodatnog ulaganja u sistem.
- mobilnost prijemnika i predajnika,

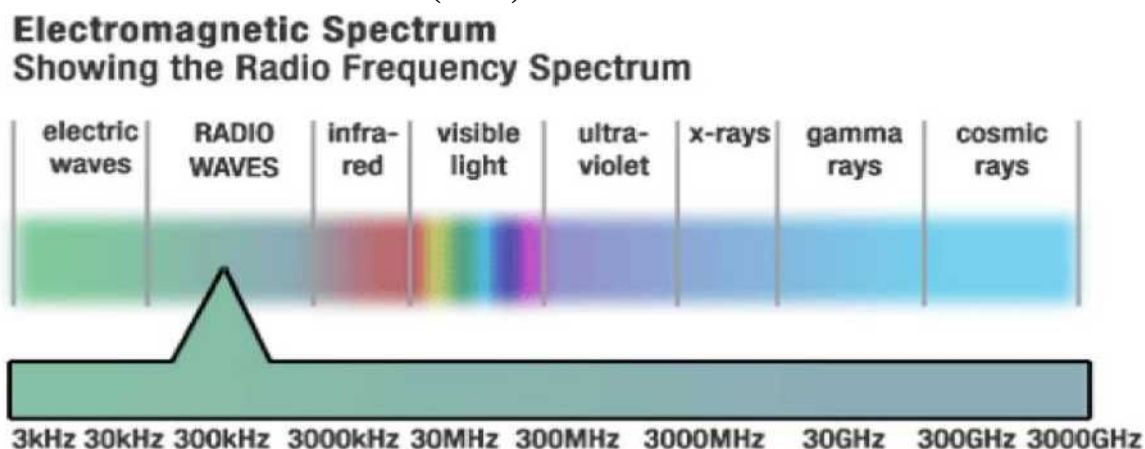
Loše osobine su:

- mala otpornost na smetnje,
- manja pouzdanost u prenosu informacija,
- relativno male brzine prenosa signala,
- slaba zaštita informacija.

Generalno, probleme sa nepoželjnim zračenjem imaju i žične veze ali daleko manje nego bežične.

Radio talasi

Pod radio talasima (RF-radio-frequency) podrazumevaju se EM talasi čije se frekvencije nalaze u opsezima učestanosti od 3kHz do 3000GHz (3THz).



Elektromagnetni spektar koji se koristi u bežičnim komunikacijama podeljen je u osam tačno definisanih opsega. U sledećoj tabeli su navedeni nazivi i osnovne karakteristike ovih opsega, kao i glavna primena.

Primene pojedinih RF opsega

Frekventni opseg	Naziv i oznaka	Tip servisa
3-30 kHz	VLF - veoma niske frekvencije	navigacije, sonari
30- 300 kHz	LF - Niske frekvencije	radio pilot signali (bikoni), pomoć pri navigaciji
300-3000 kHz	MF - srednje frekvencije	AM radio difuzija, pomorske radio veze, radio uređaji za obalne straže, traženje pravca
3-30 MHz	HF - visoke frekvencije	telefonija, telegraf, faksimil, kratkotalasna međunarodna radio-difuzija, radio amaterski opseg, građanski opseg, brod-obala radio veza, brod-avion radio veza
30-300 MHz	VHF - veoma visoke frekvencije	TV, FM radio difuzija, kontrola vazdušnog saobraćaja, policija, taxi radio veze, pomoć pri navigaciji
300-3000 MHz	UHF - ultravisoke frekvencije	TV, mobilna telefonija, satelitski prenos, radiosonde, radarski nadzor, pomoć pri navigaciji
3-30 GHz	SHF - super visoke frekvencije	avionski radari, mikrotalasne veze, mobilne zemaljske veze, satelitske komunikacije
30-300GHz	EHF - ekstremno visoke frekvencije	radari, eksperimenti

Iz tabele se vidi da što se koristi viša učestanost, to je veća raspoloživa širina frekventijskog opsega, pa je zbog toga veća i moguća brzina prenosa podataka.

Karakteristike vazduha kao medijuma za prenos elektromagnetnog zračenja zavise prvenstveno od frekvencije signala kao i od vremenskih prilika u atmosferi.

Pri niskim frekvencijama, radio talasi mogu prodirati kroz objekte (prepreke), pri čemu snaga opada značajno sa porastom rastojanja od predajnika (slabljenje zavisi od vrste/strukture prepreke).

Na višim frekvencijama, RF talasi nastoje da se prostiru pravolinijski i ne prolaze kroz prepreke. Inače, što je viša učestanost talasa, osobine njihovog prostiranja sve više podsećaju na svetlost.

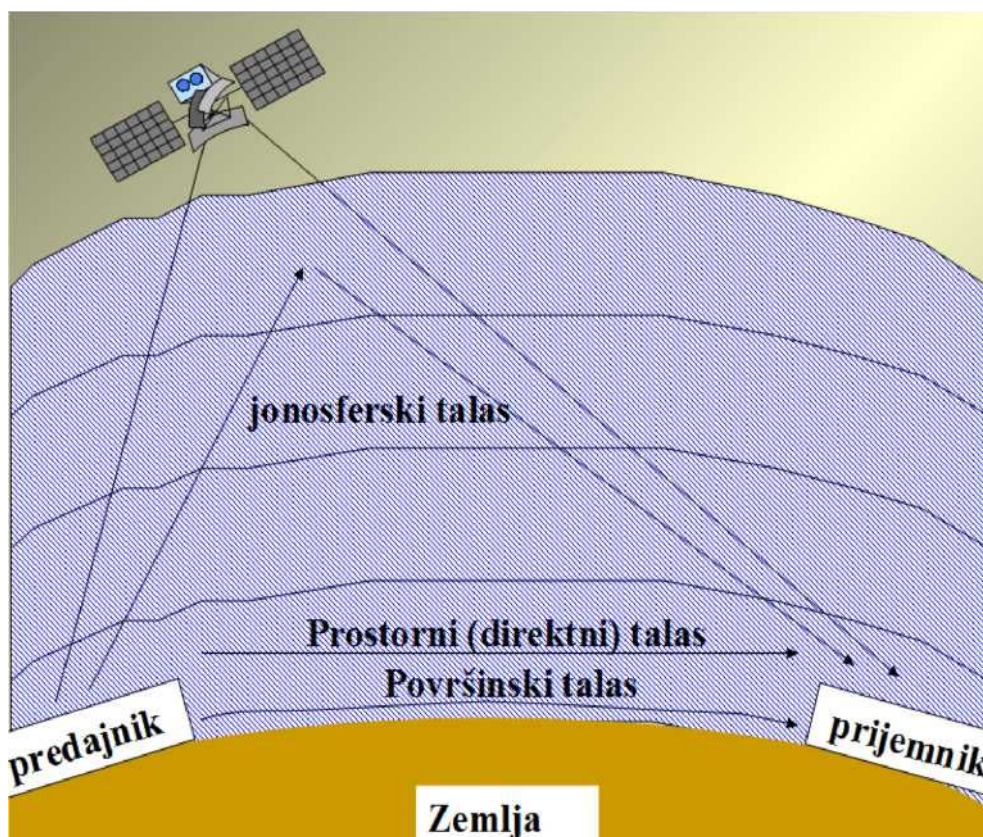
Radio talasi su podložni uticajima interferencije od drugih izvora.

Osnovni načini prostiranja radio talasa:

- **Površinskim talasom** (ground wave propagation) - duž površine Zemlje (LF(30-300 kHz),

MF(300kHz - 3MHz)

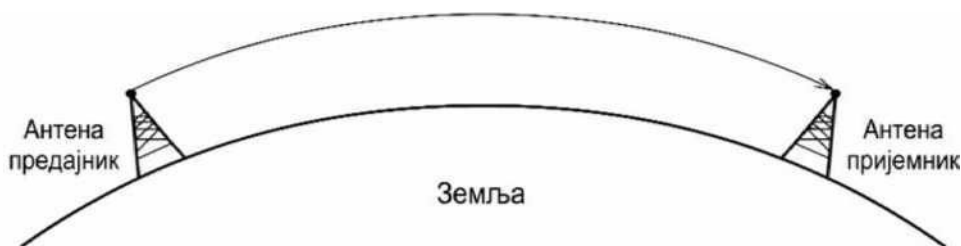
- **Jonosferskim talasom** (ionosphere wave propagation) HF (3-30 MHz)
- **Prostornim talasom** (space wave propagation)- po liniji optičke vidljivosti (LoS-line of sight) (iznad 30MHz VHF, UHF, SHF...) - često koristimo naziv **Direktni talasi**
- **Prostiranje rasejanjem** (scatering) (UHF(300MHz - 3GHz) - koristi mehanizam rasejanja energije radio talasa kao posledica turbulencija u troposferi (troposcatter), nehomogenosti jonosfere (ionoscatter) i jonoizacionih tragova izazvanih meteorskim padavinama (meteorscatter)



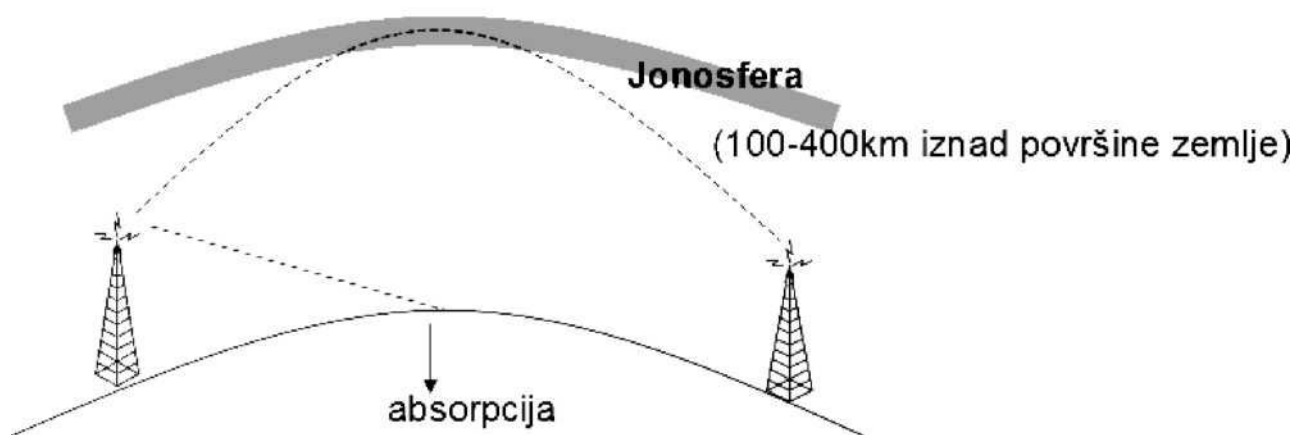
Elektromagnetna energija se u obliku radio talasa prostire od predajne do prijemne antene, u vidu nekoliko tipova talasa, pri čemu je za postojanje odgovarajućeg načina prostiranja od osnovnog značaja *učestanost* radio talasa.

Talasi pojedinih učestanosti, upućeni ka gornjim slojevima atmosfere (jonosferi), reflektuju se nazad ka Zemlji, dok talasi iz viših opsega učestanosti prolaze kroz jonosferske slojeve („probijaju ih“) i odlaze u kosmos (satelitske veze).

Površinski talasi se prostiru kroz najniže slojeve atmosfere prateći krivinu Zemljine površine. Mogu se prostirati i kroz vodu. Mogu prodirati kroz objekte (prepreke, pri čemu snaga opada značajno sa porastom rastojanja od predajnika.



Signali se šire u svim smerovima od emisione antene, a dometi radio talasa na nižim frekvencijama su veći, nego na višim (zbog izraženijeg slabljenja na višim frekvencijama). Ovakav efekat može da se postigne sa učestanostima do 2 MHz. Najpoznatiji primer upotrebe površinskih talasa je AM radio.

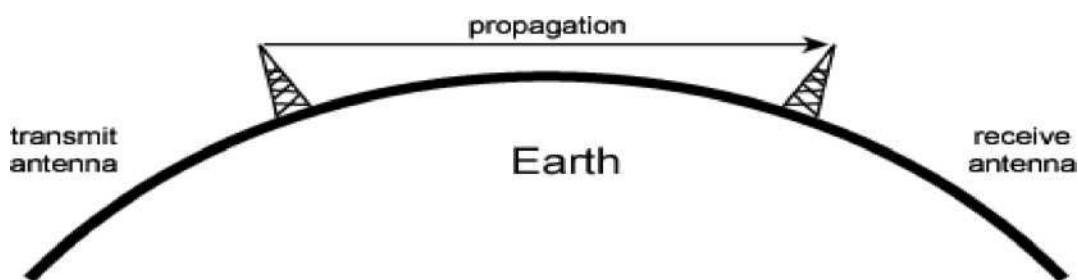


Jonosferski talasi - koristi se mehanizam jonosferske refleksije. Radio talasi viših učestanosti emituju se u pravcu jonosfere odakle se reflektuju nazad ka Zemlji i tako omogućavaju prenos signala na veća rastojanja, i to manjom emisionom snagom. Jonosfera je sastavljena od četiri sloja (D, E, F1 i F2), čija se visina manja kako tokom 24 časa, tako i tokom godine, pa se tako menjaju i uslovi prostiranja ovih talasa. Za svaki sloj postoji tzv *kritična učestanost*. To je maksimalna učestanost radio talasa emitovanog sa Zemlje u vertikalnom pravcu ka jonosferi koji će još uvek biti reflektovan nazad na Zemlju. Ako je radna učestanost predajnika veća od kritične učestanosti, radio signal neće biti reflektovan, već će otići u kosmos.

Još ih ponekad zovu i vazdušni talasi. Koriste se za radio-amatersko emitovanje, internacionalno emitovanje. Signal sa stanice na Zemlji odbija se od jonosfere nazad ka Zemlji. Iako izgleda da se talasi odbijaju od jonosfere kao o podlogu sa dobrom refleksijom, efekat je dobijen refrakcijom. Ova vrsta talasa može se prostirati velikim brojem skokova, prelamajući se naizmenično između zemljine površine i jonosfere.

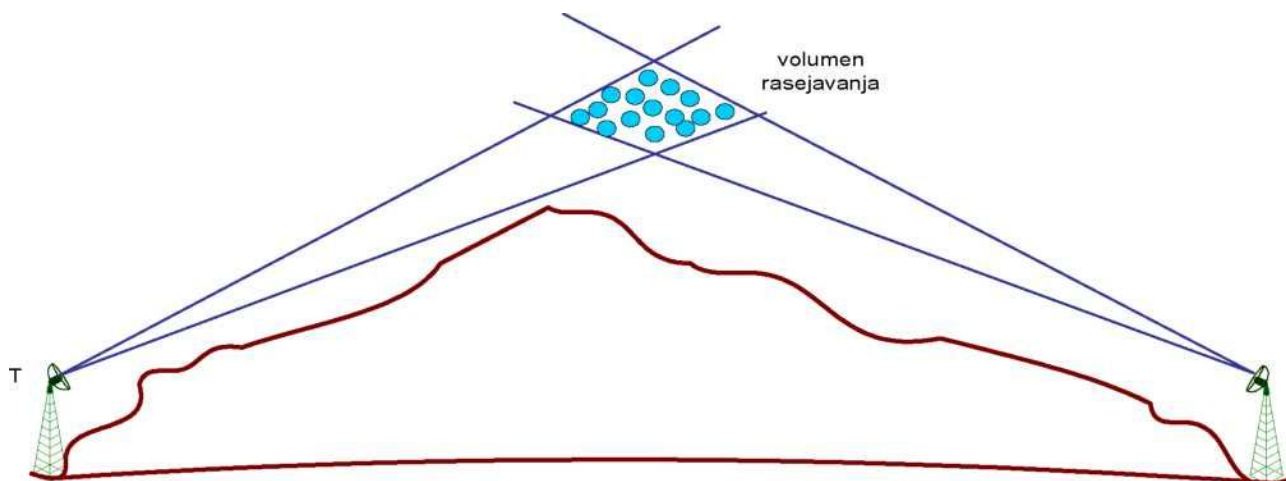


Iznad 30 MHz ne mogu se koristiti ni površinski talasi ni vazdušni talasi već komunikacija mora biti u direktnoj vidljivosti. Za satelitske komunikacije signal preko 30 MHz se ne reflektuje od jonosfere tako da se signal može preneti između zemaljske stanice i satelita, ali i između dve stanice koje su u efektivnoj liniji vidljivosti.



Direktni talasi su signali vrlo visoke učestanosti koji se prenose pravolinijski od predajne do prijemne antene, što znači da predajnik i prijemnik (tačnije, njihove antene) moraju međusobno da budu vidljivi. Antene moraju da budu usmerene jedna ka drugoj. Do problema dolazi zato što direktni radio talasi ipak nisu apsolutno usmereni, te dolazi do refleksije talasa od površine Zemlje i od objekata koji se nalaze u okolini putanje usmerenog talasa, a delimično i od atmosfere, tako da u prijemnu antenu stižu direktni i reflektovani talasi zbog čega je prijemni signal manje ili više izobličen.

Direktni kosmički talasi koriste satelite kao releje te tako izuzetno velika površina Zemlje može da bude pokrivena radio signalom.



Prostiranje rasejanjem (scatter propagation) - za prostiranje se koriste turbulencije u troposferi ili nehomogenosti u jonosferi, jonizacije od meteora i sl.

Satelitski prenos

- Zemaljski mikrotalasi -

Osnovna razlika između radio prenosa i mikrotalasnog prenosa jeste da se radio prenos prenosi u svim pravcima, dok je mikrotalasni prenos fokusiran.

Mikrotalasi putuju po pravoj liniji i ne slede zakrivljenost Zemljine kugle. Atmosferski uslovi i čvrsti objekti ometaju prenos mikrotalasa (ne mogu da putuju kroz građevine).

U principu, što su učestanosti veće, to su antene manje i jeftinije. Mikrotalasne antene su malih dimenzija. Najčešće su paraboličnog oblika („tanjiraste“ antene). Antena je fiksirana kruto i usmerava uzak snop zraka da bi obezbedila predaju "u liniji vidljivosti" do prijemne antene.

Da bi se omogućio prenos na velika rastojanja koristi se niz relejnih tornjeva. Rastojanje između relejnih stanica (to su, zavisno od toga da li se radi o analognim ili digitalnim podacima, pojačavači ili regeneratori) zavisi od učestanosti signala i okoline u kojoj se antena nalazi. S obzirom na to da se mikrotalasi prostiru u jednom smeru, to su u slučaju dvosmerne komunikacije potrebna dva frekvencijska kanala, po jedan za svaki smer prenosa. Pošto, u ovom slučaju, uz svaku antenu ima i predajnik (engl *transmitter*) i prijemnik (engl *receiver*) koji rade na različitim učestanostima, oba uređaja se grade i isporučuju kao jedinstven uređaj koji se naziva *primopredajnik* ili *transiver* (engl *transceiver*).

Najvažnija primena mikrotalasnih sistema je u međugradskim telefonskim vezama, kao alternativno rešenje koaksijalnim kablovima i optičkim vlaknima. Mikrotalasne veze zahtevaju malo manje pojačavača nego koaksijalni kablovi za istu razdaljinu, ali je potrebna linija vidljivosti. Važan primena mikrotalasnih veza su i ćelijski (mobilni) sistemi.

Kod mikrotalasnih sistema slabljenje se povećava kada je vreme kišovito.

- Satelitske mikrotalasne komunikacije -

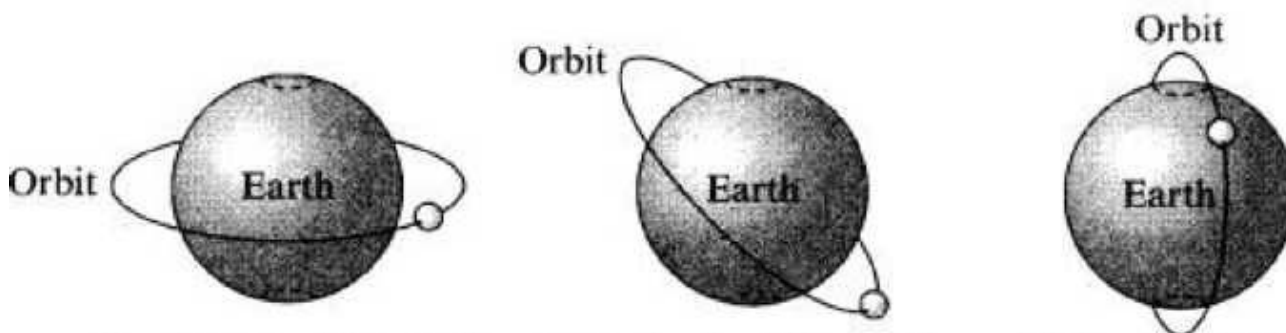
Satelitski prenos je, u stvari, mikrotalasni prenos, pri čemu komunikacioni satelit predstavlja mikrotalasni regenerator iznad Zemlje. Satelit sadrži više *transpondera* (primopredajnika), od kojih svaki pokriva neki deo spektra, pojačava dolazeći signal i potom ga reemituje ka prijemnoj tački, ali na drugoj učestanosti kako bi se izbegla interferencija sa dolazećim signalom. Snop koji se šalje naniže ka Zemlji može da bude širok tako da pokriva veliki deo površine Zemlje ili uzan tako da pokriva površinu od samo nekoliko stotina kilometara u prečniku.

Prenos signala od zemaljske stanice ka satelitu se naziva *uplink*, dok prenos od satelita ka zemaljskoj stanici je poznat kao *downlink*. Elektroniku u satelitu koja prihvata *uplink* signal, a konvertuje ga u *downlink*, naziva se transponder. Sistemi koji se nalaze na Zemlji ili blizu Zemlje nazivaju se zemaljske stanice (*Earth Stations*).

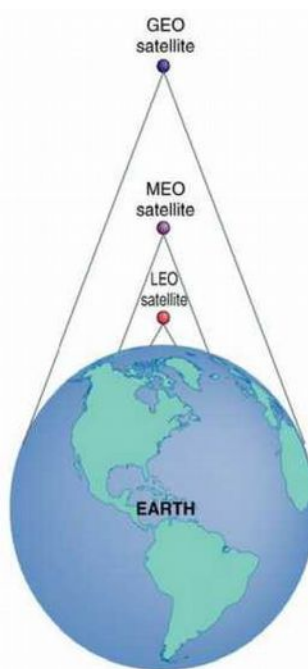
- Satelitska orbita -

Put satelita oko Zemlje naziva se orbita.

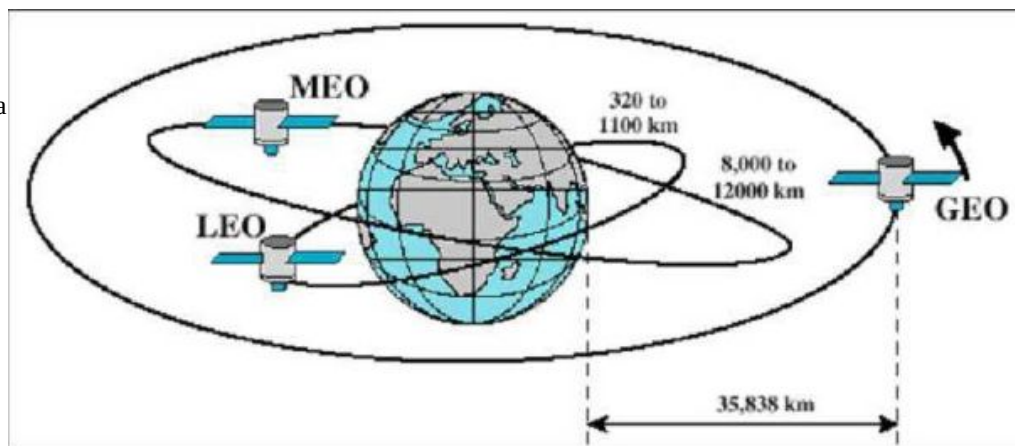
- 1) Orbita je kružna pri čemu je centar Zemlje centar kruga, ili eliptična pri čemu je centar Zemlje jedan od dva fokusa elipse.
- 2) Orbita može biti ekvatorijalna, da ima nagib (*inclined*), ili da bude polarna.
- 3) S obzirom na visinu u odnosu na Zemlju sateliti se mogu nalaziti u geostacionarnoj orbiti (GEO- *Geo Earth Orbit*), srednjoj zemaljskoj orbiti (MEO - *Medium Earth Orbit*), ili u niskoj zemaljskoj orbiti (LEO - *Low Earth Orbit*).



a. Equatorial-orbit satellite b. Inclined-orbit satellite c. Polar-orbit satellite

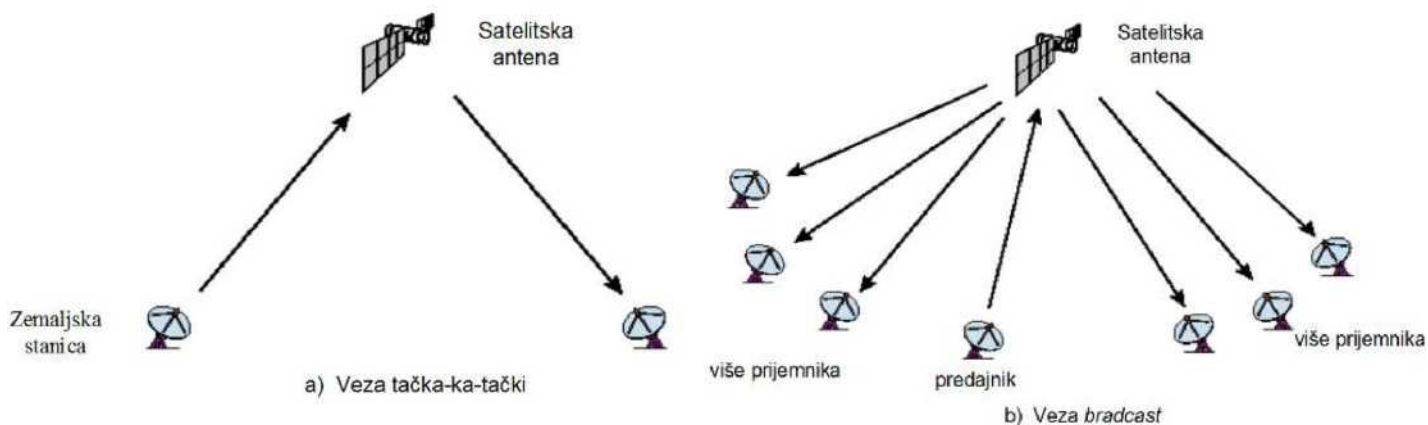


Slika -



Tipovi orbita shodno visini satelita

GEO satelit se nalazi na kružnoj orbiti 36853 km iznad površine Zemlje i rotira u ekvatorijalnoj ravni Zemlje sa istom brzinom sa kojom rotira i Zemlja. Pod ovakvim uslovima satelit ostaje uvek iznad iste tačke ekvatora pa se zbog toga naziva geostacionami. *LEO* sateliti imaju polarne orbite. Oni su locirani na visinama između 500 i 2000 km, a imaju periodu rotacije od 90 do 120 minuta. Brzina satelita je od 20 000 do 25 000 km/h. Pošto su *LEO* sateliti bliži Zemlji *round-trip* propagaciono kašnjenje je manje od 20 ms, što je prihvatljivo za audio komuniciranja. Noviji satelitski telefoni su uglavnom *LEO* telefoni. Primer *MEO* satelitskog sistema je *Global Positioning System* (GPS). Sistem se sastoji od 24 satelita i koristi se za navigaciju. Orbite i lokacije satelita su takve da su u svakom trenutku, po četiri satelita vidljiva sa bilo koje tačke na Zemlji.



Infracrveni i laserski prenos

Za bežičnu komunikaciju između uređaja mogu se koristiti i svetlosni talasi, i to kako infracrveni (koji su za ljudsko oko nevidljivi), tako i vidljivi. Za razliku od radio sistema, za rad ovih sistema nije potrebna dozvola.

- Infracrveni talasi -

Infracrveni talasi su elektromagnetni talasi čije su frekvencije ispod frekvencija vidljive svetlosti. Uređaji su opremljeni LED ili laserskim diodama, koje emituju infracrvenu svetlost. Ovi talasi mogu da se usmere direktno ka prijemniku ili da se odbiju od zidova i plafona. Princip je sličan onom koji se koristi kod daljinskog TV upravljača.

Infracrvena svetlost se koristi za komunikaciju na veoma kratkim rastojanjima, obično do nekoliko metara. Na primer, koristi se za daljinsko upravljanje televizorom i drugim kućnim uređajima. Infracrveni signal je relativno usmeren i ne prolazi kroz čvrsta tela. Zbog toga što infracrveni signali ne prolaze kroz zidove, ne dolazi do međusobnog ometanja ovih sistema kada se nalaze u susednim prostorijama. Iz istog razloga praktično nije moguće spolja prisluškivati saobraćaj koji se odvija u nekoj prostoriji. Zbog navedenih osobina, infracrveni talasi su pogodni za korišćenje u sobnim bežičnim LAN-ovima. U tom slučaju umrežena oprema treba da bude opremljena infracrvenim primopredajnicima koji emituju relativno nefokusirane signale. Tada se računari mogu povezati na lokalnu mrežu bez ikakvog fizičkog spajanja sa njom.

Infracrvena komunikacija ne može se realizovati na otvorenom prostoru jer sunčeva svetlost pokriva i infracrveni deo spektra.

Kod sistema koji koriste infracrvenu svetlost nema licenciranja za korišćenje opreme. Infracrveni talasi ne prodiru kroz čvrste objekte, npr zidove, pa su zaštićeni od prisluškivanja.

- Laserski bežični prenos -

Vidljiva svetlost se koristi za komunikaciju hiljadama godina. Međutim, kada se danas govori o korišćenju nevođene vidljive svetlosti za prenos podataka, misli se na korišćenje lasera.

Laser (engl *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) je uređaj koji radi na principu pojačanja svetlosti stimulisanom emisijom zračenja. Fotoni laserskog zračenja imaju istu talasnu dužinu, fazu, polarizaciju, pravac i smer kretanja, što omogućava veliku usmerenost laserskog zraka.

Laserski sistemi sa nevođenim EMT se primenjuju za tačka-tačka prenos na većim rastojanjima, npr između dva objekta, pri čemu je neophodno da između predajnika i prijemnika postoji optička vidljivost. Laserski zrak je veoma osetljiv na atmosferske prilike: kiša i magla praktično onemogućavaju prenos.

Ako uporedimo različite vrste medija za prenos podataka:

- Žičani mediji ostvaruju veće propusnosti, bolje se mogu zaštititi od "prisluškivanja", nisu osetljivi na atmosferske prilike.
- Bežični mediji imaju manju cenu uvođenja (osim onda kad trebamo satelite), nisu podložni oštećenjima medija, lakše ostvaruju "broadcast" iste poruke većem broju primaoca.
- Kod svih vrsta medija moguće su greške ili gubici pri prenosu podataka.
- Za ožičenje LAN-a bakar je jeftinije rešenje, a staklo pouzdanije i sa većim dometom.