

Prenosni putevi



PRENOSNI PUTEVI



- Fizički medijum koji povezuje predajnik i prijemnik u telekomunikacionoj mreži.
- Karakteristike prenosnih puteva predstavljaju jedan od najvažnijih elemenata sa aspekta projektovanja mreža za prenos podataka.
- Pri projektovanju telekomunikacionih mreža posebna pažnja se posvećuje izboru prenosnih (transmisionih) medijuma.
- Pri prvim realizacijama prenosa informacija koristili su se bakarni provodnici, da bi se početkom prošlog vijeka počeo koristiti i radio kanal.
- Danas prema dostupnom kapacitetu dominira optičko vlakno.

PRENOSNI PUTEVI



Klasifikacija prenosnih puteva

Prenosni putevi se generalno mogu podijeliti na:

- Vođene (elektromagnetni talasi su vođeni kroz medijum od čvrstog materijala, kao što je bakarna parica, koaksijalni kabal ili optički kabal)
- Nevođene (elektromagnetni talasi se ne vode kroz medijum od čvrstog materijala već se prostiru kroz atmosferu i slobodni prostor).

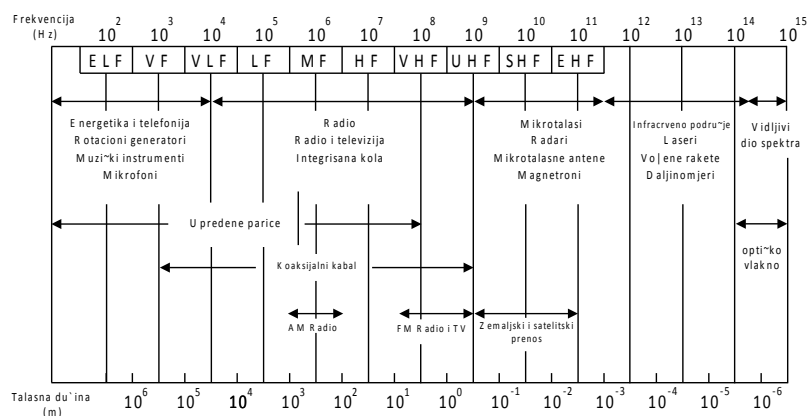
Najčešće korišćeni medijumi za prenos su bakarna upredena parica, optičko vlakno i radio kanal.

3

PRENOSNI PUTEVI



Raspodjela frekvencija unutar elektromagnetnog spektra



4

PRENOSNI PUTEVI



Vođeni prenosni putevi

- upredena parica,
- koaksijalni kabal i
- optičko vlakno.

5

PRENOSNI PUTEVI



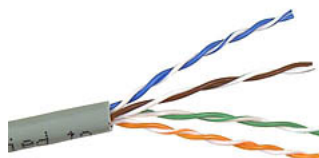
Upredena parica

- najviše korišćeni i najjeftiniji prenosni medijum za analogni i digitalni prenos.
- sastoji se od dvije izolovane upreden bakarne žice (prečnika 0.4, 0.5, 0.6mm i više) koje se ponašaju kao jedna komunikaciona veza.
- Upredanje se vrši radi smanjenja efekta elektromagnetne indukcije odnosno fenomena “preslušavanja”
- određeni broj ovakvih parica, pojedinačno zaštićenih posebnim zaštitnim omotačima, se smješta u kabal.

6

PRENOSNI PUTEVI

Upredena parica (nastavak)



7

PRENOSNI PUTEVI



Upredena parica

- U telefonskim mrežama, parice se koriste za povezivanje pojedinačnih telefonskih terminala sa lokalnom telefonskom centralom. Takve instalacije su projektovane da podrže analogni prenos govornog signala. Međutim, uz upotrebu DSL modema, telefonska mreže se koristi i za prenos podataka. Na taj način, upredena parica danas može podržati brzine prenosa do reda nekoliko desetina Mb/s.
- Upredene parice predstavljaju najčešće korišćeni fiksni medijum i kada je u pitanju digitalni prenos. Za povezivanje digitalnih centrala ili digitalnih kućnih centrala (PBX-ova) u zgradama, uobičajena brzina prenosa je nx64kb/s.
- Upredene parice koriste se i za LAN mreže koje povezuju PC računare, pri čemu se postižu tipične brzine prenosa od preko 1Gb/s. Međutim, nedavno su razvijena su tehnološka rešenja bazirana na upredenim paricama sa protokom od 10Gb/s, koje imaju ograničenja u pogledu rastojanja i broja uređaja koje podržavaju.
- Upredene parice se realizuju sa ili bez zaštitnog omotača provodnika koji se upredaju.

8

PRENOSNI PUTEVI



Upredena parica

- Parice bez omotača (UTP - Unshielded Twisted Pair) su standardne telefonske parice, koje su postale favorizovani medijum za komercijalne LAN mreže, s obzirom na nisku cijenu i jednostavnu ugradnju. Najveći broj kancelarijskih zgrada je ožičen *voice-grade* paricama karakteristične impedanse 100-oma. Nažalost, protok i rastojanja, koja se ovom vrstom prenosnog medijuma mogu ostvariti, su veoma ograničeni. Kablovi realizovani od UTP parica, koji se koriste u LAN mrežama, standardizovani su (EIA/TIA568 standard) u sledećim kategorijama:
 - Kategorija 3 UTP kablovi, i odgovarajući konektori, koji podržavaju brzinu prenosa od 16Mb/s za rastojanja do 100m.
 - Kategorija 5 UTP kablovi i konektori, koji podržavaju brzinu prenosa od 100Mb/s za rastojanja do 100m.
 - Kategorija 5e UTP kablovi i konektori, koji podržavaju brzinu prenosa do 1Gb/s, za rastojanja do 100m.
 - Kategorija 6 UTP kablovi i konektori, koji podržavaju brzinu prenosa do 10Gb/s za rastojanja do 100m.

9

PRENOSNI PUTEVI

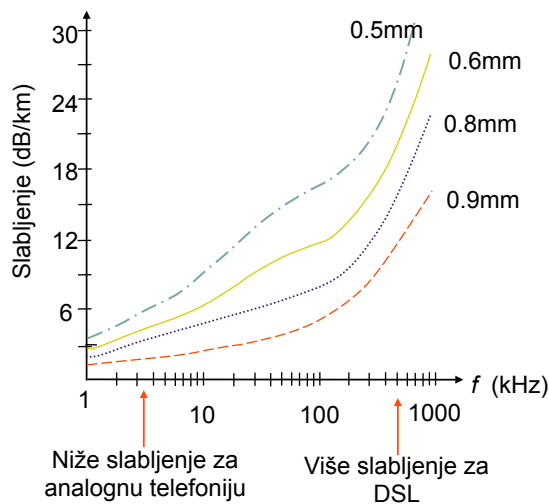


Upredena parica

- Ključna razlika između kablova Kategorije 3 i Kategorije 5/5e/6 je broj upredenih parica u kابلu po jedinici dužine. Kategorija 5 podrazumeva gušće upredanje - tipično 3 do 4 upredanja na 2.5 cm, u poređenju sa 3 do 4 upredanja na 30 cm za Kategoriju 3.
- Signal koji se prenosi UTP paricama je izložen elektromagnetnoj interferenciji, koja potiče od susjednih parica i od spoljašnjih izvora šuma.
- Jedan od načina poboljšanja performansi UTP parica je da se parica obloži metalnim omotačem kojim se smanjuje uticaj interferirajućih signala. Tako dobijene STP (Shielded Twisted Pair) i FTP (Foiled Twisted Pair) parice daju bolje karakteristike. Riječ je o skupljem rešenju, koje je uz to i teže za rukovanje zbog veće debljine i manje fleksibilnosti. To su kablovi koji se sastoje od dva upredena i izolovana provodnika. Pored toga, provodnici i dijelektrici su obmotani folijom (FTP) ili oklopom (STP) koji se vežu na uzemljenje objekta.

10

Upredena parica



11

PRENOSNI PUTEVI

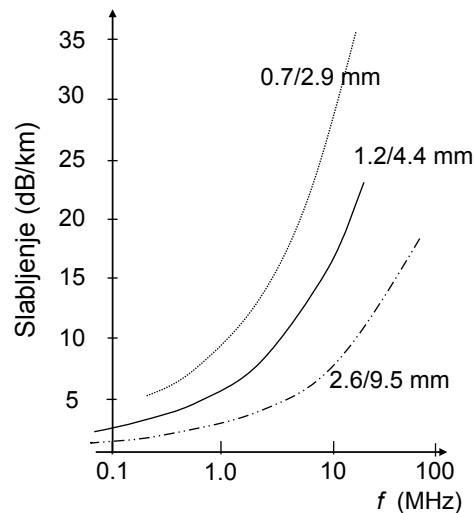
Koaksijalni kabal



- Koaksijalni kabal se sastoji od dva bakarna provodnika, ali je njegova konstrukcija drugačija u poređenju sa upredenom paricom.
- Radi se o spoljašnjem, šupljem cilindričnom provodniku koji obuhvata unutrašnji žičani provodnik.
- Za stabilnu poziciju unutrašnjeg provodnika koriste se posebni ravnomjerno raspoređeni izolatorski prstenovi ili čvrsti dielektrični materijali.
- Spoljašnji provodnik se pokriva zaštitnim omotačem.
- S obzirom na zaštitni omotač i koncentričnu konstrukciju, koaksijalni kabal je nešto otporniji na interferenciju i preslušavanje nego što je to slučaj sa paricama, ali istovremeno i skuplji i značajno teži za eksploataciju.
- Njegova glavna aplikacija je u distribuciji i kontribuciji televizijskog signala, ali se sve više koristi za pristup Internetu.

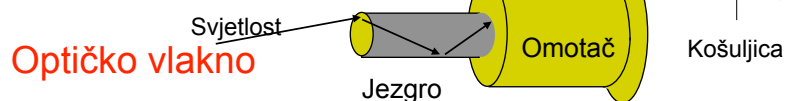
12

Koaksijalni kabal



13

PRENOSNI PUTEVI



- tanak (2 do 125 μm) i lak (kilometar vlakna ima svega nekoliko grama) medijum koji omogućava prostiranje optičkog zraka.
- koriste se različiti stakleni i plastični materijali.
- ima cilindrični oblik i sastoji se od tri koncentrične sekcije: jezgra, košuljice i omotača.
 - Jezgro je unutrašnji dio koji se sastoji od jednog ili više vrlo tankih slojeva, ili vlakana, napravljenih od stakla ili plastike.
 - Svako vlakno je okruženo sopstvenom košuljicom od stakla ili plastike, čije su optičke karakteristike različite u odnosu na jezgro.
 - Poslednji je spoljašnji zaštitni sloj koji obuhvata jedan ili više vlakana. Ovaj zaštitni dio je napravljen od plastike ili drugih materijala koji treba da ostvare zaštitu od vlage, lomljenja, i drugih opasnosti za sastav vlakana.

14

PRENOSNI PUTEVI



Optičko vlakno

- Praktična aplikacija optičkog vlakna predstavljala jedan od najvećih tehnoloških iskoraka kada je u pitanju prenos podataka, i uopšte digitalni prenos.
- Optička vlakna već imaju više nego značajno mjesto u magistralnim telekomunikacionim vezama. Kontinualna poboljšanja performansi i smanjenje cijene koštanja, zajedno sa prednostima optičkih vlakana, učinili su ih vrlo atraktivnim za implementaciju u telekomunikacionim mrežama.

15

PRENOSNI PUTEVI



Optičko vlakno

- Razvoj u domenu optičkih komunikacija je omogućio praktičnu realizaciju prenosa podataka brzinama od 100Gb/s, sa prvim linkovima i na brzinama preko 1 Tb/s. Optička vlakna imaju brojne prednosti u odnosu na druge fiksne medijume, kada je prenos podataka u pitanju.
- Povećan kapacitet prenosa. Protoci i preko 100Gb/s se mogu realizovati optičkim vlaknima, dok za upredene parice gornja granica za sada iznosi 10Gb/s.
- 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.

16

PRENOSNI PUTEVI



Optičko vlakno

- Vjerovatnoće greške reda jedne u 10^9 su tipične, u odnosu na jednu u 10^6 za koaksijalne kablove.
- Manji su i lakši. Tipično, optički kablovi 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 dodavanjem postojećem kابلu kanala na različitim talasnim dužinama svjetlosti.
- Optička vlakna su otpornija na koroziju i vlagu.
- Troškovi održavanja su manji nego za električne kablove. Takođe je i srednje vrijeme između otkaza znatno duže.

17

PRENOSNI PUTEVI



Optičko vlakno

- plastično jezgro je lakše za realizaciju, manje je osjetljivo na eventualne nečistoće i jeftinije je.
- ova vlakna imaju i mnogo veća slabljenja (stotine dB/km) u odnosu na vlakna sa staklenim jezgrom, što ograničava njihovu primjenu na lokalne veze dužine do 50 m.

U odnosu na način prostiranja svjetlosti duž vlakna, razlikuju se:

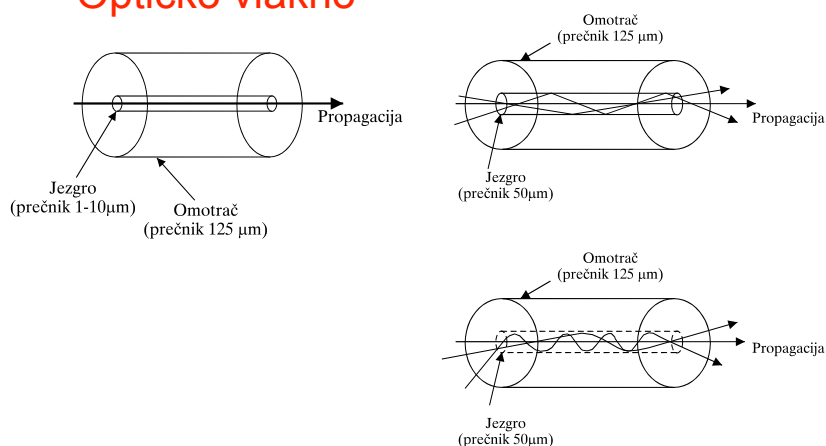
- monomodna (postoji samo jedna putanja prostiranja svjetlosti duž jezgra) i
- multimodna vlakna (imaju veći prečnik jezgra i veći broj putanja prostiranja dobijenih refrakcijom svjetlosnog zraka). Postojanje više putanja prostiranja različitih dužina, a time i različitih vremena potrebnih za prelazak vlakna, dovodi do toga da se pojedinačni elementi signala (impulsi) rasipaju u vremenu. Na taj način se direktno ograničava brzina prenosa sa kojom je moguće ostvariti kvalitetan prenos poruke multimodnim vlaknom.

18

PRENOSNI PUTEVI



Optičko vlakno



19

PRENOSNI PUTEVI

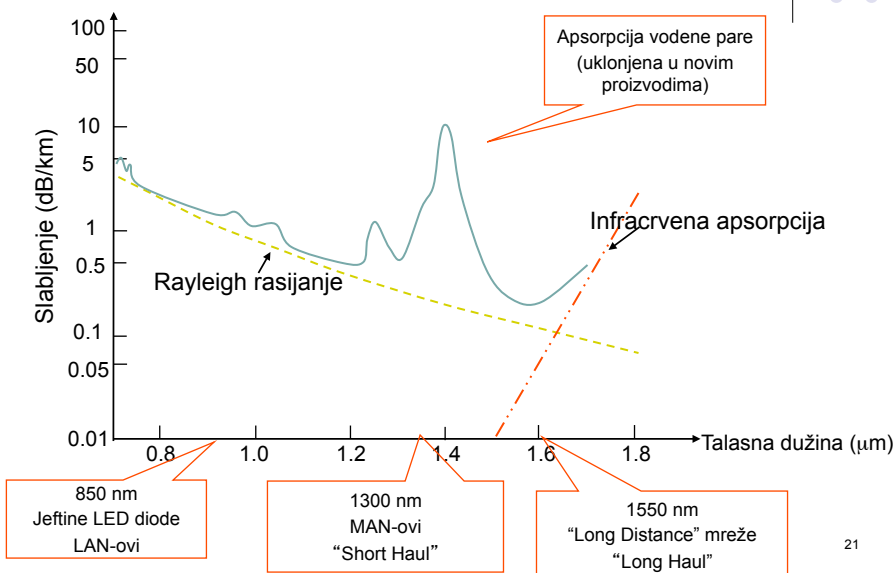


Optičko vlakno

- U praksi se uobičajeno sreću dvije vrste multimodnih vlakana:
- dvoslojna (indeks prelamanja jezgra veći od indeksa prelamanja omotača) i
- gradijentna (indeks prelamanja jezgra mijenja duž njegovog prečnika, s tim što je indeks prelamanja omotača konstantan i manji od najmanje vrijednosti indeksa prelamanja jezgra).

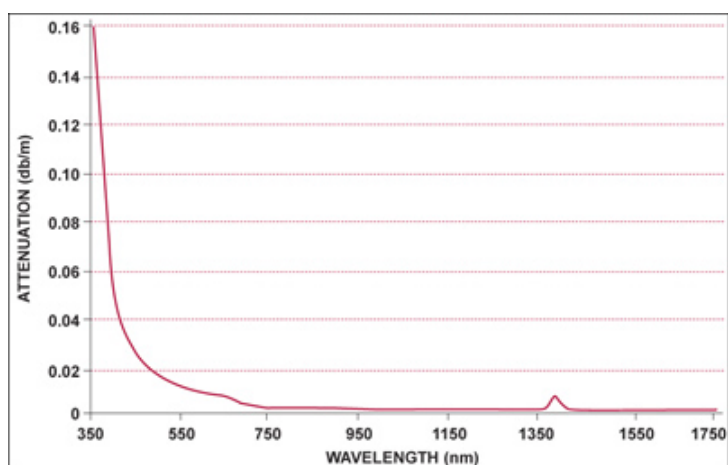
20

Vrlo nisko slabljenje



21

Slabljenje modernih vlakana



22

Vrlo veliki opseg

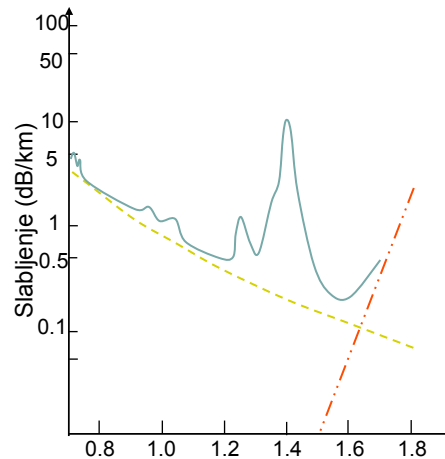
- Opseg talasnih dužina optičkog signala od λ_1 do $\lambda_1 + \Delta\lambda$ sadrži opseg

$$B = f_1 - f_2 = \frac{v}{\lambda_1} - \frac{v}{\lambda_1 + \Delta\lambda}$$

$$= \frac{v}{\lambda_1} \left\{ \frac{\Delta\lambda / \lambda_1}{1 + \Delta\lambda / \lambda_1} \right\} \approx \frac{v \Delta\lambda}{\lambda_1^2}$$

- Primjer: $\lambda_1 = 1450 \text{ nm}$
 $\lambda_1 + \Delta\lambda = 1650 \text{ nm}$:

$$B = \frac{2(10^8 \text{ m/s}) 200 \text{ nm}}{(1450 \text{ nm})^2} \approx 19 \text{ THz}$$



23

PRENOSNI PUTEVI

Bežični prenosni putevi

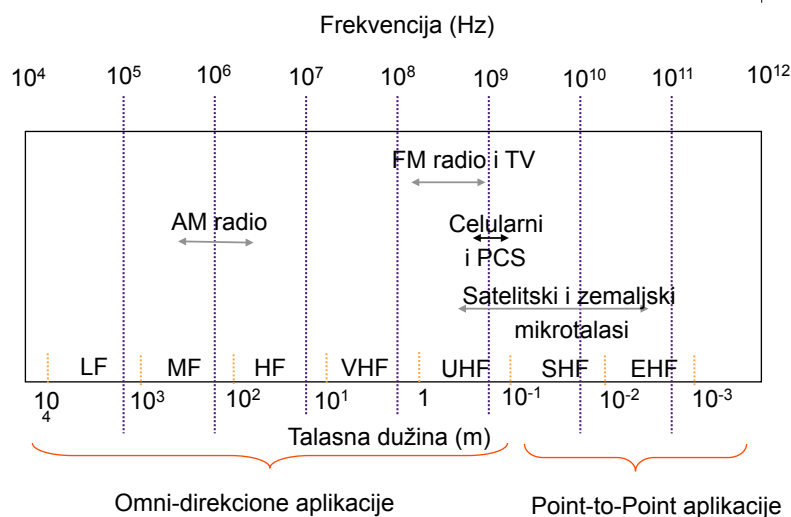
- predaja i prijem signala se ostvaruje pomoću antena, koje predstavljaju konvertore električnih signala visokih učestanosti u elektromagnetno zračenje (predajna antena) i obrnuto (prijemna antena).
- postoje dva tipa konfiguracije za bežični prenos:
 - direkcion (predajna antena emituje fokusirani elektromagnetni snop, što zahtijeva precizno podešavanje predajne i prijemne antene kako bi se omogućio prijem emitovanih signala)
 - omnidirekcion (emitovani signal se prostire u svim pravcima i može biti primljen od strane više prijemnika koji su locirani u različitim pravcima od predajne antene.)
- generalno važi da je mogućnost fokusiranja signala u snop utoliko veća ukoliko je veća učestanost signala.
- Na prostiranje radio talasa dominantan uticaj ima slabljenje koje u slobodnom prostoru je dato formulom

$$L = \left(\frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2$$

- Pored slabljenja ne treba zaboraviti uticaje refleksije, difrakcije, i drugih efekata propagacije.

24

Radio Spektar



25

PRENOSNI PUTEVI

Bežični prenosni putevi

- tri opsega učestanosti se pojavljuju kao značajni za projektovanje prenosnog sistema.
 - Frekvencijski opseg koji se koristi u lokalnim aplikacijama, je infracrveni dio elektromagnetnog spektra (3×10^{11} - 2×10^{14} Hz). Ovaj opseg se koristi za lokalni prenos od tačke do tačke, obično u jednoj prostoriji.
 - Frekvencije u opsegu od oko 2 GHz do 40 GHz nazivaju se mikrotalasnim opsegom. U tom opsegu mogućnost fokusiranja signala je vrlo velika i mikrotalasi su pogodni za prenos od tačke do tačke, kao i za satelitske komunikacije.
 - Frekvencije u opsegu od 30 MHz do 1 GHz su pogodne i za omnidirekzione konfiguracije tako da se taj opseg, između ostalog koristi i za radio difuziju (difuzija - jednosmjerni prenos od jedne prema više tačaka).

26

PRENOSNI PUTEVI



Zemaljske radio veze

- Najranija primjena radio veza za prenos podataka, povezana je sa vrlo visokim frekvencijama, odnosno sa mikrotalasnim dijelom elektromagnetnog spektra.
- Razvoj primo-predajne tehnike, omogućio je širokopojasne SHF (Super High Frequency) linkove koji su podržavali digitalne protoke reda nekoliko desetina Mb/s. Mikrotalasne veze zahtijevaju ripitere na regularnim razmacima za održavanje putanje signala iznad eventualnih prepreka i pojačanje nivoa signala.
- Na nekim mjestima, kao što su vodene površine, nije uvijek moguće instalirati tornjeve sa ripiterima, usled čega se prelazi na prenos zasnovan na principu troposkatera. Troposkaterski sistemi koriste UHF ili SHF radio signale, koji se usmjeravaju pod malim uglovima, kako bi se obezbijedila refleksija od troposfere (sloj atmosfere na visini od 10 km iznad površine Zemlje). Ovi sistemi omogućavaju prenos više nezavisnih signala podataka, sa protocima do nekoliko Mb/s, na rastojanja do 500 km.
- 70-tih godina XX vijeka, za vojne potrebe i potrebe drugih funkcionalnih korisnika, počinje eksploatacija VHF i UHF dijelova elektromagnetnog spektra za prenos podataka. Prvi sistemi u tim opsezima su omogućavali veze između centralnih stanica i pojedinačnih korisnika, koji nisu morali biti stacionirani na jednom mjestu. Kasnijim razvojem, prvenstveno sistema za prenos govora u UHF opsegu, stvorene su pretpostavke da se celularnim mobilnim radio mrežama prenose i podaci.

27

PRENOSNI PUTEVI



Mikrotalasne veze

- Ključni elementi, potrebni za uspostavljanje mikrotalasnih veza, su parabolične antene prečnika od 0,4 do 2,6m. Takve antene su čvrsto fiksirane i fokusiraju uzani snop za postizanje prenosa po liniji vidljivosti do prijemne antene.
- Mikrotalasne antene su obično locirane na određenoj visini iznad zemlje s ciljem da se poveća rastojanje između antena na dva kraja veze i da bi se omogućio prenos preko mogućih prepreka.
- Ako se želi postići prenos na veća rastojanja, koristi se serija radio-relejnih stanica i u stvari veze od tačke-do tačke se nadovezuju jedna na drugu.
- Mikrotalasni prenos pokriva značajan dio elektromagnetnog spektra. Najčešće frekvencije koje se koriste za prenos su između 2 i 40 GHz.
- Primarna aplikacija mikrotalasnih veza danas je ostvarivanje prenosa na velikim rastojanjima, kao alternativa optičkom vlaknu. Mikrotalasni linkovi se upotrebljavaju za prenos govornog i TV signala. Druga oblast aplikacija ovih veza je u LAN mrežama za prenos podataka na kratkim rastojanjima u konfiguraciji tačka-tačka (između ili unutar zgrada).

28

PRENOSNI PUTEVI



Radiodifuzija

- Principijelna razlika između mikrotalasnih veza i radio difuznog prenosa je u tome što su mikrotalasne veze direkcione, dok je radio difuzija omnidirekciona vrsta veze. To znači da za radio difuzni prenos nije potrebna parabolična antena, niti antena mora biti instalirana na preciznoj lokaciji.
- Za ovu vrstu prenosnih puteva koristi se opseg od 30 MHz do 1 GHz. Za razliku od elektromagnetnih talasa nižih učestanosti (MF i HF talasa, odnosno srednjih i kratkih), jonosfera ne reflektuje radio talase učestanosti veće od 30 MHz.
- Prenos je ograničen na liniju direktne vidljivosti i za razliku od viših učestanosti u mikrotalasnom opsegu, radio difuzni talasi su otporni na slabljenja usled atmosferskih padavina. S obzirom da je riječ o tehnici zasnovanoj na radio prenosu po liniji direktne vidljivosti, važi uslov kao i kod mikrotalasa o maksimalnom mogućem rastojanju.

29

PRENOSNI PUTEVI



Satelitske mikrotalasne veze

- Komunikacioni satelit je u stvari mikrotalasna relejna stanica (transponder - prijemnik sa automatskom predajom odgovora).
- Koristi se za povezivanje dva ili više mikrotalasnih predajnika/prijemnika koji se nalaze na površini Zemlje (zemaljske stanice).
- Satelit prima emitovani signal u jednom opsegu, pojačava ga ili obnavlja, i potom emituje na drugoj učestanosti.
- Pojedinačni satelit može funkcionisati na većem broju frekvencijskih opsega, koji se nazivaju kanalima transpondera.

30

PRENOSNI PUTEVI



Satelitske mikrotalasne veze

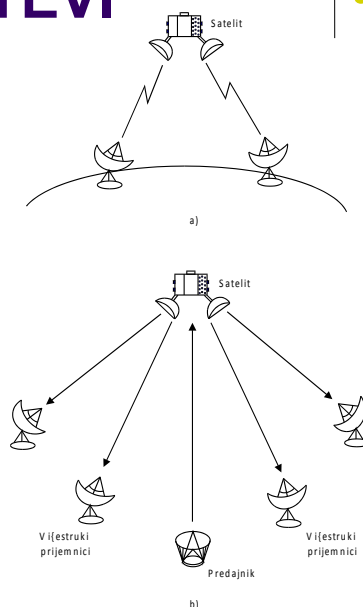
- Postoje dvije uobičajene konfiguracije za satelitske komunikacije. U prvoj, satelit se koristi za link od tačke-do tačke između dvije antene na Zemlji. Kod druge konfiguracije, satelit omogućava komunikaciju između jednog predajnika na Zemlji i većeg broja prijemnika koji se takođe nalaze na Zemlji.
- Da bi komunikacioni satelit efikasno funkcionisao, generalno je potrebno da ostane stacionaran u odnosu na njegovu 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.

31

PRENOSNI PUTEVI



Satelitske mikrotalasne veze



32

PRENOSNI PUTEVI



Satelitske mikrotalasne veze

- 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.

33

PRENOSNI PUTEVI



Satelitske mikrotalasne veze

- 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. TV programi se emituju do satelita i potom, na principu difuzije, vraćaju na Zemlju do određenog broja stanica koje ih distribuiraju do individualnih gledalaca. Jedna od aplikacija ove vrste je sa satelitima za direktno emitovanje DBS (Direct Broadcasting Satellites), pri čemu se sa satelita video signali direktno emituju do individualnih gledalaca.
 - 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. Na taj način korisnik koji raspolaže antenama na određenim pozicijama koristi svoj kanal za uspostavljanje privatne satelitske mreže. 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.

34

Primjeri



Celularni telekomunikacioni sistemi

- Dodijeljeni spektar
- Prva generacija:
 - 800, 900 MHz
 - NA početku analogni govor
- Druga generacija:
 - 1800-1900 MHz
 - Digitalni govor, prenos poruka
- Treća generacija
 - 2GHz
 - Integracija govora sa drugim servisima

WLAN

- Nelicencirani ISM spektar
 - Industrial, Scientific, Medical
 - 902-928 MHz, 2.400-2.4835 GHz, 5.725-5.850 GHz
- IEEE 802.11 LAN standard
 - 11Mb/s-6,76Gb/s

Point-to-Multipoint sistemi

- Direkzione antene na mikrotalasnim frekvencijama
- Brze digitalne komunikacije između sajtova
- Brzi Internet Radio pristup, linkovi okosnice za ruralne korisnike
- WiMAX

Satelitske komunikacije

- Geostacionarni satelit @ 36000 km iznad ekvatora
- Relej mikrotalasnih signala sa uplink frekvencija na downlink frekvencije
- "Long distance" telefonija
- Satelitska TV
- Internet