Optički kablovi- optička komunikacija

Uvod

- Mreža u kojoj se signali prenose preko optičkih kablova.
- Razvoj optičkog vlakna-osobine, primena, princip rada.
- Optoelektronski sistemi za prenos (optičke mreže).
- Obezbeđivanje prenosa velikog kapaciteta informacija kroz medijum.

Optički kablovi

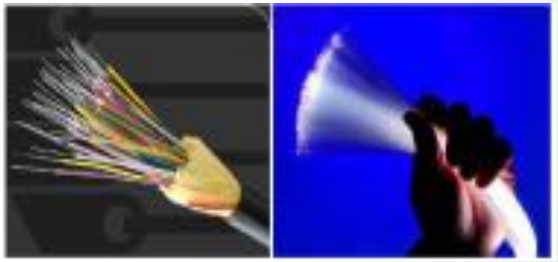
- Kod ove vrste kablova, optička vlakna prenose digitalne signale u obliku modulisanih svetlosnih impulsa.
- Ovo je relativno bezbedan način prenošenja podataka jer optički kablovi ne mogu da prenose električne impulse pa se i ne mogu prisluškivati, a podaci su bezbedni od krađe.
- Takođe, kablovi od optičkih vlakana ne podležu električnim smetnjama, imaju najmanje slabljenje signala duž kabla i podržavaju izuzetno velike brzine prenosa podataka na velikim udaljenostima. Najčešće čine osnovu tj. kičmu (backbone) bilo koje ozbiljnije telekomunikacione mreže.
- Optički kablovi se koriste i u slučajevima umrežavanja više objekata, gde se sa bakarnim kablovima mogu očekivati problemi sa uzemljenjem i atmosferskim pražnjenjima.
- Optičke veze osim velike brzine prenosa obezbeđuju i potrebno galvansko razdvajanje instalacija.
- Često se postavljaju u objektima, u slučajevima kada se predviđa veliki mrežni saobradaj između spratnih (vertikalnih) razvoda u odnosu na centar mreže.

Optičko vlakno

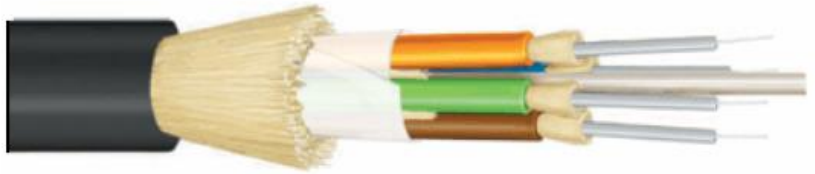
- Za razliku od koaksijalnih i simetričnih kablova koji prenose električne signale kroz provodnike, optička vlakna **prenose svetlosni snop (fotone)** kroz **staklenu** ili **plastičnu** sredinu pa su samim tim imuni na elektromagnetna zračenja.

Karakteristike:

- Prenos informacija pomoću svetlosti
- Pouzdanije i sigurnije od bakarnih žica (prenos električnih signala-zato što ne prenose električne impulse ne mogu se prisluškivati)
- Prenos svetlosnih signala – manje smetnje (ne deluju smetnje električnih uređaja)
- Propusnost – do 50 000 Gb/s
- Mala mogućnost greške
- Ne emituje smetnje u okolini
- Najmanje slabljenje signala duž kabla
- Galvansko razdvajanje instalacija (za razliku od bakarnih kablova koji prave problem sa uzemljenjem i atmosferskim pražnjenjem)



Optičko vlakno



- **Primena:**
- Umrežavanje više objekata
- Kod objekata gde se predviđa veliki mrežni saobraćaj

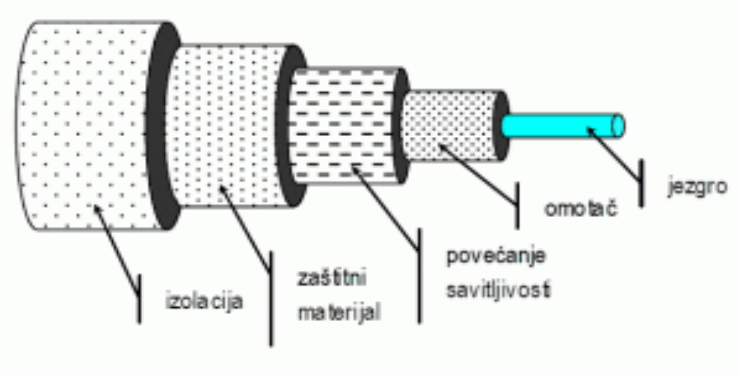
- Napomena: prilikom postavljanja kablova treba poštovati pravila o savijanju jer isuviše veliki ugao savijanja može da uspori prostiranje svetlosti.

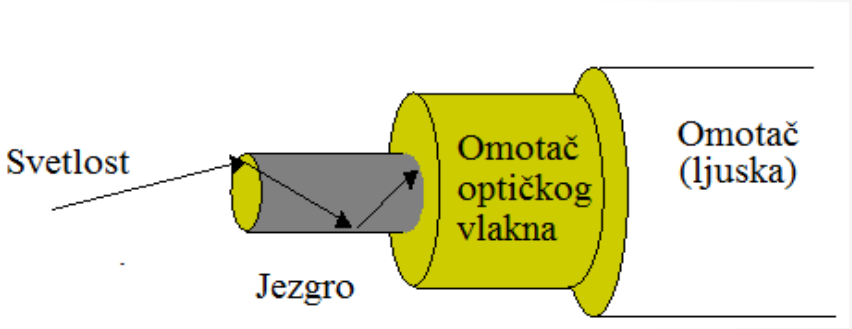
- **Sistemi prenosa sa optičkim kablovima** sastoje se od 3 osnovna dela:
- predajnik (izvor svetlosti: LED ili laserska dioda)
- optičko vlakno
- prijemnik (foto senzor)

- **Princip rada:** Standardni električni signal se dovodi na lasersku ili LED diodu koje vrše konverziju signala u svetlost, zatim se svetlost ubacuje u optičko vlakno na čijem drugom kraju je prijemnik koji vrši opto-električnu konverziju posle koje se dobija standardni električni signal. **Princip po kome se informacija prenosi po optičkom vlaknu bazira se na fizičkom fenomenu –totalnoj refleksiji.**

Struktura optičkog vlakna

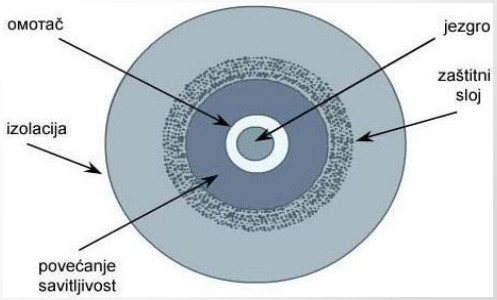
- Optičko vlakno sastoji se od dve optički različite sredine:
  - unutrašnjeg transparentnog **optičkog jezgra** (core), napravljenog od kvarcnog stakla ili plastike, sa indeksom prelamanja n_1
  - čvrstog dielektričnog **omotača optičkog vlakna** (cludding) sa manjim indeksom prelamanja $n_2<n_1$.





omotač – obavija jezgro, takođe je od stakla ali sa drugom vrednosti indeksa prelamanja. Svetlost ulazi u jezgro pod određenim uglom potrebnim da dođe do totalne refleksije, zbog koje se svetlosni zrak neprestano odbija od granične površine jezgro-omotač putujući tako kroz vlakno do prijemnika

sloj za povećanje savitljivosti
zaštitni materijal
izolacija

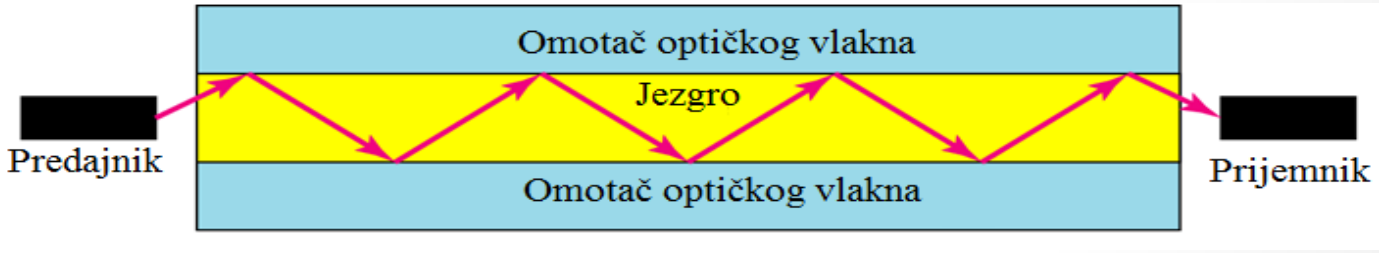


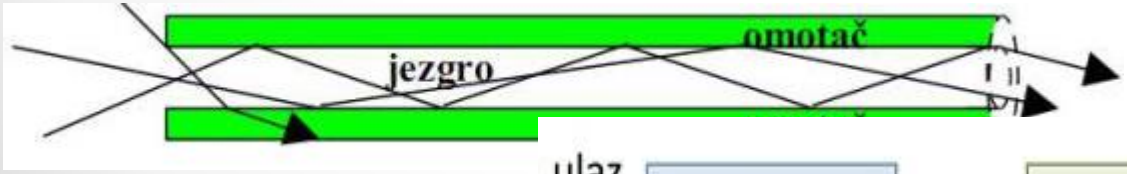
Prenos informacija optičkim vlaknom

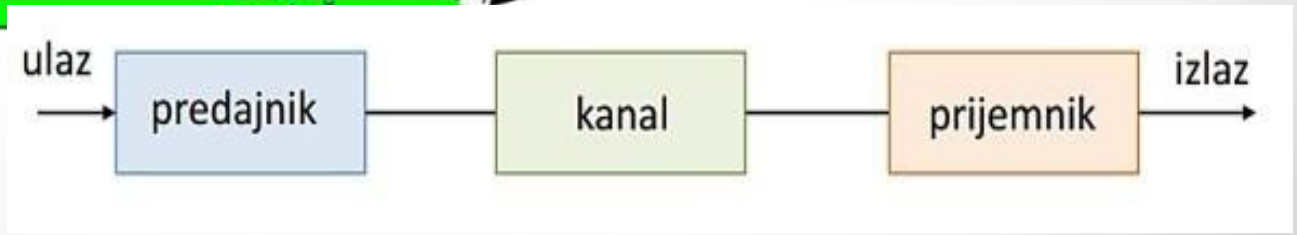
- Svaka fiber optička komunikaciona mreža se sastoji iz tri dela:
  - Optički predajnik (pretvara električni signal u svetlosni) i
  - Optičko vlakno – kao prenosni medijum
  - Optički prijemnik (pretvara svetlosni zrak u električni signal)

  - Prenos signala optičkim vlaknom zasniva se na pojavi totalne unutrašnje refleksije optičkog signala.

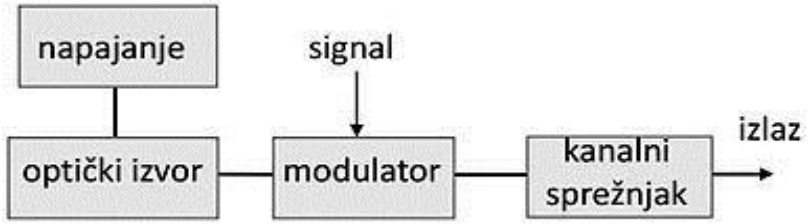
  - Da bi se obavila konverzija, predajnik koristi LED (*light emitting diode*) ili lasersku diodu, a prijemnik fotodiodu ili foto-tranzistor.







Optički predajnik



Blok šema optičkog predajnika

- Služi za slanje govornih i drugih informacija u obliku svetlosnog signala duž kabla.
- Ima dvostruku ulogu. U sebi mora da sadrži svetlosni izvor, koji će napajati optičko vlakno, i modulator, koji treba da moduliše svetlost, tako da ona reprezentuje binarni ili analogni ulazni signal. Predajnik predstavlja neku vrstu pretvarača digitalnog elektronskog signala u svetlosni signal.
- Predajnici se mogu upoređivati po dva osnova. Jedan je posmatranje karakteristika optičkog dela, koji predstavlja izvor svetlosti, a drugi je način modulacije svetlosnog signala.
- Prilikom posmatranja karakteristika vezanih za optički deo predajnika, treba uzeti u obzir sledeće: izvor treba da obezbedi emitovanje svetlosti u obliku konusa, prečnika poprečnih preseka od 8μm do 100μm, inače optičko vlakno neće biti pobuđeno svetlosnim izvorom
- Snaga izvora treba da bude dovoljno velika da može da se postigne željena vrednost verovatnoće greške (BER).
- Neophodno je izvršiti fokusiranje svetlosti izvora, kako bi se optičko vlakno pobudilo dovoljnom optičkom snagom.
- Optički izvor treba da generiše signal linearnih karakteristika kako bi se sprečilo generisanje viših harmonika i intermodulacionih izobličenja, pošto se oni teško eliminišu.
- Neophodna je laka modulacija optičkog izvora električnim signalom, i da su pri tome, brzine modulacije velike, inače se prednosti koje poseduje optičko vlakno sa svojim širokim opsegom ne mogu iskoristiti.
- Na kraju, tu su i zahtevi kao što su: male dimenzije, mala težina, niska cena i visoka pouzdanost

Optički predajnici

Laserke diode

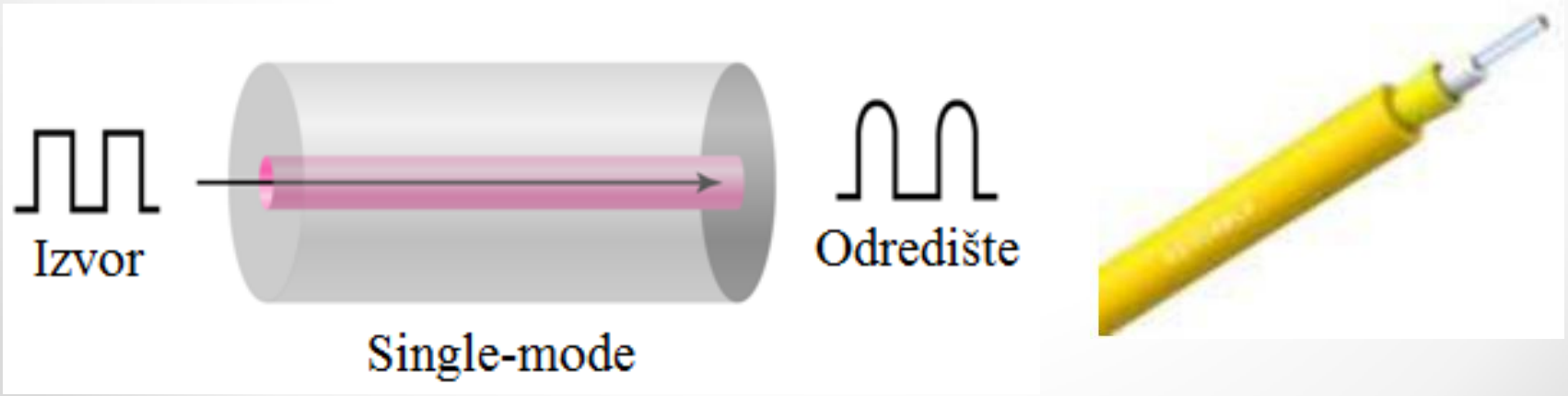
LED diode

- Laserske diode se koriste u slučajevima kada je potrebna velika brzina prenosa i/ili veliki domet.
- Modulišu se direktno, promenom struje kroz diodu, pomoću relativno (u odnosu na LED) složenog elektronskog kola.
- Veoma su osetljive komponente.
- Lako se oštećuju/uništavaju nepravilnim pobuđivanjem ili elektrostatičkim pražnjenjem.
- Često se moraju temperaturno stabilizovati – relativno skupo i sa velikom potrošnjom energije.

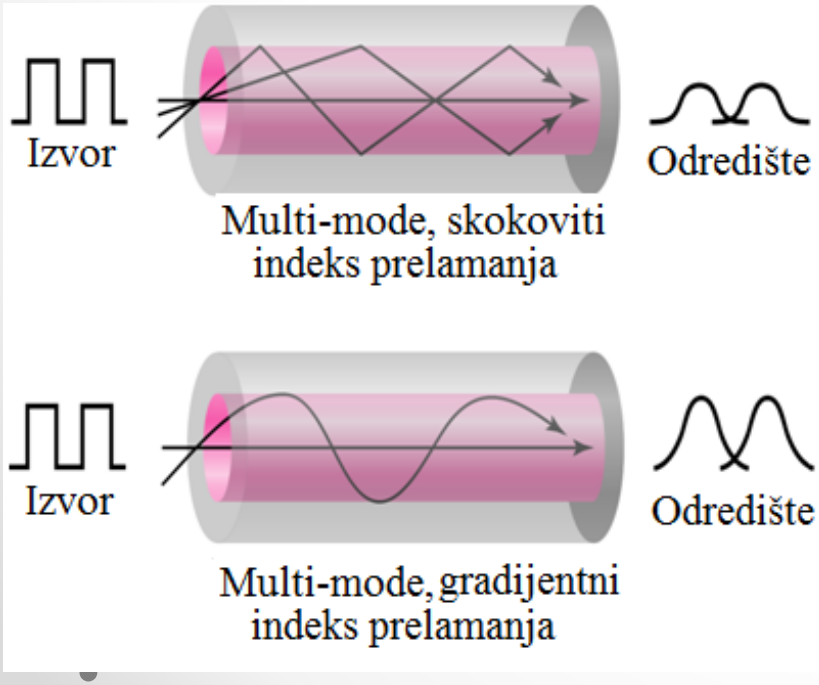
- LED diode se koriste za ostvarivanje veza čije su brzine reda do 100 Mbit/s.
- Modulišu se direktno pomoću struje kroz p-n spoj.

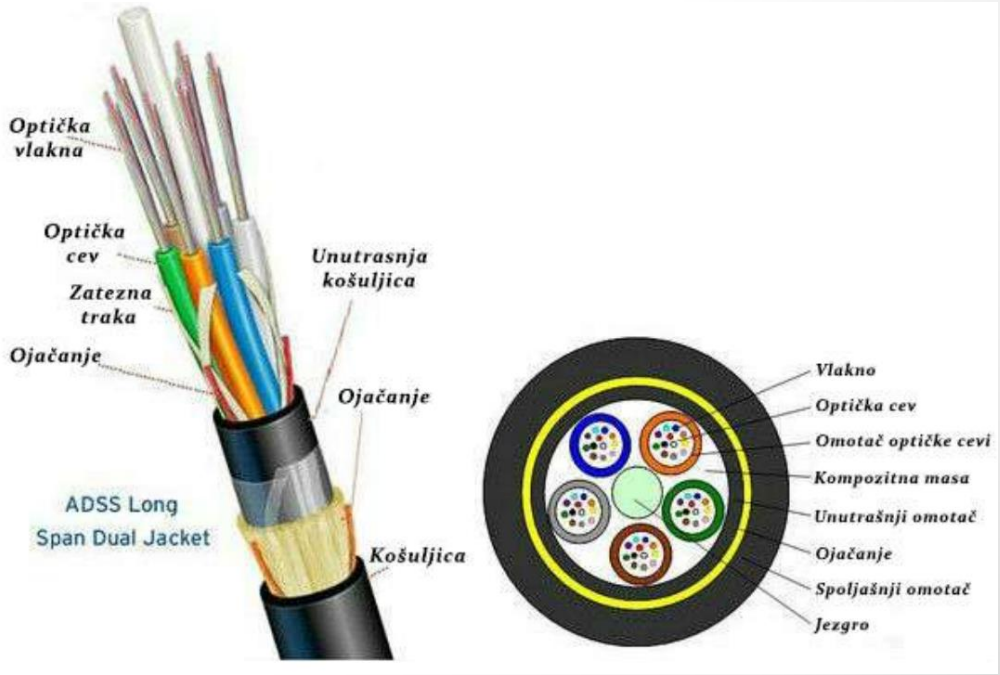
Tipovi optičkih vlakana

- Optičko vlakno – tanka staklena ili plastična nit sa svojstvom vođenja svetlosti.
- Monomodna (single-mode) - **Laser** kao izvor svetlosti; superiornija su u pogledu slabljenja i propusnog opsega, ali su znatno skuplja i teža za instalaciju.
- Ima jezgro promera mnogo manjeg nego što je omotač te je talasna dužina zraka uporediva s promerom jezgra. Zbog tako malog promera jezgra, ulaskom zraka u optičko vlakno ne dolazi do razdvajanja zraka. Svjetlost se prenosi s jednog kraja vlakna na drugi samo putem jednog zraka.
- Tip optičkog vlakna koji se koristi u CATV sistemima, telefoniji i u sistemima za prenos podataka. Prečnik jezgra je obično 9 μm i kroz vlakno se prostire svetlost talasne dužine 1310 i 1550 nm.

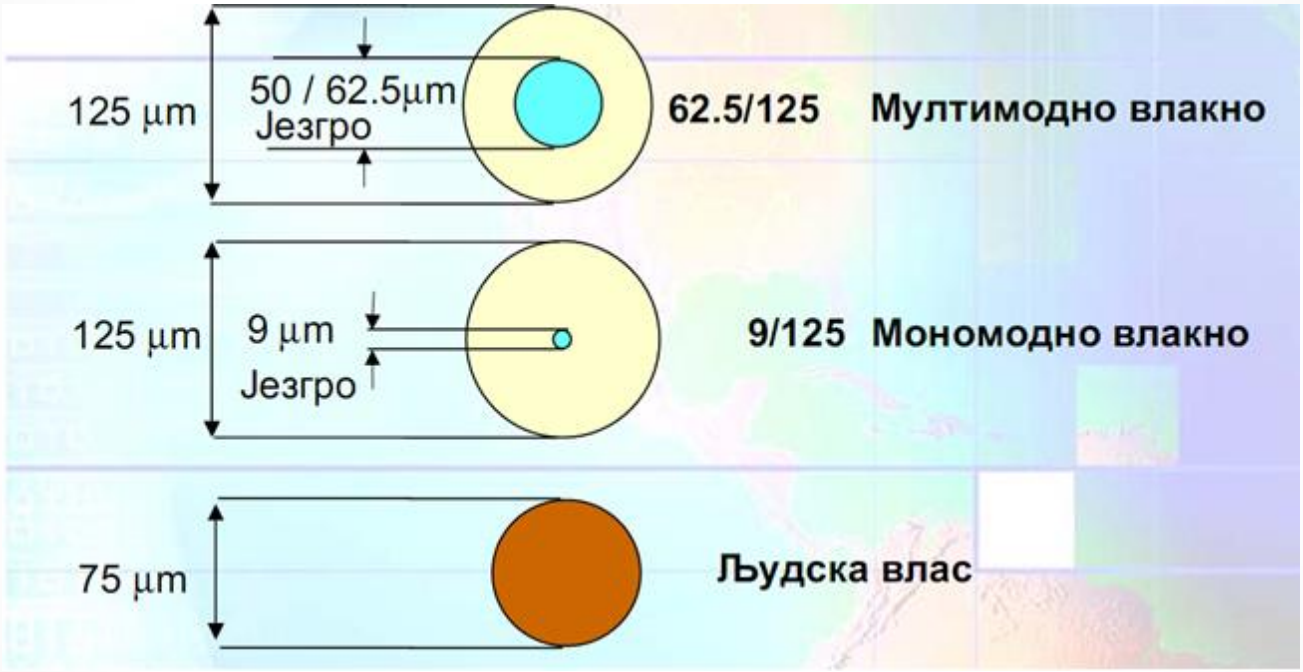


- Multimodna (multi-mode) - **LED** kao izvor svetlosti:
  - sa skokovitim indeksom prelamanja (prvobitna vlakna) svetlosni zraci sa različitim upadnim uglom u vlakno prelaze različite puteve tako da na prijemu stižu u različito vreme - problem disperzije)
  - sa gradijentnim indeksom prelamanja indeks prelamanja se postepeno menja (raste) idući od omotača ka jezgru
  - Tip optičkog vlakna koje se koristi za LAN mreže (Local area networks). Prečnik jezgra je obično 62,5 μm a talasna dužina svetlosti koja se prostire kroz vlakno je 850 i 1310 nm





Monomodna i multimodna vlakna



Primena

- U telekomunikacionim mrežama, na svim nivoima, koriste se kablovi sa **monomodnim** vlaknima jer omogućavaju prenos veće količine informacija i imaju manje gubitke što omogućava veće regeneratorske deonice.

- **Multimodna** vlakna imaju određene prednosti: lakše spajanje i postavljanje zbog većeg prečnika jezgra, mogućnosti korišćenja jeftinijih optičkih izvora, pa se danas najčesće koriste u lokalnim računarskim mrežama (LAN, Local Area Networks) i industrijskim mrežama.

Gubici usled savijanja

- Usled savijanja menja se geometrija optičkog vlakna.
- Neki svetlosni zraci ‘pobegnu’ u omotač a drugi se nepravilno odbiju.
- Povećanje gubitaka u optičkom vlaknu.
- Gubici usled mikrosavijanja – periodična savijanja ose vlakna, periode ponovljanja nekoliko mm i amplitude nekoliko mikrona.

➢ Nejednaka raspodela opterećenja pri dejstvu spoljašnjih mehaničkih sila.

➢ Pojava disperzije.

Prednosti i nedostaci optičkih vlakana

- Prednosti:
  - Veoma velika brzina prenosa podataka, nekoliko gigabita Gbit/s (2,5, 10, 40!)
  - Malo slabljenje signala
  - Male dimenzije
  - Mogućnost povećavanja kapaciteta prenosa i posle ugradnje kabla
  - Neosetljivost na električne smetnje
  - Bezbednost podataka
  - Ekonomičnost
- Nedostaci:
  - Skupa oprema za instalaciju
  - Ne mogu da prenose energiju za repetitore

Tipovi optičkih kablova

- U zavisnosti od namene kablova, gde se oni postavljaju, koliki broj vlakana sadrže razlikujemo sledeće kablove:

- **Instalacione kablove** - Sam naziv nam kaže da se oni služe za instalaciju unutar objekata.
- **Uvlačni** - Postavljaju se unutar cevi u TKi kanalizaciji.
- **Armirani** - Nešto jače sekundarne zaštite od ostalih kablova, armirane jer sepostavlja direktno u zemlju gde se mora obratiti pažnja na spoljašnje uticaje.
- **Samonosivi** - Imaju čeličnu žicu koja pomaže kablu da se ne istegne više nego što je dozvoljeno pri čemu bi se slabljenje povećalo, a prenos informacije bio loš. Postavljaju je se na uporišta iznad zemlje. Podsećajuj na osmicu.
- **Podvodni** - Imaju ojačanu zaštitu protiv vode i vlage. Postavljaju se u reke i jezera.
- **Podmorski** - Specijalizovani za morske uslove i moguće "probleme", postavljaju se po dnu mora i okeana.

Tipovi optičkih kablova

- **Kablove razlikujemo i po načinu pouzavanja i namene sekundarne zaštite:**

- **Tight-buffered** (kabal ojačanih vlakana), stegnute konstrukcije i ima naležuću sekundarnu zaštitu. Upotrebljava se za unutrašnje kabliranje.Ovoj grupi pripadaju i patch-cord kablovi koji imaju na oba kraja po konektor. Pored njih koriste se i Pig-tail kablovi koji imaju samo na jednom kraju kontektor, dok je drugi slobodan da bi mogao direktno da se nastavi na vlakno optičkog kabla.
- **Ribbon** (kabal sa trakasto slepljenim optičkim vlaknima)-ovi kablovi se lako prepoznaju jer im struktura podseća na flomastere poređane horinzotalno jedan pored drugog i zaštićeni su primarnom zaštitiom, a pored primarne imaju i zajedničku zaštitu od termoplastičnog materijala. Sadrži neke dodatne slojeve zaštite od uticaja spoljašnje sredine. Najčešće služe da umreže računar.
- **Loose-tube** (kabal savitljivih vlakana), slobodne konstrukcije jezgra. Loose-tube se strogo može samo HORIZONTALNO postaviti zbog gela koji sadrzi u kablu i posle nekog vremena u slučaju da se postavi vertikalno, taj gel može da iscuri, a kabal da podlegne oštećenju. Unutrašnjost kabla sadrži plastične cevčice koje su veće od optičkog vlakna, da ono može da se slobodno kreće, ali se pune gelom da bi se usporilo to kretanje. Jedna cevčica može sadržati i vise vlakana najčešće 6 i 12. Gel predstavlja i sekundarnu zaštitu.

- **Slotted-core** (kablovi sa nažlebljenim cilindričnim elementom), vlakna se postavljaju u žlebove nažlebljenog cilindričnog elementa koji je takođe i jezgro ovog kabla, a i njegov noseći element. Kod ovih kablova cilindrični element najčešće sadrži 10 ili 12 žlebova.

- **Optical ground wire** (OPWG), ima dvojnu ulogu, ulogu zemljovodnog užeta (**zemljovod** je provodnik koji spaja glavni priključak uzemljenja sa uzemljivačem) i optičkog komunikacionog kabla. Oni se koriste već duži niz godina i brojne instalacije ovog tipa optičkog kabla su rasprostranjene širom sveta. OPGW kablovi, koji se postavljaju umesto klasičnog zemljovodnog užeta, se sastoje iz provodnih, nosećih i optičkih elemenata.

- **Imamo i kablove specijalne konstrukcije, to su:**

- Hybrid (hibridni kablovi) - Jedan ovakav optički kabal sadrži u svom jezgru optička vlakna multimodnog i monomodnog tipa.

- Composite (Kompozitni kablovi) - Jedan ovakav kabal sadrži u svom jezgru pored optičkih vlakana i bakarne provodnike.

Upoteba optičkih kablova

Razlozi za upotrebu optičkog prenosa

- Prenos na velike udaljenosti bez repetitora i regeneratora
- Veliki kapacitet
- Smanjena cena sistema
- Smanjena cena održavanja
- Bolji kvalitet
- Najmanja cena životnog ciklusa
- Male dimenzije
- Mala težina
- Dielektrična priroda
- Otpornost na EMI/RFI
- Unutrašnja zaštita prenosa
- Medjusobni odnos osobina optičog vlakna i faktora koštanja njegove primene

Upoteba optičkih kablova

Prenos na velike udaljenosti

- Zbog veoma malog slabljenja pomoću optočkih vlakana može se vršiti prenos na velike udaljenosti bez repetitora i regeneratora. Optička elektronika može da vrši prenos na 40-80 km. Neki telefonski sistemi prenose signal na na udaljenosti većoj od 230km. Rastojanje između ovih regeneratora uveliko premašuje 10km, što je tipično rastojanje za bakarne telefonske sisteme.
- Upotreba optičkih vlakana produžava daljinu prenosa podataka na najmanje 3000m. Sa ovako povećanim rastojanjem, mreže mogu biti projektovane za velika geografska područja bez potrebe za regeneratorima i repetitorima signala. Bakarni kablovi u prenosu podataka su uglavnom ograničeni na 100m.
- Sposobnost prenosa na velike udaljenosti mogla bi dovesti do promena korišćenih topologija u korporativnim mrežama. To omogućava izgradnju mreža projektovanih sa jednim centralnim koncentratorom u zgradi, umesto višestrukih , ili srednjedometnih, koncentratora u žičanim ormarima. Ovo će dovesti do smanjenja cena mreža, smanjenja cena održavanja, smanjenja zahteva za cevovodima, i smanjenja zahteva za slobodnim prostorom između spratova.

Veliki kapacitet

- Zbog veoma niske stope prostiranja impulsa optički sistemi imaju veoma veliki kapacitet. Trenutno, telefonski sistemi mogu da prenose oko 30000 telefonskih konverzacija kroz jednu paricu. Tipični, 144-optički kabal, prečnika 1inča može da prenosi oko 2,100,000 konverzacija simultano.

Smanjena cena sistema i održavanja

- Eliminacijom repetitora, regeneratora i srednjedometnih koncentratora smanjuje se cena sistema. U nekim primenama, kao što su telefon i CATV, početna cena instaliranja optičkih sistema je manja nego kod takvih sistema na bazi bakra.
- Zbog manjeg broja aktivnih uredjaja u optičkim sistemima nego u bakarnim sistemima, manji je i broj tačaka u kojima se mogu javiti kvarovi. Ovo automatski dovodi do smanjenja troškova održavanja.

Male dimenzije

- Optička vlakna i optički kablovi su najmanji trenutno raspoloživi kablovi. U prepunjenim cevovodima, 100 parica prečnika 3 inča mogu biti zamenjene jednim optičkim kablom prečnika 0.75 inča.

Mala težina

- U visokim zgradama, sa velikim opterećenjem spratova, mala težina optičkih kablova je vodeći razlog njihove upotrebe. Takodje, mala težina optičkih kablova je osobina zbog koje ih koriste i vojska, mornarica i vazduhoplovstvo za komandu, komunikaciju i kontrolu.

Dielektrična priroda

- Dielektrična priroda ima četiri prednosti. Prvo, ne postoji uzemljenje koje prouzrokuje probleme u procesu kontrole aplikacije. Drugo, dielektrični optički kablovi ne privlače munje pa samim tim imaju manju cenu održavanja. Treće, dielektrični optički kablovi imaju manje ograničenja za mesta postavljanja u zgradama. Četvrto, ovi kablovi ne zrače signale što znači da su ovo sigurni komunikacioni sistemi.

Otpornost na EMI/RFI

- Pošto se u optičkim sistemima prenos signala vrši putem svetlosti, signal je otporan na električne šumove u okruženju. Znači, šum neće biti pokupljen čak ni prilikom prenosa na velike udaljenosti i kroz područja u kojima postoje električni šumovi.
- Ova osobina rezultuje poboljšanjem u efektivnom kapacitetu kod sporih mreža.

Unutrašnja zaštita prenosa

- Optički sistem prenosa poseduje unutrašnju zaštitu prenosa.
- Postoje dva aspekta ove zaštite. Prvo, kako ne postoji električni signal, ne postoji ni signal koji će biti ozračen od strane optičkog kabla. Stoga, detektor smešten u blizini optičkog kabla neće "pokupiti" signal. Drugo, iako optički kablovi mogu biti spojeni bez prekidanja kabla, ovakvo spajanje će dovesti do smanjenja snage signala na izlaznom kraju kabla, što se lako može detektovati jednostavnim električnim kolom

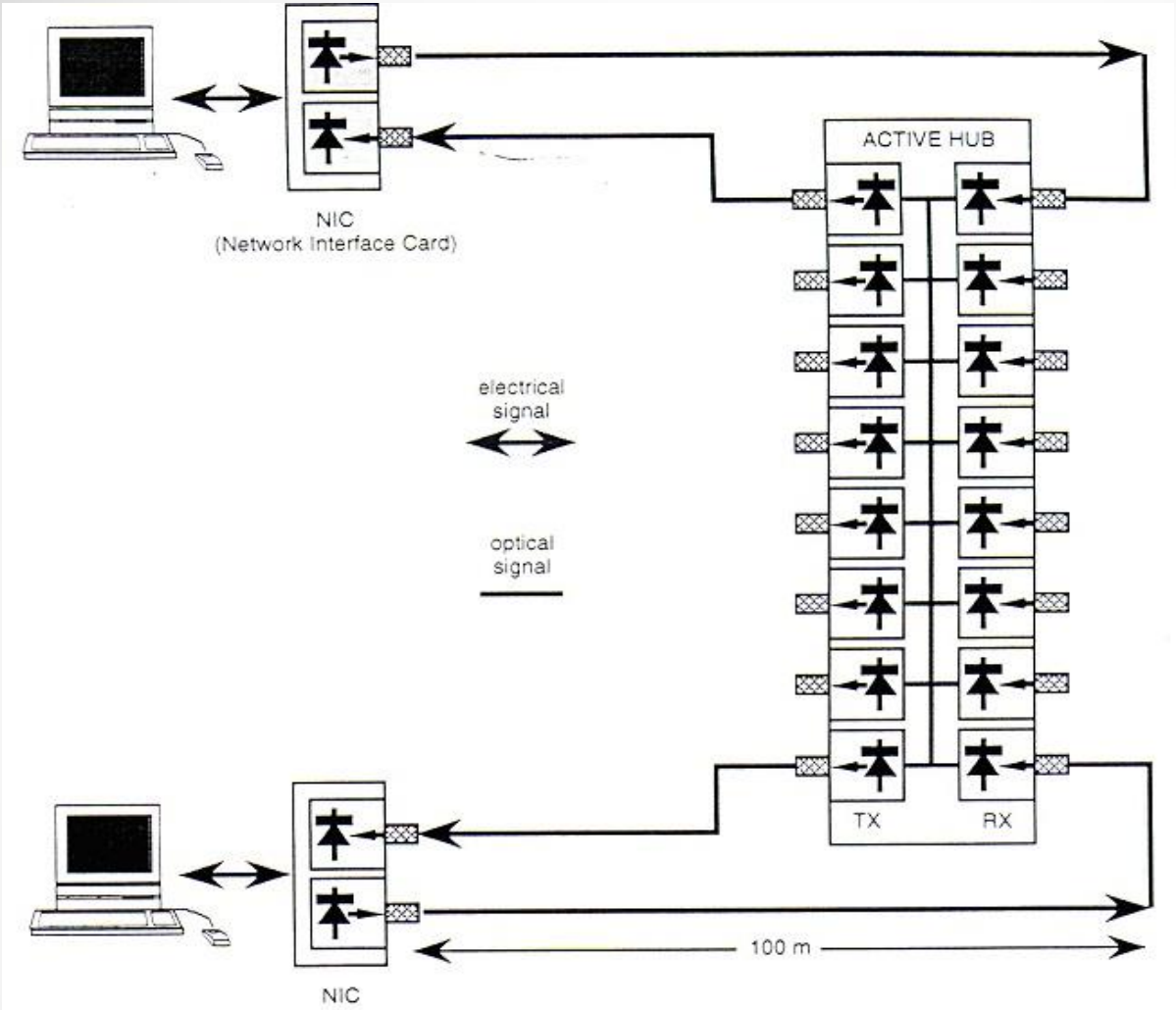
Upoteba optičkih kablova

- Topologija je opis veza u mreži. Svaka mreža ima fizičku i logičku topologiju.
- Fizička topologija opisuje fizičke veze u mreži.
- Logička topologija opisuje logičke veze u mreži. Logičke veze opisuju način na koji se podaci kreću u mreži.
- Na primer, u logičkoj ring (prsten) mreži podaci se prenose od prve stanice do druge. Nakon obrade podataka, druga stanica šalje podatke trećoj, i tako dalje.
- U logičkoj bus mreži podaci se prenose preko jedne stanice do svih ostalih stanica u mreži. Logička bus mreža analogna je dugačkom hodniku sa puno vrata. Svaka od ostalih stanica u mreži prihvata i čita adresu. Ako adresa pošiljke odgovara adresi stanice koja prima, stanica obradjuje podatke, u suprotnom, stanica ignoreše podatke.
- Fizička ring topologija zahteva da bilo koja dva čvora u mreži budu priključena pomoću kabla što omogućava direktnu komunikaciju izmedju ova dva čvora. Fizička topologija zvezda zahteva da bilo koja dva čvora budu povezana kablom sa centralnim žičanim ormarom, u kome svi čvorovi mogu biti unakrsno povezani.

Upoteba optičkih kablova

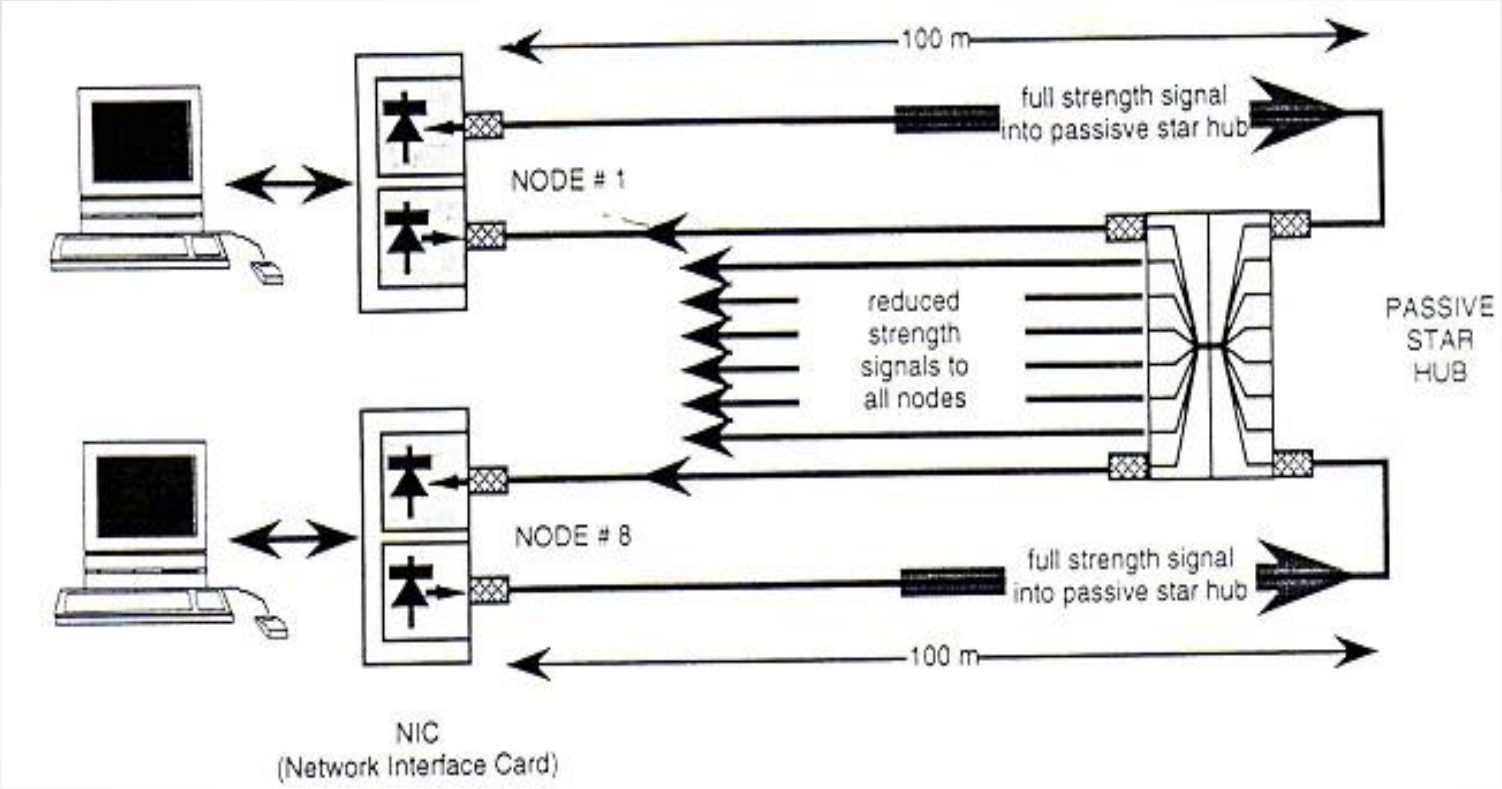
- Postoji sedam kombinacija fizičkih i logičkih topologija:
  - Od tačke do tačke (point to point)
  - Logički prsten, fizički prsten
  - Logički prsten, fizička zvezda
  - Aktivna zvezda
  - Pasivna zvezda
  - Pasivni bus
  - Aktivni bus

- Pravila odabira fizičke topologije za optičke sisteme nisu ista kao za bakarne sisteme.
  - Većina optičkih sistema se sastoji od serija point-to–point veza.
  - Point-to-point dizajn je ograničen optičkom snagom
  - Odstupanje od point-to-point dizajna povećava cenu sistema.
- Da bi razumeli razlog za korišćenje odredjene fizičke topologije, projektovaće se dva sistema za istu upotrebu. Ta dva sistema su: point-to-point i point-to-multipoint system.



Slabljenje u kablu = 0.100 km x 4 dB/km=	0.4 dB
Gubici u konektorima =	0.0 dB
Sigurnosne ili margine starenja=	3.0 dB
Zahtevana optička snaga=	3.4 dB

Aktivna zvezda, Point-to-point optička mreža



slabljenje u kablu = 0.200 km x 4 dB/km =	0.8 dB
gubici u konektorima = 2 para x 1 dB/par	2.0 dB
unutrašnji gubici razdelnika =	9.0 dB
spoljašnji gubici razdelnika =	3.0 dB
sigurnosne ili margine starenja =	3.0 dB
Zahtevana optička snaga =	17.8 dB

Pasivna zvezda, Point-to-multipoint optička mreža