**Jednomodno vlakno** kroz jezgru propušta jedan mod, odnosno svijetlost se širi jednim putem, otprilike kroz centar vlakna.

Kod jednosmjetnih lightpathova mozes na istom linku imati drugi lightpath sa istom valnom duljinom ali u suprotnom smjeru. Kod dvosmjernih, na istom linku nuzno mora biti druga valna duljina za drugi lightpath.

**višemodno vlakno** svijetlost se širi u više modova, odnosno optičkih puteva. To je svijetlost iste valne duljine, razlika je u putu kojim se širi svijetlost, prvi mod odnosno put može biti pravocrtan, drugi pod kutem 1 stupanj u odnosu na centar, drugi ima upadni kut 45 stupnjeva u odnosu na prijelaz jezgra plašt, treći pod 15 stupnjeva itd. valna duljina određena izvorom, a optički put upadnim kutem zrake.Razlika nastaje u izvoru svijetlosti, kod jednomodnih vlakana to je laserski izvor (jako precizan i vrlo skup), a kod višemodnih LED dioda (jeftinija, ali svjetlost ne upada pravocrtno kao kod lasera).- broj modova ili puteva je ograničen - 160 max.,modovi su zapravo optički putevi, a svjetlost se širi totalnom refleksijom

**WDM je tehnologija** koja se koristi u optici a odnosi se na prijenos više valnih duljina u jednoj niti. A wdm i mpls se mogu koristiti zajedno

Koje su prednosti primjene **optičkih komunikacija u slobodnom prostoru (FSO**) u odnosu na sustave s radijskim prijenosom?- širok frekvencijski pojas ,- uzak snop rasprostiranja (fokusiranje),- lektromagnetska kompatibilnost,-minimiziranje negativnih elektromagnetskih učinaka,- zaštita od preslušavanja (interferencije)

Koji je osnovni **nedostatak primjene optičkih komunikacija u slobodnom prostoru u odnosu na optički prijenos svjetlovodnom nit**i? - osnovni nedostatak je u tome što pouzdanost prijenosa ovisi prvenstveno o vremenskim prilikama, loše vremenske prilike ograničvaju domet

Kako se može **prevladati smanjena raspoloživost optičkih p**rijenosnih sustava u slobodnom prostoru odnosno **kako se FSO linkovi mogu uključiti u telekomunikacijsku** mrežu?- pomoću hibridnih sustava

Koja su **osnovna 3 tipa sustava optičkih komunikacija** u slobodnom prostoru?

**TIP1:**-ograničen na udaljenosti do 1 km,-odstupanja 8-60 mrad (nedostatak),-niska cijena, standardne komponente, jednostavna instalacija, ne treba tracking

**TIP2:**,- udaljenosti od 2 do 4 km,- odstupanja 2-6 mrad,- za instalaciju potrebni precizni mehanizmi ,odvojeno optičko/elektroničko-lakši upgrade brzine

**TIP3:,-** prijenos podataka preko 10km i više,-vrlo precizni sustavi, koriste se u svemiru, osiguravaju dostupnost i pouzdanost-odstupanja <0.3 mrad, autotracking obavezan

Što sve uzrokuje **prigušenje optičkog signala u atmosferi**? 1) molekularna apsorpcija,2) raspršenje na čestice,3) atmosferne turbulencije

Koje **se modulacijske tehnike** najčešće koriste u optičkom prijenosu slobodnim prostorom?

-PPM (ističu se L-PPm tehnike), prigodna modulacijska tehnika ,-OOK,-L-PAM i QAM-učinkovitost u višim pojasevima na račun snage

Koje se **valne duljine i brzine prijenosa** koriste za optičke komunikacije u slobodnom prostoru? - valne duljine 850 i 1300 nm, a brzina je 2.5 Gbit/s, u budućnosti se predviđa do 10Gbps uz pomoć WDMA

Koji se **zaštitni kodovi koriste u optičkim** komunikacijama uslobodnom prostoru? - kodovi su Reed Solomon i Turbo Codes

**Osnovne značajke FSO**-optička tehnologija za komunikaciju koja koristi propagaciju svjetlosti za prijenos podataka

**Pouzdanost FSO** sustava- **POUZDANOST**(COST 270,SatNEx) (vjerojatnost da sustav radi ispravno tijekom perioda vremena pod definiranim vremenskim uvjetima) i **DOSTUPNOST**(vjerojatnost da sustav radi točno u vremenu t)

-ostvarivi pojas <300GHz

**prednosti**:-širok pojas, fokusirajuća/uska zraka, elektromagnetska kombatibilnost, smanjenje ‘elektromagnetskog zagađenja’, zaštita od ‘wiretappinga’(preslušavanja)

**nedostatci**: -pouzdanost ovisi o lokalnom vremenu (a ne samo o električkim i optičkim komponentama mrežne infrastructure),-loše vrijeme -slabljenje(attenuation)ograničen domet

**Modulacijske tehnike**:-**PPM** je prigodna modulacijska tehnika za FSO.-**2-PPM** ima iste zahtjeve za snagu kao i OOK.-**L-PPM**(multilevel) –dobra energetska učinkovitost.,-**L-level PPM**-viša učinkovitost snage na račun pojasa, -**4-PPM-**zahtjeva 3.8dB manje optičke snage nego OOK, a **16-PPM** 7.5 dB manje od OOK(ali zahtjev za pojasom se udvostručava),

-uz prigodnu modulaciju, nude se 2 kanalna koda Reed Solomon i Turbo kod

principi i značajke **širenja FSO kroz atmosferu**: **Molekularna apsorpcije** ,-infracrveno područje,-slabljenje,**Raspršene čestice** ,-molekule, aerosoli,magla, kiša, itd.,-**Rayleigh raspršenje** 350km vidljivosti, **Mie raspršenje**:,-u vidljivom i UV području-slabljenje,**Atmosferske turbulencije**:,- scintillations, promjena indeksa loma(temperatura,tlak,vlaga),-tople i hladne zračne mase,-beam wander (random skretanje zrake)-slabljenje,fading,-beam spreading(povećana divergencija zrake)-fading,-distorzija-fading,scinilacija(svjetlucanje?)

**Princip rada FSO**:-podaci se pretvaraju u optičke pulseve (1,0),-predajnik pažljivo poravnat(aligned) sa prijamnikom i signal se odašilje u zrak,-optički signal se prima na prijamniku pomoću leća i ogledala,-signal se konvertira natrag u vlakno ili bakar spojen na mrežu

**Tipovi magle** i karakteristike pojedinih tipova:-**kontinentalna/gradska magla** (radiation fog),-promjer čestica ~4mikro m,-sadržaj tekuće vode (LWC) 0.01-0.1g/m3 ,-**primorska magla** (advection(horizontalno kretanje zraka) fog),-LWC 0.2g/m^3,-slabljenje je različito na različitim lokacijama,magla ima velik utjecaj (DSD,LWC)

**Primjeri primjene FSO** (Silex,OGS..satelitska komunikacija…)

**Valne duljine i brzina koju FSO** omogućava: 10Mbit/s-1.25Gbit/s na 850 nm,2.5 Gbit/s na 1550nm do 10Gbit/s (u budućnosti valjda),

**Koje je svojstvo svjetlovodne niti**(optičkog vlakna)? Transparentnost u vidljivom i bliskom IC području, malo prigušenje i širok frekv.pojas 2)dobar izolator3)potpuna otpornost na elektromag.inter

**Disperzija** je linearni efekt, a zajedno s cvrkutanjem može dovesti do širenja ili sužavanja signala ovisno o tome kakav je koeficijent grupne disperzije (valjda se tak da prevest group-velocity dispersion parameter) ,

**disperzija** , raspršenje može biti kromatsko ili polarizirano, linearna je karakteristika svjetlovoda, ali i optike u otvorenom prostoru...kod vlakana je npr. nesavršenost materijala uzrok disprezije dok kod optike u prostoru uzrok su razne čestice/molekule -> "zrak"

1550nm ti se koristi jer je najmanje gušenje, a i EDFA ima najveću iskoristovost u tom pojasu (C i L band).

Na koji način **mikrosavijanje utječe na parametre** prijenosa svjetlovodne niti? Stavljanjem niti na neravnu podlogu nastaju zavoji i time se mijenja kut upada zrake i veći dio signala "curi" van stoga nema uvjeta za totalnu refleksiju.

Zašto se više **ne koristi optički prijenos u 1. prozoru**? Prigušenje je najveće u prvom optičkom prozoru (2-2.5 dB/km) stoga se koriste drugi i treći optički prozor.

Za koliko se **proširi optički impuls na kraju** svjetlovodne niti od 150 km, ako je kromatska disperzija D=14 ps/km/nm i spektralna širina laserskog izvora 0,1 nm. ? Ukupna disperzija= 14x150x0.1=210ps.

Na koji se način u proizvodnji svjetlovodnih niti postiže **svojstvo jednomodnog prijenosa** odnosno svojstvo koje **imaju niti s pomaknutom disperzijom** (DSF/NZDSF)? Preko promjera jezgre i manipulacijom disperzijom što se izvodi promjenom indeksa loma.

U kojim je slučajevima optičkog prijenosa **potrebno eliminirati frekvencijsko cvrkutanje** na optičkom predajniku? Kada generira povećanu disperziju (na velikim udaljenostima).

Zašto je ograničen broj optičkih pojačala **s erbijem dopiranom niti koji se može staviti u kaskadu** (niz pojačala na optičkom linku)? Pojačalo pojačava i signal i šum--> Svako pojačalo doda još svoj šum te je na kraju odnos signal-šum lošiji nego na ulazu.

Na koji način **efekt miješanja 4 vala (FWM) utječe na** prijenos optičkog signala? Od početna dva vala zbog nelinearnosti nastaju još dva. Kao posljedica nelinearne propagacije nastaje nelinearno izobličenje--> nastanak novih frekvencija što dovodi do gubitka snage.

U kojim se primjenama **koriste svjetlovodne niti tipa NZDSF**? Kod valnog multipleksiranja--> nema nulte disperzije i prag nelinearne disperzije je viši nego kod DSF.

Koliko iznosi ukupna **polarizacijska disperzija na svjetlovodnoj niti** duljine 200 km ako je faktor polarizacijske disperzije 0,1 ps/km 1/2 ? 0.1ps/(km^1/2) \*sqrt(200)=1.414 ps.

U kojim slučajevima se umjesto **direktne primjenjuje vanjska modulacija** optičkog signala predajnika i zašto? Kod direktne modulacije mijenja se valna duljina pa se pojavljuje disperzija, a i prisutno je cvrkutanje. Kod vanjske modulacije pojavljuje se impuls bez cvrkutanja pa je pogodna za velike udaljenosti.

**Jezgrena mreža - problemi:** - Duljina voda i degradacija signala → rješenje: regeneracija signala, - Broj vodova → rješenje: multipleksiranje, - Vrijeme propagacije → jedno rješenje: optički kabel umjesto satelitske veze

**Usporedba komutacijskih postupaka**: Komutacija kanala (circuit switching); Komutacija paketa (packet switching) (O)PS; Komutacija snopova (burst switching) (O)BS

**\* 3R regeneracija:** - 1R: Re-amplification (pojačanje signala) - 2R: 1R + Re-shaping (1R + uobličavanje signala) - 3R: 2R + Re-timing (2R + vremensko obnavljanje signala)\* 3R - regeneracija u električkoj domeni 2R - regeneracija u optičkoj domeni

**Digitalni prijenos - električki** - PREDNOSTI: potpuna regeneracija signala (neograničen domet), kvaliteta prijenosa po volji; NEDOSTACI: veliko prigušenje, ograničena brzina prijenosa i elektronike

**Digitalni prijenos - optički** - PREDNOSTI: širok frekvencijski spektar, velik kapacitet, malo prigušenje i cijena po kanalu; NEDOSTACI: zasada samo 2R regeneracija signala - ograničen domet.

**Optički u odnosu na električke vodove**: - Nema preslušavanja. - Nema radijacije. - Imunost na statičku i radio interferenciju, EMP, ekstreme uvjete - Mala težina - Lakši za transport, instalaciju i održavanje. - Sigurnost i tajnost

**\* Pulsno kodna modulacija - PCM** - Pretvorba analognih signala u digitalne radi prijenosa, obrade ili pohranjivanja. - Uzorkovanje, kvantizacija po amplitudi (PAM - pulse amplitude modulation), digitalno kodiranje (PCM - pulse code modulation), (prijenos), dekodiranje (PAM) i rekonstrukcija signala. - Kvaliteta signala ne ovisi o prijenosu, već o krajnjim uređajima, ako je učestalost pogrešaka (BER) manja od granične vrijednosti\* signal-uzorkovanje-PAM-PCM-prijenos-regeneracija-dekodiranje(PAM)-rekonstrukcija-signal

**Ograničenja PDH**: Pritoci nisu direktno dostupni; Asinkrono multipleksiranje

**Prednosti SDH**: Efikasno i fleksibilno umrežavanje; Direktno sinkrono multipleksiranje; Kompatibilnost s PDH;

**Prigušenje:** - 1310 nm: prigušenje 0,5 dB/km - 1550 nm: minimalno prigušenje 0,2 dB/km - Maksimum prigušenja: oko 1400 nm: apsorpcija molekula vode (water peak)

**Tipovi disperzije:**1. Višemodna disperzija 2. Kromatska disperzija 1. materijalna 2. valovodna disperzija3. Disperzija polarizacijskih modova (PMD)

**Višemodna disperzija**: Svaki se mod širi različitim putem u niti ovisno o upadnom kutu na ovojnicu niti. Ukoliko je indeks loma konstantan u jezgri, brzina širenja svih impulsa je ista, ali na odredište dolaze u različitim vremenima jer prevaljuju različite duljine putova.

**Kromatska disperzija** nastaje zbog ovisnosti indeksa loma o valnoj duljini - time i brzina širenja ovisi o valnoj duljini. Razlikuju se dva efekta raspršenja: materijalna i valovodna disperzija. Kromatska disperzija dolazi do izražaja kod jednomodnih niti.

**Disperzija polarizacijskih modova** može nastati u jednomodnoj niti. Ako je nit idealno okrugla oba polarizirana moda šire se istom brzinom.

**Svojstva svjetlovodne niti**: - Malo prigušenje - Transparenost u vidljivom i bliskom infracrvenom pojasu - Veliki frekvancijski pojas - Imunost na EMI, RFI i - EMP - ne treba oklapanje - Otporan na koroziju, visoke temperature i termičke skokove; Lagana i malih dimenzija – jednostavnija instalacija

**Materijali za optičke niti**:1. Mogućnost proizvodnje tankog, dugačkog i fleksibilnog valovoda.2. Materijal treba biti proziran za određeno spektralno područje da bi se signal mogao efikasno širiti.3. Moraju biti na raspolaganju fizički kompatibilni materijali s različitim indeksima loma za jezgru i ovojnicu

**Staklo**-**GOF**: Višemodne ili jednomodne niti, 125µm promjer, malo prigušenje

**Plastika-POF**: Višemodne niti, 1mm promjer -> jednostavno povezivanje, veliko prigušenje, jeftin, kućne mreže, vozila

**Generacije**: 1. generacija – 850 2. generacija - 1300 nm - (0,5 - 1 dB/km- 3. generacija - 1550 nm - (0,2- 0,3 dB/km), 4. generacija OA + WDM 5. generacija – Solitonski prijenos

**Multimodna silicijska nit** - Jednostavnija instalacija od jednomodne niti zbog velike jezgre (50-60 μm) - Mulitmodna disperzija ograničava kapacitet niti ali to ograničenje nije izraženo za kratke udaljenosti - Široka uporaba u brzim malim podatkovnim mrežama, kao što je GbE (Gigabit Ethernet)

**WDM komponente**- Wavelength- division multiplexing- Optička vlakna imaju potencijalno ogroman kapacitet (100 THz)- Brzina jednog kanala ograničena je zbog elektronike na krajevima

**Optički filtri**: - Uloga: odvojiti željeni kanal (valnu duljinu) - Raspon filtra mora biti dovoljno velik da prođe željeni kanal, a dovoljno malen da blokira susjedne kanale i izbjegne preklapanje (crosstalk) - Temeljni mehanizmi odabira valnih duljina: 1. optička interferencija; 2. optička difrakcija - Poželjna svojstva: Široki raspon podešavanja; Malo preklapanje; Visoka brzina podešavanja; Mali gubitak zbog umetanja; Mala osjetljivost na polarizaciju; Stabilnost prilikom promjena u okolini; Niska cijena

**Optički filtri**: **Osnovne karakteristike**:1. Raspon podešavanja (tuning range) Širi raspon -> više kanala - 2. Brzina podešavanja (tuning time) - Vrijeme potrebno da filtar podesi na drugu valnu duljinu

**Podesivi filtri:** Fabry-Perot etalon; Mach-Zehnder chain (electro-optic effect, ...); Liquid-crystal (LC) Fabry-Perot

**Etalon:** - Sastoji se od šupljine formirane pomoću dva zrcala - Mijenjanjem razmaka među zrcalima može se podesiti da se jedna valna duljina propagira kroz šupljinu dok ostali destruktivno interferiraju - mehanički (Fabry-Perot filtar - duljinom šupljine upravlja se pomoću piezoelektričnog pretvornika, brzina podešavanja je mala) - Postoje razna unapređenja: Mutipass filter – svjetlost propagira kroz šupljinu više puta; Multicavity filter – više filtara u kaskadi

**Fabry-Perot Filtar** - Oblik prijenosne funkcije filtra se ponavlja periodički s periodom FSR (Free Spectral Range), tj. frekvencije koje se pojavljuju na udaljenosti nFSR od odabrane frekvencije prolaze-FSR=∆vL =c/2ngL ; ng=grupni indeks materijala u šupljini; L=duljina šupljine

**Finesse** (F): mjera širine prijenosne funkcije definirana kao omjer FSR i brzine filtra F=∆vL/∆vFP=π(√R)/(1-R) ; R=reflektivnost zrcala\* Finesse: - Ako je finesse visok, šiljci prijenosne funkcije su uži i više kanala stane u jedan FSR - Ako je finesse nizak, kanali moraju biti više razmaknuti kako bi smanjili preklapanje (crosstalk)

**FP filtri s tekućim kristalom** - Kod LC FP filtra, šupljina FP filtra je puna tekućeg kristala - Indeks refrakcije LC-a modulira se pomoću električne struje kako bi se isfiltrirale nepoželjne valne duljine\* FP filtri mogu se složiti u kaskadu kako bi poboljšali performanse

**Mach-Zehnder filtar** - Prednosti: niska cijena jer je napravljeno od poluvodičkog materijala; nema PDLa (polarization dependent loss); minimalno preklapanje (crosstalk) - Nedostaci: Vrijeme podešavanja ~msec zbog termalnih elementa u elementu za kašnjenje;

**Akusto-optički Filtar**: koriste interakciju akustičnih i optičkih valova- Veliki raspon podešavanja: 1.3 do 1.6 μm - Jaka i jedinstvena sposobnost odabira više kanala simultano puštanjem više RF valova kroz rešetku: 5 kanala s razmakom 2.2 nm- Nedostatak: visoko preklapanje (crosstalk)

**Elektro-optički filtar**: Slično kao akusto-optički filtar ali koristi električnu struju kako bi mijenjali indeks refrakcije kristala- Vrijeme podešavanja ~ns - Međutim raspon podešavanja je mali

**Multipleksori i demultipleksori-** Temeljni mehanizmi: Interferencija–ogibna rešetka koja prostorno rasprši svjetlost u pojedine komponente; Difrakcija–korištenjem optičkih filtara i rasprežnika

**(De)mux s Mach** - Zehnderovim interferometrom - Koristi fenomen optičke interferencije - Jedna grana MZI-a je duža od druge kako bi se unio pomak u fazi ovisan o valnoj duljini

(**De)mux pomoću Arrayed Waveguide Gratings (AWGs**) - Ulazni WDM signal dijeli se rasprežnikom i više signala-Ulazi u skup valovoda različitih duljina - Signal u svakom valovodu ima drugačiji pomak u fazi zbog različitih duljina valovoda.

**Optički predajnici-**podjela LED– dominantan mehanizam spontane emisije; LD (Laser Diode) – dominantan mehanizam stimulirane emisije

**Optički predajnici – laseri:**- spektralna širina generiranog svjetla-Utječe na razmak kanala i nivo disperzije koji ograničavaju maksimalnu prijenosnu brzinu - Stabilnost frekvencije – nestabilnosti, tj. varijacije laserske frekvencije; npr. preskakanje modova, pomaci moda, cvrkutanje lasera - Broj longitudalnih modova – broj nepoželjnih longitudalnih modova koji stvaraju disperziju (nλ = 2L); cilj: samo jedan mod

**Podesivi laseri** - karakteristike: raspon podešavanja, vrijeme podešavanja, mogućnost podešavanja - kontinuiran ili diskretan; tipovi: Mehaničko-podesivi, Akusto-optički ili elektro-optički, Laseri podešeni injekcijom struje

**Mehaničko podesivi laseri** - Fabry-Perotovu šupljinu spojena na laserski medij - Veliki raspon podešavanja; Dobra frekvencijska stabilnost - Vrijeme podešavanja je sporo ,Duljina šupljine može ograničiti prijenosnu brzinu

**Akusto-optičko (umjereno vrijeme i raspon) i elektro-optičko (brzo vrijeme, mali raspon) podesivi laseri**  - koriste vanjski podesivi filtar - Indeks refrakcije se mijenja pomoću akustičnih valova ili električne struje

**Laseri podešeni injekcijom struje**- Distributed Feedback (DF) laser: Koristi ogibnu rešetku unutar laserskog medija- Distributed Bragg Reflector (DBR): - Koristi ogibnu rešetku izvan laserskog medija

**Optički prijemnici - fotodetektori** ,\* Direktna detekcija (fotodetektor) - Koherentna detekcija (monokromatski laser kao lokalni oscilator)

**Optička pojačala**-samo pojačavaju snagu signala (1R) 􏰂 totalna podatkovna transparentnost- Nedostatak toga je što pojačavaju šum zajedno sa signalom i unose ASE šum - (Amplified Spontaneous Emission): vrsta šuma koja nastaje kao posljedica spontane emisije fotona, Ograničenje optičkog pojačanja je nejednaki spektar pojačanja

**Poluvodička laserska pojačala** - Postoje 2 temeljna tipa koja se razlikuju po reflektivnosti zrcala:1. Fabry-Perot pojačalo - 30% refl.; visoka refleksivnost -> rezonanca -> uski passband (5Ghz) pa nije pogodan za WDM.-2. Traveling wave (TW) pojačalo – 0.01% refl., nema rezonance; bolji za WDM - Prednost: mogu se integrirati s drugim komponentama

**Erbijem dopirana optička pojačala** - EDFA - WDM podatkovni signal spaja se sa signalom iz laserske pumpe koji pobuđuje dopirane atome omogućujući podatkovnom signalu da stimulira pobuđene elektrone kako bi emitirali fotone -- Ograničenje optičkog pojačanja je nejednaki spektar pojačanja

**Optički prospojnici-** 2 vrste prospojnika: Relacijski uređaji – postavi relacije/odnose između ulaznih i izlaznih portova koji su funkcija upravljačkih signala neovisni o podatkovnom signalu; Podatkovni signal ne može mijenjati relacije; Transparentnost podataka – ne može razlučiti pojedine bitove -> gubitak fleksibilnosti-\* Logički uređaji - Mora imati komponente koje mogu mijenjati stanje brže ili jednako brzo kao i prijenosna brzina signala; fleksibilnost ali ograničava maksimalnu brzinu prijenosa

**Zvjezdasti rasprežnik** - Spaja višestruke signale na ulazu i dijeli spojeni signal jednako na izlaze; Nema wavelength-selective elemente, tj. ne odvaja pojedine kanale; Broj ulaza ne mora biti jednak broju izlaza

**Kompaktni monolitni rasprežnici** - Radi dobro s višemodnim vlaknima; za jednomodna vlakna ograničeno na par vlakana

**Valni usmjeritelji** - Nepodesivi – nema usmjeravanja između demux i mux - Podesivi – finija usmjeravanja, može se upravljati elektronički

**Statički optički prospojnik ili valni usmjeritelj** - Sastoje se od stupnja demuxa koji dijele valne duljine na ulaznom vlaknu, te stupnja muxa koji spaja razne ulazne signale u jedan izlazni signal

**WGR ili AWG** - Statično (fiksno) usmjeravanje s ulaznog na izlazni port ovisno o valnoj duljini- Prednost: Integrirani i pasivan uređaj - jeftin - Nedostatak: Ima fiksnu matricu usmjeravanja koja se ne može rekonfigurirati

**Aktivni optički prospojnik** - Koristi fotoničke prospojnike - Više fleksibilnosti nego pasivni uređaj- Svi signali na istoj valnoj duljini usmjereni su u isti prospojnik nakon čega su usmjereni i multipleksirani na odgovarajući izlaz

**Valni pretvornici** - Karakteristike: Brza uspostava izlazne valne duljine; Umjerena ulazna snaga; Mogućnost iste ulazne i izlazne valne duljine; Neosjetljivost na polarizaciju signala; Konverzija u dulje i kraće valne duljine; Nisko cvrkutanje izlaznog signala sa visokim extinction ratio i visokim SNR; Jednostavna implementacija

**Opto-elektronički valni pretvornici** - Kompleksno i troši puno snage - Sva informacija o fazi, frekvenciji i analognoj amplitudi se gubi u konverziji

**Sve-optički valni pretvornici temeljeni na koherentnim efektima** - Najčešće se temelje na nelinearnim efektima miješanja valova(4 vala) - Sačuva informaciju o fazi i amplitudi -> potpuna transparentnost\* Sve-optički valni pretvornici temeljeni na međufazne modulacije - Koriste aktivne poluvodičke optičke uređaje

**Valni pretvornik:** Fazna modulacija u SLA na jednom kraku MZ interferometera - Koriste se 2 SLA pojačala - Podatkovni signal propagiraju simultano kroz dva kraka MZ interferometra. - Dodatni pomak u fazi se uvodi za svaki 1 bit u signalu

**Arhitekture WDM mreže (u LAN)**

**Broadcast & Select WDM mrež**e - Sastoji se od pasivnog zvjezdastog rasprežnika na koje su dvosmjerno spojeni krajnji čvorovi

**Single-Hop B&S mreže** - Poruka dođe do odredišta bez OEO konverzije (u jednom skoku) - Potrebno brzo podešavanje prijamnika u slučaju paketskog prometa - Glavni izazov: kako bi izbjegli kolizije- Ne treba brzo podešavanje prijamnika\* Prednosti: Jednostavnost; Besplatno višeodredišno odašiljanje (multicast)\* Ograničenja: - Treba velik broj valnih duljina (onoliko koliko ima čvorova jer nema višetrukog korištenja istih valnih duljina )

- Ne može velike udaljenosti jer se transmisijska snaga dijeli na sve čvorove

**Karakteristike svjetlovoda** možemo podjeliti na nelinearne i linearne. \*linearne spadaju:prigušenje(atenuacija), kromatska disperzija(CD), polarizacijski mod disperzije (PMD), optički odnos signal - šum. \*Nelinearne pojave na svjetlovodu su sljedeće:<vlastita modulacija faze(SPM – self – phase modulation ), križna modulacija faze(XPM – cross – phase modulation), mješanje 4 vala(FWM –four – wave mixing), Ramanovo raspršenje (SRS – stimulated Raman scattering), Brillouinovo(SBS -stimulated Brillouin scattering) i Kerrov efekt.

ZADACI:

**Razm.šir.frekv.spek.3val.proz**.(1.200-1.400 ,1.450-1.650,1.530–1.560nm).Izr.frekv.poj.za.sv.od.ov.podr.*~~\/\/\/~~* ,šir.frekv.poj.i.šir.val.proz: ,a) **Zad.je.višmod.svjetlvod.vlakn.ind.lom.jezg**.od.1.429.te.relat.prom.ind.lom.od.0.92%. radi.se.o.vlak.sa.skok.ind.lom.te.kor.NRZ.kod.Ako.dulj.vlak.1500km.odr.max.brzi.pren.za.zad.vlak.*~~\/\/\/~~*,L[km],-Kapac.vlak.sa.skok.ind.lom.za.NRZ.kod.ogrnča.multmod.disp.,ind.lom.ovojnice.,relat.raz.u.indeksu loma, **Opt.kom.lin.80km.rad.2.opt.proz**.(λ=1300nm).Kor.se.opt.kabl.dulj.5km.ukojima.se.nal.vlak.koef.guš.od.0.4dB/km.Pretp.da.su.gub.na.spoj.opt.vlak.0.05dB.predaj.i.prijam.su.spoj.na.opt.vlak.konekt.na.gubc.0.75dB.izl.snag.predaj.0.782 mW.odr.potrb.osjetlj.prijam.R=6dB*~~\/\/\/~~* , (*PRX*–primlj.snag.na.prijam,*PTX*–izl.snag.na.pred,*LTX*–gub.na.pred.(konekt),*LRX*–gub.na.prijam.,*LP*–gub.na.put,*LTX*=*LRX* = 0.75 dB; *R =* 6 dB*.*Gub.na.vlak.*LP:* ,*Lsplice*–uku.gub.na.fiks.spoj,*Lfiber*–gub.na.vlak.uzrok.guš.,Dulj.80 km, kabl.5km=16.kabl.fiks=> spoj=15,*Lsplice*=15x0.05dB=0.75dB, = 0.4 \* 80, α–koef.priguš.vlak,*l–*dulj*.vlak* ,izl.snag.pred.u.dB,,snag.na.ulaz.u.prijem.u.mW: Osjetlji.prijam.treb.bit.manj.od.73.82\*10-3W **Ako.zad.izl.snag.pred**.PTX=3dBm,osjetlji.prijam.PRX=-43dBm,rez.sust.od.6dB,uku.gub.na.spoj.i.konekt.L=2dB,koef.prig.vlak.α=0.65dB/km,odr.najv.udalj.na.koj.zad.sust.mož.ispr.rad*~~\/\/\/~~* , **Vaš.zad.projekt./ispit.opt.link.**dulj.100km.,kabl5km,2.opt.proz(1310nm),a2=0.38dB/km,gub.na.kon.Ltx2=Lrx2=0.6dB,gub.na.fiz.spoj.Lsplices2=0.1dB,.po.spoj,3.opt.proz.(1550nm),a2=0.22dB/km,gub.na.kon.Ltx3=Lrx3=0.35dB,gub.na.fiz.spoj.Lsplice30.05dB.po.spoj.Opt.proz.na.pol.linka(50km).kor.se.regen.koji.daj.sign.ident.onom.na.predaj.Izlaz.snag.predaj.je.3dBm,osjetljiv.prijem.je5W.R=3dB.jel.rad.za.oba.proz?=*~~\/\/\/~~*:2.opt.proz.:α2=0.38dB/km,LTX2=LRX2=0.6dB,Lsplice2=0.1dB,l2=50km(regen.na.pol.put),3.opt.proz:α3=0.22 dB/km,LTX3=LRX3=0.35 dB,Lsplice3=0.05dB,l3=100km,za.oba.opt.prozora: ,PTX=3dBm,PRX=5μW,R=3dB,,, 2.opt.proz:,,,,sust.rad.ispr(razi.snag.na.prijam.veća.od.njeg.osjetlj),3. opt.proz:,sust.ne.rad.ispr **Razm.dva.mog.sluč.poveć.kapac.opt.link**.:1.poveć.broj.opt.vlak.2..WDM.Kapac.poveć.s.2.5Gbit/s.na.10Gbit/s.dakl.4put.troš.opt.vlak.100$/m,pred.iprij.1000$,WDM-mux-demux.10000$(kapac.1.opt.vlak.je.2.5Gbit/s.Izr.dulj.opt.lin.za.koj.bi.upot.WDM.sust.post.isplat.neg.rješ.s.više.opt.vlak*~~\/\/\/~~* ,1)treb.nam.još.tri.sust=3vlak,3pred,3prijem,2)wdm-mux-demux,3pred.i.3prijam=>