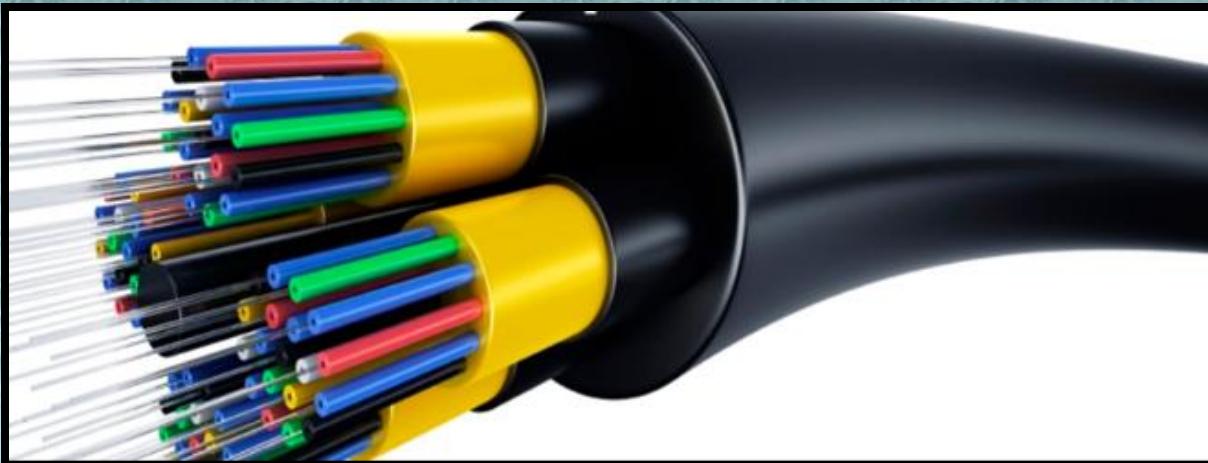




Komunikacijske mreže bazirane na OTN/DWDN tehnologiji



predmet Komunikacione mreže i dizajn sistema

SADRŽAJ IZLAGANJA TEME

1. Optički sistemi prenosa

2. Tehnike multiplekiranja

3. DWDN tehnologija

4. OTN tehnologija

5. Topologija optičkih mreža

6. Optička transportna platforma i dizajn sistema

7. Evolucija optičkih mreža

8. Sveoptička (fotonska) mreža

9. Zaključak



Uvod

OPTIČKI SISTEMI PRENOSA

Polaganje novih vlakana ili aktiviranje postojećih neiskorišćenih vlakana, uz odgovarajuću opremu na njihovim krajevima. Umesto polaganja potrebnog broja polože se mnogostruko **više optičkih vlakana** koji će kasnije biti upotrebljeni ???!!!!!!



Investicija u SDH opremu većeg protoka:

- Prelaz sa **STM-16** (2,5 Gbit/s) na **STM-64** (10 Gbit/s) linkove predstavlja opciju za proširenje kapaciteta vlakna.
- Ograničenja su zastarela optička vlakna i pojava smetnji pri povećanju bitske brzine usled **hromatske disperzije (hd)**.
- Efekat (hd) **16 x veći** kod STM-64 nego kod STM-16.

Koristeći brži TDM



Postavljanje DWDM sistema.

DWDM sistemi omogućuju istovremeni prenos od 32 do 160 λ **po jednom optičkom vlaknu** što je revolucionaran porast iskorišćenja kapaciteta optičkog vlakna.



Pojam

OPTIČKI SISTEMI PRENOSA

Razvoj optičkih sistema prenosa d

Električni izvor stvara bitove u vidu 1 i 0
optička vlakna pružaju značajne prednosti
na bakarne provodnike.

Laser ili LED dioda emituje impulse u ritmu bitova
upotrebi optičkog vlakna i u potpunosti su

Optičko vlakno prenosi impulse (uz slabljenje i disperziju)

Glavna karakteristika optičkih sistema prenosa je potencijalna mogućnost prenosa **velike** **kapaciteta**.

Pojačivač pojačava oslabljen optički signal
u optičkim sistemima.

Regenerator oblikuje optički signal koji se degradirao zbog daljine
vlakno.

1...1...0...1 ...



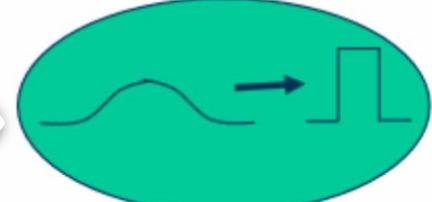
Laser



Pojačalo



Regenerator





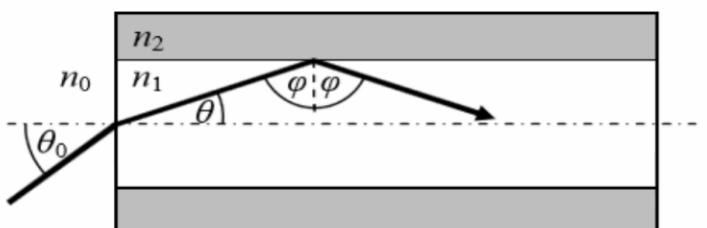
Osnovni pojmovi o svetlosnim talasima

OPTIČKI SISTEMI PRENOSA

- Svetlosni talasi imaju mnogo veću učestanost od radio talasa, ali i oni podležu istim zakonima i dele mnoge karakteristike.
- Talasna dužina (λ) svetlosnog snopa data je izrazom:

$$\lambda = v/f$$

$$n = c/v$$



Za potpuno odbijanje svetlosnog zraka u jezgro optičkog vlakna neophodno da **n1 bude veće od n2**.

$$n_1 > n_2$$



- Prema broju modova (putanja) koja mogu da prenose optička vlakna se dele na:
- multimodna** (kroz jezgo se prostire više modova)
 - monomodna** (kroz jezgro se prostire samo 1 mod)

Optički prozori

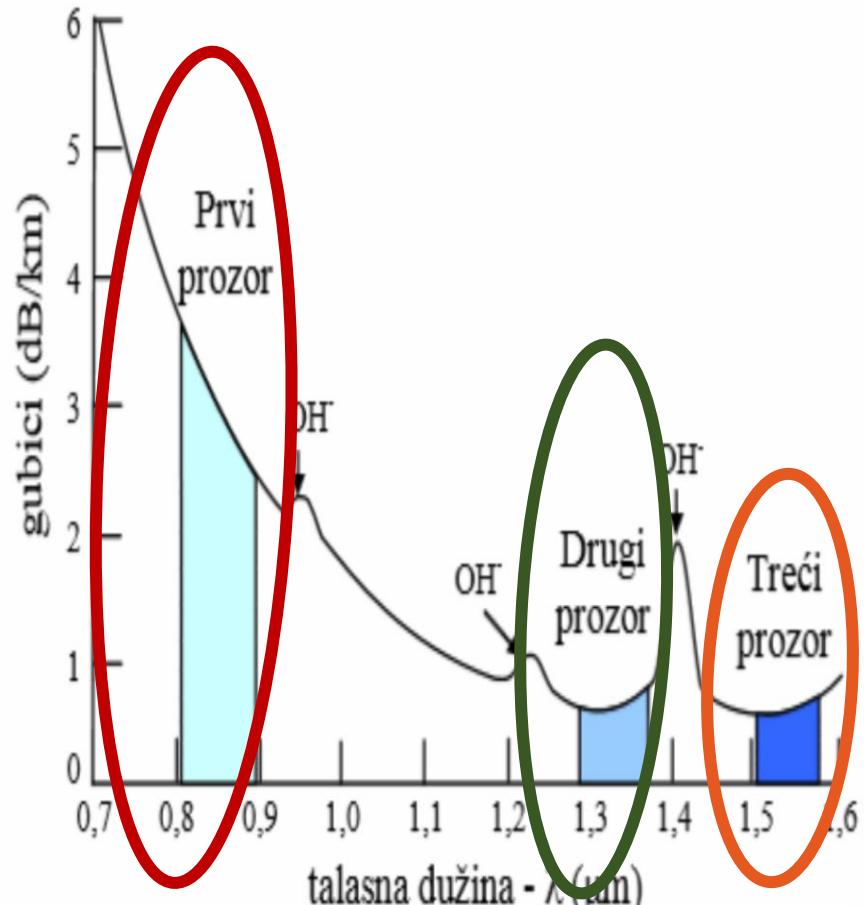
- Razvoj optičih vlakana je bio usko povezan za specifičan deo optičkog spektra, gde je malo optičko slabljenje.
- Najmanje slabljenje unutar optičkog vlakna nalazi se u opsegu talasnih dužina od **700 nm** ($0.7 \mu\text{m}$) do **1600 nm** ($1.6 \mu\text{m}$)
- Unutar ovog opsega λ nalaze se tri „optička prozora“.

Prvi optički prozor na 850 nm (L band)

Drugi optički prozor na 1310 nm (S band)

Treći optički prozor na 1550 nm (C band)

OPTIČKI SISTEMI PRENOSA



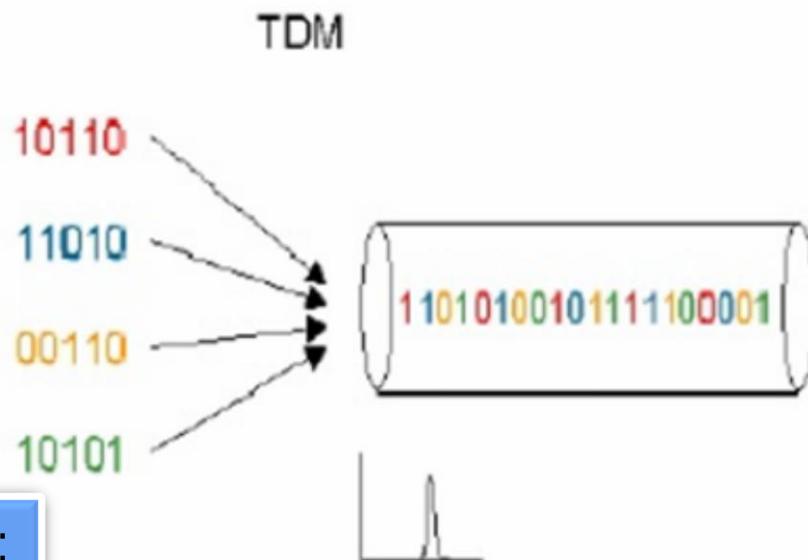
TDM multipleks

TEHNIKE MULTIPLEKSIRANJA

- Prvi način jeste primena **TDM multipleksa**, gde se više signala istog tipa multipleksira u električnom domenu, a onda se multipleks konvertuje u optički signal i šalje vlaknom po **jednoj talasnoj dužini**.

Signale koji se nijima prenose potrebno je da:

- TDM (vremenensko) multipleksiranje se koristi u:
 - prenosu kroz SDH (Sinhronu Optičku Mrežu) u Evropi i SONET u SAD,
 - prenosu putem ATM (Asinhroni Transfer Mod)
 - prenosu IP (Internet Protokol).



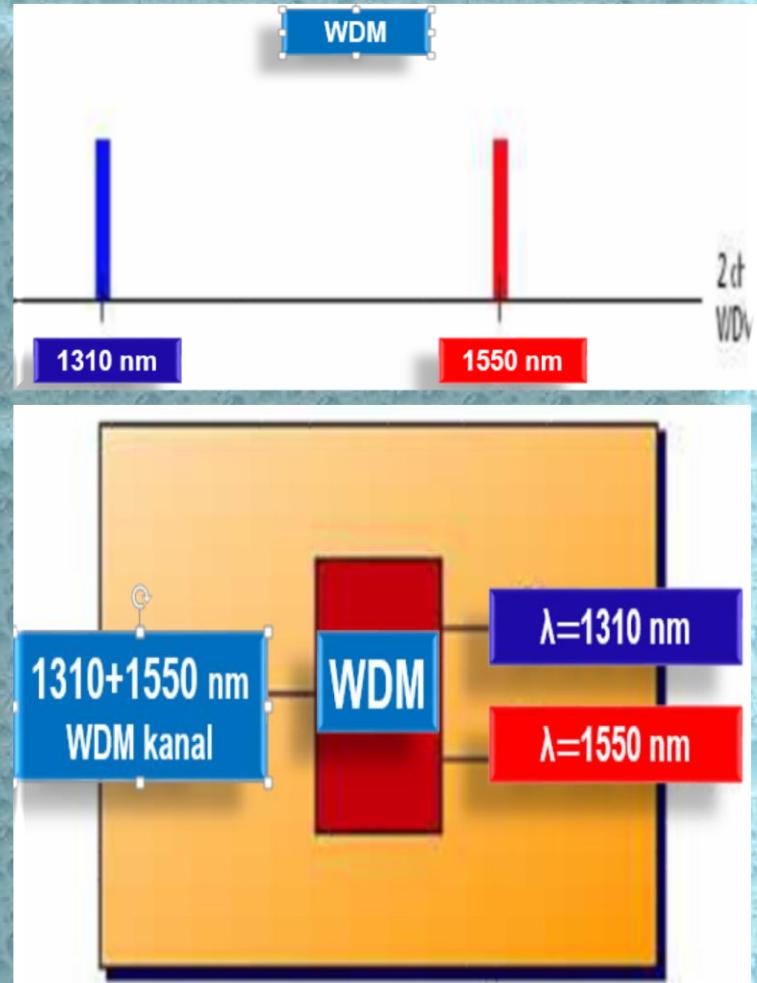
Slika 3 : Multipleksiranje po vremenu

WDM multipleksiranje

- Drugi način jeste prostiranje optičkih signala različitih λ kroz jedno optičko vlakno, odnosno primena **WDM** tehnologije.
- WDM tehnologija kombinuje prenos više optičkih TDM protoka kroz jedno optičko vlakno, primenom višestrukih λ svetlosti.
- Svaki pojedinačni TDM protok podataka (*datastream*) je poslat putem zasebnog lasera koji emituje posebnu λ svetlosti.

- **WDM kanal je optički signal sa jedinstvenom λ .**
- Svaki WDM kanal je nezavisan od ostalih kanala, i moguće je istovremeno prenošenje različnih signala (*audio, video, SDH, ethernet itd.*) po optičkom vlaknu.
- Moguće je preneti 2,4,8,12 i 16 WDM kanala.

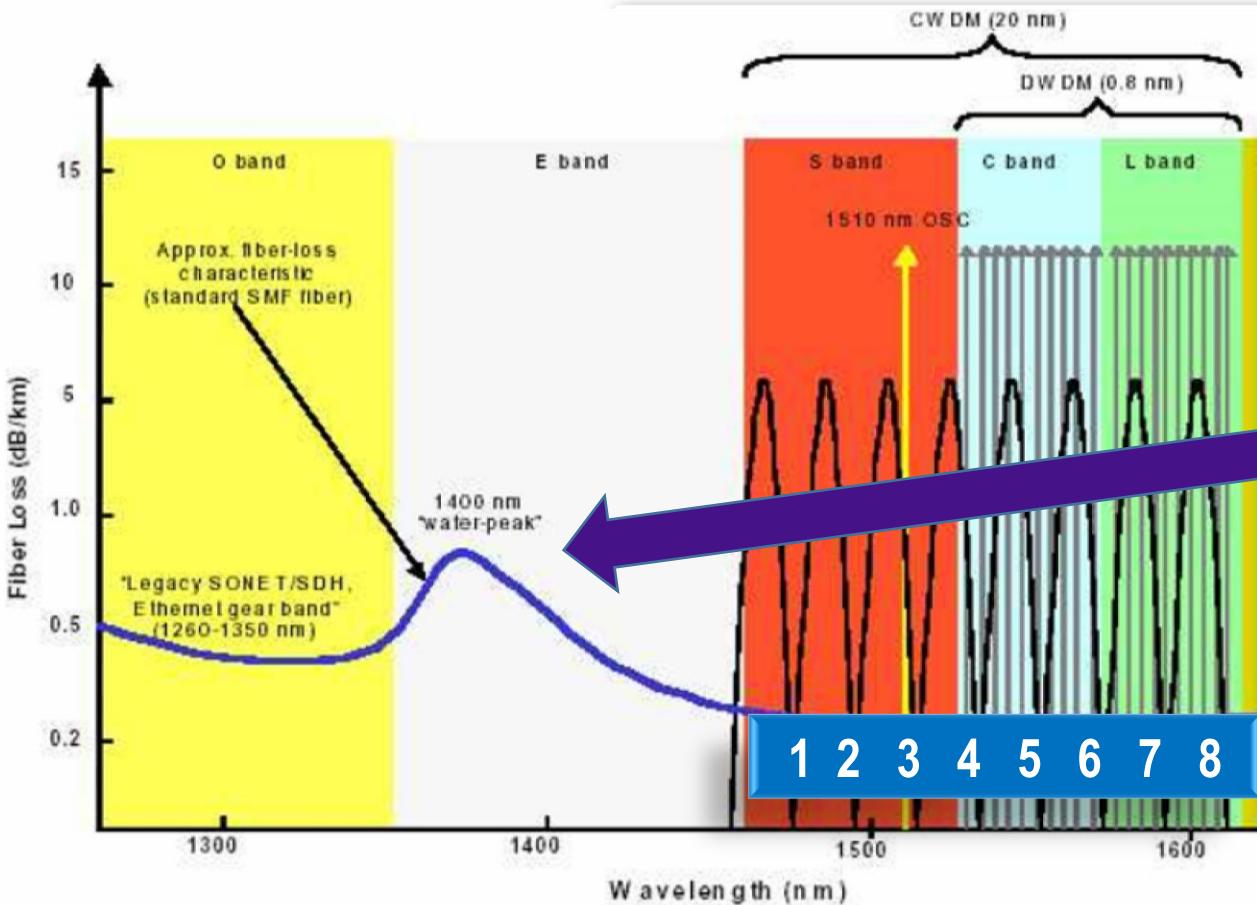
TEHNIKE MULTIPLEKSIRANJA



WDM multipleksiranje

TEHNIKE MULTIPLEKSIRANJA

CWDN (*Multipleksiranje sa širokim razmakom λ*)



u opsega od
nm (300 GHz)

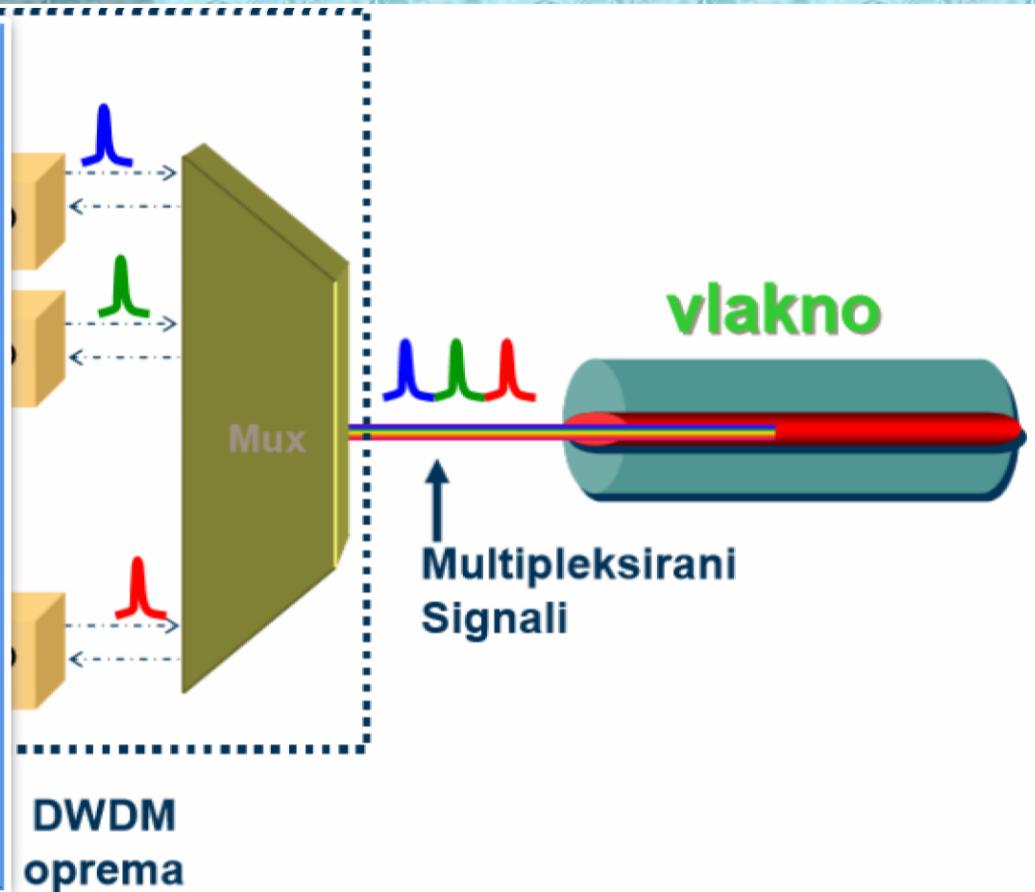
- Razlika u slabljenju optičkog vlakna duž čitavog talasnog opsega, uključujući i "water peak" na 1383 nm, ograničava upotrebu CWDM sistema na veće distance sa više od osam kanala.

WDM multipleksiranje

TEHNIKE MULTIPLEKSIRANJA

DWDN (Multipleksiranje sa GUSTIM razmakom λ)

- DWDM sistemi omogućuju prenos do 80 optičkih kanala po jednom optičkom vlaknu, kapaciteta do 1 Tb/s.
- Karakteristike DWDM sistema određuju ovu tehnologiju mnogo pogodnijom za primenu u odnosu na CWDM sisteme, ali komponente DWDN sistema su mnogo skuplje, jer se zahteva visoka preciznost i stabilnost lasera u opsegu optičkog kanala.



Stuktura (elementi) DWDN sistema

DWDN tehnologija

Glavne funkcije koje izvršava DWDN sistem

i optički kanal ima svoju λ

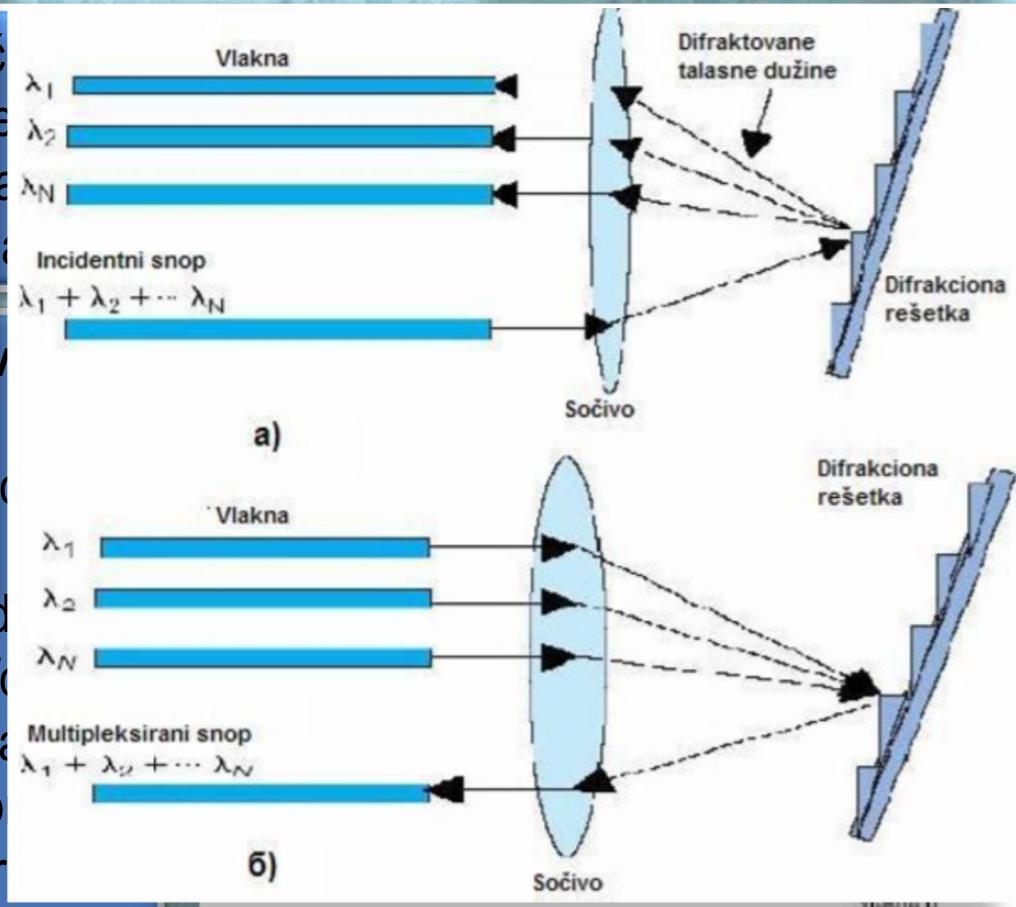
- generisanje signala** – izvor, poluprovodnički laser, mora da obezbedi svetlost unutar specifičnog uskog opsega, koji nosi digitalne podatke, modulisane kao analogni signal.
- kombinovanje signala** – DWDM sistemi koriste multipleksere da bi kombinovali signale.
- emitovanje signala** - prilikom prenosa signala optičkim vlaknom, javljaju se efekti preslušavanja, degradacija i gubitak optičkog signala, koji se minimiziraju kontrolisanjem promenljivih (*razdvajanje kanala, tolerancija talasne dužine i nivo snage lasera*).
- razdvajanje primljenih signala** – multipleksirani signali moraju se razdvojiti.
- primanje signala** – demultipleksirani signal se prima preko fotodetektora.

DWDM sistem poseduje transponder, koji pretvara ulazni signal u formu standardnog signala jednomodnog ili multimodnog lasera.

Multipleksiranje i demultipleksiranje

DWDN tehnologija

- Druga tehnologija je bazira na difrakciji i optičkoj interferenciji.
- Kada polihromatsko svetlo pogodi difrakcionu rešetku svaka λ se difraktuje pod različitim uglom i time u različite tačke u prostoru.
- Korišćenjem sočiva, svaka λ se fokusiraju u posebno optičko vlakno.
- U izlaznoj svetlosti, svaka λ je razdvojena određenim uglom od drugih. Sočivo fokusira svaku λ na mesto gde treba da uđe u vlakno.
- Iste se komponente mogu koristiti u obnovljivom procesu, da bi se multipleksirale različite talasne dužine u jedno optičko vlakno.

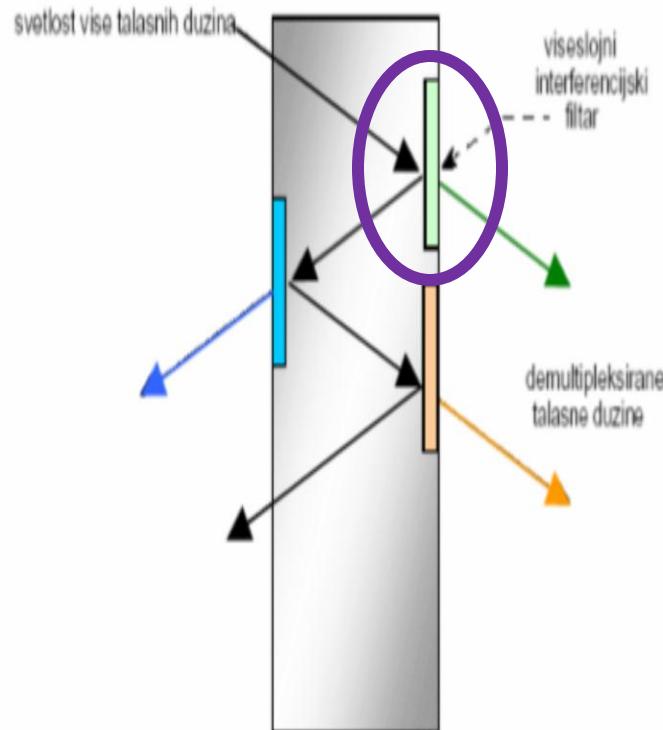


Multipleksiranje i demultipleksiranje

DWDN tehnologija

Filtri tankog sloja ili višeslojni interferencijski filtri

- Pozicioniranjem filtara, koji se sastoje od tankih filmova, na optičkom putu, mogu se demultiplexirati talasne dužine.
- Osobine svakog filtra su takve da prenosi jednu talasnu dužinu dok druge reflektuje.
- Povezivanjem ovih uređaja, mnoge talasne dužine mogu biti demultiplexirane.
- Filtri nude dobru stabilnost i izolaciju između kanala ali imaju velike gubitke pri ubacivanju optičkih kanala.



AWG je najčešće rešenje za DWDM sisteme zbog velike kompaktnosti, dobrih performansi, mogućnosti rada sa velikim brojem kanala i najboljeg odnosa cene.

Multipleksiranje i demultipleksiranje

DWDN tehnologija

Optički Add/Drop Multiplekseri (OADM)

Postoje dva tipa OADM

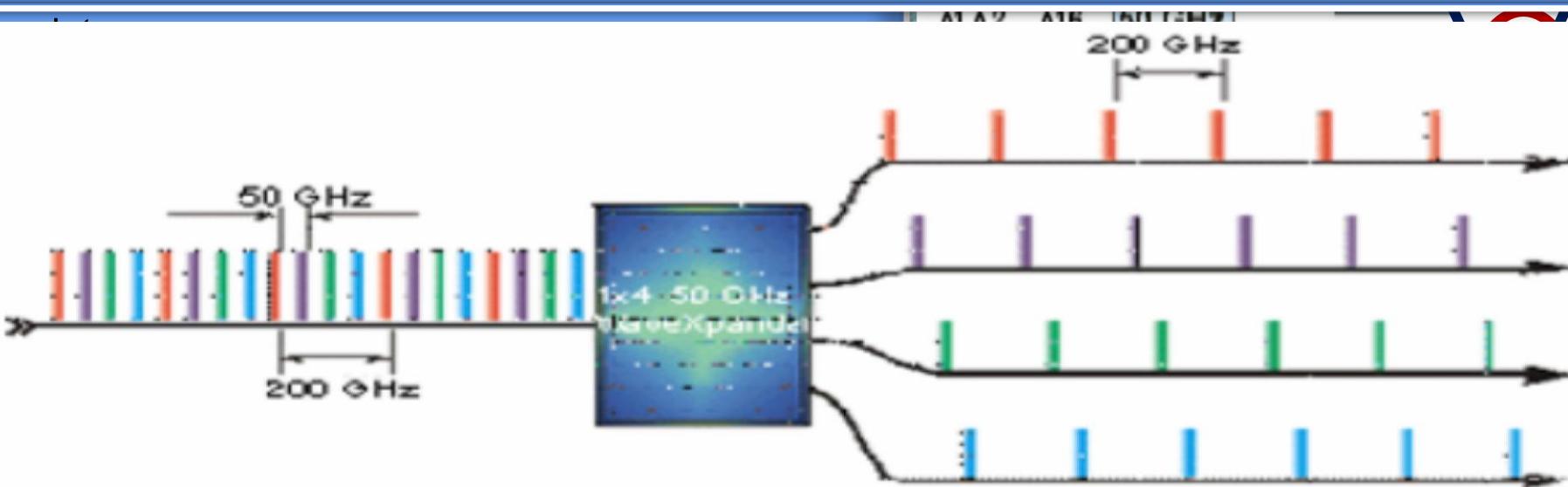
- Prva generacija su fiksni uređaji, koji su fizički konfigurisani da izbace specijalne unapred određene talasne dužine dok druge dodaju.
- Druga generacija je promenljiva (ROADM) i može da dinamički odabere koje će se talasne dužine ubaciti, a koje izbaciti.
- Umesto da razdvaja ili kombinuje sve talasne dužine, OADM može da izdvoji neke dok ostale prosleđuje, a da se pri tome **ne vrši optoelektrična konverzija**.
- OADM-ovi su ključ napredka potpuno optičkih mreža.**



Multipleksiranje i demultipleksiranje

DWDN tehnologija

- Princip rada kod interlivera je **interferometrijsko preklapanje dva snopa**.
- Interferencija prouzrokuje da se na izlazu pojavljuje signal koji se periodično ponavlja ako se kroz uređaj propuštaju celobrojni umnošci talasnih dužina, a željeni razmak između kanala se postiže kontrolom dodatnih sklopova.
- Moguće je pomoći filterima sa tankim dieletričnim filmovima ili AWG filterima s razmakom kanala od 200 GHz, izdvojiti kanale sa razmakom od 50GHz.



Komponente DWDN sistema

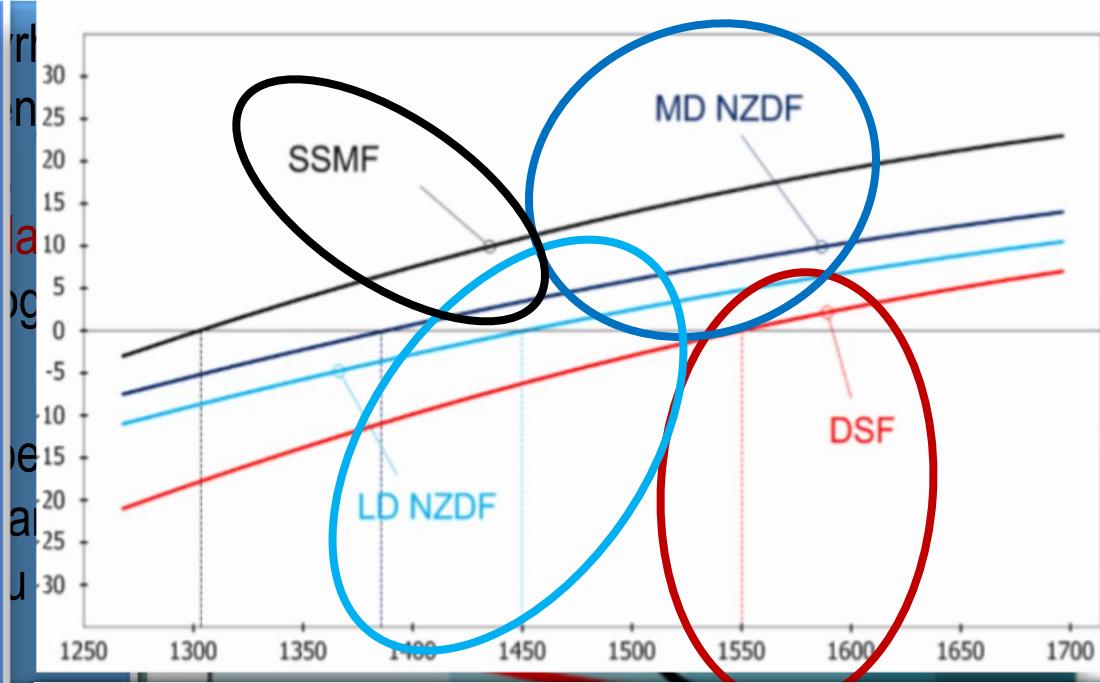
DWDN tehnologija

MONOMODNA OPTIČKA VLAKNA

Hromatska disperzija

- Predstavlja ograničavajući faktor u optičkim mrežama i određuje maksimalnu daljinu upotrebe optičkog vlakna.
- Hromatska disperzija je fizički fenomen, kojim se degradira kvalitet optičkog signala.
- U većini optičkih vlakana ukupna hromatska disperzija se povećava linearno sa rastojanjem.

SSMF vlakna nije moguce prenositi CWDM kanala.



- LDNZDF** jednomodno vlakno sa niskom disperzijom
- na 1550 nm disperzija je između MD i DSF
 - primena u dugim transportnim mrežama sa DWDN

Komponente DWDM sistema

DWDM tehnologija

IZVORI i DETEKTORI OPTIČKIH SIGNALA

Primopredajnici (SPF moduli)

- Umesto korištenja posebnih i odvojenih diskretnih lasera, PIN/APD detektora i prijemnih sklopova ugrađenih na ploči, vrši se njihova integracija u module.
- Moduli su posebno korisni kod dvosmernih linkova, jer svaka strana sadrži i predajnik i prijemnik.

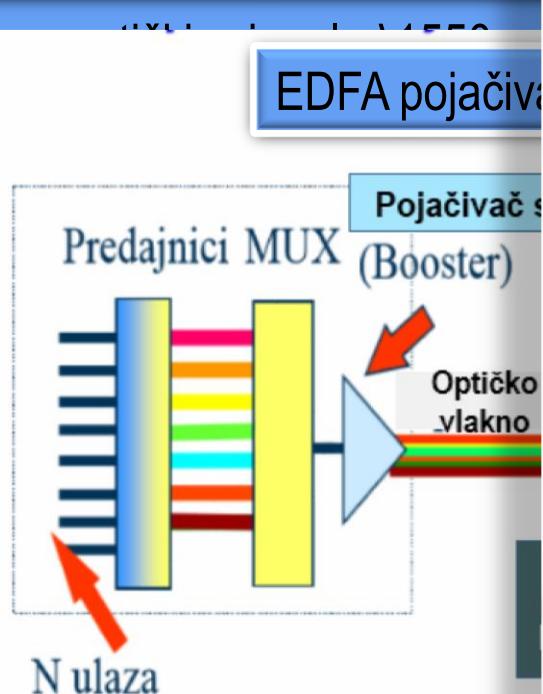
zato što:

- emituju monohromatsku svetlost,
- sposobni su za velike brzine, imaju dobar odj.
- imaju centralne frekvencije u oblasti oko 1310 nm
- oblast od 1520 do 1565 nm je kompatiblna s



Komponente DWDM sistema

- EDFA je raspoloživ u C i L prozorima i vrlo gusto da bi se što više kanala moglo prenositi.
- Ovi pojačavači imaju dva prenosa drugi, **produženi**, koji se naziva **EDB**.



Oslabljajući svetlost, erbijumom upumpavajući dolaznu emitovanu

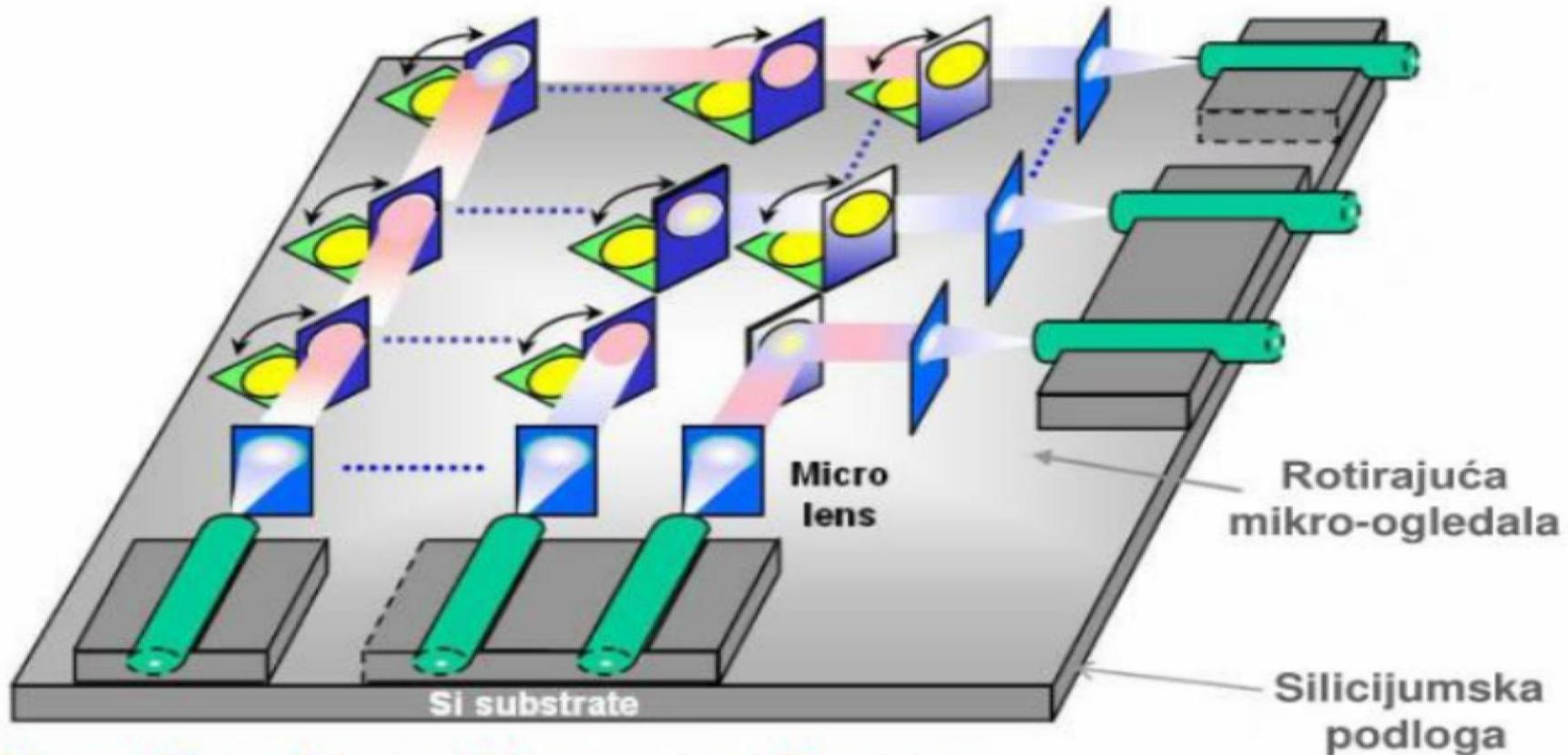
Emitujući čega korišćeni jači i jači



Komponente DWDN sistema

DWDN Tehnologija

SISTEMI OPTIČKE KROS-KONEKCIJE (OXC)



Micro Opto-Electro Mechanical Systems



Uvod

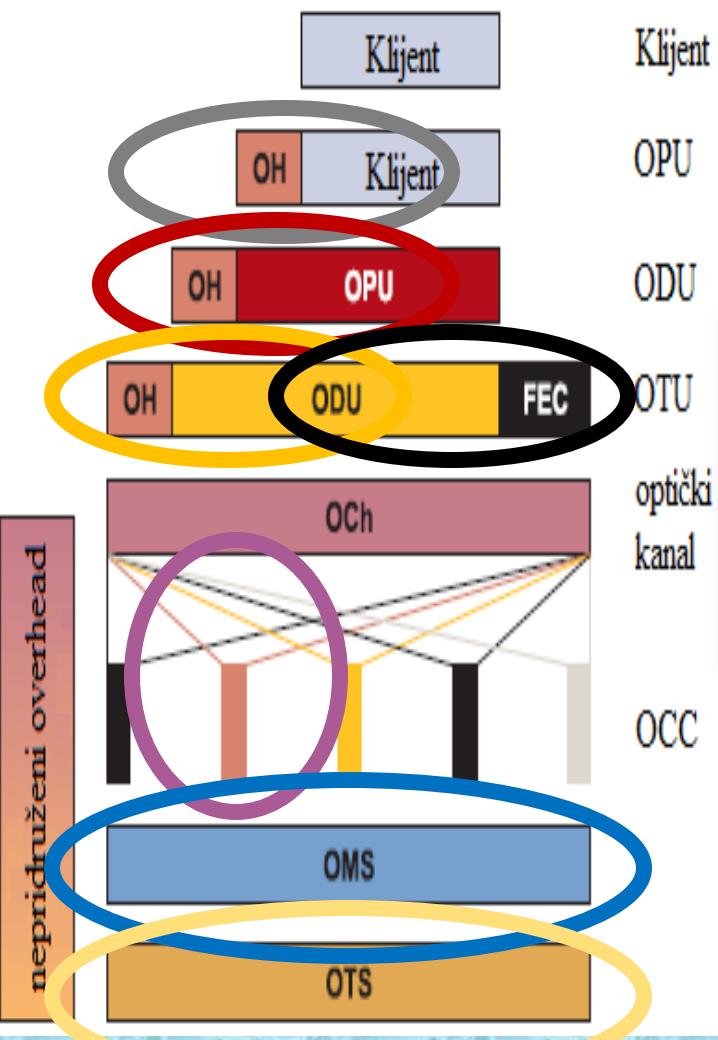
OTN tehnologija

OTN -Optička Transportna Mreža (Optical Transport Network)

OTN- transportna tehnologija za **mapiranje i prenos signala velikog protoka** kroz optičke mreže bazirane na DWDM multipleksiranju optičkih signala po talasnim dužinama (λ).

- SDH mreže kao transportne mreže druge generacije su načelno dizajnirane za optičke interfejse koji koriste jednu talasnu dužinu za prenos po jednom optičkom vlaknu. Povećanje brzine prenosa signala po jednom vlaknu pokazalo se kao neefikasno rešenje.
- OTN mreže kao mreže treće generacije su bazirane na primeni WDM tehnike kojom je postignuto da se poveća kapaciteta linka, a da se preterano ne poveća protok na jednoj talasnoj dužini (npr. kapacitet linka 400Gb/s, upotreba WDM tehnike, na 40 različitih talasnih dužina prenosi se po 10Gb/s, a ne preko jedne talasne dužine prenositi 400Gb/s).
- Dominantna tehnologija u transportnim telekomunikacionim mrežama budućnosti.

Slojevita arhitektura OTN mreže

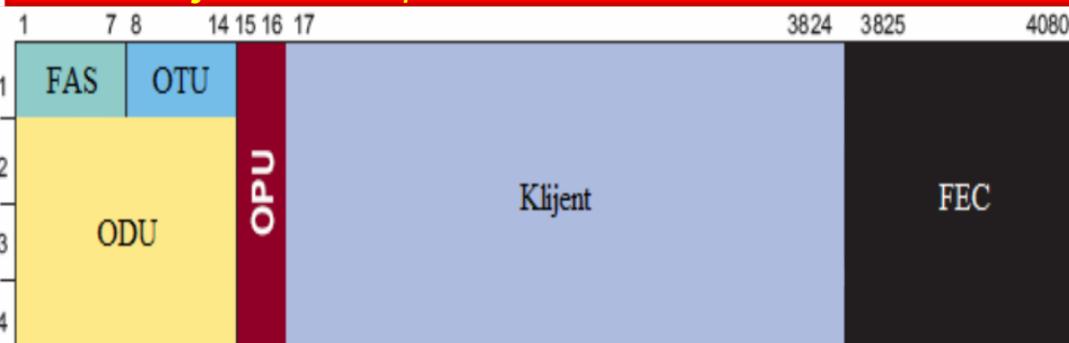


Procedure u prenosu klijentskog signala u OTN mrežama

U OTN mreži na kraju je optička prenosna sekcija **OTS** (*OTU modul*) koji omogućuje prenos optičkog kanala preko optičkog vlakna.

Zatim se zaglavlje dodaje na ODU jedinici i time se formira

ODU jedinica – Optical Channel Data Unit

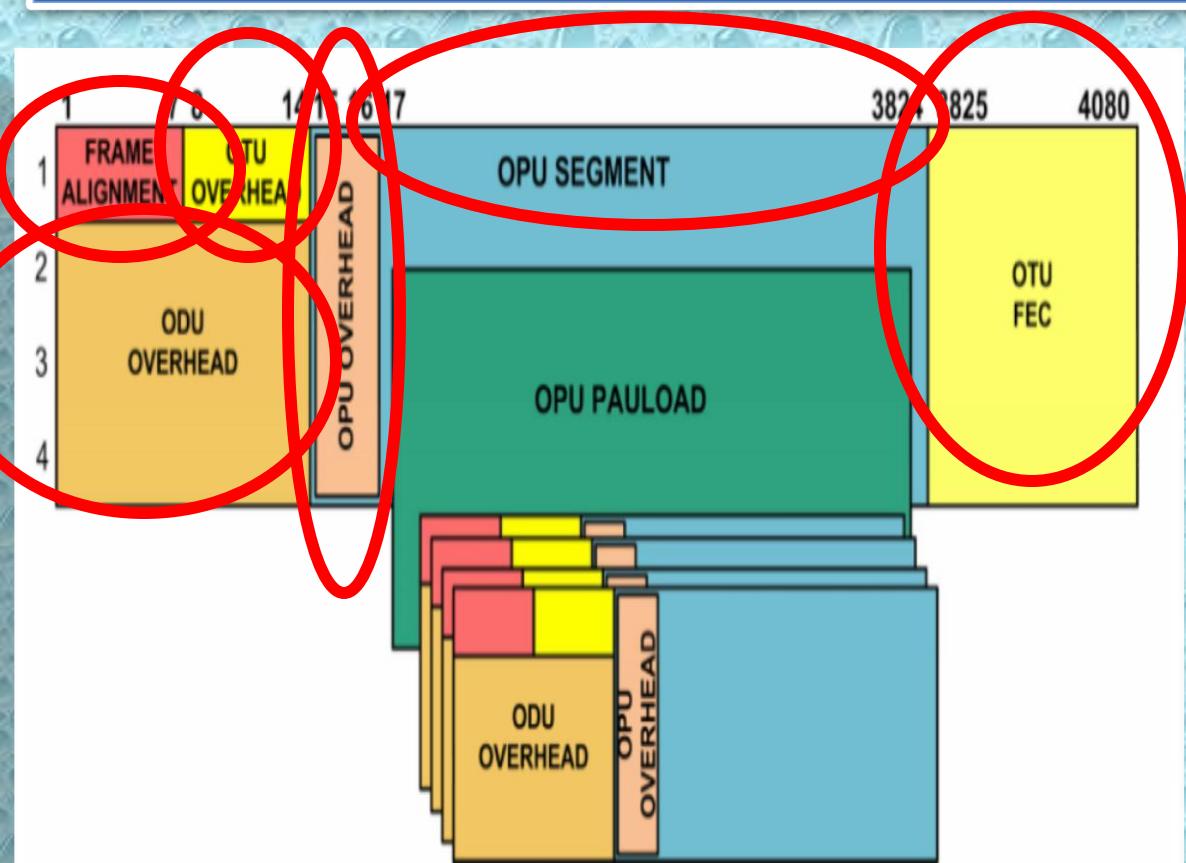


U OTN mrežama postoje sekcije za praćenje stanja u mreži na nivou optičkog domena, ali se zaglavlje tih sekcija prenosi u odvojenom kanalu tj. λ i naziva **optički kanal za nadgledanje OSC** (*Optical Supervisory Channel*).

Struktura optičkog kanala (OCh) u OTN

OTN tehnologija

Struktura optičkog kanala u OTN se prikazuje u vidu pravougaonika sa 4 reda i 4080 kolona



OPU zaglavje (OPU OH) kolone 15 i 16

ODU zaglavje (ODU OH) zauzima 2,3,4 red kolona 1-14,

OTU zaglavje (OTU OH) prvi red kolona 8-14

Korisnička informacija, se smešta u OPU zaglavje odnosno korisni deo (OPU Payload) koji zauzima kolone 17-3824.

OTU FEC polje za korekciju grešaka unapred se smešta u poslednjih 256 kolona.

Za određivanje početka OCh strukture se koristi FAA polje u 1 redu, kolone 1-7

Mapiranje i multipleksiranje korisničkog saobraćaja

OTN tehnologija

Clients Mapping

device_d

Board: OT10G-3#2

	Ports			
9		STM-16		
10		GE		
11				
12				
13				
14	OTN			
15				
16				
17	10GE	XFP#1		
18	OTN	XFP#2		
19	OTN	XFP#3		

Mapper #2/1

Port #2/1	STM-16	AMP	ODU1(1)
Port #2/2	GE	GMP	ODU0(2,1)
			ODU0(2,2)
			ODU1(3)
			ODU1(4)

Mapper #2/2

Port #2/17	10GE	BMP in OPU2e	ODU2e
------------	------	--------------	-------

Reload Cancel Close



ODU1/OPU1)

ODU4/OPU4)

k 104,355 Gb/s (mapiranje 100 GbE)

multipleksira se ODU4/OPU4

ODU2/OPU2)

9,995 Gb/s (mapiranje STM-64,

1 GbE LAN=protoka 10.3 Gb/s)

ODU2e/OPU2e)

356 Gb/s (mapiranje 10GbE LAN)

Maper

Mapiranje ODU jedinca nižeg u viši red

OTN tehnologija

ODU Crossconnect

device_d

Board: 2 Client Ports

Board: 2 Line Ports Add Line Port

Port #2/1 STM-16 Mapper #2/1 ODU1(1)

Port #2/2 GE Mapper #2/1 ODU0(2,1)

Port #2/17 10GE Mapper #2/2 ODU2e

click to highlight connection

Port Label: Port #2/17 -> Mapper #2/2: ODU2e

Source/Destination: Port #2/17: ODU2e

Working: Port #2/19: ODU2e

Protection:

ID: 2 Status: Active Hold-off Time [s]:

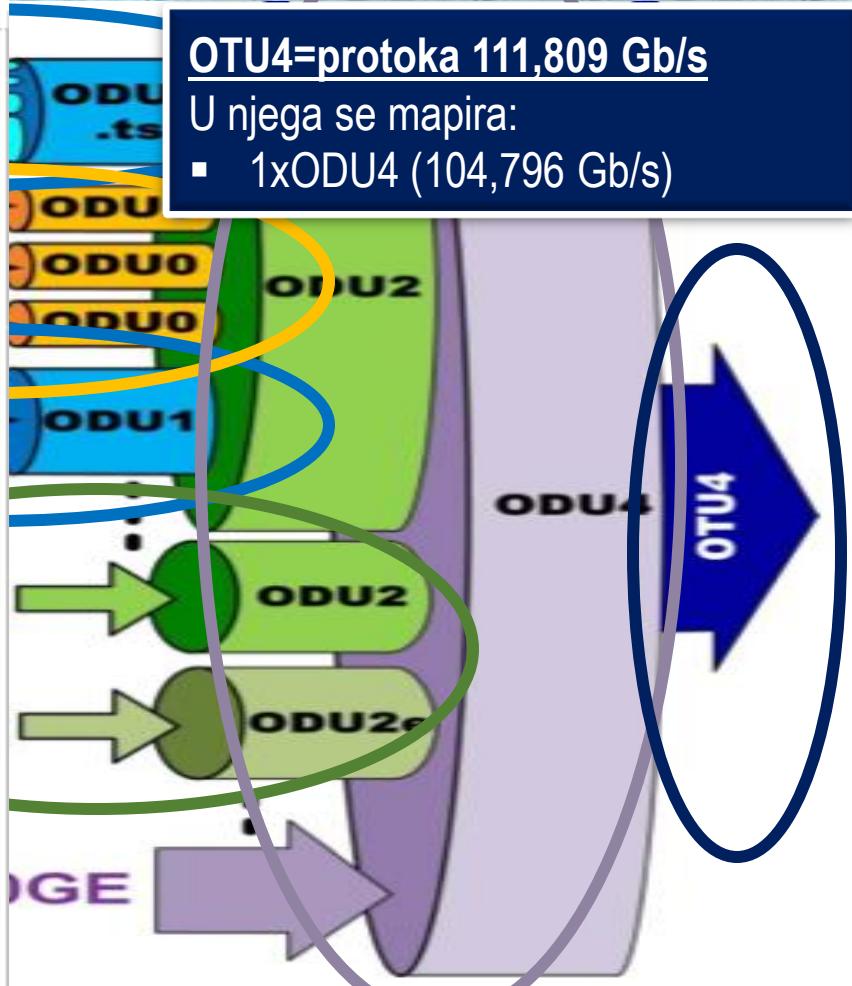
Protection Type: no protection WTR Time [s]:

Mode: Active Side: Command:

Delete Cancel Change Set Command Log Refresh

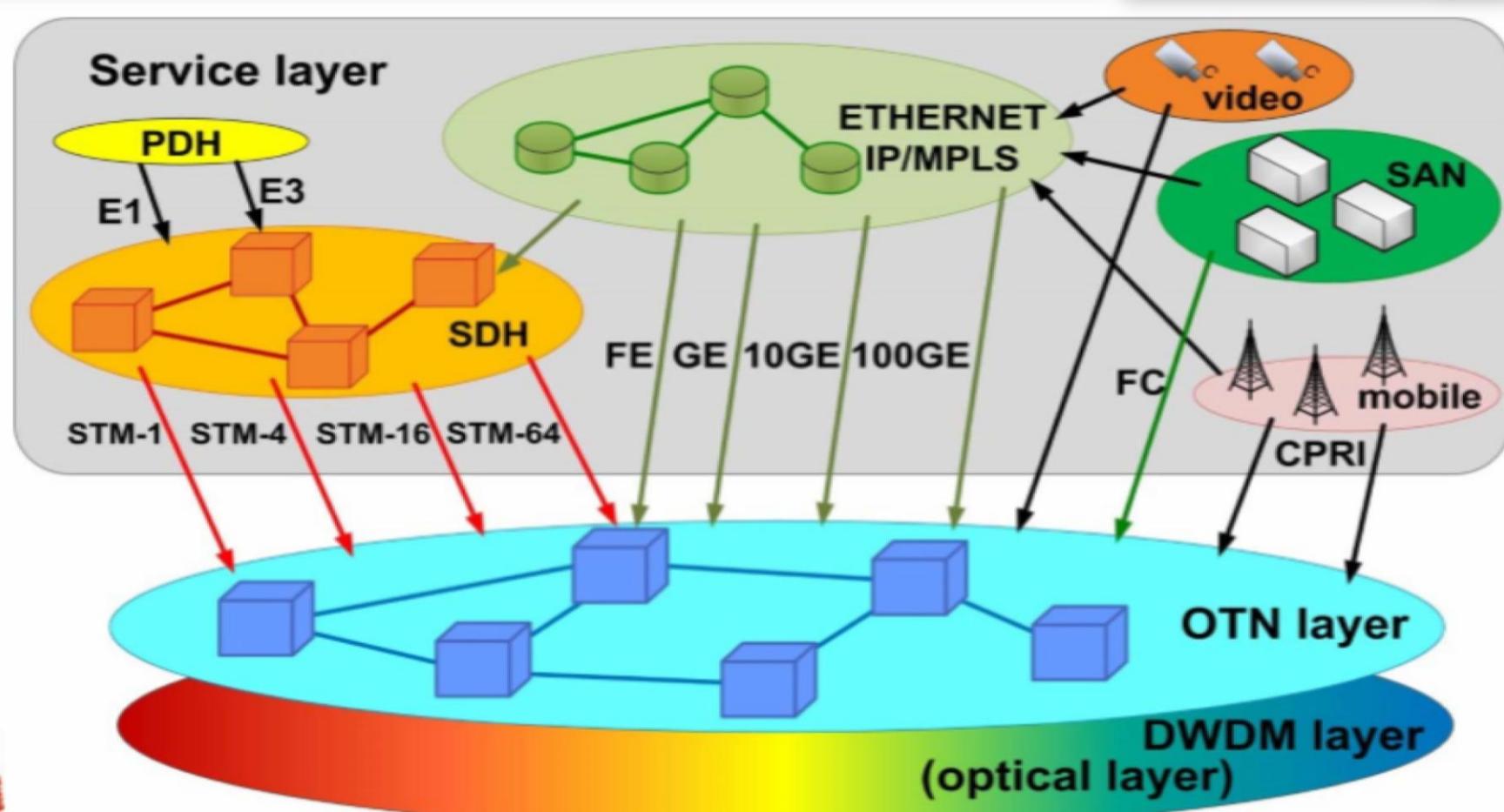
Reload Review Close

Total connections: 3



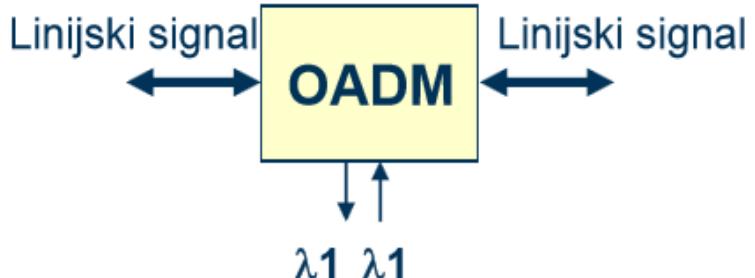
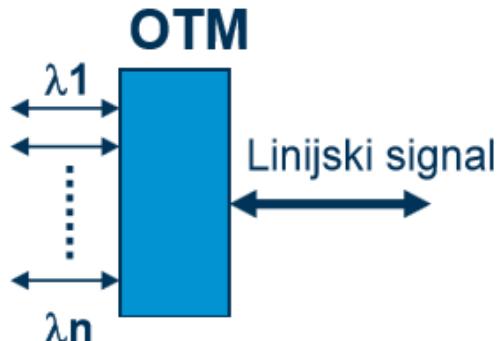
Primer mapiranja korisničkog signala u OTN/DWDM mrežama

OTN tehnologija



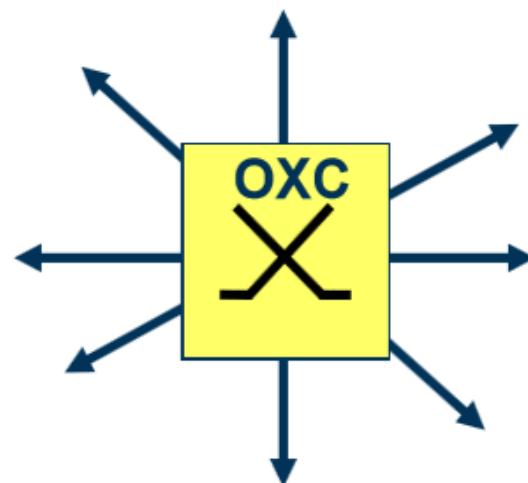
Komponente DWDN optičkih mreža

Optički terminalni multiplekser



TOPOLOGIJA OPTIČKIH MREŽA

Optičko linjsko pojačalo

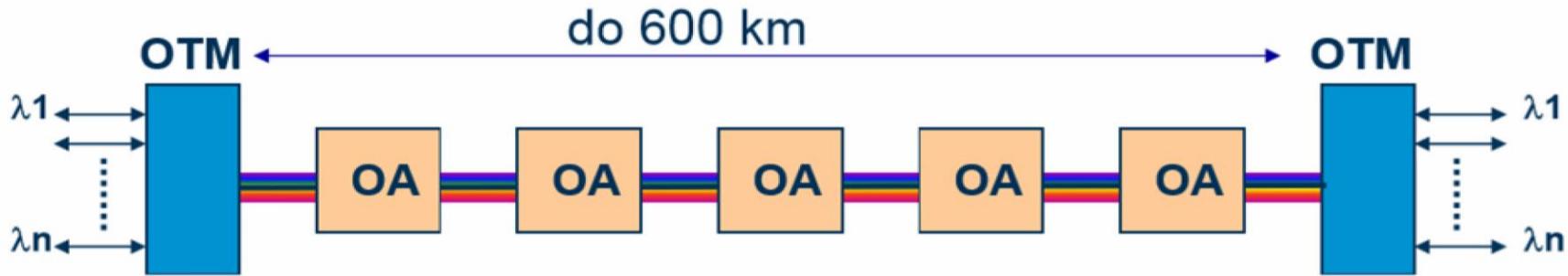


Optički add-drop multiplekser

Optički cross-connect

DWDN mreže Point-to-point topologije

TOPOLOGIJA OPTIČKIH MREŽA



Point-to point mreže odlikuju se:

- izuzetno velikom brzinom kanala (10 do 40 GBps),
- visokim integritetom signala i pouzdanošću,
- i brzom restauracijom puteva.

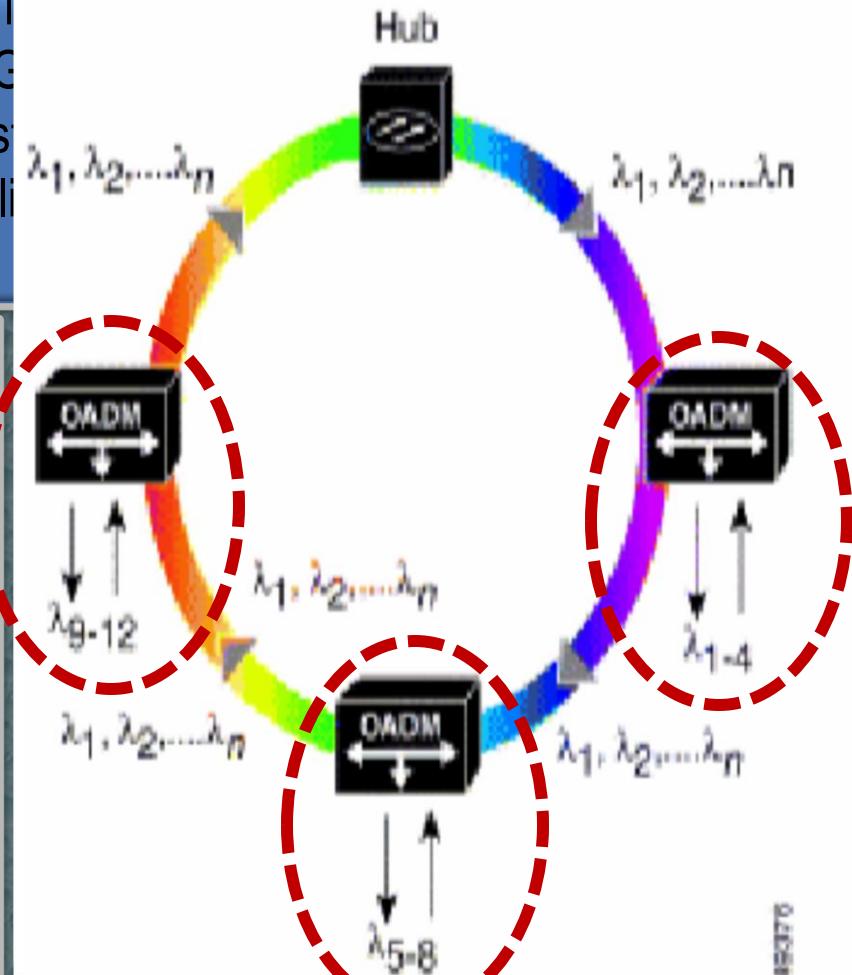
U **long-haul mrežama** rastojanje između predajnika i prijemnika može biti i nekoliko stotina kilometara, a broj pojačavača koji je potreban između krajnjih tačaka je tipično manji od 10, a u **MAN mrežama**, pojačavači često nisu ni potrebni.

DWDN mreže Prsten (Ring) topologija

- Koriste se u velikim gradskim područjima i desetina km, sa protocima od 622 Mbps do 10 Gbps.
- Mogu biti razvijene sa jednim ili više DWDM sistemima, omogućujući any-to-any (od svakog do svakog) saobraćaj, ili više OADM-a

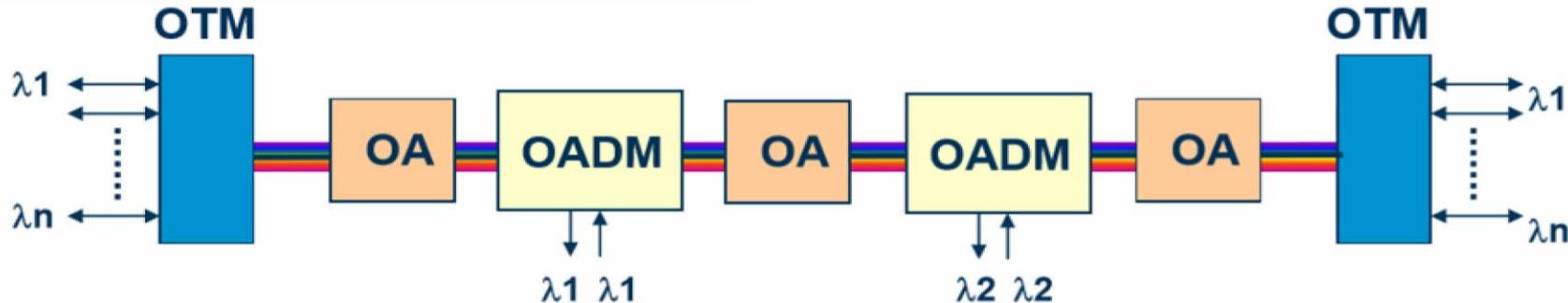
- U OADM čvorovima, jedna ili više talasnih dužina se ubacuje ili izbacuje, dok druge prolaze transparentno (ekspresni kanali).
- Ring topologija dozvoljava čvorovima na prstenu da obezbede pristup elementima mreže kao što su:
 - ruteri,
 - komutatori ili serveri,
 ubacujući ili izbacujući kanale talasnih dužina u optičkom domenu.

TOPOLOGIJA OPTIČKIH MREŽA

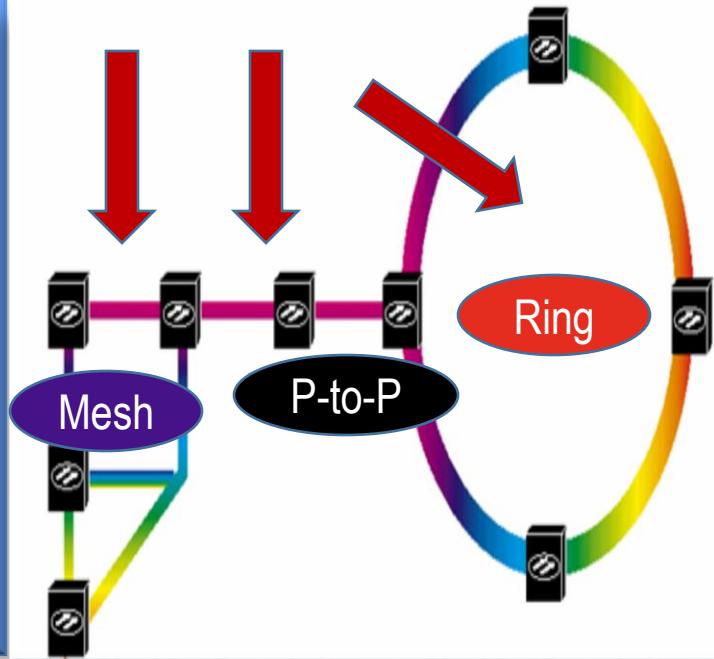


DWDN mreže topologije Mreže (Mesh)

TOPOLOGIJA OPTIČKIH MREŽA



- Mesh mreže su budućnost optičkih mreža, jer je najsnažnija topologija (**obezbeđuje zaštitu, visok stepen intelligentnog upravljanja i jake softverske alate**) i u potpunosti su bazirane na optičkim mrežnim elementima.
- Navedene karakteristike joj obezbeđuju prednost u odnosu na druge topologije i omogućuju joj potpunu **fleksibilnost i efikasnost**.
- Mesh i ring topologije mogu se prespajati sa point-to-point linkovima.

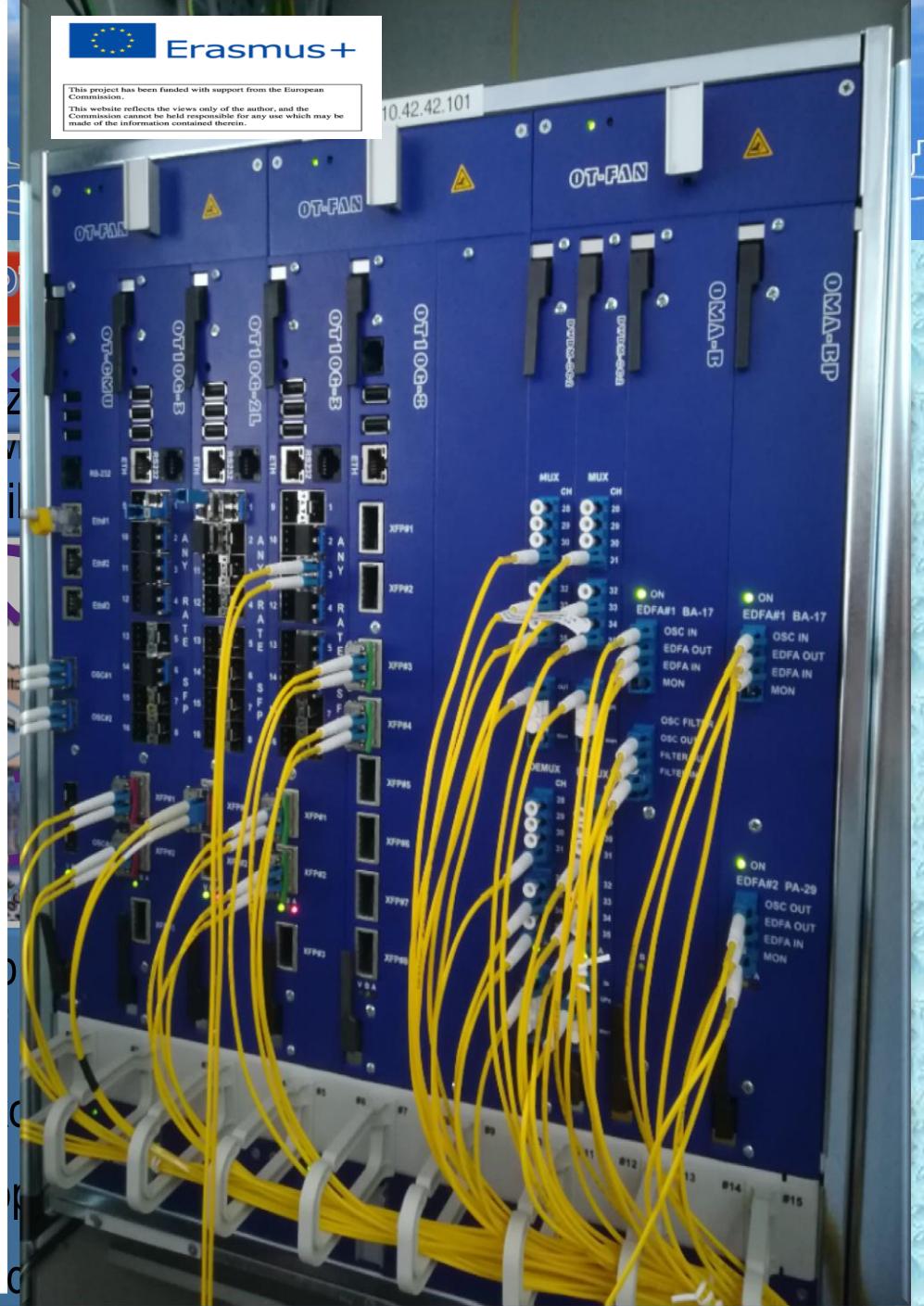
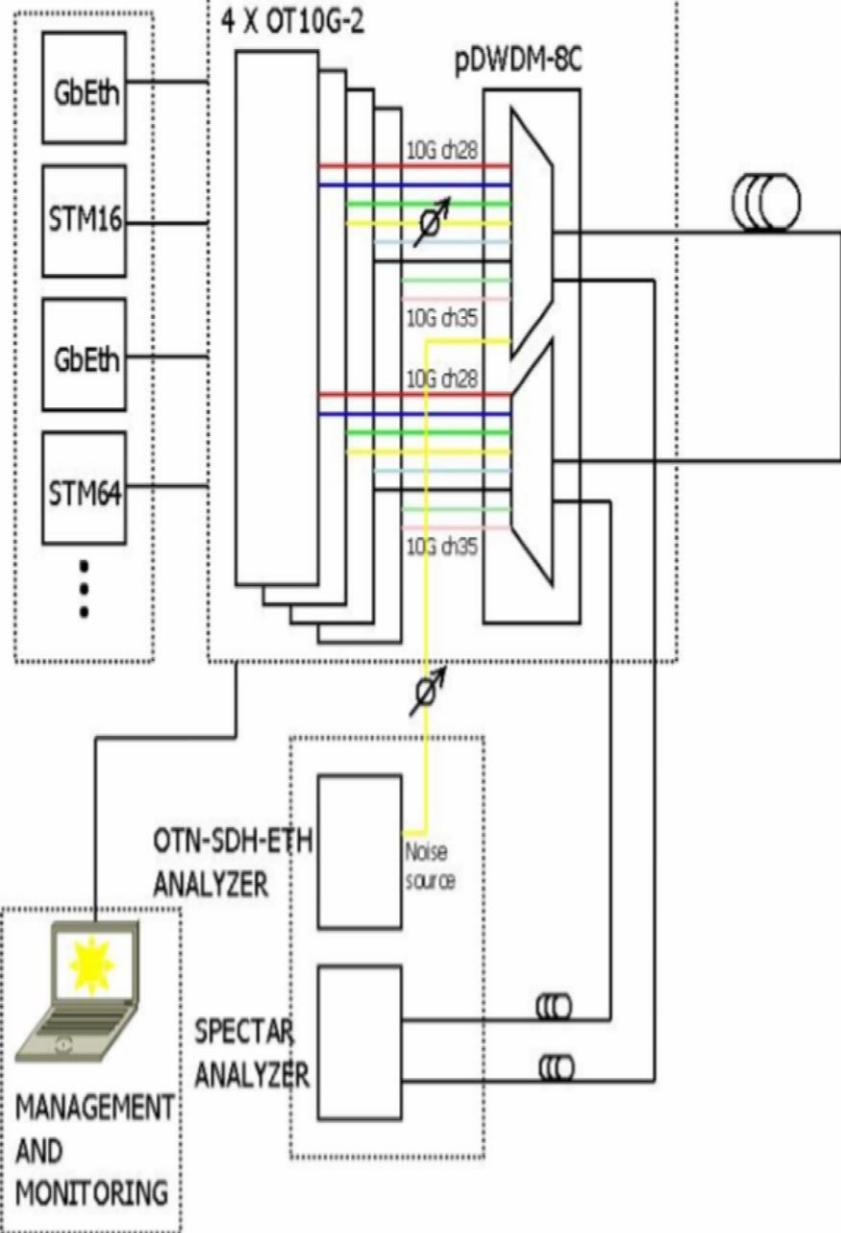


SDH/ETHERNET
CLIENT SIGNAL
SOURCES

DBBT

Digital Broadcasting &
Broadband Technologies

IRITEL OTP10G



SDH sistemi u optičkoj transportnoj mreži

U SDH ram može se mapirati:

GOVOR

ATM paketi (govor/IP paketi/ DVB)

IP paketi/ DVB/ MPEG2

SDH signali različitih protoka prenose se po monomodnim vlaknima korišćenjem tehnike multipleksiranja po talasnim dužinama (DWDM).

EVOLUCIJA OPTIČKIH MREŽA

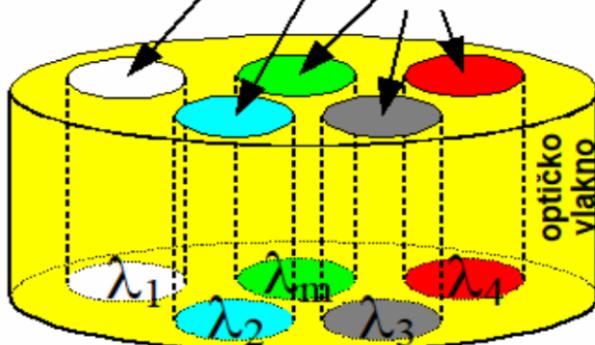
Sistem ima centralizovani upravljanje, "aktivnost", preusmeravanja saobraćaja itd. nadzor i mogućnost

SDH



**VC4
VC3
VC12**

DWDM



Evolucija optičke transportne mreže u OTN

U OTN mrežama se pored DWDM koriste optički prekidači (OS), optički add-drop multiplekseri (OADM) i cross-connect na nivou talasnih dužina (WXC).

Pristup OTN mreži može da bude bez korišćenja SDH uređaja tj. na **optičkom interfejsu**.

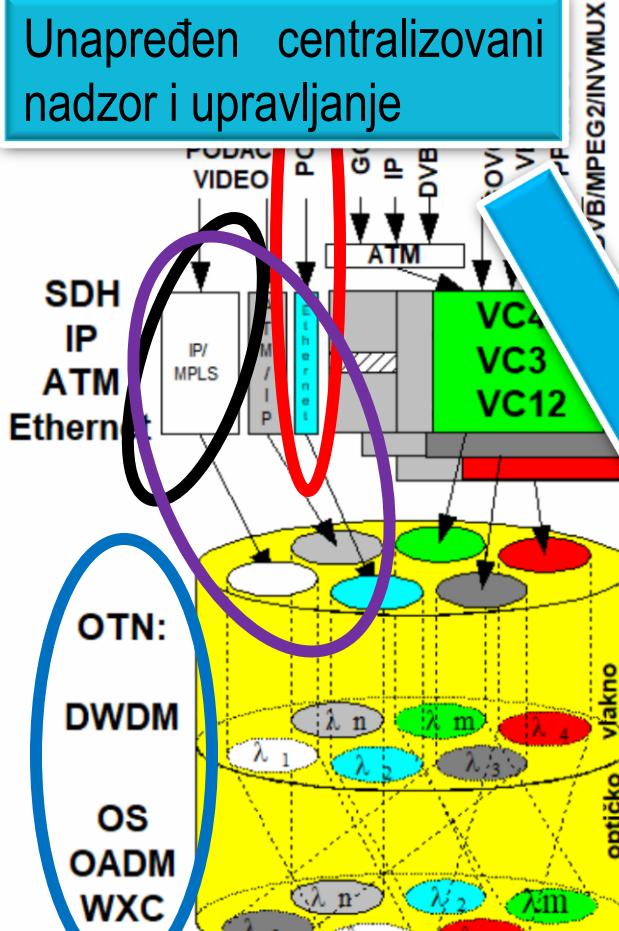
IP sa MPLS protokolom obezbeđuje stalni kvalitet za sve usluge.

Usluge se mogu rangirati po zahtevanom kvalitetu prenosa, tako da usluge koje ne trpe veća kašnjenja (govor ili, video) dobiju prioritet u rutiranju ili dodeli propusnog opsega.

Direktan pristup na nivou Ethernet (1 i 10 Gbit/s) interfejsa, bez korišćenja IP protokola.

EVOLUCIJA OPTIČKIH MREŽA

Unapređen centralizovani nadzor i upravljanje



Sveoptička mreža (All Optical Network)

EVOLUCIJA OPTIČKIH MREŽA

GMPLS (Generalized Multi-Protocol Lambda Switching)

uno optičko prospajanje

Nema konverzije u električni domen

Optičko prospajanje

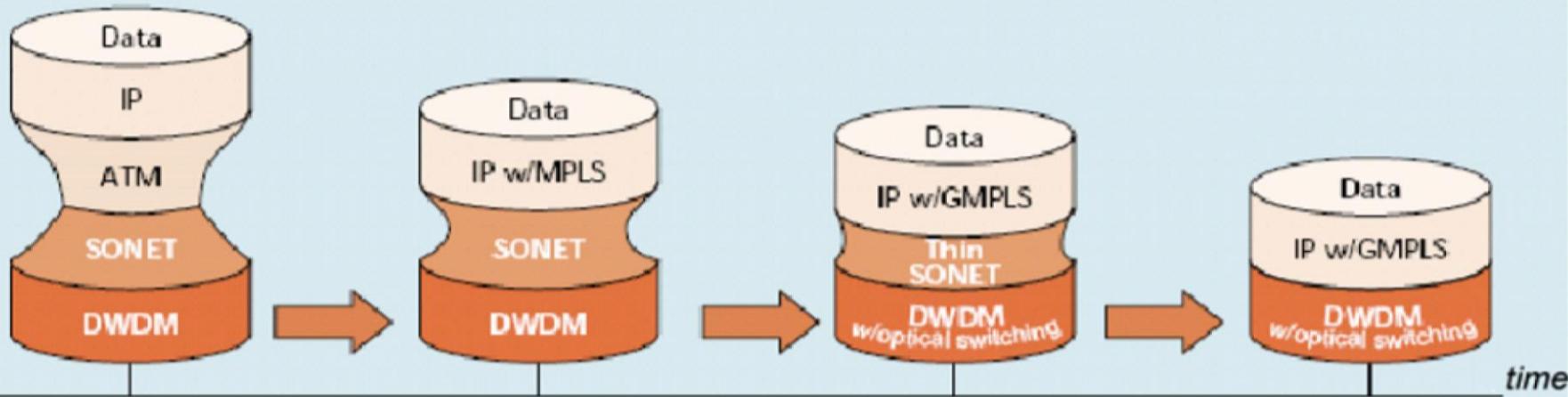
U osnovi je ekstenzija r

Sveoptička (fotonska) mreža

anim kvalitetom usluge) i čini ga

Prenosna mreža u kojoj su signali pretvoreni u FOTONE na ulazu i ne prolaze O-E-O konverziju dok ne dođu do izlaza iz mreže.

obezbeđuje:

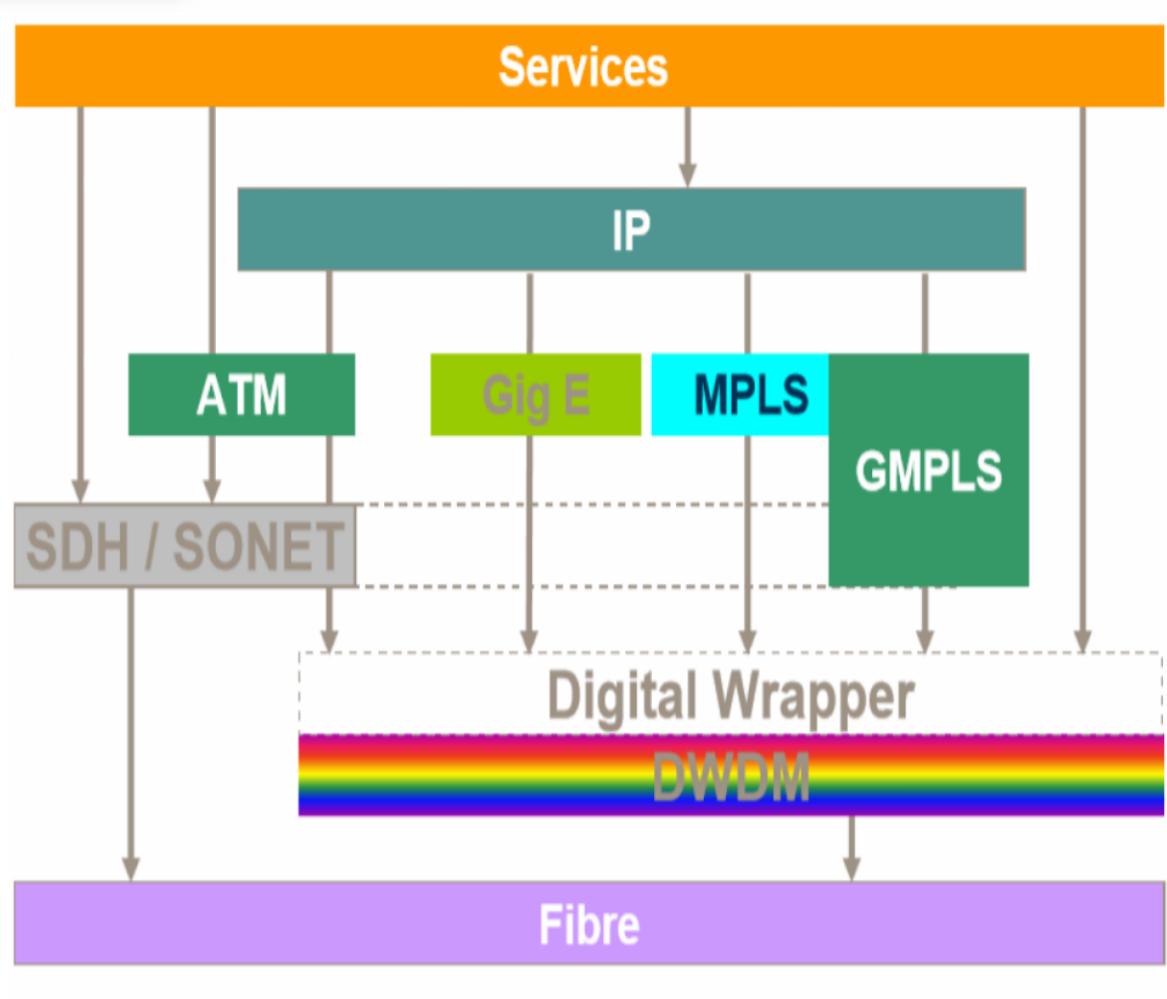


Budućnost - Sveoptička (fotonska) mreža

SVEOPTIČKA (FOTONSKA) MREŽA

Omogućiće smanjenje/ukidanje slojeva u mreži čime se postiže mnogo veća efikasnost, a koja je ogleda u:

- Povećanju kapaciteta prospajanja saobraćaja velikih brzina protoka.
- Smanjenju broja opreme u sistemu,
- Smanjenju potrošnje energije opreme u sistemu.





ZAKLJUČAK

OTN je danas dominantana tehnologija u transportnim mrežama, u kojoj se vrši mapiranje i prenos signala velikog protoka kroz optičke mreže bazirane na DWDN.

↓

Integracija OTN/DWDN tehnologija u OTP (*optička transportna platforma*) uz primenu

- optičkih prekidača, add-drop multiplexera i cross-connect na nivou talasnih dužina
- direktnih optičkih interfejsa i
- novih servisa baziranih na QoS (*stalni kvalitet usluga*)

omogućuje povezivanje optičkih mrež različitih tehnologija u jednu tehničko-tehnološku celinu koja pruža transparentnost protoka i podržava primenu novih dinamičkih optičkih servisa.

↓

Dalji pravci razvoja vode do sveoptičkih mrež sa prospajanjem talasnih dužina (GMPLS) koje se baziraju na komutiranju u fotonskom sloju i na primeni protokola rutiranja na svetlosnom nivou, što neminovno vodi u prerastanju ovih mreža u fotonske komunikacione mreže, kao mreže budućnosti.