

! Optické komponenty vo WDM

→ optický vysielateľ (podoj + modulátor)

- kompaktný, monochromatický ($\approx 1 \text{ nm}$), stabilný s dobrou rovinnosťou
- monochrom. neekvivalentný, len s veľmi úzkym pásmom λ

kohorentné - fotóny vo fáze (lasery)

nekohorentné - fotóny nahodné (LED)

- lasery - polovodičové (rúžové) (médium polovodič)

vláknové (—————) (—————) (vláknové s prírastkami)

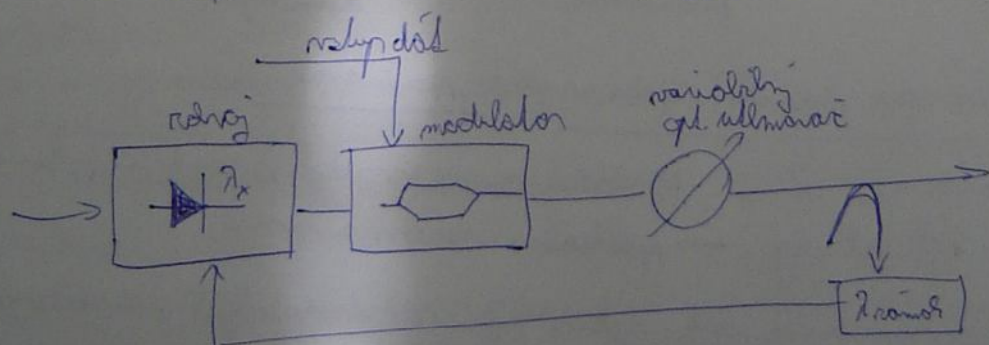
odboje - spájateľné CW

modulované (mnoho kódované)

(modulácia - OOK (on-off keying))

podľa dĺžky prenosovej vzdialenosti sa odlišuje úroveň nainštalácie opt. zariadení:

- | | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| - ELR (Extended long reach) | - do 80 km SPF |
| - LR | - do 40 km SPF |
| - IR (Intermediate reach) | - do 15 km SPF alebo PAF |
| - SR (Short reach) | - do 2 km PAF |
| - VSR | - do 1 km PAF alebo PF (plošný) |



laser - poskytuje špecifickú λ

modulátor - optický elektrický dátový tok

oslabovač - predkorekcia vysielaných výkonových úrovní

prijímač - uchováva optickú λ usmernenie v mriežke

→ optické zdroje

- průměrné délka - I. → 800 - 950 nm
II. → 1250 - 1350 nm
III. → 1450 - 1670 nm

→ optický filter

- multiplex/demultiplex. λ roz VDT
- vyrovňování výkonové úrovně opt. sig.
- filtrace šumu a ~~opt.~~ opt. rušivých vln

→ izolátor

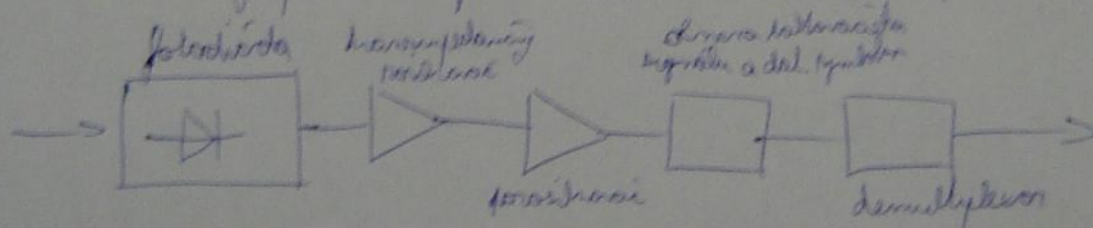
- pouze opt. směr není vzájemný; blokovat pouze v opačném směru

→ cirkulátor

- media opt. sig. kade a pak na port ibo v jednom směru a tým na druhé straně v opačném směru

→ optický přijímač

- má dva části je potřebná optika - elektrická konverze



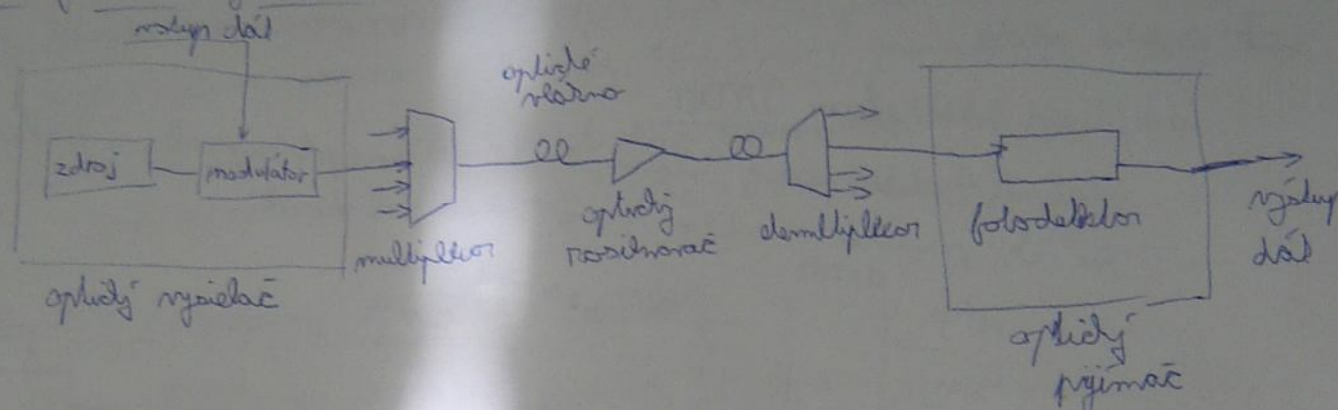
→ řídicí, ukládací, optický, vyrovňovací, rozdělovací

- monitorování λ a vyrovňování rozdělovací media vyrovňování
monitorování opt. sig. → potřebné vyrovňování

ukládací - vyrovňování opt. sig. roz. vlnových proudů na kanálech
opt. systém VDT při vstupu a nebo vstupu opt. rozdělovací
kdeby vyrovňování pomocí media opt. sig. byl snížen.

vyrovňovací - vyrovňování opt. vlnových sig. roz. vlnových proudů na kanálech
- monitorování výkonové úrovně a výkonu λ

rozdělovací - rozdělování - rozdělování výkonu opt. sig.

WDMliniový WDM systémoptický vysielač

- generuje optické signály pri vracaní vlnových dĺžok
- vysielač samostatne na každom vlnovom dĺžke alebo jeden širokopásmový vysielač > vlnovom optickom systéme na poskytnutie všetkých vyznačovaných vlnových dĺžok
- po vyznačení v vlnovom opt. systéme je následne každý opt. signál samostatne modulovaný, buď priamo modulujúcim vlnovým alebo externým modulátorom

optické vlákno

- limitujúci komponent a kapacita systému WDM
- obmedzenia v optickom vlákne narastajú priemerne > dĺžkou opt. vlákna (kmitovanie, disperzia ...)

multiplexor

- kombinuje viaceré vlnové dĺžky vstupných opt. signálov a domieňa ich do jednotného opt. vlákna
- má vlnovoditelia s určitou optikou

demultiplexor

- prijíma & každé opt. vlnenie > viacerými vlnovými dĺžkami a rozdeľuje ich do priestoru samostatných vlnovoditelských komponentov
- každá vlnová dĺžka sa objaví na inom výstupe a súkajú sa tak nezávislé výstupné opt. signály

posilovač

- kompenzuje straty opt. signálov v opt. vlákne a opt. komponentoch
- mierami výkonosti posilovačov sú operatívna úroveň pásmu, výstupný výkon a jeho optické zosilnenie, výstupný výkon a šumový obrar

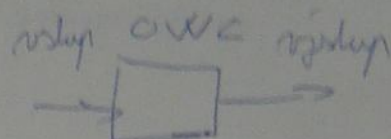
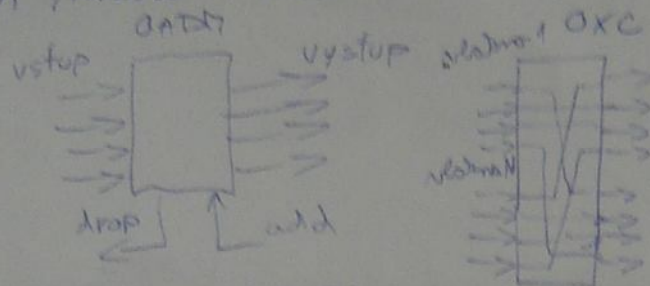
optický přepínač

- odlišnost: přeměna opt. datových signálů na elektrické a zpět
- malá ztráta opt. signálu při přeměně na elektrický

optický multiplexer

add/drop multiplexer OADM

- systém 1 nebo více vstředních vláken a opt. signálů a výstředních vláken 1 nebo více vstředních vláken



přepínač OXC

- odlišuje se od přepínače individuálně přeměňuje opt. signál, rozděluje ho na více výstupů
- směruje na požadovanou funkci

optický konvertor OWC

- mění pracovní vlnovou délku opt. signálu (efektivně převádí opt. signál na elektrický)

systém WDM

klasický BMD (Broadband)

- 2 přeměny vlnové délky pracují v dvou vlnodélkových přeměňovacích úsecích - v I. a II. přeměňovacím úseku ($\lambda = 850$ a 1300 nm) nebo v II. a III. přeměňovacím úseku ($\lambda = 1300$ a 1550 nm)

novější WMD (Wide)

- více vlnových délek v jednom přeměňovacím úseku
- optické kanály mají odlišné vlnové délky - 1275, 1300, 1325, 1349, 1370 nm
- v množství přeměňovacích úsecích (2 nebo 3 vlnové délky)
1310 nm (S), 1490 nm (S)
1550 nm (L)

WDN

- náročnosť napájacieho DWDM (Dense)
- kanály nainštalované výššie nie viac ako meter mm v príslednom páse 1530 až 1625 nm presnosť 0,1 nm
- standard ITU-T G.694.1, sledná frekvencia 193,1 THz (1552,52 nm) s kanálovým rozmedzením 50 GHz (0,39 nm)
- napájacie systémy CWDM (Coarse)
- kanály rozšírené v páse 1270 až 1610 nm s veľkým kanálovým rozmedzením 20 nm

vlasťnosť	DWDM	CWDM
cieľ	- max. prevádzka metakomunikácie bez elektr. regenerácie - max. počet vlnových dĺžok na vlnovodnom vedení	- minimálna vzdialenosť na prevádzku
pásový rozsah	C 1530 - 1565 nm L 1565 - 1625 nm	1270 - 1610 nm
počet prevádzkových kanálov	výššie	nízke - max. 18
kanálové rozmedzenie	až 0,2 nm pri 25 GHz	20 nm
lasery	diódy, šlabé	lasery, vedľajšie
filtrácia	vysoká presnosť	nízka presnosť
príslušenstvo / demux	bez	lasery
rozmedzenie	áno	bez
prevádzkové metakomunikácie	veľké	malé a sledné
náročnosť WDM	diagnostika	metropolitná, prístupová
multiplex	- elektr. na demulácii 100 Gbit/s	optické - viacero kanálov 10 Gbit/s

! Dialkové sítle WDM

- topologie typu bod-bod
- systém DWDM
- na přenos dle vzdálenosti megapolisův nebo kontinentů na
- ochrana s dlouhým množstvím submre převádě.
- opořené a hlavní převáděné vlny (třez)
- generace:

- systémový dosah - vzdálenost mezi regenerátory
- rozptí - vzdálenost mezi 2 sousedními opt. izolacemi

a, 1. generace

- LH (Long-Haul) 1990
- systémový dosah 5-6 rozptí

b, 2. generace

- ULH (Ultra Long-Haul) 1999
- systémový dosah 15-25 rozptí

c, 3. generace

- ELH (Extra Long-Haul) 2001
- systémový dosah 80-100 rozptí

- plánovaná vřadování dle by moli:

- podporovat efektivně a spolehlivě velké množství opt. přenosových
- kanálů na jedno vlákno (20, 160) - ~~1000~~
- podporovat co nejvyšší přenosové rychlosti na jedno přenosové
- kanál (10-40 Gbit/s) a modulace RZ alebo NRZ
- protokolová transparentnost při přenosu opt. datových sig.
- přenos převádě mezi koncovými body mleté cesty na
- více ako 4000 km

- MH (Medium-Haul) - systém DWDM, přenosová vzdálenost 1000-1500 km

- SH (Short-Haul) - systém DWDM, // 500 km

- OADM

Metropolitānā tīklu WDM

- segmenti: metropolitānā tīkla, metropolitānā tīkla pilsētā, a. podzīmēti segmenti
- sistēmā tīkls, k. spāji sistēmā, pastāvīgo tīklu sistēmā sistēmā sistēmā
- infrastruktūra: sistēmā, sistēmā, sistēmā, sistēmā
- topoloģija: sistēmā, sistēmā, sistēmā, sistēmā
- DWDM, CWDM

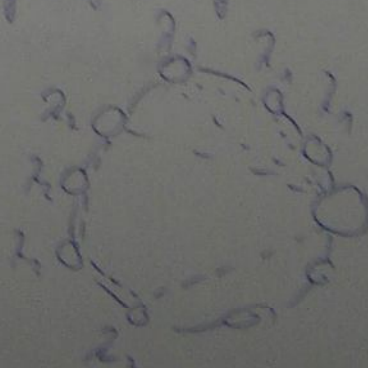
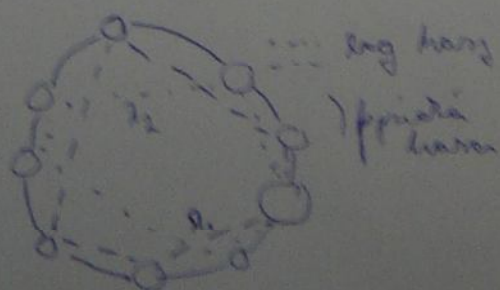
klasifikācija:

	LM	MM	SM
geogrāfiskā apgabals	mazāks 100 km pa ārējo tīklu	stāds 500 km pa ārējo tīklu	stāds 100 km pa ārējo tīklu
ģeogrāfiskā topoloģija	stāds	stāds	stāds
potē 2	40-80 na opt. tīklu	stāds 40 na tīklu	mazāks stāds 40 na tīklu
potē 2	10 Gbit/s a. 40 Gbit/s na 2	stāds 2,5 Gbit/s a. 10 Gbit/s na 2	stāds 2,5 Gbit/s na 2

principi: (sistēmā sistēmā a. sistēmā opt. sistēmā)

a. sistēmā sistēmā

- sistēmā sistēmā - sistēmā sistēmā
 - sistēmā sistēmā sistēmā sistēmā sistēmā sistēmā sistēmā sistēmā
- sistēmā sistēmā - sistēmā sistēmā
 - sistēmā sistēmā sistēmā sistēmā sistēmā sistēmā sistēmā sistēmā



2. kanálové skupovanie

- rozdelenie prístupovej siete pomocou kanálov do samostatných párov

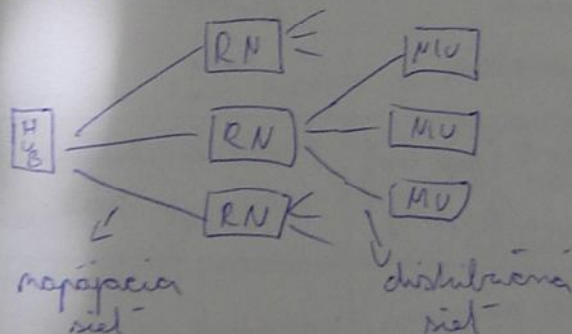
! Prístupové siete WDM

- rozširujú sa hr. poslednou míľou - výjimek podarí sa k celom metropolitnej sieti

prístupy:

- xDSL (metóda korekčného kódovania)
- HFC (hybrid fiber-coaxial)
- koncentračný prístup
- rozdeľovací prístup
- FTTx

- prechádza sa centrálna sieť HUB, rozdeľujú sa na RN a jednotlivé miestne rozhrania MU



- topológia: back-bus, back-multiplex

typ a ich klasifikácia

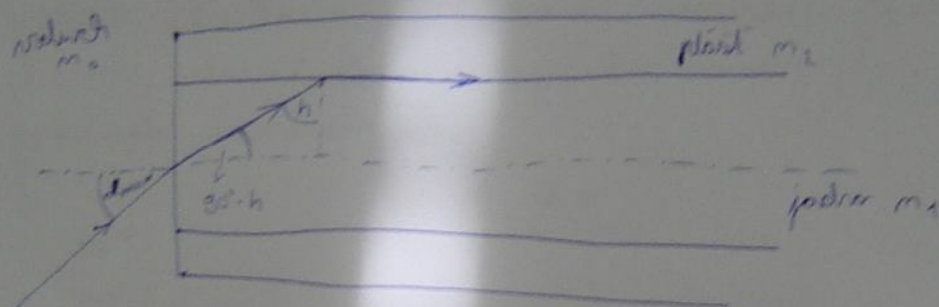
	rozdeľovací sieť	
	koncentračná	rozdeľovací
koncentračná sieť	rozdeľovací	HFC, TPON
	rozdeľovací	FTTc
rozdeľovací sieť	koncentračná	WDM
	koncentračná	WDM, xDSL, WDM

porovnanie

	diaľková sieť WDM	metropolitná sieť WDM	prístupová sieť WDM
rozsah	400 - 4000 km	100 - 1000 km	< 20 km
topológia siete	krad - krad polygonálna	polygonálna zhluková	zhluková lineárna
typ siete	NDSF / SNF	NDSF / SNF	PNF / SNF
hustota kanálov	veľmi vysoká > 160	stredná 40	nízka
granularita kanálov	50 nm	100 nm	200 - 400 nm
kapacita systému	viac ako Tbit/s	< Tbit/s	< 10 Gbit/s
topológia prevádzky	lineárna polygonálna	zhluková hľbo	lineárna
stratégia ochrany	1:1 / 1+1 (krad - krad) rerouting (polygon)	stĺpcová / slúšková 1F/2F/4F zhluk	slúšková 1:1 / 1+1
schéma siete			
opt. kombinácie	OFA / RA	SOA	pasívne
kompensácia dispenzie	CHD, PHD	nízka	nízka

NA

- $v_{\max}$ ^{sin} $d_{\max}$ ^v $d_{\max}$ ukolka $d_{\max}$ je este najveće numeričke aperture der vlakna
 line optičkog prijenosa tak, aby lentor line numerički je jedna der vlakna
 ale aby bol veći broj paralelni ovi vlakna



$$m_0 \cdot \sin d_{\max} = m_1 \cdot \sin (90^\circ - h)$$

$$m_0 \cdot \sin d_{\max} = m_1 \cdot \cos h$$

$$m_0 \cdot \sin d_{\max} = m_1 \cdot \sqrt{1 - \sin^2 h}$$

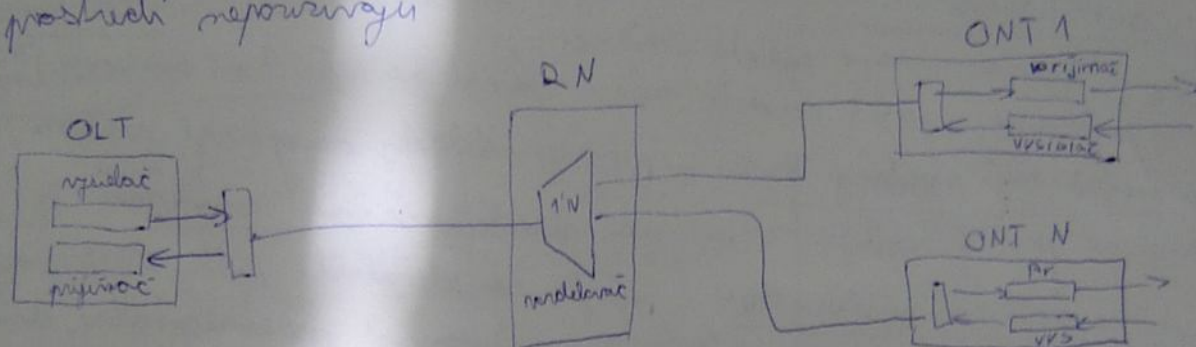
$$NA = m_0 \sin d_{\max} = \sqrt{m_1^2 - m_2^2} = m_1 \cos h$$

$$\sin h = \frac{m_2}{m_1}$$

- Čim veća je NA vlakna, tim bolje je učinkovitost prijenosa
 određene količine energije der vlakna a tim manje su gubitci
 na konvergentnoj karakteristici vlakna
- Optički vlakna NA manje manje su karakteristični po
 toj da se manje manje disperzije (umjerena NA tim više manje)
- $\Rightarrow$ NA je ključna veličina der optičke
 i ključna veličina der optičke

FON- koncept

- v podstate dvojcestný bod-mnoho bod systém, ktorý obsahuje pasívne optické elementy v distribučnej časti prístupovej siete a aktívne optické elementy v koncových bodoch prístupovej siete
- optické vysielače a prijímače sú nainštalované iba vo vnútri bodov, ostatné aktívne & optické komponenty sa vo vonkajšom prostredí nepoužívajú

terminology

- optický linkový terminál OLT - riadiaci prvok spoja s prístupným optickým vysielačom a prijímačom, riadi celú pasívnu optickú prístupovú sieť a poskytuje ochranu medzi prístupovou sieťou a metropolitnou sieťou
- optické sieťové terminály ONT - ochrana medzi prístupovou sieťou a koncovým sieťovým zariadením
- 1 OLT na 64 ONT

popísal

- jednotka OLT odosiela optický laser vysielyjúci poplaškový signál pri vlnovej dĺžke 1490 nm
- každá bunka alebo paket nesiť adresu svojho cieľového terminálu
- každý terminál ONT reaguje iba na tie pakety, ktoré sú pre neho adresované
- poskytuje časovaciu signály ktoré sú potrebné na moderné protokoly siete
- keď odovzdávaný kanál pri vlnovej dĺžke 1550 nm - videovlnový

podtypy

- jednotky ONT majú optické vysielače pri vlnovej dĺžke 1310 nm
- pohľadová synchronizácia
- pre predeľovanie rozdeľných časových slotov jednotlivým terminálom ONT používa protokol TDMA (nový algoritmus DBA)
- systém PON musí zmerať vzdialenosť OLT a ONT a zahrnúť vlastné oneskorenie optických signálov pri šírení sa na jednosmerný ceste do programovania časových slotov pre ONT
- max. jednosmerná vzdialenosť PON je 20 km

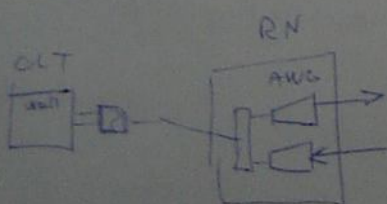
sláňová architektúra

- optické jednotnosťové optické sláňové
- normatívne a počet rozdeľovačov závisí na návrhu systému PON (1,8,14...)
- jednosťáňový systém PON - priručie náklady na optické sláňové, avšak je potrebné použiť optiku WDM na oboch koncoch systému
- dvadsťáňový systém PON - vylučuje sa schopnosť optiky WDM, jedna optická sláňová pre prenosovú distribúciu analogových videosignálov, druhé pre digitálny prenos hlasových, dátových digitálnych videosignálov a možnosť použiť celú vlnovú dĺžku

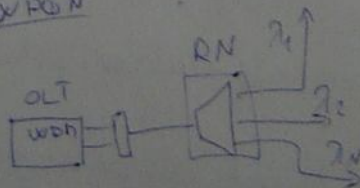
architektonický PON

- celostáňová AFON - samostatné optické sláňové pre každého koncového účastníka
- telefónna TPON - poskytová prevádzka je vykonávaná optickým vysielačom OLT z veľkým optickým prijímačom ONT cez pasívny výžonový rozdeľovač
- vniesťáňová multiplexovaná WPON - vysielač OLT sa nahradí polom vysielačom WDM alebo jedným láďateľným vysielačom
- vniesťáňová smerovaná WRPON - riešenia sa vniesťáňové smerovanie AWG, čím sa riešia problémy so škalaním optického výžonu a podpora WDM

WPON



WPON



prenosové technológie PON

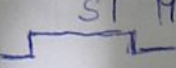
- ATM PON - založená na štandarde FSAN, riadi prenos info posielaním buniek ATM s pevnou dĺžkou
 - hlasové, obrazové a dátové signály
 - nevhodná na prenos prúdov formátovaných podľa IP
- multimediálny BPON
- Ethernet PON - dáta vysielané v paketoch s variabilnou dĺžkou
- gigabitový GPON

	APON	BPON	GPON	EPON
protokol	ATM	ATM	ATM a GEM	ETHERNET
max. vzdialenosť	20	20	10-20 avg 60	10-20
rozdelenie prameň	1:32	1:32	1:64	1:16, 1:32
preprava			1,246 Gbit/s 2,488 Gbit/s	1,25 Gbit/s
preprava			155/622 Mbit/s 1244/2488 Gbit/s	1,25 Gbit/s
účinnosť			33%	55%

	AF-PON	TPON	WPON	WRPON
schéma siete	mesh	číslo	číslo	číslo
rozdelenie prameň	číslo	1/N	1/N	číslo
číslo prameň	ONT max	N x ONT max	ONT max	ONT max
schéma siete	mesh	číslo	číslo	číslo
schéma siete	mesh	číslo	mesh	číslo

optické káble3 základní typy vláken:

- step-indexové multimódové vlákna: mají široký počet modů jádrem a pláštěm vlnovodu a relativně velké jádro, které umožňuje více přenosových módů

- indexový profil:  SI MM: 100/140, 200/240 μm

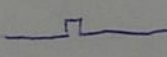
- gradient-indexové vlákna: mají postupný počet modů jádrem a pláštěm vlnovodu, indexem lomu jádra klesajícím plynně k dolní hranici pláště

GI: 50/125, 62,5/125, 85/125 μm

- indexový profil 

- jednomódové vlákna: mají malé vlnovodové jádro, které umožňuje jen jeden mód světla

SI SM: 9/125 μm

- indexový profil 

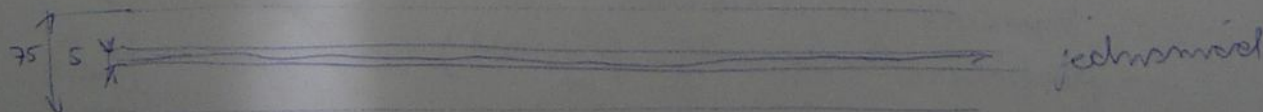
- $2r_1 \gg \lambda$ dleka velký vlnovodový vlnovod $\rightarrow$ multimód

$$2r_1 \approx \lambda \quad || \quad \rightarrow \text{jednomód}$$

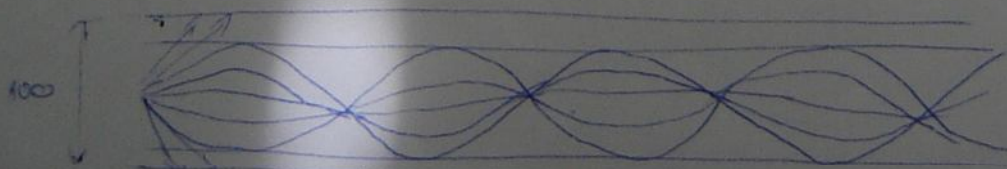
$$n_1/n_2 \rightarrow 1$$



$\hookrightarrow$ konstantní index lomu v vlnovodovém jádru



$\hookrightarrow$ konstantní



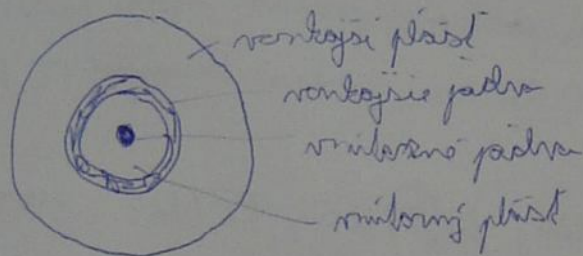
gradientní vlákno

$\hookrightarrow$ gradientní a parabolický

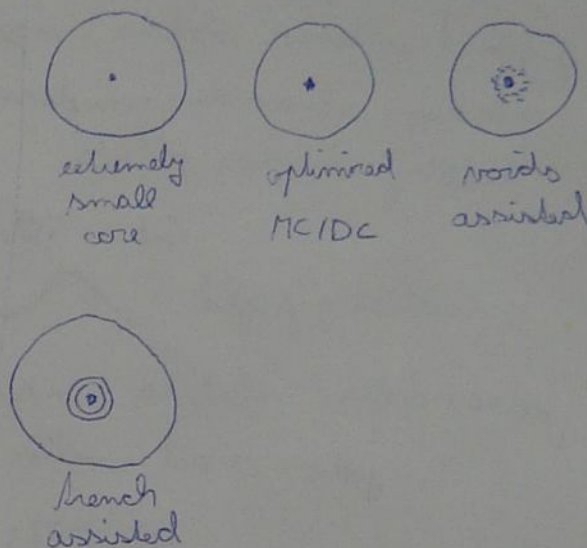
typy optických vláken v síťích WDM

- Standardné jednomódové vlákna SSF
- vlákna s mikrokryštálovými hydrogelnými iónmi LWPF
- membránové disperzné posunuté vlákna s pozitívnou disperziou NZDSF
- negatívne disperzné posunuté vlákna NDSF
- disperznú kompenzujúce vlákna DCF

NZDSF



BIF (band-insensitive fiber)



z hľadiska použitých materiálov:

- vlákna s kvapalným jadrom a pevným plášťom
- vlákna s pevným jadrom a j. plášťom

a) - extrémna čistota

- veľký tlivaci tlak (cca 140 MPa)
- veľká tepelná dilatácia => problémy so spojovaním

b) - rôdnočepenie *

- kremené (amorfne silikáty) - kovanie (2000 °C) v ochranej atmosfére
- plastické (stabilita a priťažnosť)

! Prenos info pomocou svetla

- na rovinom priestore (dosah (viditeľnosť), kapacita (najomnejšie rušenie), uloženie, spoľahlivosť)
- v uzatvorenom priestore

problémy: veľká prenosová kapacita

odolnosť proti rušeniu (fotóny sú neutrálne, oddelení náboja a prúdu)

uloženie prenášanej energie (odpočívajúce)

malé skreslenie charakteristických čísel

väčšie vzdialenosti optických úsekov

výbera materiálu (objem a hmotnosť)

! Základné fyzikálne princípy

- nositeľ energie je foton

$$W = h \cdot f \quad ; \quad f = \frac{c}{\lambda}$$

$$h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \quad - \text{Planckova konšt.}$$

$$c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$v = \frac{1}{\lambda}$$

$$W = m_{ph} \cdot c^2$$

$$m_{ph} \cdot c^2 = h \cdot f \Rightarrow \lambda = \lambda_{ph} = \frac{h}{m_{ph} \cdot c}$$

↳ Broglieho λ

- rýchlosť šírenia vlny v prostredí

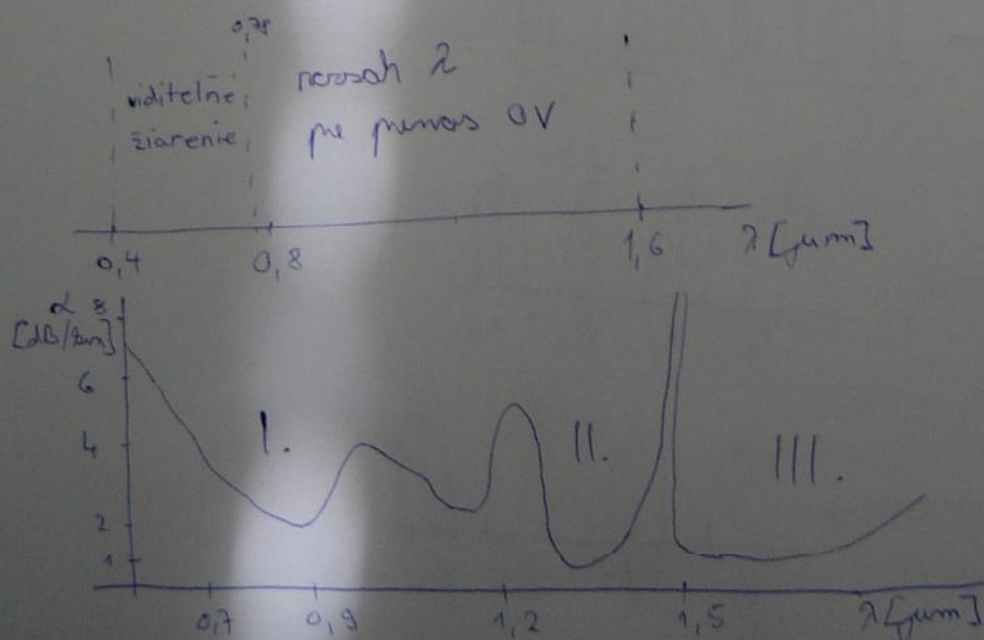
$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \mu_0 \cdot \mu_r}} = \frac{c}{n} \rightarrow$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}}$$

$$n = \sqrt{\epsilon_r \cdot \mu_r}$$

↳ index lomu

! Vlnové dĺžky využívané v OVS



Multiplexné techniky používané v OCS

a) SDM (space division mux)

- najhoršie používaný spôsob je pridelení samostatnej optické vlákna
- vysoké náklady

b) TDM

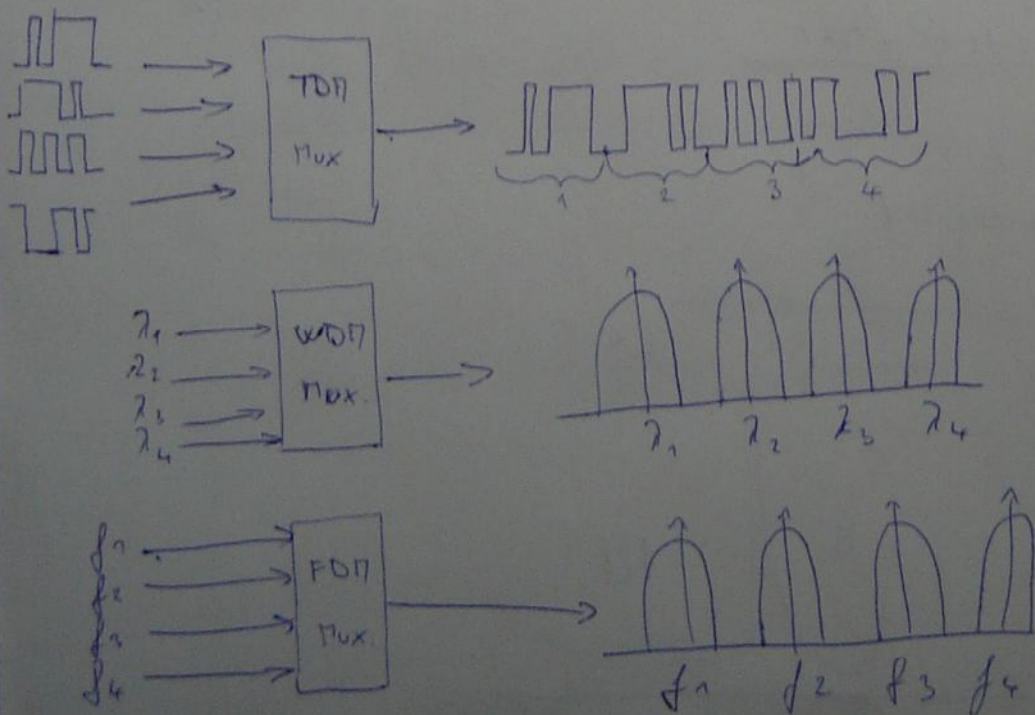
- súčasný prenos rôznych signálov cez rovnaké vlákno tak, že medzi sebou dig. sign. a určitými periodickými rytmickými je rozdelených do jednotných vzájomne vylučujúcich signálov a časovými obmedzenými vyhodnotenými na každý pulzový sign.
- používanie laser (kytar) ~~ako zdroj~~ a pulzových sign. do jednotných jednotných kódu
- až 10 Gbit/s
- obmedzenia: šírka, chrom. disperzia a polarizačný modulačný disperzia

c) WDM

- súčasný prenos rôznych sign. cez rovnaké vlákno na 2 alebo viacero 2
- homodynný prenos (rovná rýchlosť - nesúhlas 2)

d) OFDM

- súčasný prenos rôznych sign. cez rovnaké vlákno na jednotnej 2 tak, že sa každému prenosovému sign. priradiť vlastná, nesúhlasná rýchlosť f
- rozdielne fáz. sign. sú elektricky mux. do sign. FDM, ktorý vygeneruje optický sign. OFDM modulovaním nameraná opt. rýchlosť



! Porovnanie TDP a WDP

- TDP upravená do dobrej kvality
- WDP navrháva 2

výhody WDP oproti TDP:

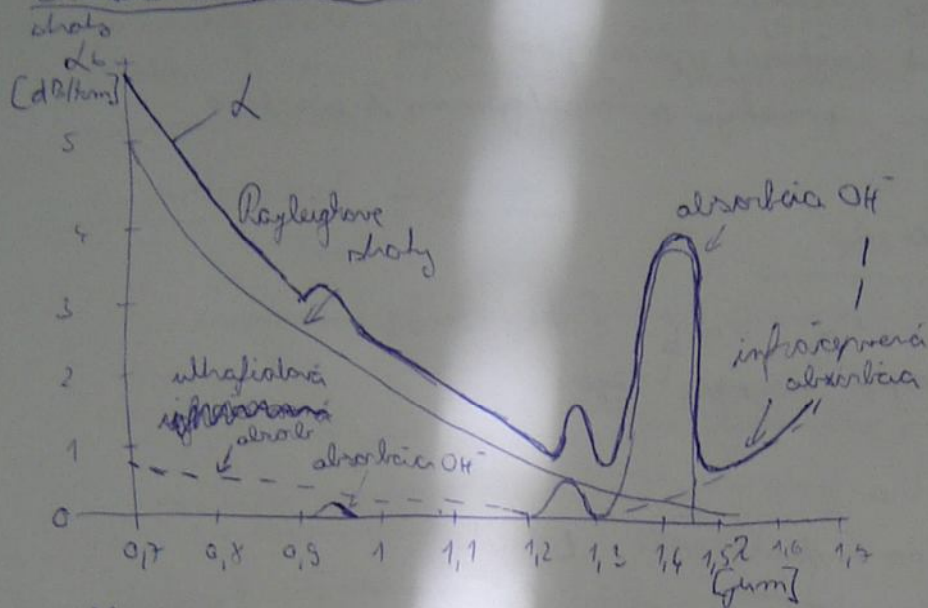
- pri nízkych prevádzkových rýchlostiach → nižšie mechanické limity
- nižšie prevádzkové teploty podaním chladič 2 na rozdiel od inštalácií ~~so~~ nižších variácií pri TDP
- WDP - komparatívne rýchlosť → rozdielne 2 úrovne prístrojov
- signály a výstupné prevádzkové rýchlosti a protokolovými časmi
- WDP - pri komplikovanejších sieťach (OABP, OXC)

nevýhody WDP oproti TDP:

- metódy na rozmiestnenie a disperziu geometrických vlastností
- špeciálne optické rozmiestnenie a vyhodnotenie systémom profilom
- špecifickým spôsobom opt. merania nerovnomerným od počtu 2
- pomerne náročné rozmiestnenie variácií pre každý prevádzkový kanál (2)
- náročné náklady na opt. rozmiestnenie a prijímanie
- menší množstvo monitorovania a monitorovania opt. siete

TLIENIE (SiO₂)

charakteristika tlmenia



škaly tlmenia

a, Rayleigh - odchylenie od samostatného smeru šírenia do odbojených smerov

- jeden rozptyl nemôže odstrániť - Rayleighov rozptyl

- rozptýnenie na malých časticiach materiálu v podstate slabé (retomazijné)

- nárast na rozptýlenie na veľkých časticiach



- škaly spôsobené rozptylom sú nepriamo úmerné vlnovej dĺžke

$$\alpha_s = \frac{R}{\lambda^4}$$

↳ koef. škál rozptylom

- RT udáva minimálne nárast tlmenia vlny

b, Absorbácia - premena opt. žiarenia na tepelnú energiu (vlna sa pohlcuje)

pod 400 nm → ultrafialová absorpcia

pri 1300 nm → infračervená absorpcia → pri 1600 nm nárast pohlcovania
→ OH⁻ - molekuly vody naviazané na silikátové skupiny v štruktúre
do molekuly (silikátové)

1700 nm → nárast pohlcovania

- význačné hodnoty 950, 1240, 1380 nm → spôsobujú nárast tlmenia sú pri náraste koncentrácie OH⁻

a) Abzhl

- mikroabzhl → mikroskopické oddělení odpuštění příměsí, nejmenšího prahu od
- při STT složka závisí od 2
- makroabzhl → aktivování složek a makroabzhl volným okem
- STT je katodový světelný výboj pro plátno
- složka makroabzhlom narůstá s narůstáním 2 měření

celkový koeficient tlumení L

$$L = L_s + L_a - L_b \quad [dB/km]$$

↳ rozptyl ↳ absorpce ↳ ztrata

Optický výkon

→ poměr výkonu klesá a v odhalení L klesá

vyfoceno na náčrtku

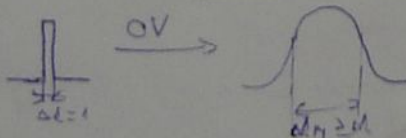
$$P_L = P_0 \cdot 10^{-\frac{L \cdot L}{10}}$$

↳ výkon v odhalení L [W]

tlumení světla v odhalení L

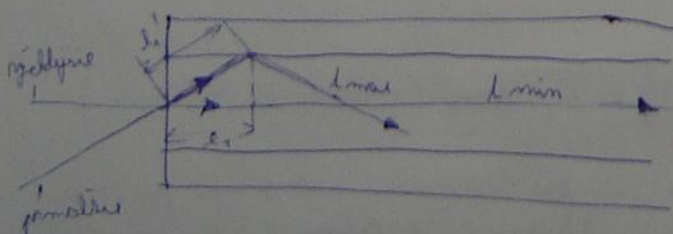
$$L \cdot L = 10 \cdot \lg \frac{P_0}{P_L}$$

DISPERZIA - rozšíření impulzu



- limitující faktor při zpracování přenosových rychlostí

a) Modová disperze (intermodová, multimodová)



- způsobuje rozšíření impulzu opt. vedením vlny
- rozšíření dráhy módů v multimodovém vlákně
- v jednomodovém vlákně je modová disperze

$$D_n = \frac{\Delta L_n}{L} \quad [ns/km]$$

$$\Delta L_n = L_{max} - L_{min}$$

$$\Delta L_n = L \cdot \frac{NA^2}{2 \cdot n_1 \cdot c}$$

$m = 0,5 \cdot \frac{L}{c}$
 $L [km]$
 $c [km/s]$

b) Chromatická disperze (intranová, spektrální)

- různé složky světla mají rozdílnou rychlost vlnění, ale různé obto různé spektrum vlnění
- disperze STT - světlo je dává, km chrom. disperze
- v jednomodovém [ps/(nm.km)] a nebo [ps/(nm.km)]

- a G je Dn průměrná hodnota

CHROMATICKÁ DISPERZIA

- rýchlosť šírenia impulzov závisí od λ
- po rovnakej dĺžke, ale dosť nízko na kerne v rovnakom čase
- výsledkom je rozšírenie impulzu na konci vlákna
- jednovlnové vlákna

a) materiálová disperzia

D_{MAT}

- približná závislosť indexu lomu od vlnovej dĺžky opt. ziar

$$n_1(\lambda)$$

- jednotlivé dĺžky sa šíria inom rýchlosťou
- rozšírenie impulzu je úmerné spektrálnej šírke impulzu

$$D_{MAT} = -\frac{1}{L} \frac{dL_g}{d\lambda} \quad [ps/(nm \cdot km)]$$

L_g - skupinové oneskorenie

- pri SiO_2 - $D_{MAT} = 0$ okolo $\lambda = 1280 nm$

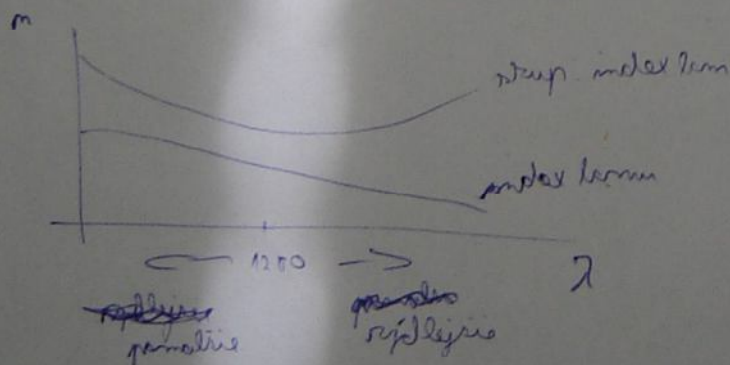
- rozšírenie impulzu ΔL_{MAT} vplyvom D_{MAT}

$$\Delta L_{MAT} = |D_{MAT}| \cdot \Delta \lambda \cdot L$$

- nulová hodnota na dvoch posunoch
prvým rázom priemer (derivative)

$\Delta \lambda$ - spektrálna šírka zdroja (nm)
 L - dĺžka vlákna [km]

- rovnaká hodnota disperzie informuje, ako nachádzame nulovo od nulovej disperzie 1280 nm



-> veľkosť a väzba λ sú vzájomne
a predferujú veľkosť priemeru λ

b) vlnovodná disperzia

D_V

- zmena merného poľa závisí na vlnovej dĺžke $\uparrow \lambda \sim \uparrow \lambda$
- gleštem vlákna sa šíri rýchlosťou $\uparrow$ energie, čím je väčšia λ
- D_V sa definuje na jednotku dĺžky ako zmena skup. rýchlosti šírenia mm
- D_V pri $\lambda = 1300 nm$ je $2 ps/(nm \cdot km)$
- modifikácia priemeru poľa

- putam D_v ca ipsoarea $\rightarrow D_{mat}$ este pe fond multelor componente dintr-o dispersie
 pentru dispersia nu rezulta diferența de timp

2) profilarea dispersivă

- mai rapidă decât D_v și cu singurătate 1 min mult mai ușor pentru planșă și puterea este
 diferență de timp "normală" $f(m, (m)) \neq f(m, (2))$

hierarhia dispersivă a răspunsului este:

ZDSF

topografia dispersivă
 difuziune

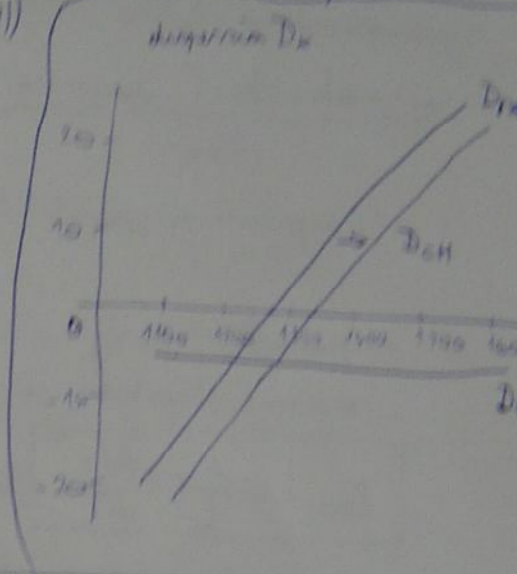
D_v ca mări a răspunsului
 D_{CH} ca puterea ≈ 1550 m
 valoarea mării răspunsului
 - Adăugăm pe 4000

$$D_{CH} = D_{mat} + D_v + D_p$$

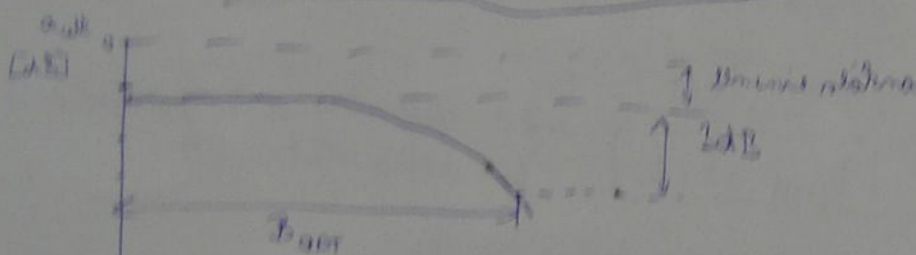
$$\Delta L_{CH} = \Delta L_{mat} + \Delta L_v + \Delta L_p$$

$$D = D_{CH} + D_{CH}$$

$$\Delta L^2 = \Delta L_{mat}^2 + \Delta L_{CH}^2$$



SIRKA PREVĂSĂNEHO PĂȘIA



$$H = 10 \log \frac{P_1}{P_2} = 3 \cdot \left(\frac{f}{B} \right)^{1/2}$$

P_1 - nivelul sonor, răspuns la mări a nivelului
 P_2 - nivelul sonor, răspuns la mări a nivelului
 f - mări a nivelului
 B - mări a nivelului

- opțiunea mării a nivelului sonor, răspuns la mări a nivelului
 nu este al nivelului sonor $\Rightarrow$ opțiunea mării a nivelului sonor este mări a nivelului

$$B_{mat} = \sqrt{2} \cdot B_{CH}$$

- mări a nivelului sonor, răspuns la mări a nivelului sonor, răspuns la mări a nivelului

$$\Delta L = \sqrt{\Delta L_{mat}^2 + \Delta L_{CH}^2}$$

$$B_{mat} = \frac{0.44}{\Delta L}$$

6.6 cm/s
 B_{mat} [GHz]