

Prednáška 03/12

doc. Ing. Rastislav RÓKA, PhD.

Katedra telekomunikácií

FEI STU Bratislava

Kritériá rozdelenia OPS

- a) pôsobnosť a veľkosť oblasti - verejné, neverejné, prístupové, metropolitné, diaľkové, autonómne;
- b) charakter spojenia medzi účastníkmi - pevné, komutované, jednosmerné, obojsmerné, dvojbodové, viacbodové;
- c) využitie optických vlnovodov - jednokanálové, viackanálové;

Multiplexovanie OPS

- združovanie viacerých informačných signálov pre spoločný prenos cez jedno prenosové médium - optické vlákno,
- podľa fyzickej formy signálov v okamihu multiplexovania - elektrické, optické;
- podľa povahy prenášaných signálov - analógové, číslicové;
- podľa prenosovej šírky pásma prenášaných signálov - úzkopásmové, širokopásmové.

Prehľad typov multiplexovania 1/11

SDM (Space Division Multiplexing)

- pre každý prenášaný signál je vyhradené samostatné prenosové médium - optické vlákno,
- najpriamočiarejšia alternatíva na zvýšenie prenosovej kapacity linky,
- vyžaduje nasadenie väčšieho množstva optických vlákien, ktoré nemusia byť na zvolenej trase inštalované,
- vyžaduje použitie samostatnej množiny aktívnych a/alebo pasívnych optických komponentov, ktorá musí byť nainštalovaná na každom použitom optickom vlákne,
- výrazne zvyšuje náklady na použité prenosové médium, hlavne pri diaľkových systémoch.

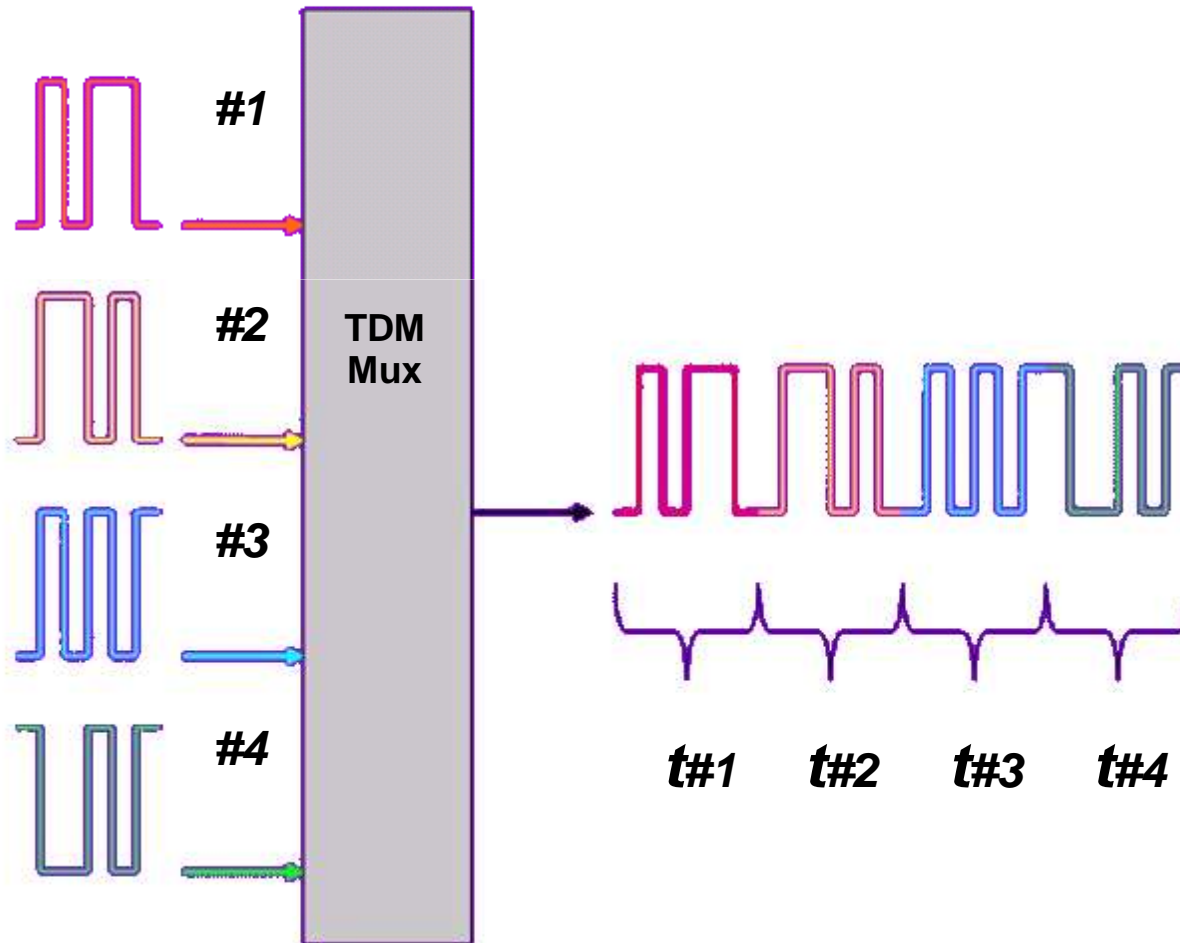
Prehľad typov multiplexovania 2/11

TDM (Time Division Multiplexing)

- prístup a zdieľanie šírky pásma prenosového média v časovej oblasti,
- súčasný prenos rôznych signálov cez rovnaké optické vlákno tak, že niekoľko číslicových signálov je združených do jedného vysokorýchlostného číslicového signálu (až do 10 Gbit/s),
- obmedzenia sú dané jednak vlastnosťami samotného prenosového média, jednak rýchlosťami spracovania číslicového signálu, ktoré môžu byť dosiahnuté v elektronických obvodoch,
- časovodelené multiplexovanie v optickej oblasti OTDM (Optical Time Division Multiplexing).

Prehľad typov multiplexovania 3/11

TDM (Time Division Multiplexing)



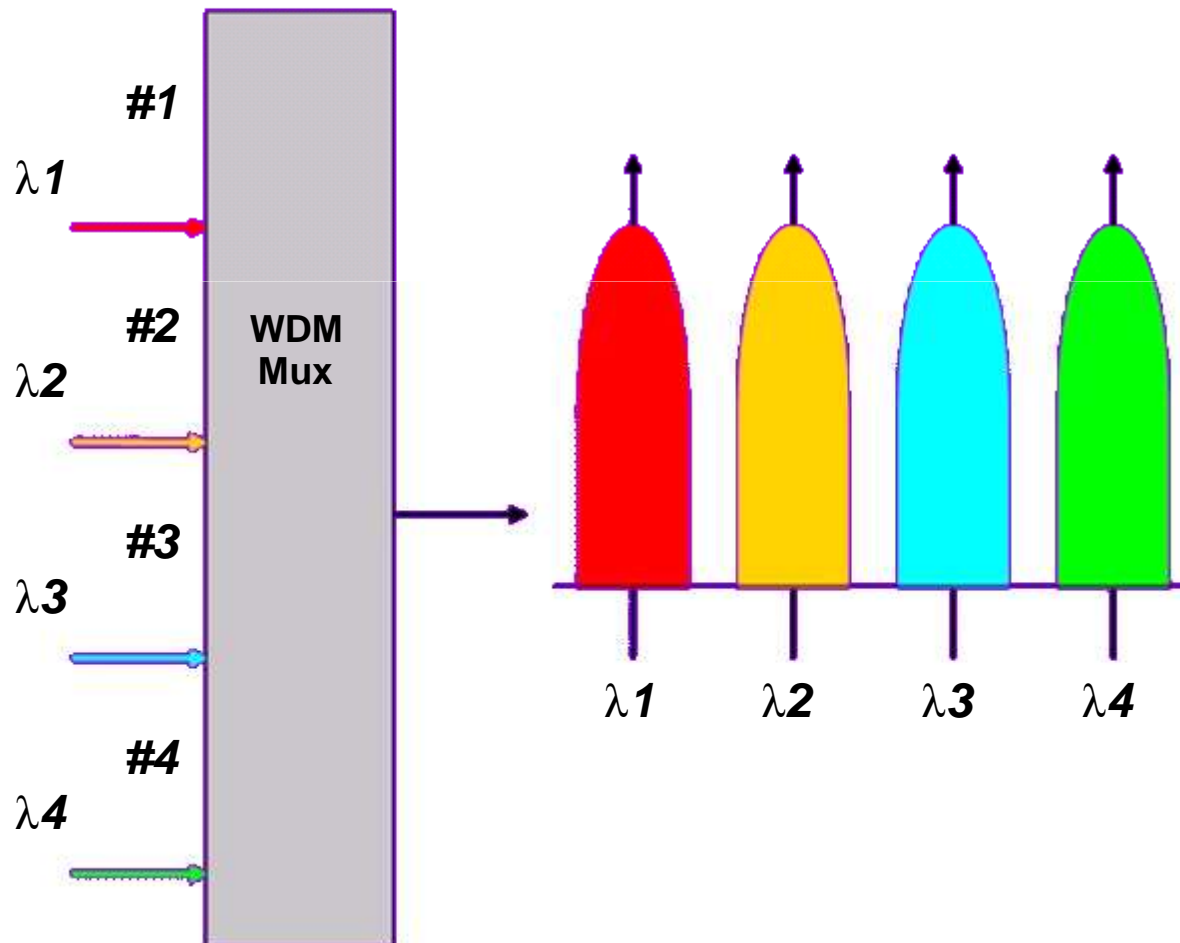
Prehľad typov multiplexovania 4/11

WDM (Wavelength Division Multiplexing)

- prístup a zdieľanie šírky pásma prenosového média vo vlnovodíčkovej oblasti,
- súčasný prenos rôznych signálov cez rovnaké optické vlákno na viacerých rozdielnych vlnových dĺžkach,
- oveľa väčšia šírka pásma pre účastníka, ale s vlastnými vyhradenými optickými komponentmi,
- môžu byť prenášané viaceré rôzne formáty rámcov alebo protokoly, pričom každý prenášaný signál má pridelenú vlastnú nezávislú vlnovú dĺžku,
- minimalizuje potrebu inštalácie nových optických káblov do existujúcich OPS, znižuje počet nasadzovaných optických vlákien v nových OPS a poskytuje priestor na budúce rozširovanie optokomunikačných sietí.

Prehľad typov multiplexovania 5/11

WDM (Wavelength Division Multiplexing)



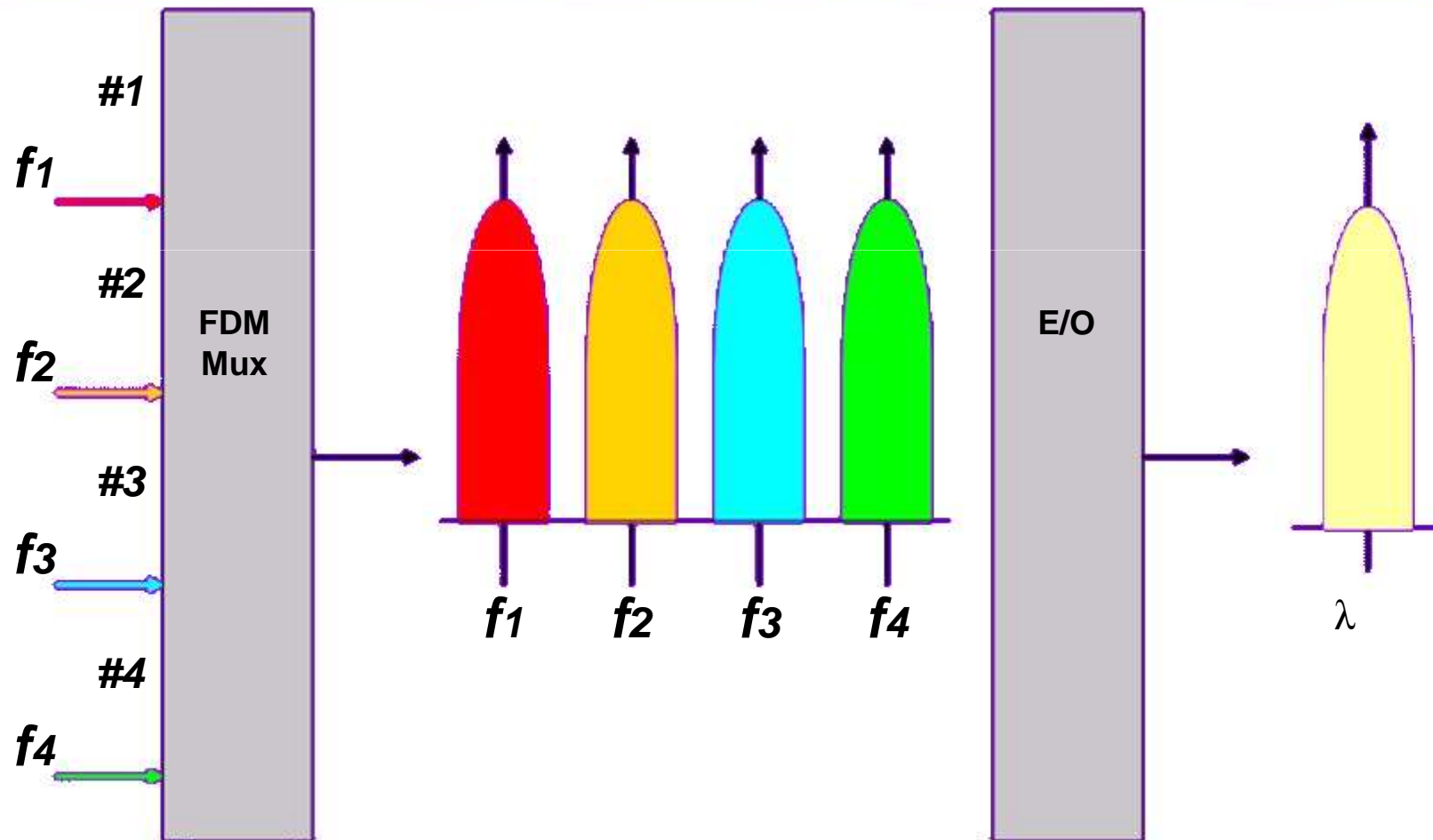
Prehľad typov multiplexovania 6/11

OFDM (Optical Frequency Division Multiplexing)

- súčasný prenos rôznych signálov cez rovnaké optické vlákno na jednej vlnovej dĺžke tak, že sa každému prenášanému signálu priradí vlastná rádiová frekvencia,
- rozdielne frekvenčné signály sú elektricky multiplexované do signálu FDM, ktorý vygeneruje optický signál OFDM vysielaný do optického vlákna,
- poskytuje efektívny prostriedok na zhromažďovanie a združovanie nízkorýchlostných elektrických signálov do vysokorýchlostného optického transportného signálu,
- umožňuje na jednej vlnovej dĺžke kombinovať synchronne optické signály s asynchrónnymi typmi optických signálov, pretože všetky sú nezávisle časované a doručované vlastnými riadiacimi informáciami.

Prehľad typov multiplexovania 7/11

OFDM (Optical Frequency Division Multiplexing)



Prehľad typov multiplexovania 8/11

SCM (Subcarrier Multiplexing)

- vyhradený elektrický podnosný kanál pre každého používateľa,
- zdieľanie optického kanála a príslušných optických komponentov,
- počet účastníkov a priradená šírka pásma pre účastníka sú určené RF elektronikou.

Prehľad typov multiplexovania 9/11

OCDM (Optical Code Division Multiplexing)

- súčasný prenos rôznych signálov cez rovnaké optické vlákno využitím špecifického optického kódu na základe techniky CDMA (Code Division Multiple Access),
- každý dátový bit je rozdelený do n časových periód, ktoré sa nazývajú čipy (chips),
- kódovacia postupnosť je vytvorená zmenou parametrov optického žiarenia buď v časovej oblasti, vo vlnovodíčkovej oblasti alebo v oboch oblastiach naraz (dvojrozmerné kódovanie 2D),
- bez ohľadu na oblasť, v ktorej sa kódovacia postupnosť vytvára, dochádza k značnému rozšíreniu spektra dátového signálu.

Prehľad typov multiplexovania 10/11

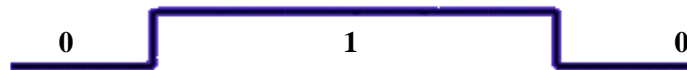
OCDM (Optical Code Division Multiplexing)

- pri vysielaní kódovacej postupnosti v časovej oblasti sa mení buď fáza (bipolárne) alebo výkon (pozitívne) optického signálu,
- pri vysielaní kódovacej postupnosti vo vlnovodížkovej oblasti je možné vybrať zo špecifickej množiny vlnových dĺžok,
- pri 2D kódovaní sa kombinuje výber vlnových dĺžok a časové rozšírenie.

Prehľad typov multiplexovania 11/11

OCDM (Optical Code Division Multiplexing)

dátová postupnosť

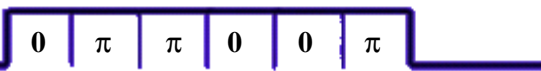


pozitívne



kódovacia postupnosť
v časovej oblasti

bipolárne

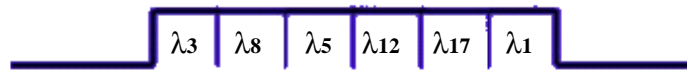


Čas trvania čipu

kódovacia postupnosť
vo vlnodĺžkovej oblasti

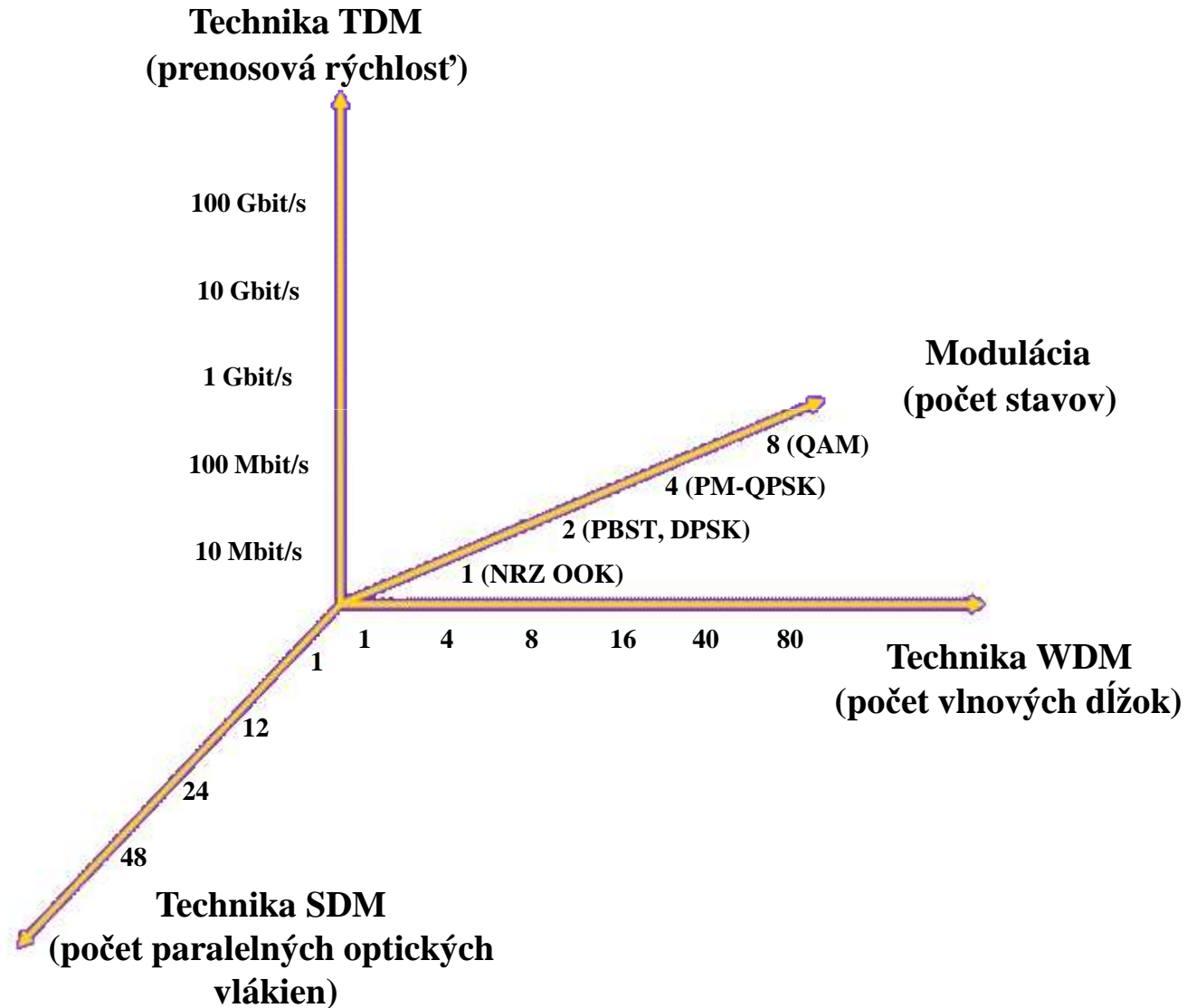


kódovacia postupnosť
pri 2D kódovaní



Čas trvania čipu

Metódy zvýšenia rýchlostí signálov



Porovnanie SDM, TDM a WDM 1/7

Vlastnosť	Kapacita	Náklady	Obnova	Spoločnosť
SDM	Najlepšia	Najvyššie	Jednoduchá	Dobrá
TDM	Dobrá	Nízke	Ťažká	Najlepšia
WDM	Lepšia	Vyššie	Ľahká	Lepšia

Porovnanie TDM a WDM 2/7

- koncept TDM je určený na generovanie najrýchlejšieho výsledného združeného číslicového signálu, ktorý je ekonomicky možný,
- koncept WDM je určený pre generovanie optických signálov pri rôznej „farbe“ a ich vysielanie do rovnakého optického vlákna,
- prístup TDM poskytuje spôsob zvýšenia bitových rýchlostí príslušných signálov na každom prenosovom kanále,
- prístup WDM poskytuje spôsob zvýšenia prenosovej kapacity na existujúcom optickom vlákne použitím zvýšeného počtu prenosových kanálov pri rozdielnych vlnových dĺžkach,
- dátový tok TDM môže byť vložený do systému WDM na ľubovoľnú použitú vlnovú dĺžku, čím sa vytvorí najväčšia prenosová kapacita.

Porovnanie TDM a WDM 3/7

Výhodami WDM oproti TDM sú tieto vlastnosti:

- a) systémy WDM majú pri nízkych prenosových rýchlostiach oveľa vyššie vzdialenostné limity,
- b) systémy WDM môžu v prípade potreby zvýšiť svoju prenosovú kapacitu modulárnym spôsobom pridaním ďalších vlnových dĺžok,
- c) systémy WDM môžu byť navrhnuté ako transparentné systémy, t.j. rozdielne vlnové dĺžky môžu prenášať signály s rôznymi prenosovými rýchlosťami a protokolovými rámcami,
- d) systémy WDM môžu byť preferované pri komplikovanejších sieťach, hlavne pri využití funkcií sieťových optických komponentov, napr. OADM, OXC.

Porovnanie TDM a WDM 4/7

Nevýhodami WDM oproti TDM sú tieto vlastnosti:

- a) systémy WDM nie sú vhodné na rozvinutie v disperzne posunutých optických vláknach,
- b) systémy WDM vyžadujú špeciálne navrhnuté optické zosilňovače,
- c) systémy WDM vyžadujú samostatné zakončovacie zariadenia pre každý prenosový kanál (vlnovú dĺžku) vrátane nákladných optických vysielačov a prijímačov,
- d) transparentné systémy WDM ponúkajú menej možností monitorovania a manažmentu optokomunikačnej siete ako systémy TDM.

Porovnanie TDM/WDM a OCDM 5/7

Výhodami OCDM oproti TDM/WDM sú tieto vlastnosti:

- a) systémy OCDM majú zjednodušený sieťový manažment a činnosť, nie sú potrebné mechanizmy riadenia kanálov pre vyhnutie sa kolíziám alebo pridelovania šírky pásma, nie je potrebná synchronizačná schéma a algoritmus plánovania protiprúdovej prevádzky,
- b) systémy OCDM podporujú väčší počet účastníkov ako systémy TDM alebo WDM,
- c) systémy OCDM ponúkajú rovnakú virtuálnu topológiu ako systémy WDM s použitím jednoduchšej sieťovej konfigurácie,
- d) prístupové systémy OCDM môžu byť prispôsobené novým dodatočným účastníkom pri nižších nákladoch a zložitosti,

Porovnanie TDM/WDM a OCDM 6/7

Výhodami OCDM oproti TDM/WDM sú tieto vlastnosti:

e) systémy OCDM podobne ako systémy WDM sú plne transparentné na rozdiel od systémov TDM,

f) systém OCDM ponúka celo-optickú granularitu, pretože môže vyhovieť veľkému počtu účastníkov s nízkymi požiadavkami na prenosovú šírku pásma v spoločnom optickom prenosovom médiu,

g) systém OCDM predstavuje zabezpečenie signálov na optickej úrovni, zatiaľ čo systémy TDM a WDM vyžadujú šifrovanie na elektrickej úrovni.

Porovnanie TDM/WDM a OCDM 7/7

Nevýhodou OCDM oproti TDM/WDM je hlavne nasledujúca vlastnosť:

a) ide o jednu z technológií s rozloženým spektrom, s tým súvisia aj značné finančné a technologické náklady potrebné na inštaláciu, vybavenie a prevádzku príslušných koncových zariadení.

Hustota multiplexovania WDM 1/10

Počet združovaných kanálov pri multiplexovaní WDM je závislý od 3 kľúčových faktorov:

- rozmiestnenie prenosových kanálov,
- celková optická šírka pásma prenosového systému WDM,
- modulačná šírka pásma individuálnych optických signálov.

Hustota multiplexovania WDM 2/10

Rozmiestnenie kanálov a typy systémov WDM

- staršie BWDM (Broadband WDM),
 - 2 používané vlnové dĺžky pracovali v dvoch rozdielnych prenosových oknách - v I. a II. prenosovom okne (pri vlnových dĺžkach 850 a 1300 nm) alebo v II. a III. prenosovom okne (pri vlnových dĺžkach 1300 a 1550 nm),
- novšie WWDM (Wide WDM),
 - viaceré vlnové dĺžky v jednom prenosovom okne, optické kanály mali zvyčajne oddelené niekoľko nm - 1275,7; 1300,2; 1324,7 a 1349,2 nm. V súčasnosti používajú v sieťach PON, ktoré na svoju činnosť môžu použiť 2 alebo 3 vlnové dĺžky - 1310 nm (O), 1490 nm (S) a 1550 nm (C),

Hustota multiplexovania WDM 3/10

Rozmiestnenie kanálov a typy systémov WDM

- v súčasnosti najpoužívanejšie DWDM (Dense WDM),
 - kanálové rozmiestnenie zvyčajne nie viac ako niekoľko nm v použiteľnom pásme 1530 až 1625 nm prenosového okna optického vlákna,
 - štandard ITU-T G.694.1: stredná frekvencia 193,10 THz (zodpovedajúca 1552,52 nm) s kanálovým rozmiestnením 50 GHz (alebo 0,39 nm),
- najnovšie systémy CWDM (Coarse WDM),
 - kanály rozšírené v pásme 1270 až 1610 nm s veľkým kanálovým rozmiestnením 20 nm.

Hustota multiplexovania WDM 4/10

Rozmiestnenie kanálov a typy systémov WDM

Vlastnosť	DWDM	CWDM
Cieľ	<ul style="list-style-type: none">- maximalizovať prenosovú vzdialenosť bez elektrickej regenerácie- maximalizovať počet vlnových dĺžok na rozloženie nákladov	<ul style="list-style-type: none">- minimalizovať náklady na komponenty
Pásmo vlnových dĺžok	C 1530 až 1565 nm L 1565 až 1625 nm	1270 až 1610 nm
Počet prenosových kanálov	vysoký	nízky, max. 18
Kanálové rozmiestnenie	až 0,2 nm pri 25 GHz	20 nm

Hustota multiplexovania WDM 5/10

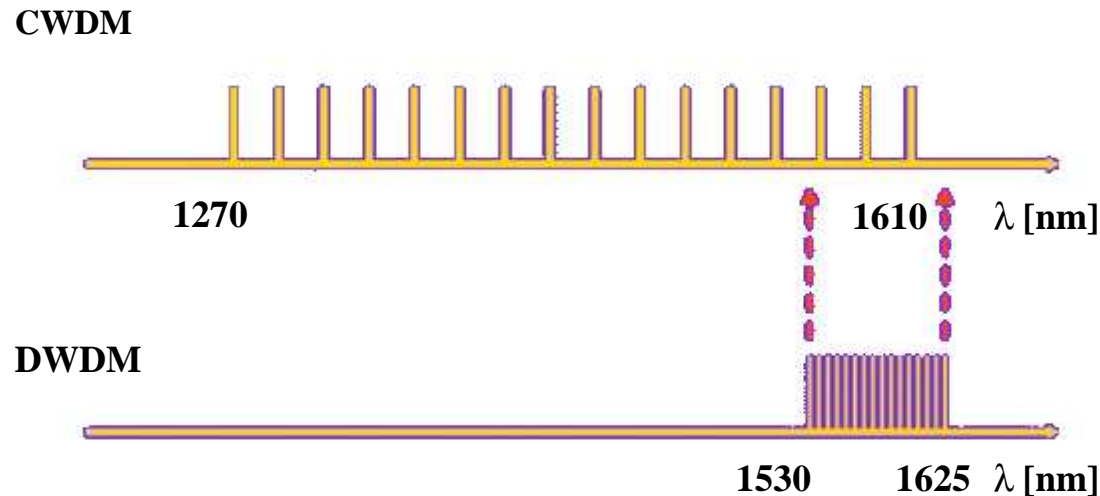
Rozmiestnenie kanálov a typy systémov WDM

Vlastnosť	DWDM	CWDM
Lasery	drahé, chladené	lacné, nechladené
Filtre	vysoké požiadavky	nízke požiadavky
Mux/demux	bez	lacné
Zosilňovače	áno	bez
Prenosové vzdialenosti	veľké	krátke a stredné
Siete WDM	diaľkové	metropolitné prístupové
Multiplexovanie	- elektrické na dosiahnutie 1 výsledného toku rádovo Gbit/s	- optické na dosiahnutie viacerých sériových tokov rádovo Mbit/s

Hustota multiplexovania WDM 6/10

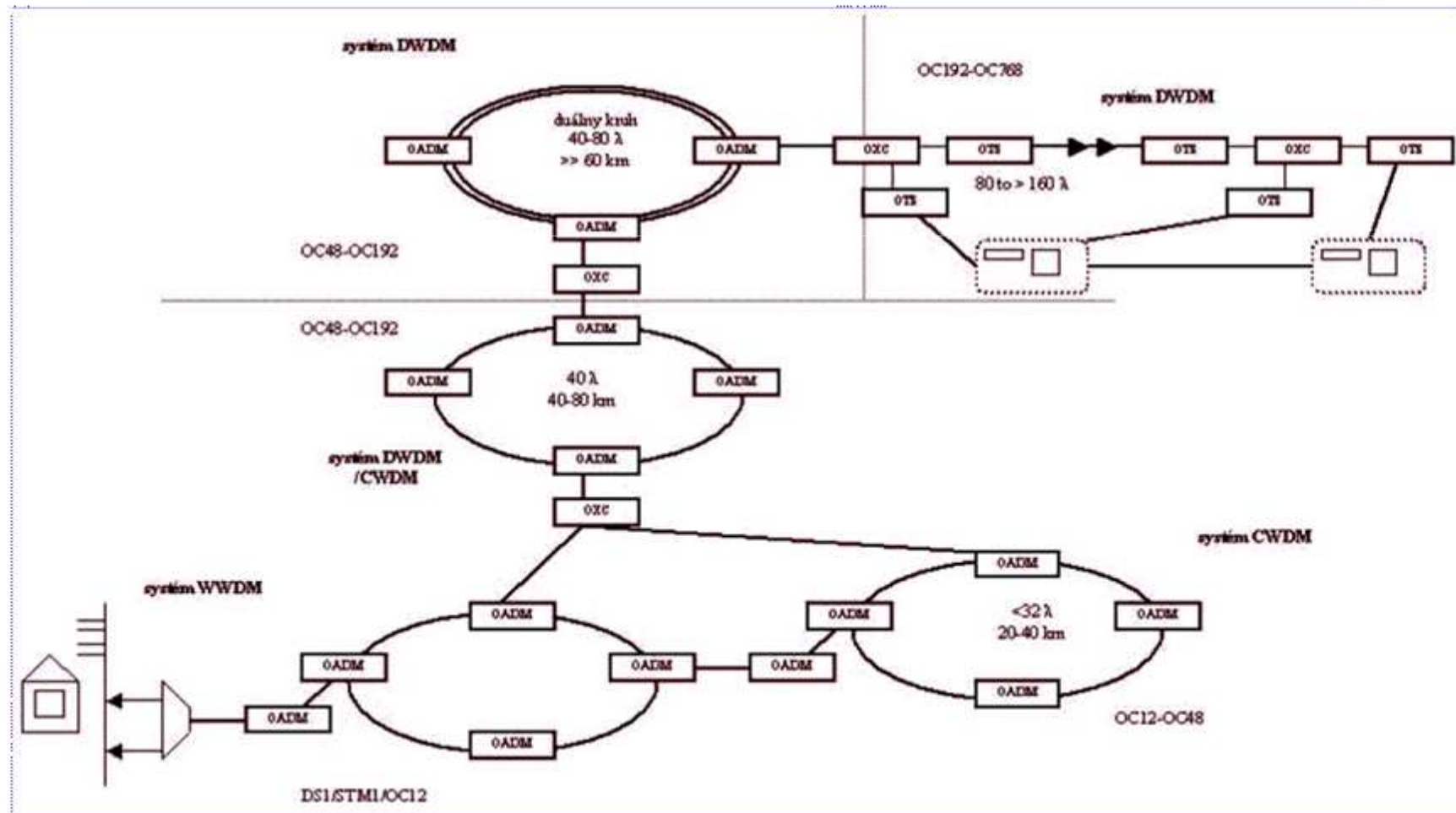
Rozmiestnenie kanálov a typy systémov WDM

- systém CWDM je alternatíva k systému DWDM,
- optické vysielače CWDM používajú optické multiplexovanie na dosiahnutie ekvivalentných sériových dátových rýchlostí signálov.



Hustota multiplexovania WDM 7/10

Rozmiestnenie kanálov a typy systémov WDM



Hustota multiplexovania WDM 8/10

Celková optická šírka pásma systému WDM

- pri diaľkových systémoch WDM, ktoré vyžadujú zosilnenie signálov priamo v optickej oblasti, je optická šírka pásma určená operačným pásmom optického zosilňovača,
- pri systémoch WDM bez optických zosilňovačov je optická šírka pásma určená základnými charakteristikami optického vlákna - tlmením a/alebo disperziou.

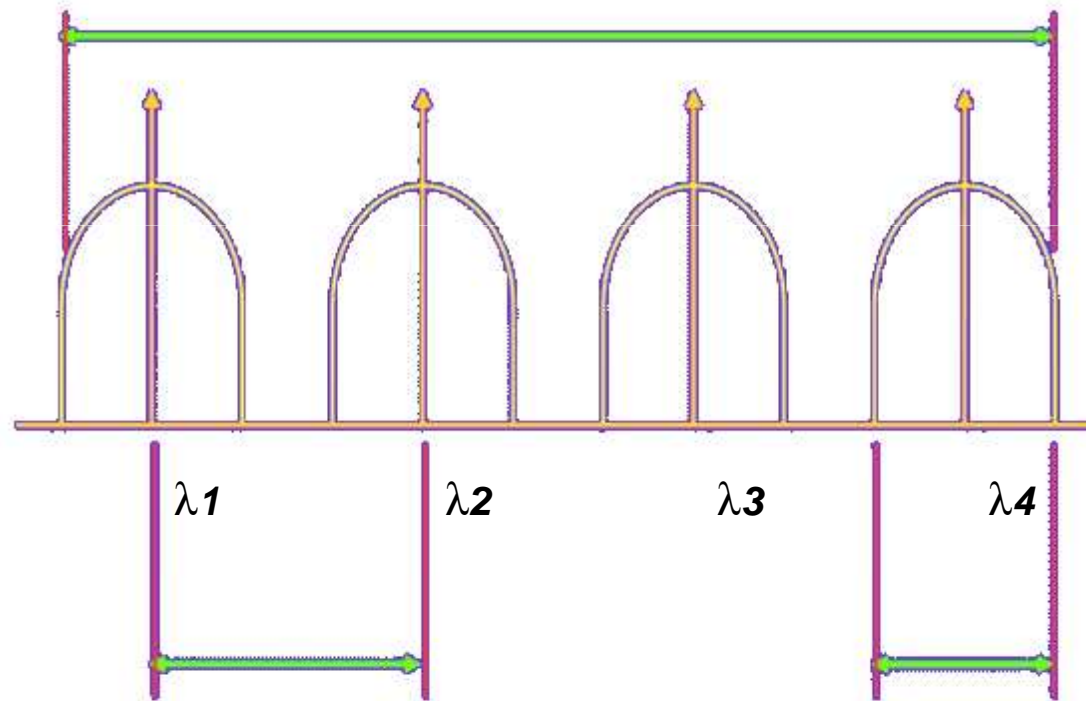
Hustota multiplexovania WDM 9/10

Modulačná šírka pásma optických signálov

- určuje konečný limit, ako blízko seba môžu byť umiestnené v príslušnom pásme optické vlnovodížkové kanály,
- čím vyššia je modulačná rýchlosť dátového signálu, tým širšie je frekvenčné rozšírenie modulovaného optického žiarenia a tým širšia je aj výsledná modulačná šírka pásma individuálneho optického signálu.

Hustota multiplexovania WDM 10/10

optická šírka
systému



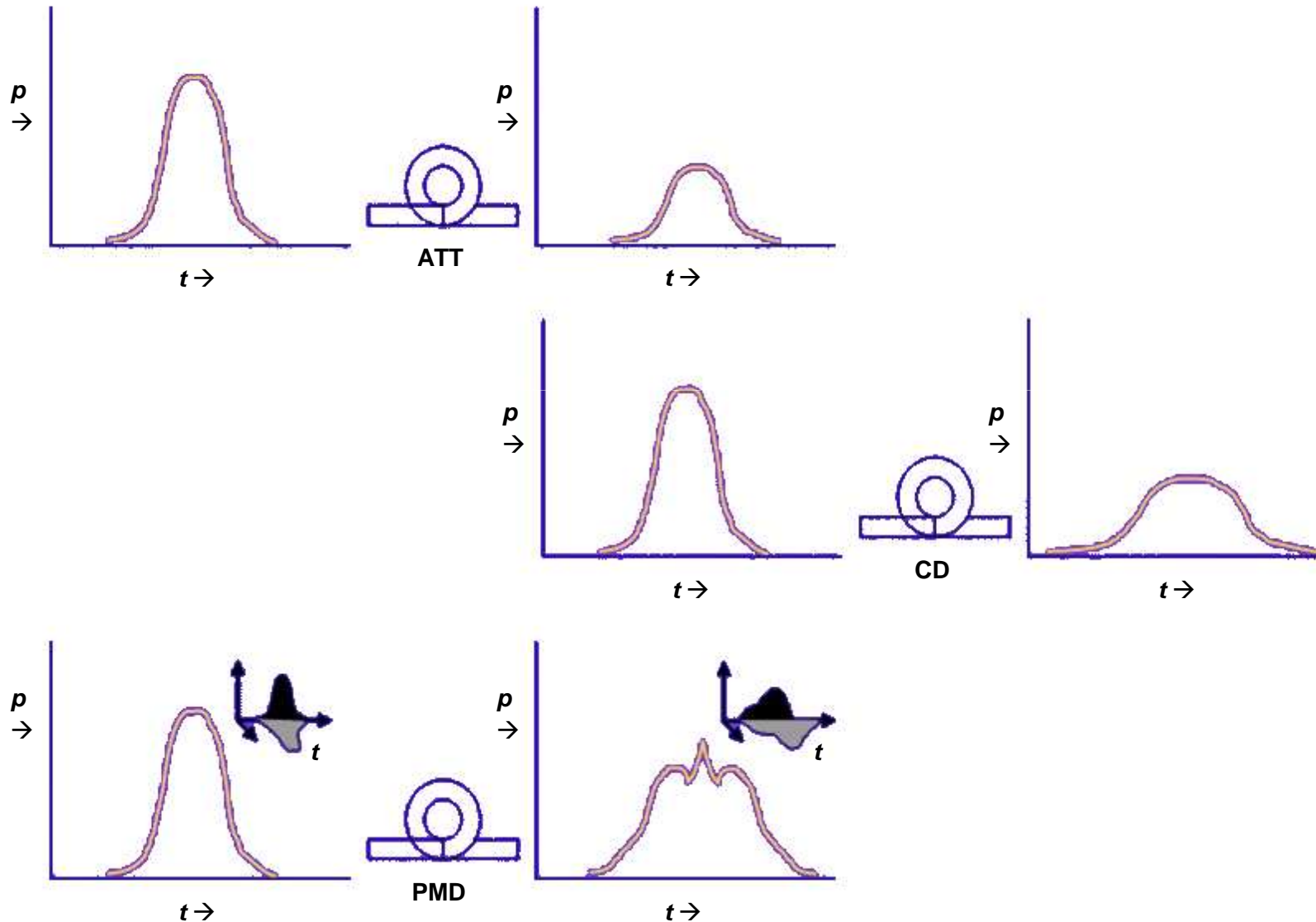
rozmiestnenie
kanálov

modulačná
šírka kanála

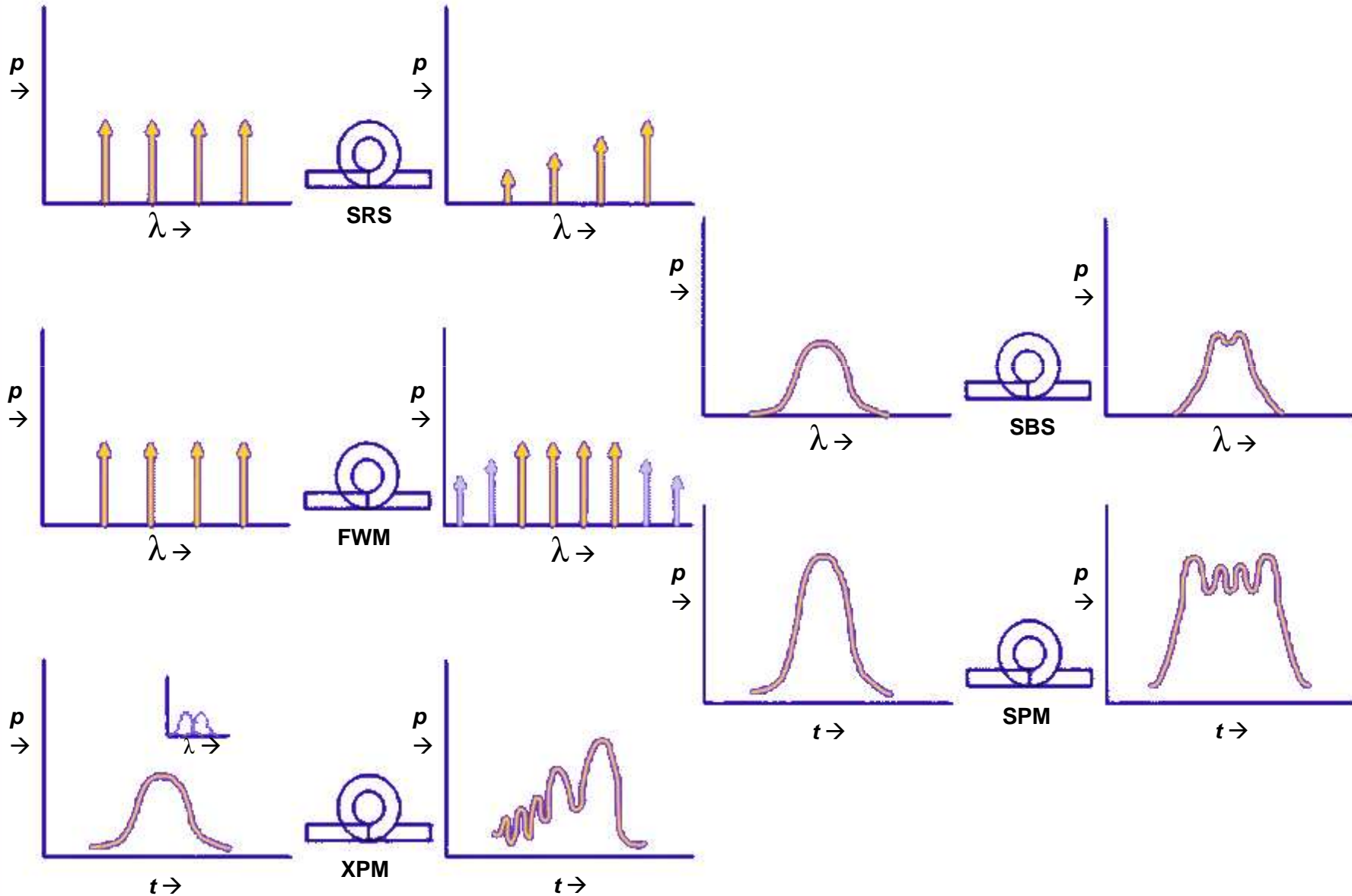
Výkonnostné problémy OPS 1/7

- Dosah OPS je v podstate limitovaný dvomi základnými typmi obmedzení - skreslením a šumom.
- Pri vyšších optických signálových výkonoch, pri hustejšom kanálovom rozmiestnení a pri dlhších prenosových vzdialenostiach sa stávajú dominantnými obmedzenia dané skreslením, medzi ktoré patria:
 - a) chromatická disperzia CD,
 - b) polarizačná módová disperzia PMD,
 - c) presluchy,
 - d) nelineárne optické efekty.

Výkonnostné problémy OPS 2/7



Výkonnostné problémy OPS 3/7



Výkonnostné problémy OPS 4/7

- Okrem obmedzení príbuzných skresleniu, limitujúcimi faktormi sú aj obmedzenia dané jednotlivými typmi šumov:
 - a) šum zosilňovača -
 - šum spontánnej emisie ASE,
 - šumový obraz NF,
 - nerovnaký optický výkon pri rozdielnych vlnových dĺžkach,
 - b) šum indukovaný odrazmi -
 - mnohocestná interferencia MPI.

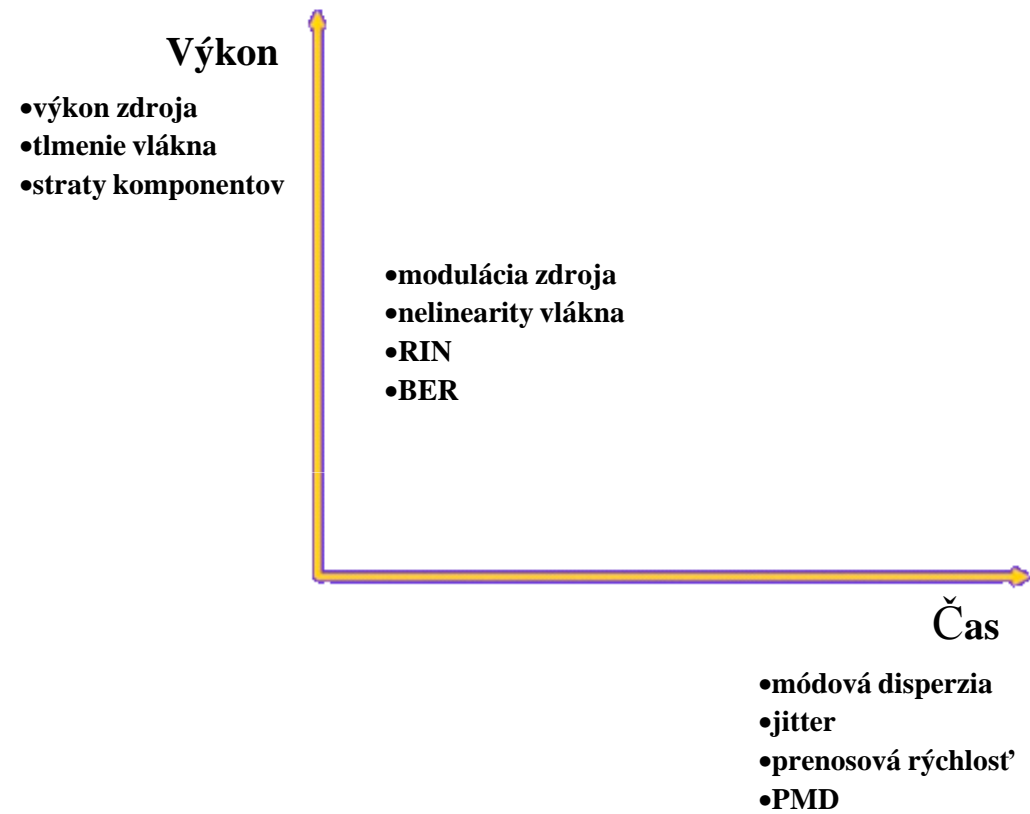
Výkonnostné problémy OPS 5/7

Základnou úlohou pri prenose signálov v diaľkových OPS je vyrovňovanie nežiaducich efektov spôsobených skresleniami a šumom - 2 fenoménov v recipročnom vzťahu.

Znížením optického výkonu vstupných signálov by sa mohli zmierniť problémy spôsobené skreslením, ale tiež sa zníži hodnota pomeru SNR a teda sa zvýši pravdepodobnosť chybnnej detekcie signálu v optickom prijímači.

Zvýšením optického výkonu vstupných signálov sa môžu minimalizovať problémy spôsobené šumom, ale zároveň sa zvýšia problémy spôsobené nelineárnymi javmi danými skreslením.

Kritické parametre TDM 6/7



Kritické parametre WDM 7/7

