

# **Prednáška 10/12**

**doc. Ing. Rastislav RÓKA, PhD.**

**Katedra telekomunikácií**

**FEI STU Bratislava**

# Prístupové siete WDM 1/32

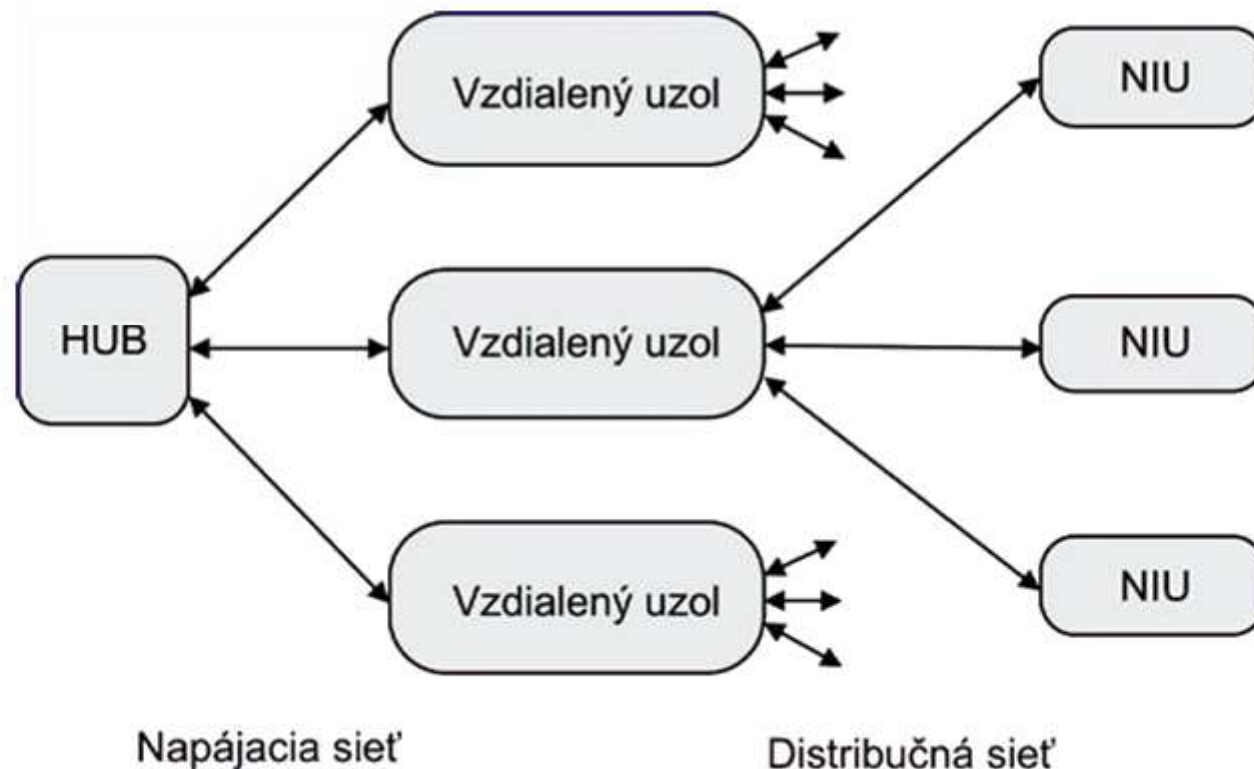
- pôvodne dva základné typy služieb - klasická telefónna služba POTS cez telefónnu sieť a služba prenosu analógových videosignálov vysielaná cez káblovú sieť,
- služby môžu byť klasifikované na základe troch hlavných kritérií:
  - požiadavka na prenosovú šírku pásma prenášaných signálov,
  - či táto požiadavka je symetrická alebo asymetrická,
  - či samotná služba je vysielacia alebo spojovaná.

# Prístupové siete WDM 2/32

- pre obnovu a rozšírenie infraštruktúry a pre podporu nových služieb:
  - pevný metalický prístup (xDSL, HFC, PLC),
  - bezdrôtový prístup (rádiový, mobilný, optický),
  - satelitný prístup,
  - pevný optický prístup FTTx,
- nová forma architektúry prístupovej siete.

# Prístupové siete WDM 3/32

- centrálny uzol HUB, vzdialené uzly RN, jednotky sieťového rozhrania NIU,
- napájacia (feeder) sieť, distribučná (distribution) sieť.



# Prístupové siete WDM 4/32

- **distribučná sieť** - vysielacia (broadcast) alebo spojovaná (switched),
- **napájacia sieť** - s vyhradenou (dedicated) alebo zdieľanou (shared) prenosovou šírkou pásma.

		Napájacia sieť	
		Zdieľaná	Vyhradená
Distribučná sieť	Vysielacia	HFC, TPON	WPON
	Spojovaná	FTTC	Telefón, xDSL, WRPON

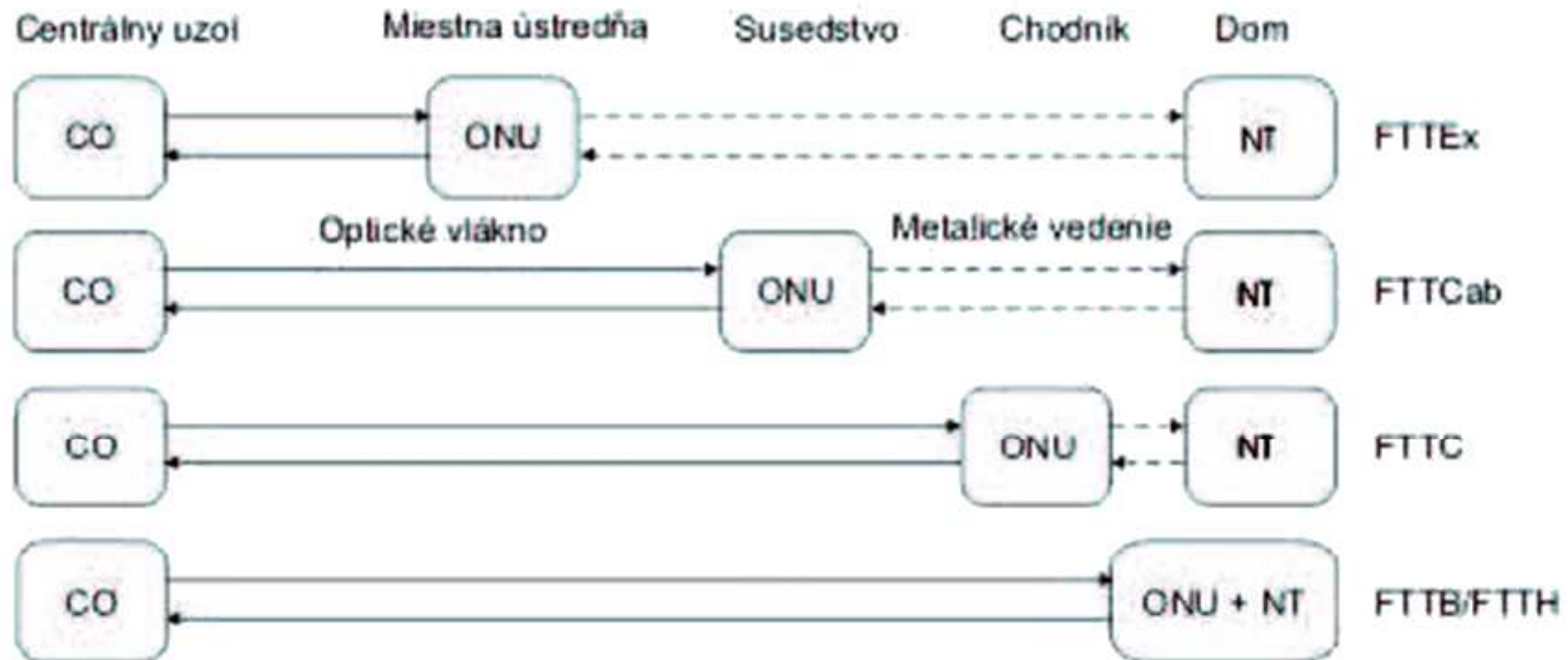
# Prístupové siete WDM 5/32

## *Architektúra FTTx*

- spoľahlivosť prenosového média (napájacia sieť),
- vymeniteľnosť prenosového média (distribučná sieť),
- dosiahnuteľnosť vzdialených komunít v porovnaní s konkurenčnými technológiami,
- flexibilita prenosovej šírky pásma signálov (Gbit/s),
- škálovateľnosť,
- implementovateľnosť s pasívnymi komponentmi,
- možnosť využiť rôzne typy WDM.

# Prístupové siete WDM 6/32

## Architektúra FTTx



# Prístupové siete WDM 7/32

## *Architektúra FTTx*

- typy:

- **architektúra FTTD** - ideálna architektúra (?!),
- **architektúra FTTH/B** - optické vlákno až do domu alebo budovy,
- **architektúra FTTC** - optické vlákno až k jednotke ONU, vzdialenosť je asi 200 m od domov,
- **architektúra FTTCab** - optické vlákno až k jednotke ONU, vzdialenosť je okolo 1 km od domov,
- **architektúra FTTE<sub>x</sub>** - optické vlákno až po miestnu ústredňu, v ktorej je umiestnená aj jednotka ONU, medzi ONU a NT sú distribuované elektrické informačné signály prostredníctvom rôznych prenosových médií - metalických vedení, energetických rozvodov alebo bezdrôtového spojenia.



# Prístupové siete WDM 8/32

	<b>Diaľková sieť WDM</b>	<b>Metropolitná sieť WDM</b>	<b>Prístupová sieť WDM</b>
<b>Rozpätie</b>	od 400 km do 4000 km	od 100 km do 1000 km	< 20 km
<b>Topológia vlákna</b>	bod-bod polygonálna	polygonálna kruhová	kruhová lineárna
<b>Typ vlákna</b>	NDSF /SMF	NDSF /SMF	MMF /SMF
<b>Hustota kanálov</b>	veľmi vysoká > 160	stredná 40 (?)	nízka, stredná
<b>Granularita kanálov</b>	50 nm	100 nm	200 až 400 nm
<b>Kapacita systému</b>	niekoľko Tbit/s	< Tbit/s	< 10 Gbit/s

# Prístupové siete WDM 9/32

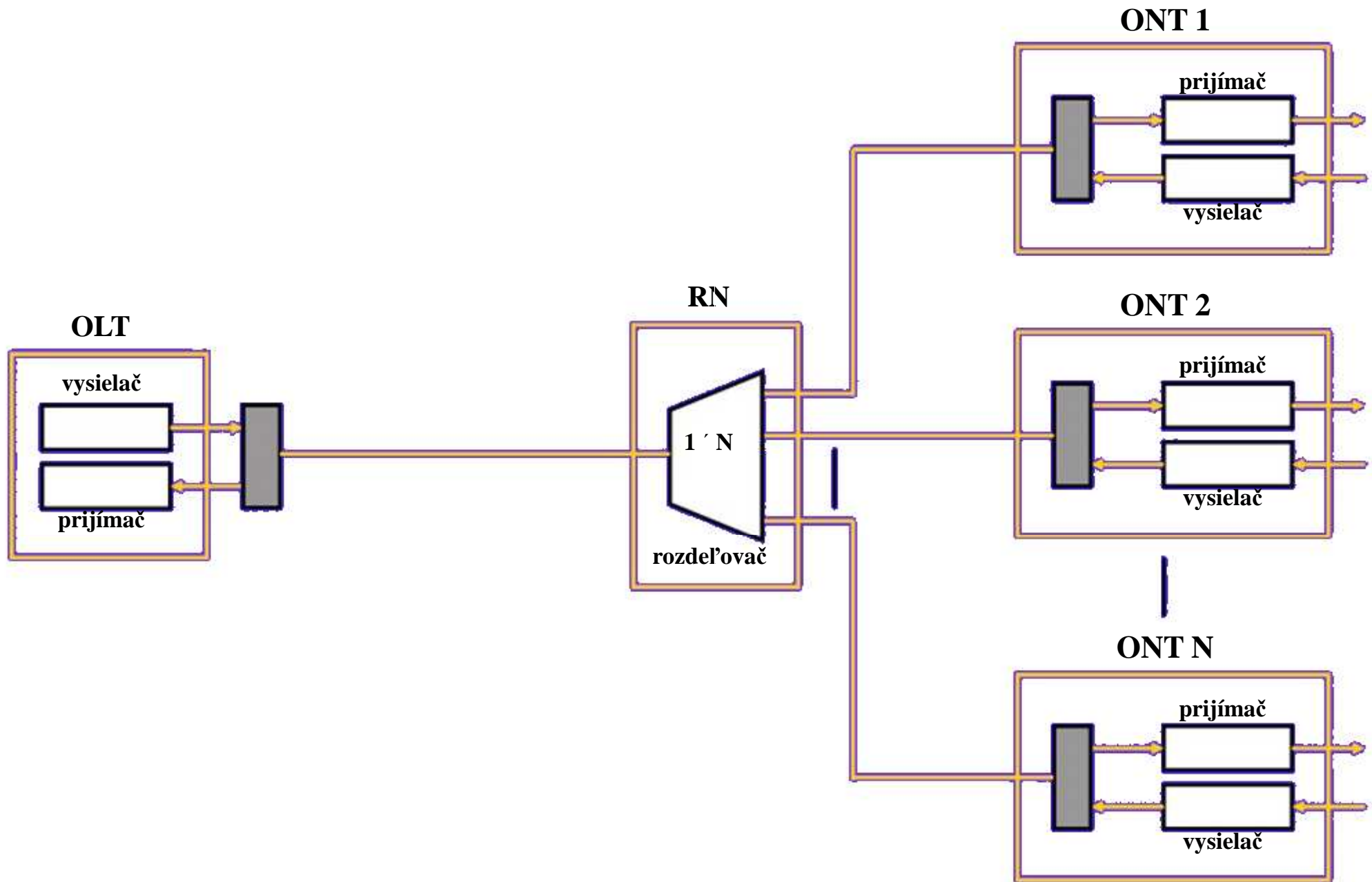
	Diaľková sieť WDM	Metropolitná sieť WDM	Prístupová sieť WDM
Topológia prevádzky	lineárna polygonálna	kruhovú hub	lineárna
Stratégia ochrany	1:1/1+1 (bod-bod) presmerovanie (polygón)	vlákno/služba 1F/2F/4F kruh	služba 1:1/1+1
Škálovateľnosť	do pren. rýchlosť/ $\lambda$ na vlnovú dĺžku	do pren. rýchlosť/ $\lambda$ (?) na vlnovú dĺžku	pevná (?) na vlnovú dĺžku
Optické zosilnenie	OFA, RA	SOA	žiadne
Kompenzácia disperzie	CMD, PMD	žiadna	žiadna

# Prístupové siete WDM 10/32

## *Pasívna optická sieť PON*

- koncept
  - v podstate dvojcestný bod-mnohobod 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 budov, ostatné aktívne optické komponenty sa vo vonkajšom prostredí nepoužívajú,
  - znižuje náklady na sieťové zariadenia a činnosti zabezpečujúce ich inštaláciu, operácie a údržbu.

# Prístupové siete WDM 11/32



# Prístupové siete WDM 12/32

## *Pasívna optická sieť PON*

- optické terminály
  - **optický** linkový terminál OLT - riadiaci prvok spolu s príslušným optickým vysielačom a prijímačom, riadi celú pasívnu optickú prístupovú sieť a poskytuje rozhranie medzi prístupovou sieťou a metropolitnou sieťou,
  - **optické** sieťové terminály ONT - rozhranie medzi prístupovou sieťou a koncovým účastníckym vybavením,
  - v súčasnosti 1 OLT na max. 64 ONT.

# Prístupové siete WDM 13/32

## *Pasívna optická sieť PON*

- poprúdový prenos
  - jednotka OLT zahŕňa optický laser vysielajúci poprúdový signál pri vlnovej dĺžke 1490 nm,
  - každá bunka alebo paket v poprúdovom signále nesie adresu svojho cieľového terminálu,
  - každý terminál ONT reaguje iba na tie pakety, ktoré sú pre neho adresované,
  - poprúdový dátový prenos tiež poskytuje časovacie signály potrebné na riadenie protiprúdového dátového prenosu,
  - tretí vlnovodížkový kanál pri vlnovej dĺžke 1550 nm je určený výhradne pre poprúdový prenos signálov videoslúžieb.

# Prístupové siete WDM 14/32

## *Pasívna optická sieť PON*

- protiprúdový prenos
  - jednotky ONT musia mať optické vysielajúce pri vlnovej dĺžke 1310 nm pre protiprúdové signály,
  - potrebná je synchronizácia protiprúdového prenosu,
  - pre pridelovanie rozdielnych časových slotov jednotlivým terminálom ONT používa protokol TDMA, avšak rozvíjajú sa algoritmy DBA,
  - systém PON musí zmerať vzdialenosti OLT a ONT a zahrnúť vlastné oneskorenie optických signálov pri šírení sa na prenosovej ceste do programovania časových slotov pre ONT,
  - max. prenosová vzdialenosť PON je 20 km.

# Prístupové siete WDM 15/32

## *Pasívna optická sieť PON*

- vlákňová architektúra
  - zvyčajne jednomódové optické vlákna,
  - rozmiestnenie a počet rozdeľovačov závisí na návrhu systému PON - 1 ´ 8, 1 ´ 4 a 1 ´ 8 ...,
  - jednovláknový systém PON - znižuje náklady na optické vlákna, avšak je potrebné použiť optiku WDM na oboch koncoch tohoto systému,
  - duálnevláknový systém PON - vyhýba sa zložitosti optiky WDM, jedno optické vlákno pre poprúčovú distribúciu analógových videosignálov, druhé optické vlákno venované pre digitálny prenos hlasových, dátových a digitálnych videosignálov s možnosťou použitia extra vlnovej dĺžky.



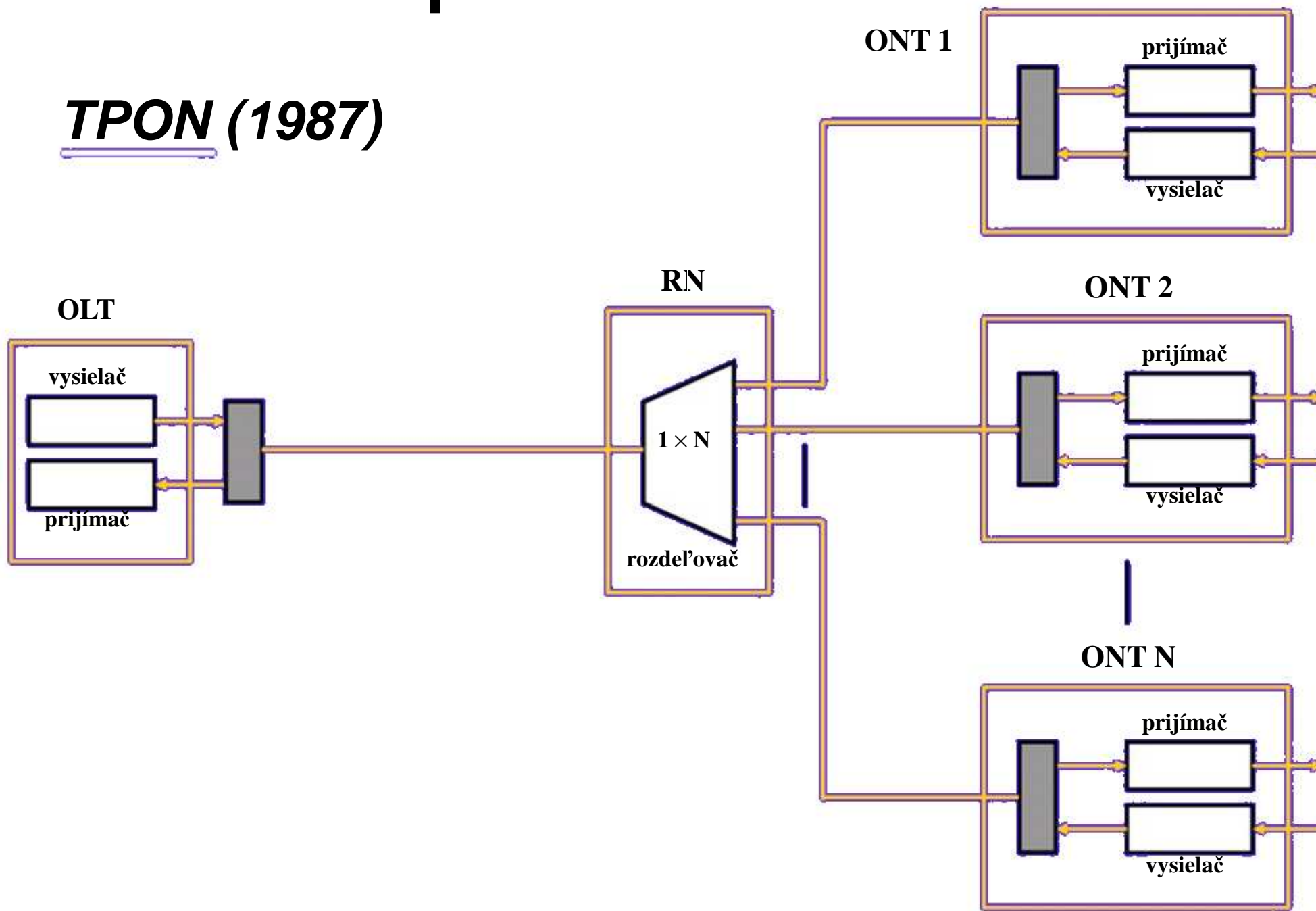
# Prístupové siete WDM 16/32

## *Pasívna optická sieť PON*

- triedy PON:
  - **celovláknová** AFPON - najjednoduchšia architektúra PON používa samostatné optické vlákno pre každého koncového účastníka,
  - **telefónna** TPON - poprúdová prevádzka je vysielaná optickým vysielateľom OLT k všetkým optickým prijímačom ONT cez pasívny výkonový rozdeľovač,
  - **vlnovodízkovo multiplexovaná** WPON - jednoduchý optický vysielateľ OLT sa nahrádza počtom vysielateľov WDM alebo jedným laditeľným vysielateľom,
  - **vlnovodízkovo smerovaná** WRPON - zavádza sa vlnovodízkové smerovanie AWG, čím sa riešia problémy so stratami optického výkonu a podpora WDM.

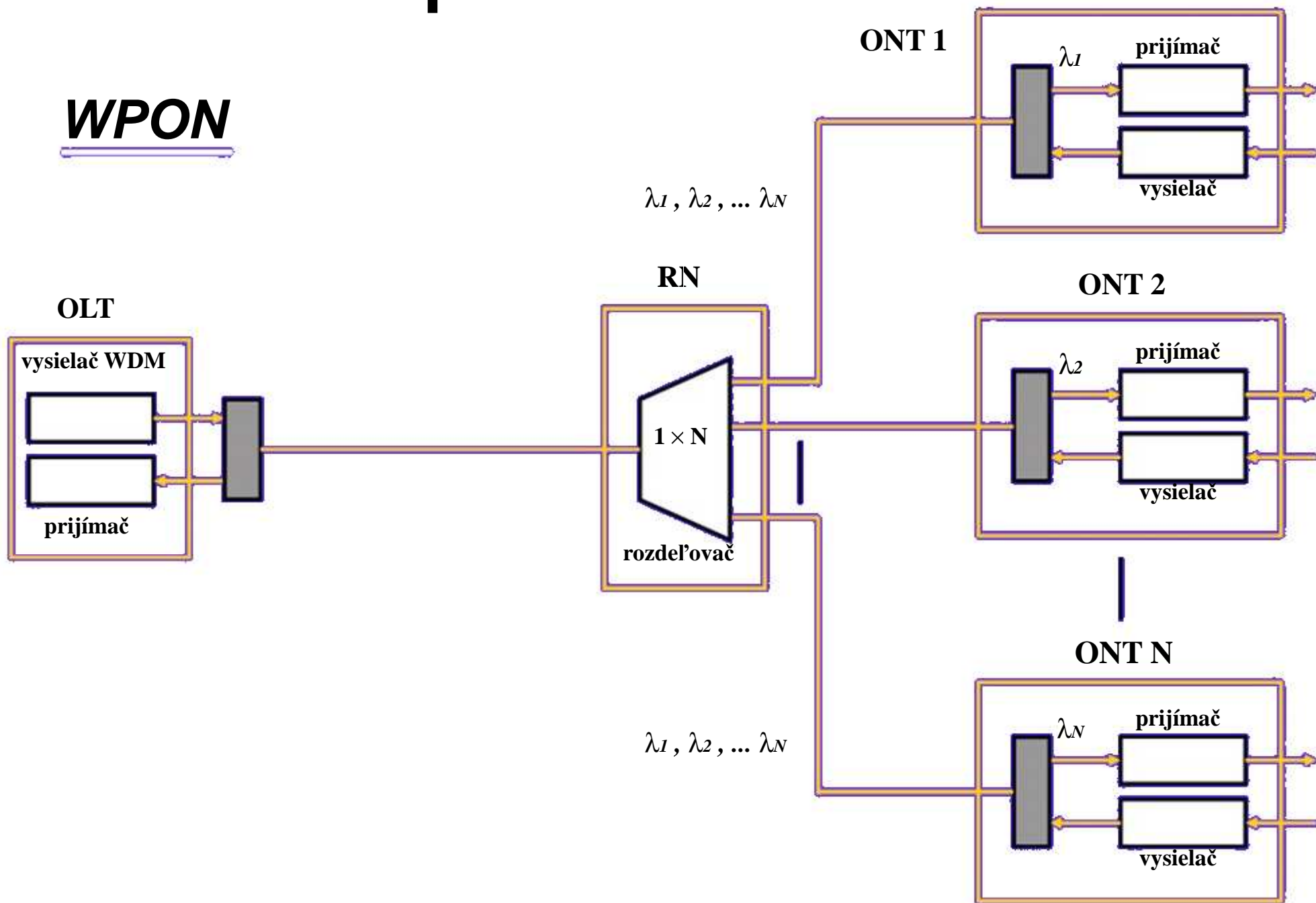
# Prístupové siete WDM 17/32

TPON (1987)



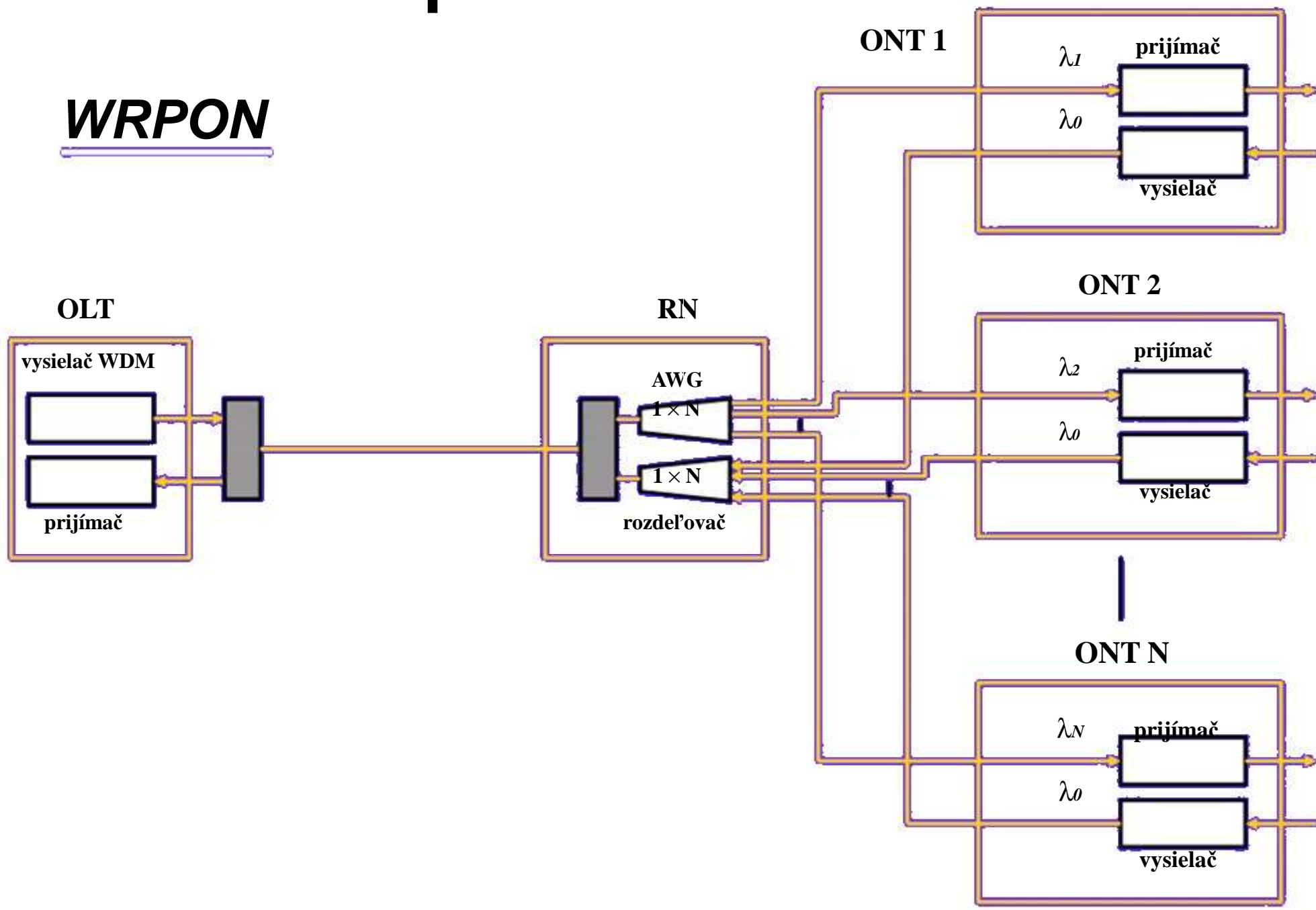
# Prístupové siete WDM 18/32

WPON



# Prístupové siete WDM 19/32

## WRPON



# Prístupové siete WDM 20/32

## *Pasívna optická sieť PON*

	<b>AFPON</b>	<b>TPON</b>	<b>WPON</b>	<b>WRPON</b>
<b>Zdieľanie optického vlákna</b>	nie	áno	áno	áno
<b>Rozdelenie optického výkonu</b>	žiadne	1/N	1/N	žiadne
<b>Bitová rýchlosť ONT</b>	ONTmax	N x ONTmax	ONTmax	ONTmax
<b>Synchronizácia uzla</b>	nie	áno	áno	áno
<b>Zdieľanie CO</b>	nie	áno	nie	áno

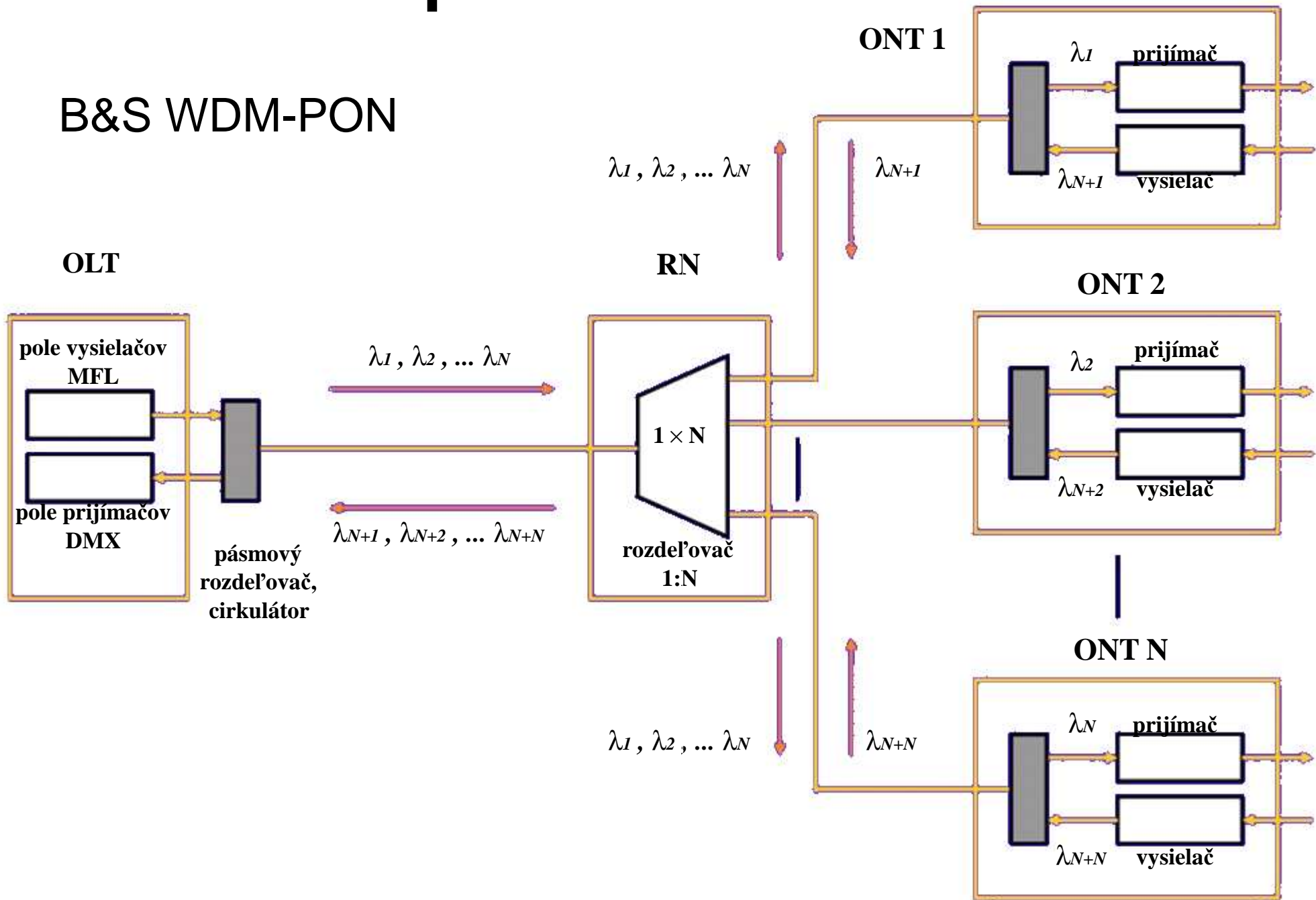
# Prístupové siete WDM 21/32

## *Vlnovodížkovo multiplexovaná sieť* WDM-PON

- varianty podľa kategórií:
  - B&S vs. WR,
  - zdieľaná vs. vyhradená,
  - jednovláknová vs. duálnevláknová,
  - jednostupňová optika vs. kaskádová optika,
  - „farebná“ vs. „bezfarebná“ ONU,
  - priama modulácia vs. podnosná modulácia,
  - OOK vs. OOK/FSK modulácia pre „bezfarebnú“ ONU,
  - nezosilňovaná vs. zosilňovaná,
  - nechránená vs. chránená.

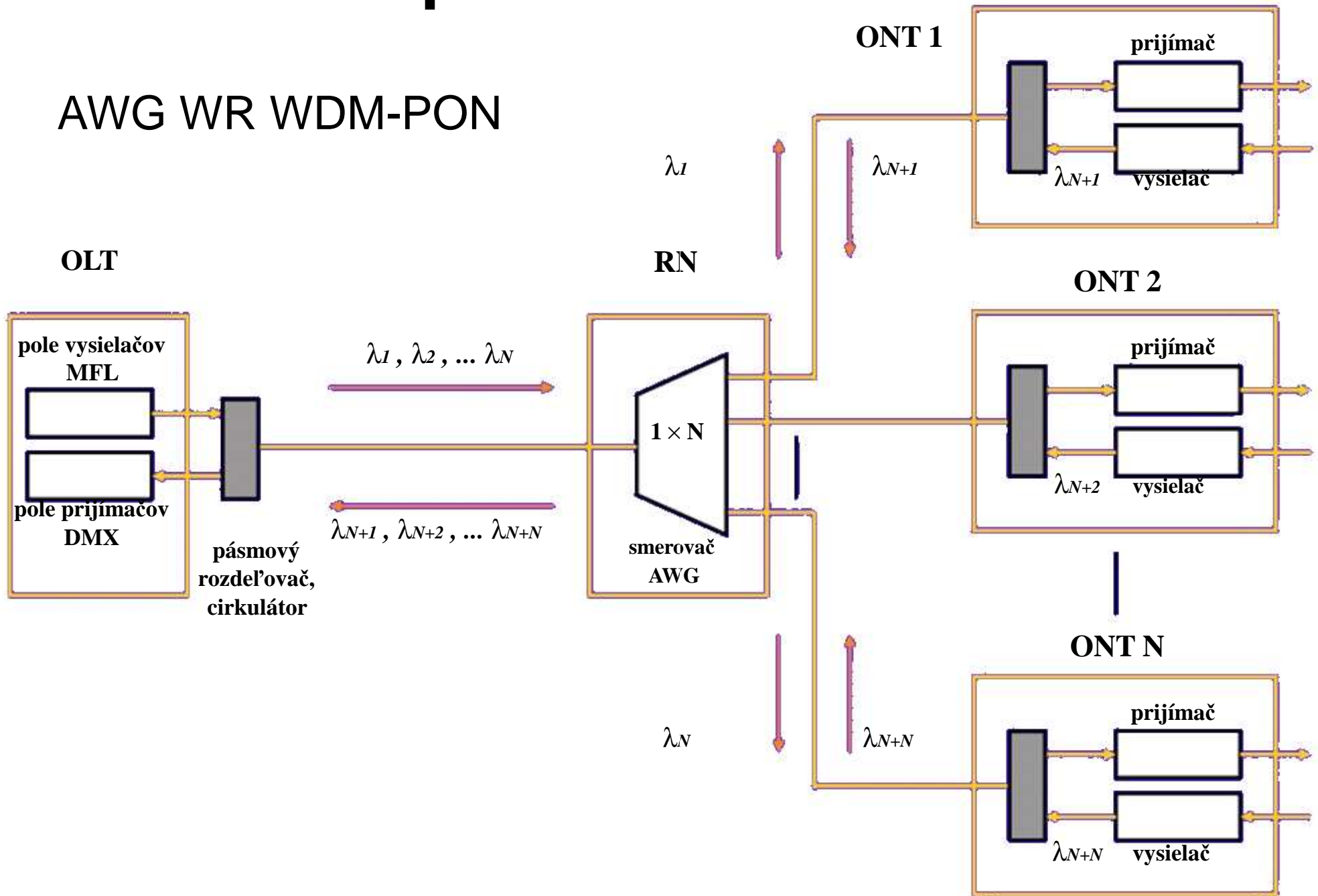
# Prístupové siete WDM 22/32

## B&S WDM-PON



# Prístupové siete WDM 23/32

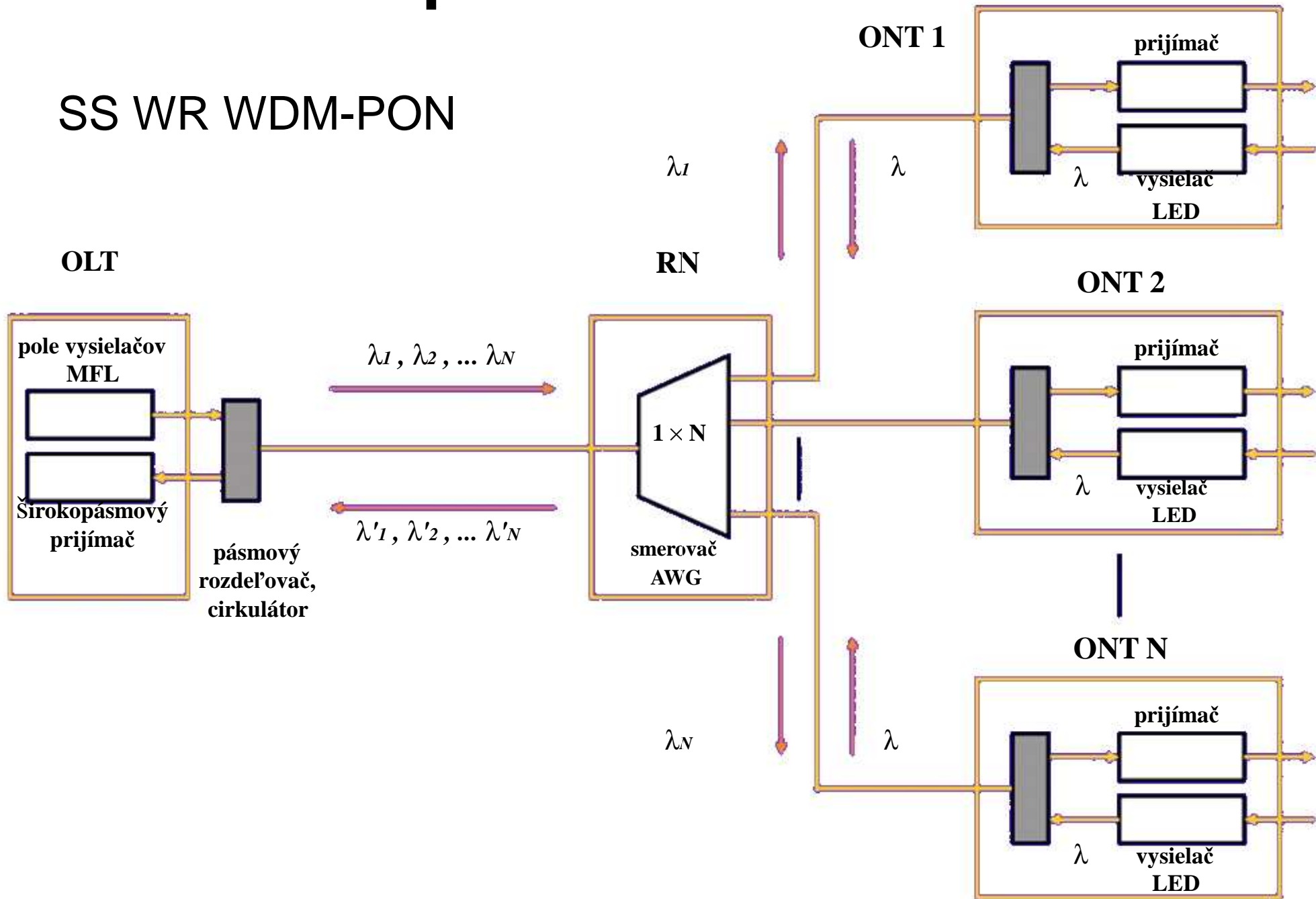
## AWG WR WDM-PON





# Prístupové siete WDM 24/32

SS WR WDM-PON



# Prístupové siete WDM 25/32

## *Hybridná sieť* HPON

- predstavuje nevyhnutnú budúcu prechodnú fázu od sietí TDM-PON k sieťam WDM-PON, vytvára medzistupeň medzi týmito sieťami,
- pre jej výskum a vývoj existujú 2 motivácie:
  - vytvoriť novú sieť, ktorá by prekonávala možnosti siete TDM-PON, nie je to však plnohodnotná sieť WDM-PON, nie je príliš drahá a poskytuje dostatočnú kapacitu pre potreby účastníkov v dlhodobejšom horizonte,
  - preklenúť prechod medzi sieťami PON s čo najmenšími nákladmi na prebudovanie siete, so spätnou kompatibilitou so staršou technikou TDM a zároveň s možnosťou použitia novej techniky WDM.

# Prístupové siete WDM 26/32

## *Pasívna optická sieť PON*

- prenosové technológie PON:
  - **sieť typu** ATM PON (1990) - založená na štandarde FSAN, vyžaduje prenos informácií použitím buniek ATM s pevnou dĺžkou, je navrhnutá na zaobchádzanie s hlasovými, obrazovými a dátovými signálmi, je nevhodná na prenos prevádzky formátovanej podľa protokolu IP (proces časovo náročný, komplikovaný a neefektívny),
  - **širokopásmová** BPON (1996),
  - **sieť typu** Ethernet PON (2001) - dáta vysielané v paketoch s variabilnou dĺžkou podľa protokolu IEEE 802.3 pre Ethernet,
  - **gigabitová** GPON (2003).

# Prístupové siete WDM 27/32

## *Pasívna optická sieť PON*

	APON	BPON	GPON	EPON
Protokol	ATM	ATM	ATM a GEM	Ethernet
Štandard	ITU-T G.983.1	ITU-T G.983.3	ITU-T G.984	IEEE 802.3ah
Maximálna vzdialenosť	20 km	20 km	10/20 km logická 60 km	10/20 km
Rozdeľovací pomer	1:32	1:32	1:64 (reálne) 1:128 (úvahy)	1:16, 1:32
Ochranný čas			25,7 ns + 70,7 ns	512 ns + AGC + CDR

# Prístupové siete WDM 28/32

## *Pasívna optická sieť PON*

	<b>GPON</b>	<b>EPON</b>
<b>Dátová rýchlosť - poprúrová</b>	<b>1,244 Gbit/s 2,488 Gbit/s</b>	<b>1,25 Gbit/s</b>
<b>Dátová rýchlosť - protiprúrová</b>	<b>155/622 Mbit/s 1,244/2,488 Gbit/s</b>	<b>1,25 Gbit/s</b>
<b>Priemerná účinnosť</b>	<b>≈ 93 %</b>	<b>≈ 55 %</b>
<b>Veľkosť rámca</b>	<b>GEM 5 + ≤ 1518 bytov</b>	<b>Ethernet 64 - 1518 bytov</b>
<b>Riadiaca informácia pre algoritmy DBA</b>	<b>2 byte</b>	<b>GATE/REPORT 64 bytov</b>

# Prístupové siete WDM 29/32

## ***Budúcnosť PON***

- možnosti ďalšieho vývoja a výskumu
  - CuPON - *metalické homogénne vedenia využívajúce technológie xDSL (prenos do 1 km s rýchlosťami rádovo Gbit/s),*
  - RF PON - *kombinácia optických vlákien a rádiového prenosu vhodná pre videoslужby,*
  - C PON - *súčasná generácia PON (TDM-PON):*
    - *požiadavky na rozšírenie šírka pásma (rýchlosť, vlnové dĺžky),*
    - *požiadavky na zväčšenie dosahu a počtu používateľov (optické zosilňovače, technika OCDM),*
    - *požiadavky na zmiešané služby poskytované viacerými poskytovateľmi služieb na zdieľanej prístupovej sieťovej infraštruktúre,*

# Prístupové siete WDM 30/32

## ***Budúcnosť PON***

- možnosti ďalšieho vývoja a výskumu
  - C+1 PON - *budúca generácia PON (oddelenie nových a existujúcich služieb):*
    - *prekrytie služieb prostredníctvom techniky WDM,*
    - *prekrytie služieb prostredníctvom techniky SCM,*
    - *prekrytie služieb prostredníctvom techniky linkového kódu s tvarovaním spektra,*
  - C+2 PON - *budúca generácia PON (nové architektúry a technológie s vyššou kapacitou):*
    - *WDM-PON založená na laditeľných komponentoch,*
    - *WDM-PON založená na rozdelení spektra,*
    - *WDM-PON založená na blokovaní injekcie,*
    - *WDM-PON založená na centralizovaných svetelných zdrojoch.*

# Prístupové siete WDM 31/32

## *Optická dátová sieťová hierarchia ODNH*

- nová hierarchia sieťových architektúr zariadení
- zoskupenie dátovej prevádzky a jej smerovanie

Typ	Sieťové zariadenie	Sieťová architektúra
5	Optický dátový transportný uzol	Diaľková sieť WDM
4	Optický dátový jadrový uzol	Chrbticová sieť WDM
3	Optický dátový distribučný uzol	Metropolitná jadrová sieť WDM
2	Optický služobný linkový prístupový multiplexor	Metropolitná prístupová sieť WDM
1	Optický služobné linkové ukončenie	Prístupová sieť WDM (PON)



# Prístupové siete WDM 32/32

## *Optická dátová sieťová hierarchia ODNH*

- metropolitné a prístupové zariadenia (typ 1, 2, 3)
  - multiplexovanie dát, zhromažďovanie dátových tokov pri centrálnych uzloch a poskytovanie prevádzkovej distribúcie a manažmentu prenosovej šírky pásma,
- jadrové zariadenia (typ 4, 5) - obnovenie a transport veľkého objemu prevádzky,
- vlnové pásmo - výrez optického spektra vlnových dĺžok, ktorý je nezávislý od dátového toku, podporuje prenos viacerých fyzicky združených rozdielnych optických signálov, avšak spracovávaných ako jedna spoločná jednotka.