

Perspektívy rozvoja prístupových sietí novej generácie na Slovensku

Ing. Milan Kováčik
Výskumný ústav spojov, n.o.

Telekomunikačné stavby
III, 25.11.2010,
Bratislava

Agenda

- **Prečo optické účastnícke prípojky ?**
- **Prečo optické účastnícke prípojky s prístupom do domácnosti ?**
- **Prečo optické účastnícke prípojky PON (GPON) ?**
 - **Prečo regulovať optické účastnícke prípojky ?**
 - **Prečo ďalší vývoj optickej účastníckej prípojky ?**

Video a šířka pásma

Formát video	Požiadavka na typickú šírku pásma
Nekomprimované HDTV	1,5 Gbit/s
HDTV, predbežný formát	360 Mbit/s
SDTV, SMPTE	270 Mbit/s
Komprimované MPEG-2, 4:2:2	25 – 60 Mbit/s
Vysielacia kvalita HDTV (MPEG-2)	19,4 Mbit/s
SDTV s MPEG-2	6 Mbit/s
MPEG-1	1,5 Mbit/s
MPEG-4	5 kbit/s až 4 Mbit/s
H.323 (H.263)	28 kbit/s až 1 Mbit/s

Služby a šírka pásma

Služba	Šírka pásma	Koncové zariadenie
Sťahovanie HDTV (MPEG-2)	14 až 20 Mbit/s	TV, PC
Sťahovanie HDTV (MPEG-4)	6 až 14 Mbit/s	TV, PC
Sťahovanie SDTV (MPEG-2)	3 až 6 Mbit/s	TV, PC
Sťahovanie SDTV (MPEG-4)	1 až 4 Mbit/s	TV, PC
Platená TV	3 až 6 Mbit/s	TV, PC
Interaktívna TV na internete	1 až 3,5 Mbit/s	TV, PC
VoD	3 až 6 Mbit/s	TV, PC
Videorekordér PVR	do 6 Mbit/s	TV, PC
Rýchly internet	do 2 Mbit/s	TV, PC
Interaktívne hranie	1 až 5 Mbit/s	TV, PC
Video na PC	4 až 12 Mbit/s	PC
VoIP	20 až 120 kbit/s	PC, TP
VoDSL	64 kbit/s na kanál	TP

Poznámka: V období rokov 2008 až 2012 sa očakáva náhrada kodeka MPEG-2 za MPEG-4.

Očakávané služby

- **automatická ochrana domácnosti,**
- **video komunikácia s vyššou kvalitou,**
- **video komunikácia s nižšou kvalitou,**
- **st'ahovanie a vysielanie veľkého dátového súboru,**
- **st'ahovanie a vysielanie malého dátového súboru,**
- **komunikácia medzi zariadeniami spotrebnej elektroniky,**
- **elektronická pošta,**
- **monitorovanie domácnosti, bez videa,**
- **monitorovanie domácnosti, s videom,**

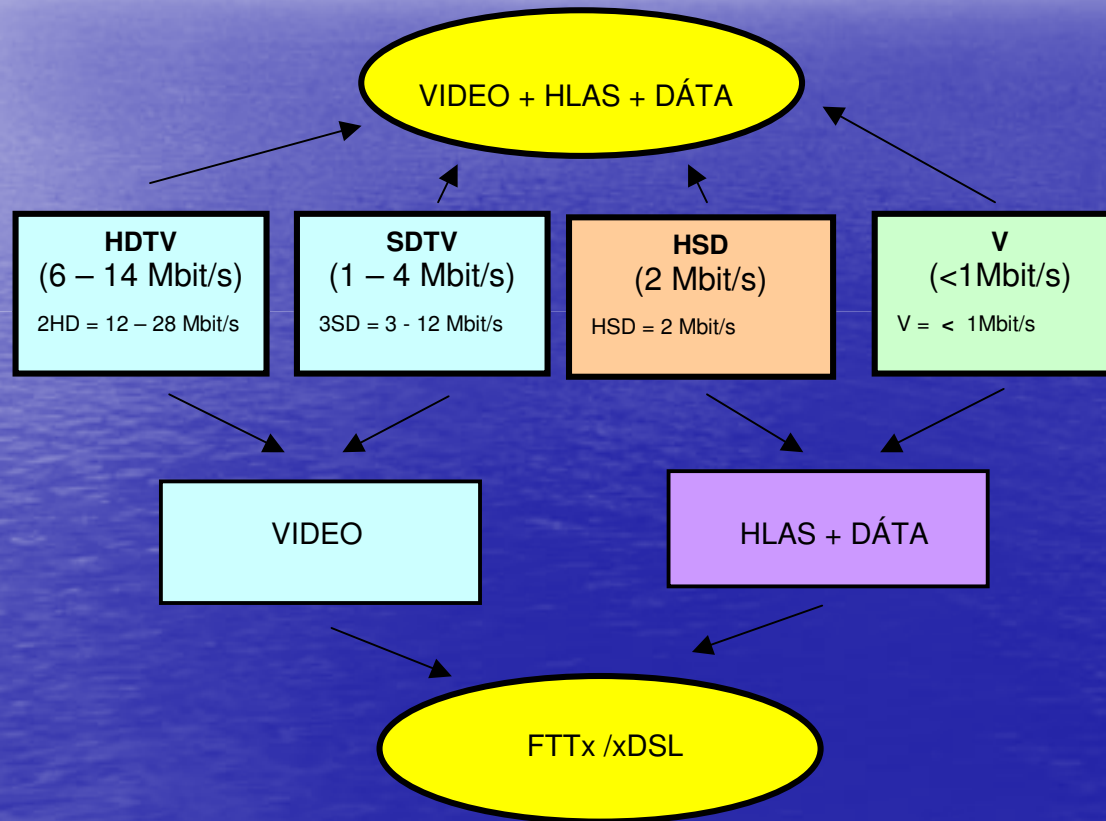
Očakávané služby

- **multimediálna elektronická pošta,**
- **st'ahovanie a vysielanie HDTV,**
- **st'ahovanie a vysielanie SDTV,**
- **st'ahovanie a vysielanie LDTV,**
- **spoločné využívanie súborov P2P,**
- **interaktívna TV dopredný smer,**
- **interaktívne komunikácie,**
- **interaktívne hranie,**
- **host'ovanie online hier,**

Očakávané služby

- rýchle zálohovanie súborov,
- pomalé zálohovanie súborov,
- vzdelávanie v domácnosti,
- internetové rádio s vyššou kvalitou,
- internetové rádio s nižšou kvalitou,
- elektronické zdravotníctvo,
- VoIP,
- prehliadanie webu.

Požiadavky jednej domácnosti



Prenosová rýchlosť

Video + hlas + dáta

Smer k účastníkovi: **18 Mbit/s až 33 Mbit/s.**

Video

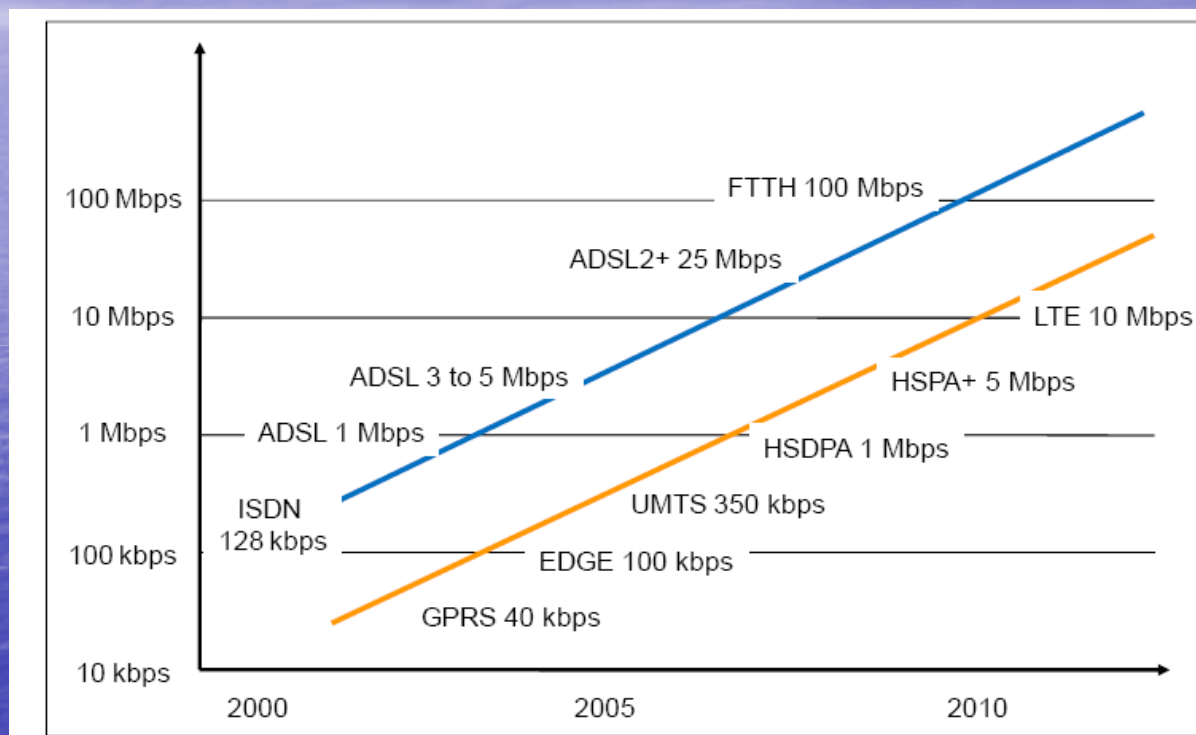
Smer k účastníkovi: **15 Mbit/s až 30 Mbit/s.**

Kritické služby

Sťahovanie súboru	Bitová rýchlosť				
	512 kbit/s	1 Mbit/s	2 Mbit/s	8 Mbit/s	24 Mbit/s
Grafická webová stránka (250 kB)	4 s	2 s	1 s	0,3 s	0,1 s
Prenos súboru FTP (10 MB) (10 MB/30 s)	2 minúty 36 s	1 minútu 20 s	40 s	10 s	3,3 s
Aktualizácia SW (15 MB) (15 MB/60 minút)	3 minúty 54 s	2 minúty	1 minúta	15 s	5 s
Prenos súboru FTP (50 MB) (50 MB/30 s)	13 minút 1 s	6 minút 40 s	3 minúty 20 s	50 s	16,6 s
Film s LQ (750 MB)	3 hodiny 15 minút	1 hodina 40 minút	50 minút	12 minút 30 s	4 minúty 10 s
Film s kvalitou DVD (4GB)	17 hodín 22 minút	8 hodín 54 minút	4 hodiny 27 minút	67 minút	22 minút

Požiadavky na dobu sťahovania určitých dátových súborov rozličnými bitovými rýchlosťami a požiadavky na rýchlosť sťahovania určitých súborov (extrémne požiadavky na bitovú rýchlosť pre prácu s výmenou súborov v reálnom čase**).**

Rýchlosť v pevnej a mobilnej sieti



Zdroj: 3G americas.com

Telekomunikačné stavby
III, 25.11.2010,
Bratislava

Technológie účastníckej prípojky

Technológia účastníckej prípojky	Prístupový uzol na strane siete	Modem, adaptér na strane používateľa
LAN	Prepínač L2	Adaptér LAN
xDSL	DSLAM	Modem xDSL
WLAN	WLAN AP	Adaptér WLAN
CATV	CMTS	Káblový modem
PLC	EPLC-SHE	EPLC-SCPE
BPON, GPON, EPON	OLT	ONU
UMTS	RNC- uzol B	Karta USIM

Prenosové systémy

Transport			FTTC								FTTH			
			ADSL				VDSL				PON			
			Basic	+	2	2+	Basic	2	BPON	GPON	EPON			
Bandwidth (Mb/s)	Max	Down ¹	3	8	15	20	13	26	52	30	100	155.52 622.08 1244.16	1244.16 2488.32	1000 nominal
	Shared	1x16 1x32									~20 at 622 ~40 at 1244.16		~40 at 1244.16 ~80 at 24488.32	
Max. Reach (km)											3	3	6	1.5

Limit for SDTV ←

Limit for HDTV ←

No bandwidth limit but distance-limited

¹Upstream: 1) 1.6 - 2.3 Mb/s (3 types) 2) 19.2 Mb/s 3) Symmetric

²With FEC

ADSL: Asymmetric digital subscriber line **FTTH**: Fiber-to-the-home

BPON: Broadband PON **GPON**: Gigabit-capable PON

EPON: Ethernet-based PON **PON**: Passive optical network

FEC: Forward error correction **VDSL**: Very-high-speed digital subscriber line

FTTC: Fiber-to-the-curb (refers to the use of fiber-optic cable directly to the curbs near homes or businesses and copper media between the curb and the user network)

Optické vlákna - výhody

- **Šírka pásma** je temer neobmedzená. V porovnaní s družicovými sieťami, je v optickej sieti poskytovaná väčšia šírka pásma a menšie oneskorenie/ obojsmerné oneskorenie.
- **Nižšie tlmenie a skreslenie**, nie sú potrebné opakovače alebo je potrebné len malé množstvo opakovačov a regenerátorov signálu.
- Nie sú ovplyvňované žiadnym **rušením** z elektromagnetických polí, koróziami a pod., ako je to v prípade koaxiálnych káblov a káblov so skrúcanými metalickými pármami, a nie sú ovplyvňované dažďom, lístím, budovami a pod., ako je to pri rádiovej komunikácii.

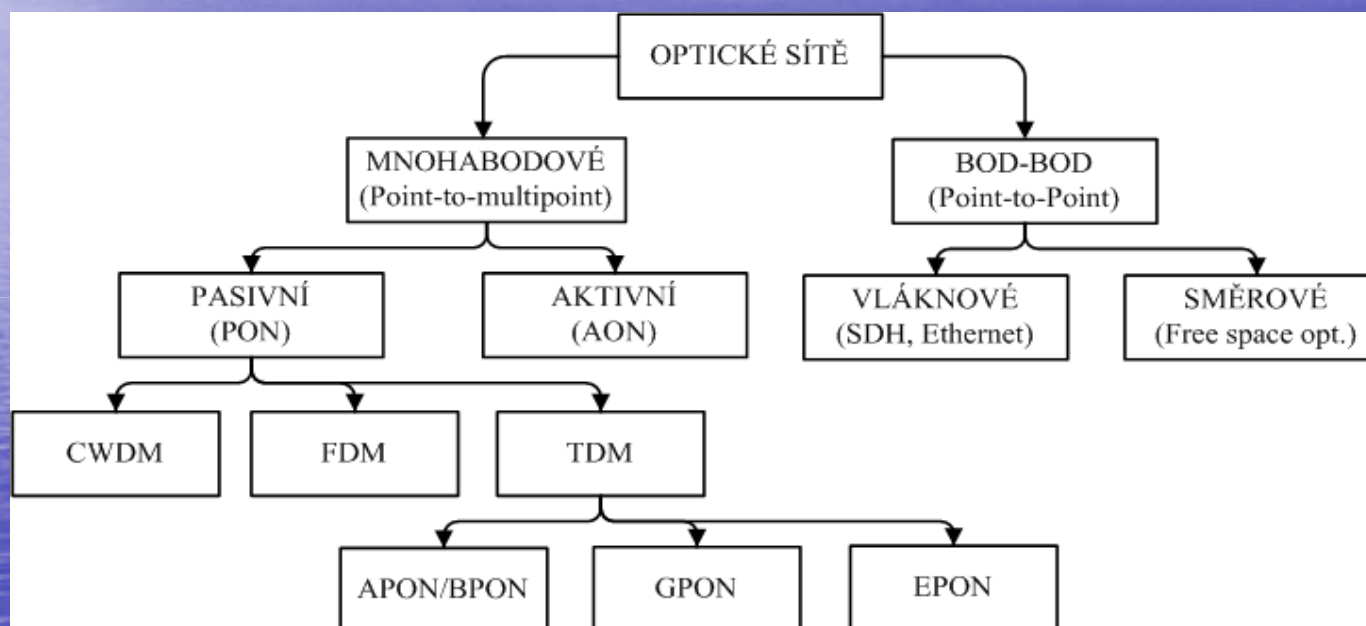
Optické vlákna - výhody

- **Hmotnosť** 1000 skrúcaných metalických párov je **8000 kg/km**, zatiaľ čo hmotnosť 912 optických vlákien je **495 kg/km**.
- Metalické káble zaberajú **väčší fyzický priestor** než podobné množstvo optických vlákien.
- **Náklady** na optické vlákna /km sú porovnateľné s káblami so skrúcanými metalickými párami a koaxiálnymi káblami s podobnými dĺžkami a podobným množstvom žíl. **Prenosová kapacita** optického vlákna je **významne vyššia**.

Optické vlákna - výhody

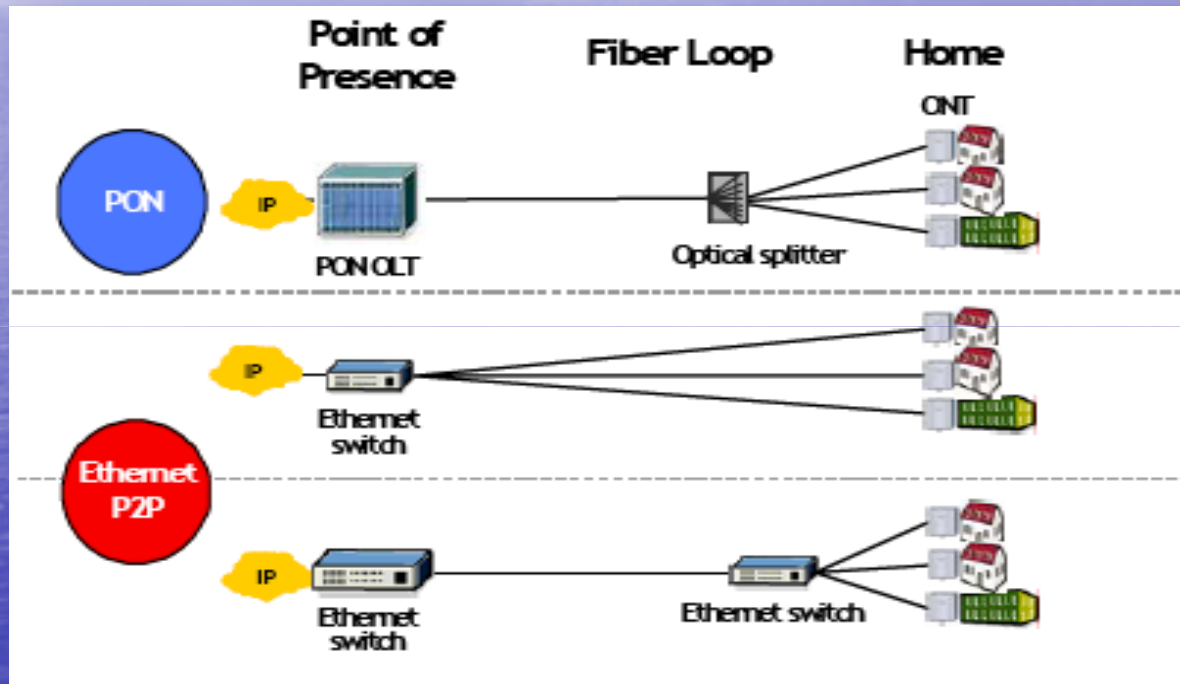
- Prevádková rýchlosť v optickom vlákne je najvyššia v porovnaní s inými širokopásmovými spojeniami.
- **Jedno metalické** účastnícke vedenie je schopné preniesť **6 telefónnych volaní**.
- **Jedno optické** účastnícke vedenie môže súčasne preniesť až **2,5 milióna telefónnych volaní**.

Optické siete



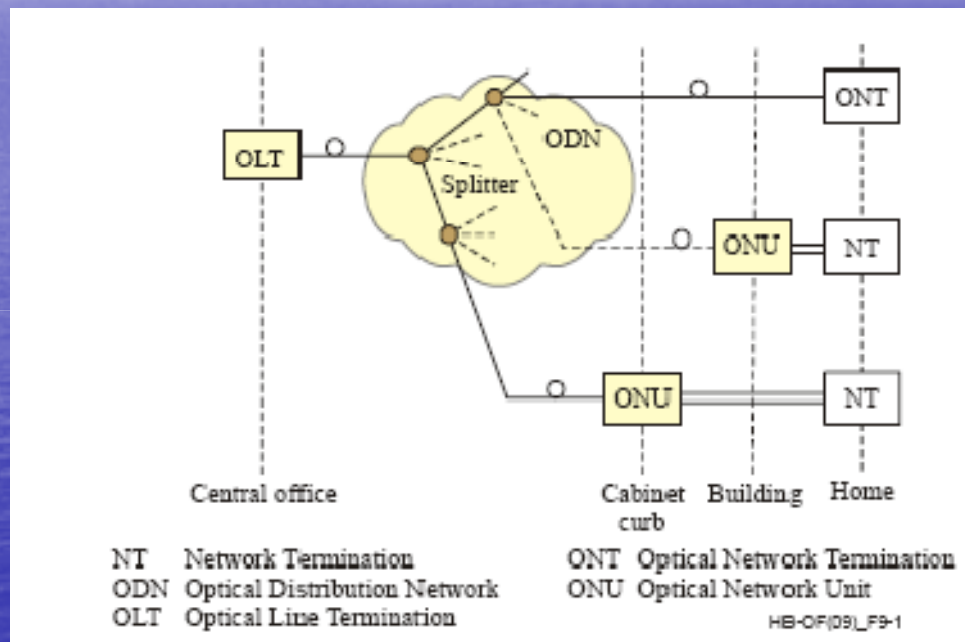
Zdroj: cvut.cz

Topológia PON, P2P



Zdroj: FTTH Council Europe

Optický distribuční systém



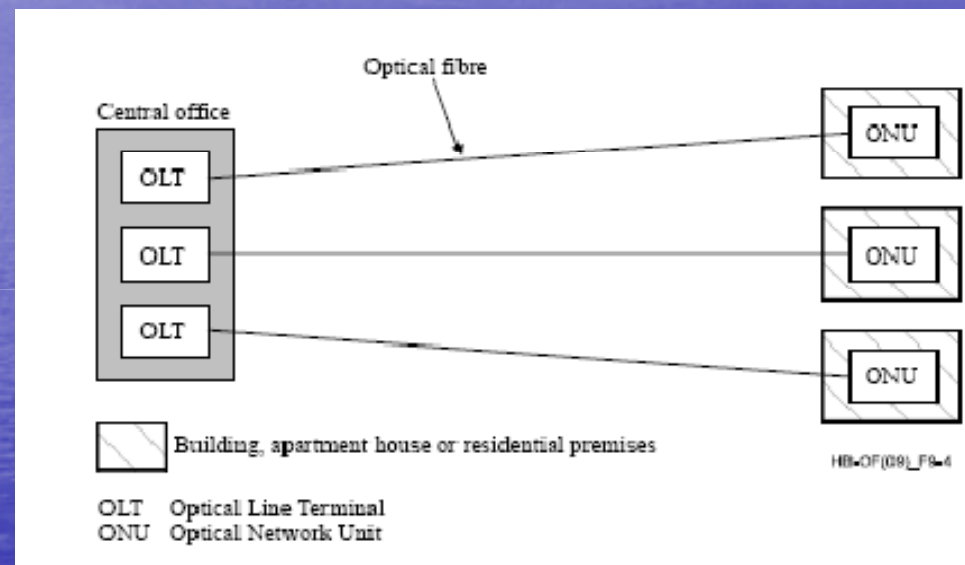
Zdroj: ITU.int

Prostriedky optickej prípojky

- **Optická distribučná sieť ODN**, je fyzická sieť prepájajúca **OLT** s **ONU**.
- **Zakončenie optického vedenia OLT**, je zariadenie, ktoré ukončuje spoločný koncový bod **ODN**.
- **Zakončenie optickej siete ONT**, je účastnícke zariadenie, ktoré zakončuje akýkoľvek jeden distribuovaný koncový bod **ODN**. **ONT** je špeciálny prípad **ONU**.
- **Jednotka optickej siete ONU**, je generický výraz vyznačujúci zariadenie, ktoré zakončuje akýkoľvek jeden distribuovaný koncový bod **ODN**.

Telekomunikačné stavby
III, 25.11.2010,
Bratislava

Topológia bod-bod



Zdroj: ITU-int

P2P - výhody

- Každý používateľ má **vyhradený spoj**. Rýchlosti v doprednom a spätnom smere nie sú ovplyvňované inými používateľmi.
- Jednotlivé spojenia sa môžu **modernizovať** výmenou laseru na obidvoch stranách spojenia. Ak koncový používateľ využíva spoj **100 Mbit/s** a chce zvýšiť prenosovú rýchlosť, je to možné výmenou vysielacích laserov na obidvoch stranách na **1 Gbit/s** alebo **10 Gbit/s**.
- Ďalšie zvýšenie rýchlosti je možné použitím technológie **WDM** a pridaním potrebných protokolov vrstvy dátového spoja.

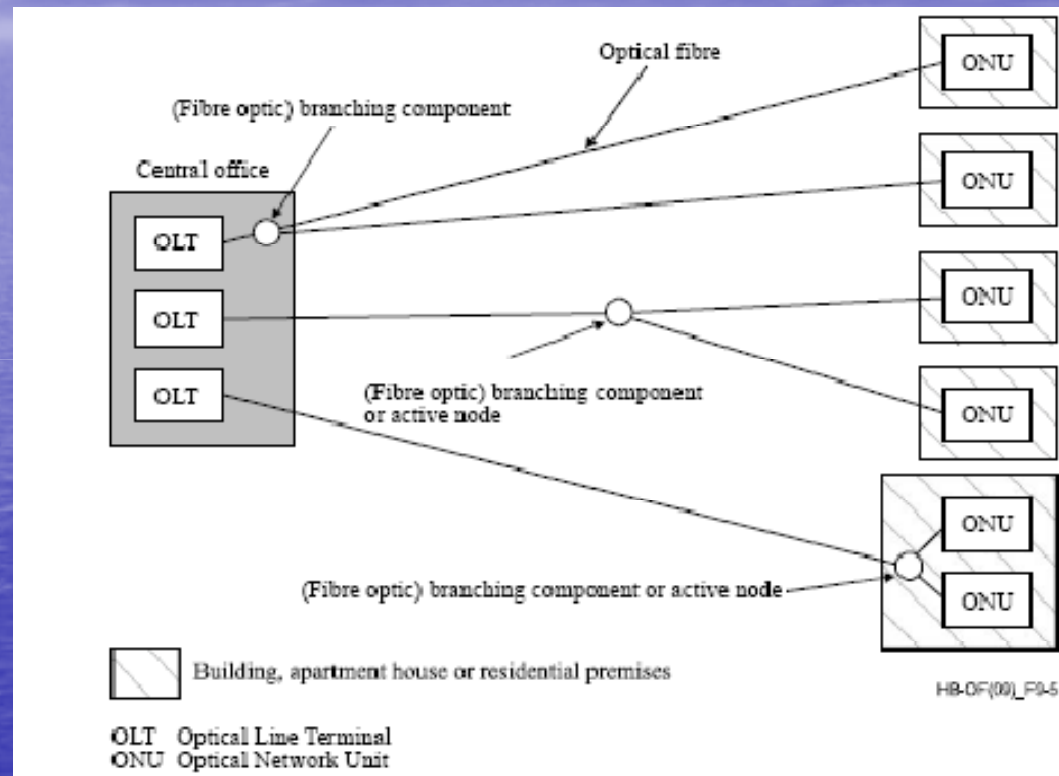
P2P - výhody

- **Jednoduché a lacné prepínače** v sieti. V prepínači nie je potrebné rýchle šifrovanie na oddelenie prevádzky rozličných používateľov.
- **Ethernet** je rovnaký protokol vrstvy dátového spoja, ktorý sa používa v LAN a umožňuje jeho jednoduchú integráciu.

P2P - nevýhody

- Požaduje **centrálny prepínač** s vyhradeným portom na účastníka. Zvýšia sa náklady v oboch lokalitách prepínania a za prepínače.
- Na zriadenie je potrebných **viac optických vlákien** v porovnaní s kruhovou topológiou, čo zvyšuje náklady.
- **Nie je ešte navrhnutý systém**, ktorý umožní integrovať analógový TV kanál do rovnakého optického vedenia. Využívanie niektorých zariadení teda viedlo k **vyhradeniu samostatných optických vedení** pre analógovú TV v rovnakom kábli. Tým sa zvyšujú náklady na účastníka.

Topológia bod-multibod



Zdroj: ITU.int

Telekomunikačné stavby
III, 25.11.2010,
Bratislava

PON - výhody

- Využívanie optického vedenia si vyžaduje **nižšie investície** v sieti. Existuje zapojenie, kde sa používa v centrálnom prepínači optická výhybka, ktorá umožňuje vytvoriť PON na vedení bod - bod, tento model nie je určený len pre optické vedenia, ale umožňuje jeden optický port využívať **16 až 64** účastníkmi.
- **Jeden optický port** v ústredni, lacnejší prenosový hardvér a menšia údržba.

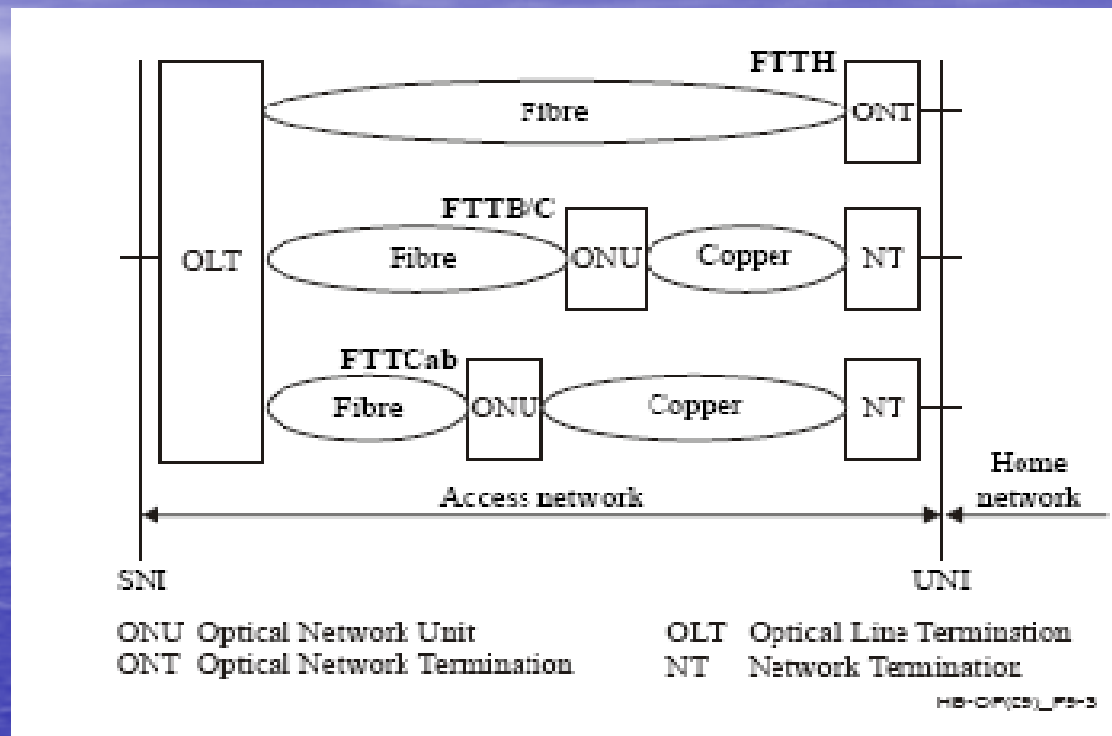
PON - výhody

- **Menší pôdorys** pre centrálné zariadenie než pri topológii bod - bod.
- Je možné využiť parametre vlákna pre **pridanie nových používateľov**.
- Prenos na vzdialenosť do **60 km** s pripojením **64 účastníkov**.

PON - nevýhody

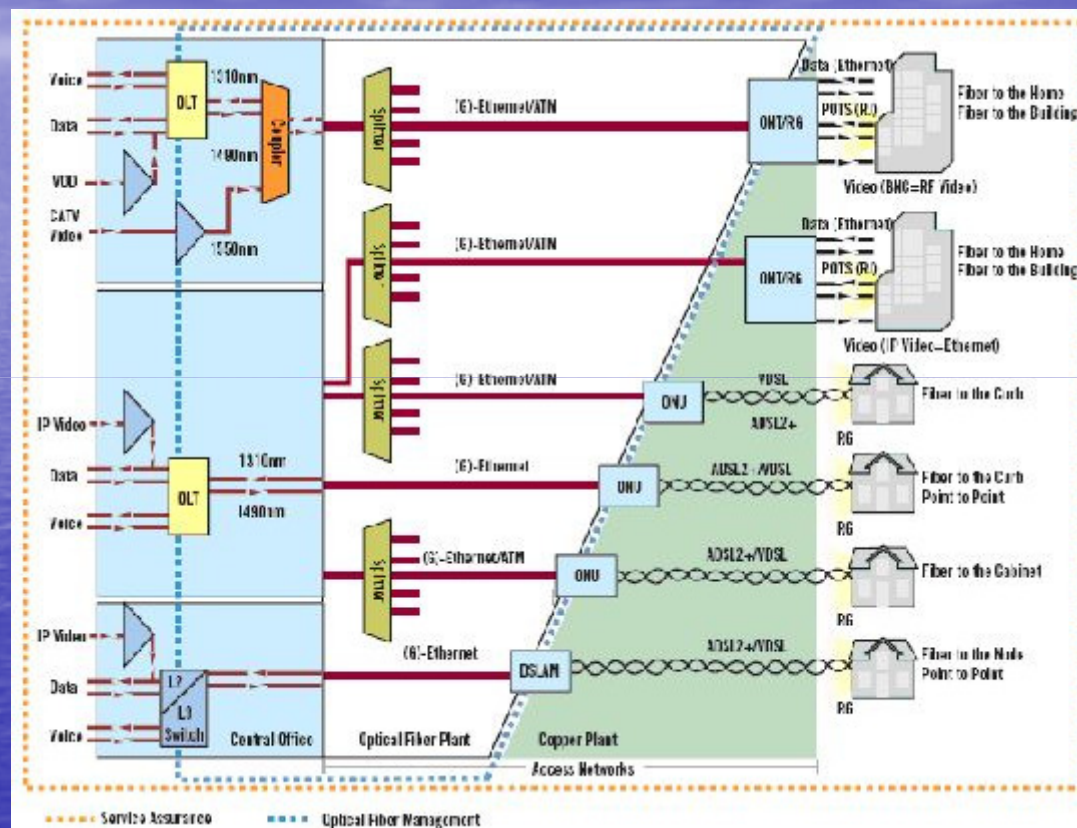
- **Spoločne využívaná šírka pásma**, jeden aktívny používateľ môže ovplyvniť ostatných používateľov.
- **Zložitejšie sa aktualizuje** vyššia šírka pásma jednotlivým koncovým používateľom. Aktualizácia sa musí vykonať u všetkých.
- **Centrálne prepínače** požadujú logiku a kódovanie na integrovanie a oddelenie zákazníckych tokov. Mnoho systémov využíva **trojfarebný systém** (tri vlnové dĺžky), kde **dve farby** sú použité v spätnom smere (jedna pre internetové dáta a jedna pre TV vysielanie (analogové a digitálne) a **jedna farba** na internetové dáta v doprednom smere.

FTTx



Zdroj: ITU.int

FTTx



Zdroj: jdsu.com

Telekomunikačné stavby
III, 25.11.2010,
Bratislava

FTTH

Zariadenia prístupových sietí by mali byť navrhnuté tak, aby umožnili migráciu od technológie **FTTN** k **FTTH** vo všetkých častiach prístupovej siete. Podľa toho, do akej vzdialenosti od lokality koncového používateľa je optické vlákno privedené, sú významné dve hlavné formy technológie FTTx:

- **FTTH** - optické vlákno privedené do domácnosti obsahuje aj variant optického vlákna privedeného do budovy **FTTB**, kde je optické vlákno ukončené v koncentračnom bode v blízkosti budovy,
- **FTTC** - optické vlákno privedené do rozvádzača a **FTTN**, kde je optické vlákno privedené do uzla.

FTTH

Optické vlákno sa dostáva až do účastníckeho obydlija. Umožňuje prenos v spätnom smere (k účastníkovi) rýchlosťou **70 Mbit/s** alebo viac so súčasnými technológiami a z hľadiska budúcnosti neobmedzenú šírku pásma.

Umožňuje široký rozsah konfigurácií vrátane symetrickej vysokej šírky pásma a garantovanú šírku pásma. Realizácia je bod-bod (**P2P**) alebo bod-viacbodov (**PON**).

Realizácia **P2P** má výhodu, že účastník zdieľa celú šírku pásma zatiaľ čo ako účastník **PON** používa zdieľanú šírku pásma s ostatnými účastníkmi.

FTTN

V FTTN sa používa: **optické vedenie (vlákno)** na pripojenie do sieťového rozvádzača a ďalej ku koncovému užívateľovi sa používa **metalické vedenie**.

Technológia umožňuje rýchlosť v spätnom smere **20 Mbit/s** (teoretický **100 Mbit/s**) a do **5 Mbit/s** v doprednom smere podľa dĺžky a kvality časti účastníckeho vedenia.

FTTH

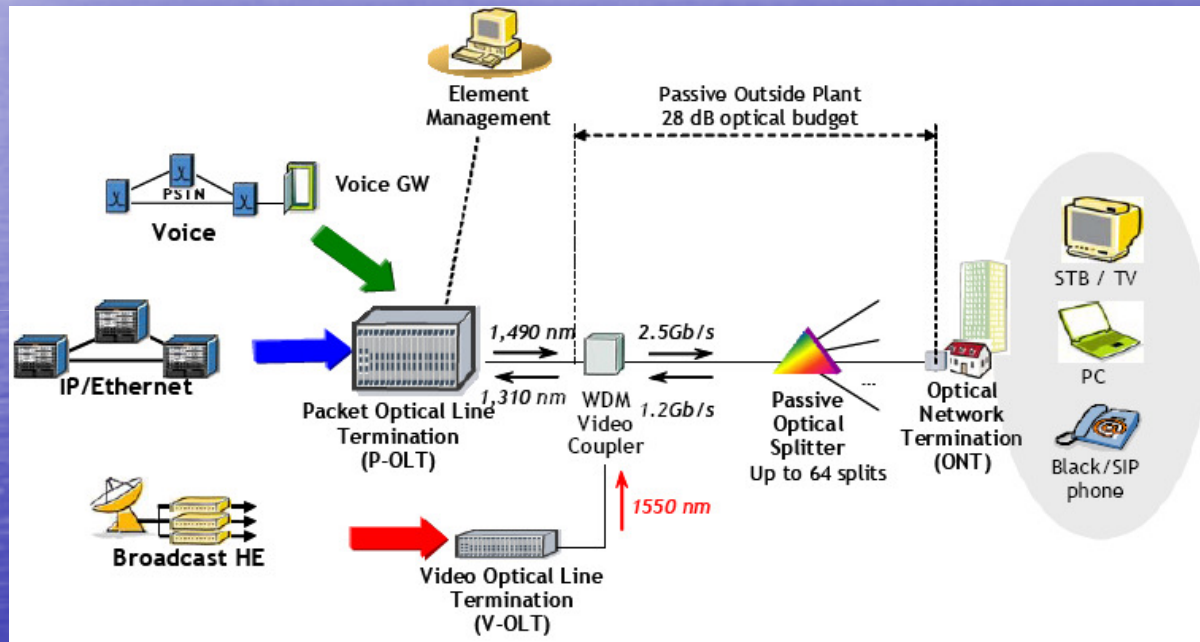
Požadované investície v tejto účastníckej prípojke FTTH/GPON sa rozdelia na:

- **káble s optickými vláknami** nahradzujúcimi metalické vedenia.
- **zariadenia ukončujúce prípojku** v uzle služby.
- **pasívne optické výhybky.**
- **vnútorné rozvody** v domácnosti.
- **zariadenia ukončujúce prípojku** v domácnosti.

Technológie PON

Parameter	BPON	EPON	GPON
Norma	ITU-T G.983	IEEE 803.2ah	ITU-T G.984
Šírka pásma	Spätný smer do 622 Mbit/s Dopredný smer do 155 Mbit/s	Symetrická 1,25 Gbit/s	Spätný smer do 1,25 Gbit/s Dopredný smer do 2,5 Gbit/s
Vinová dĺžka (nm) v spätnom smere	1490 a 1550	1550	1490 a 1550
Vinová dĺžka (nm) v doprednom smere	1310	1310	1310
Prenosová technológia	ATM	Ethernet	ATM, Ethernet, TDM

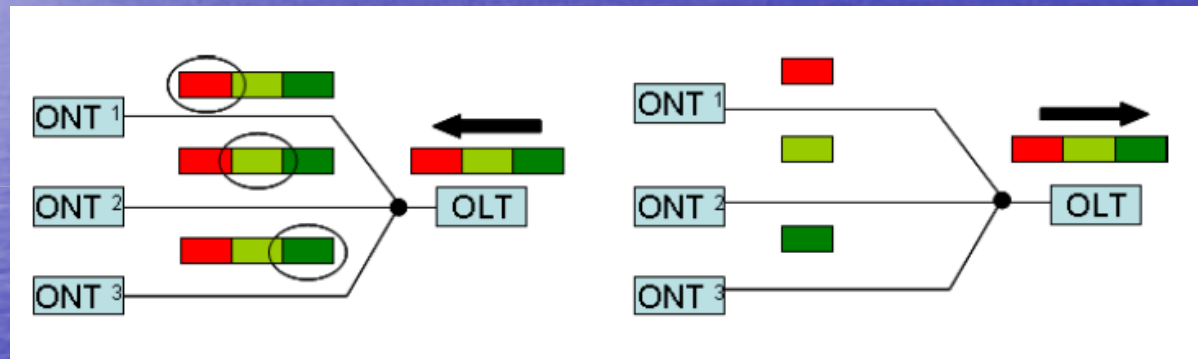
GPON



Zdroj: EXFO.com

Telekomunikačné stavby
III, 25.11.2010,
Bratislava

Komunikácia v PON



Zdroj: FTTH Council Europe

Komunikácia v PON

Komunikácia **TDM/TDMA**.

Aby nedochádzalo k odposluchu používateľských dát určených pre iné jednotky, zaviedlo sa pre prenášané rámce v spätnom smere ich **šifrovanie** a systém **výmeny zabezpečovacích kľúčov**.

V doprednom smere toto riziko nehrozí, potenciálny útočník by musel priamo narušiť štruktúru optickej siete.

Komunikácia v PON

Na zabezpečenie prenášaných dát sa používa štandard **AES** (*Advanced Encryption Standard*), čo je bloková šifra s dĺžkou **16 bajtov**.

Šifrujú sa **len používateľské dáta v spätnom smere**, záhlavie rámcov a iných dátových jednotiek a používateľské dáta v doprednom smere sa prenášajú nešifrované.

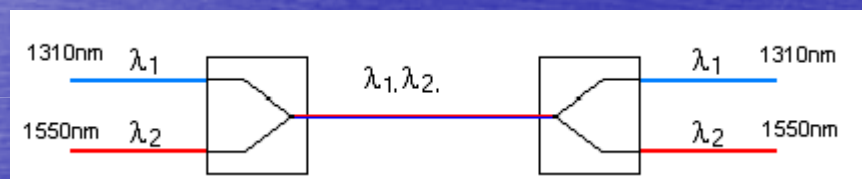
Použité kľúče majú **dĺžku 128, 192 alebo 256 bajtov**, pre siete **GPON** sa využívajú kľúče s dĺžkou **128 bajtov**.

Komunikácia v PON

Ďalším mechanizmom na zabezpečenie prenášaných dát - korekcia chýb sa používa **Reed-Solomonovo kódovanie (*Reed-Solomon FEC*)**, konkrétne kódovanie **RS (255, 239)**.

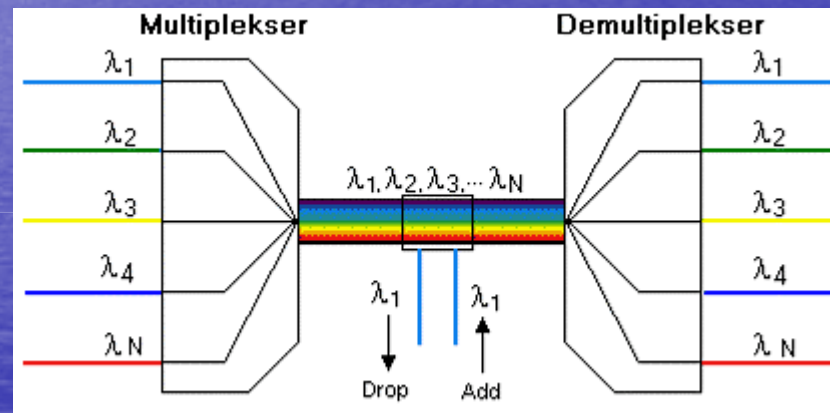
Po každých **239** bajtoch prenesených dát sa prenáša **16** redundatných zabezpečujúcich bajtov.

Princíp WDM



Zdroj: cellco.com.pl

Princíp optickej výhybky



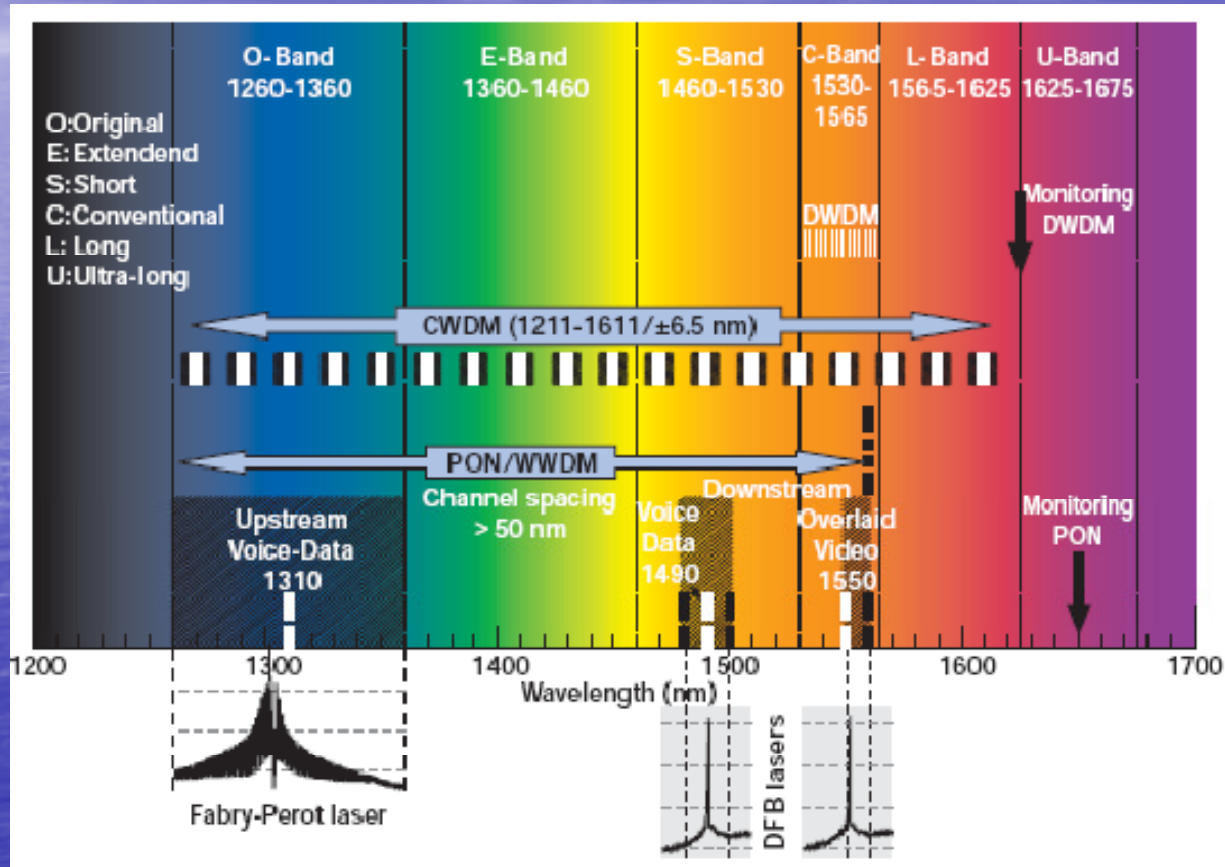
Zdroj: cellco.co.pl

WDM

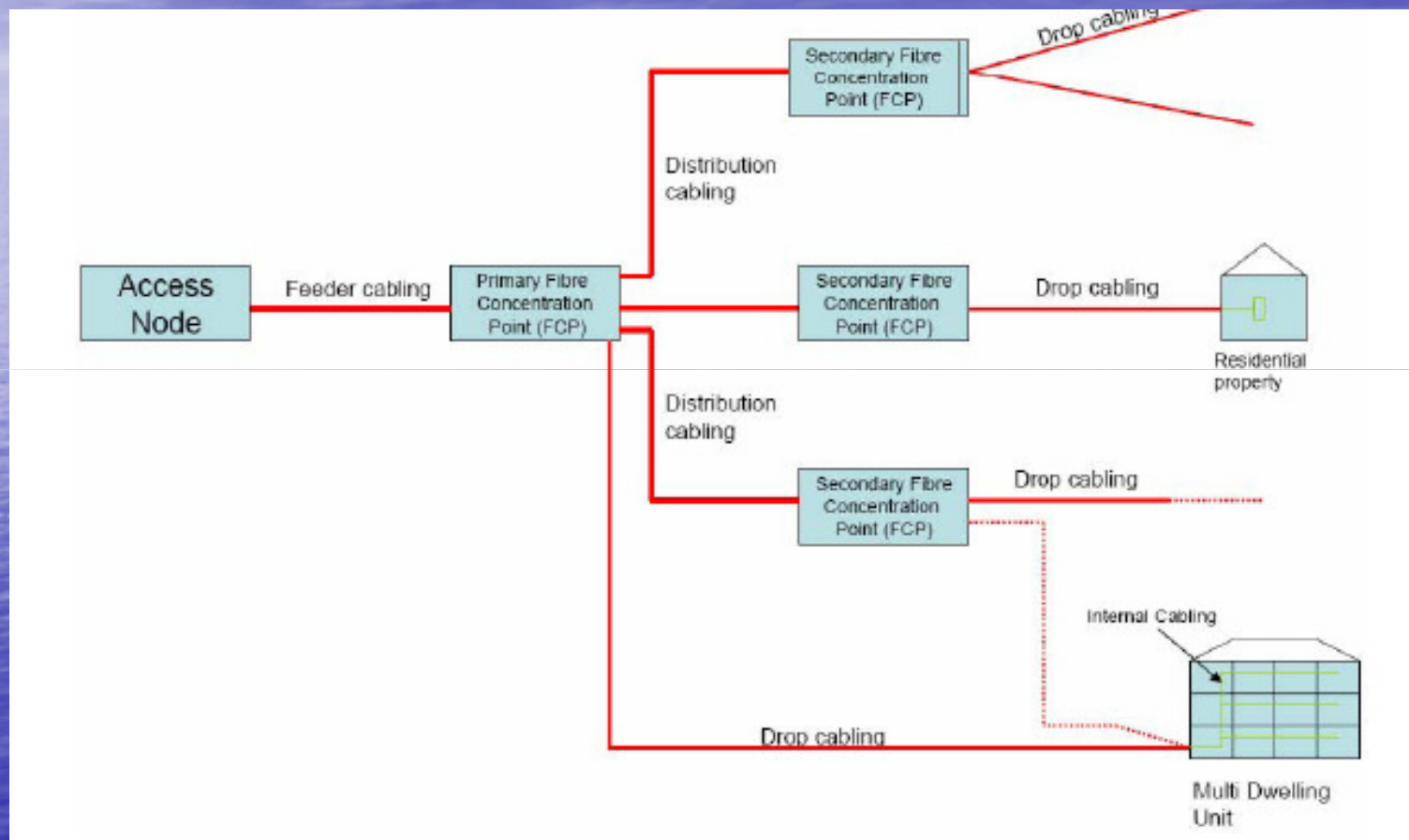
Podľa odporúčania ITU-T G.671 sú WDM rozdelené do troch kategórií:

- **CWDM (coarse WDM)** s odstupom kanálov menším ako 50 nm, ale väčším ako 1000 GHz (8 nm pri 1550 nm a 5,7 nm pri 1310 nm).
- **DWDM (Dense WDM)** s odstupom kanálov menším alebo rovným 1000 GHz.
- **WWDM (wide WDM)** s odstupom kanála väčším alebo rovným 50 nm.

Optické pásma



Architektúra FTTH



Architektúra FTTH

- prístupový uzol,
- medziuzlový káblový rozvod,
- primárny optický koncentračný bod,
- distribučný káblový rozvod,
- sekundárny optický koncentračný bod,
- účastnícky káblový rozvod,
- vnútorný káblový rozvod na účastníckej strane.

Predmet regulácie

Kábelovody

Poskytovatelia maloobchodných a veľkoobchodných služieb môžu spoločne využívať kábelovody v prístupovej sieti pokrývajúce významný región tak, že zatahnú alebo zafúknu svoje káble s optickými vláknami do spoločne využívaných kábelovodov.

Predmet regulácie

Optické vlákno

Poskytovatelia maloobchodných a veľkoobchodných služieb môžu využívať sieť FTTH pripojením sa na rozhranie fyzického média (nenasvietené vlákno) a môžu ponúkať svoje služby v konkurenčnom prostredí.

Predmet regulácie

Vlnová dĺžka

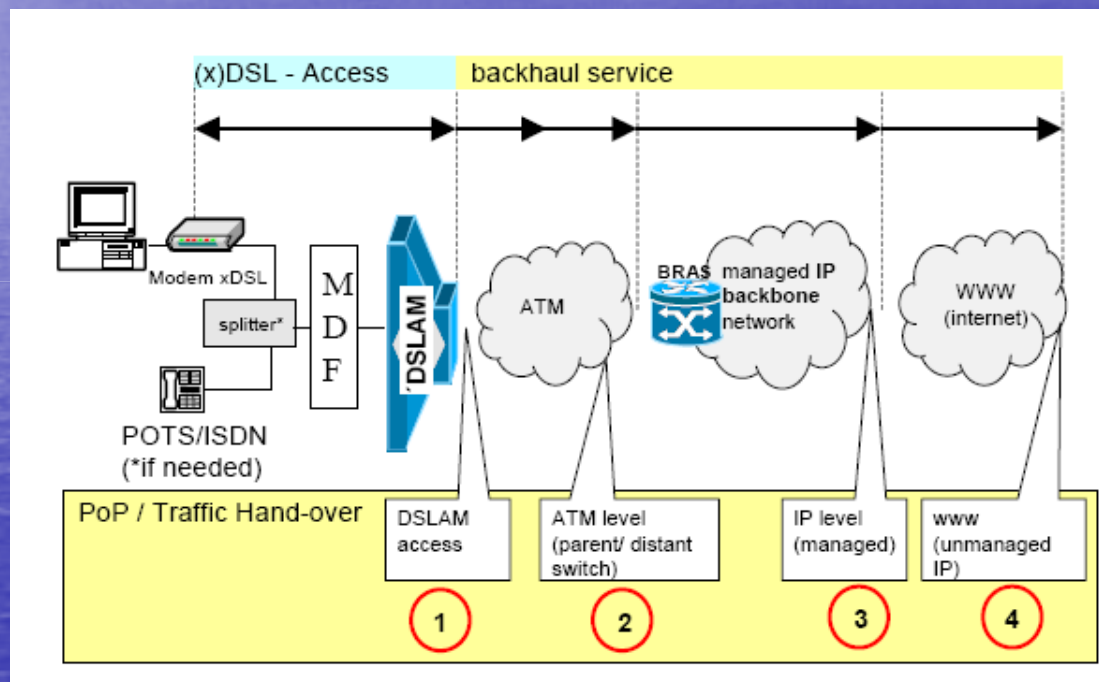
Poskytovatelia maloobchodných a veľkoobchodných služieb môžu používať sieť FTTH pripojením sa na rozhranie vrstvy vlnovej dĺžky a ponúkať svoje služby v konkurenčnom prostredí.

Predmet regulácie

Paket

Poskytovatelia maloobchodných a veľkoobchodných služieb môžu používať sieť FTTH pripojením sa na rozhranie paketovej vrstvy (prístup k dátovému toku) a ponúkať svoje služby v konkurenčnom prostredí koncovým používateľom.

Regulácia VOT4, VOT 5, (VOT 6)



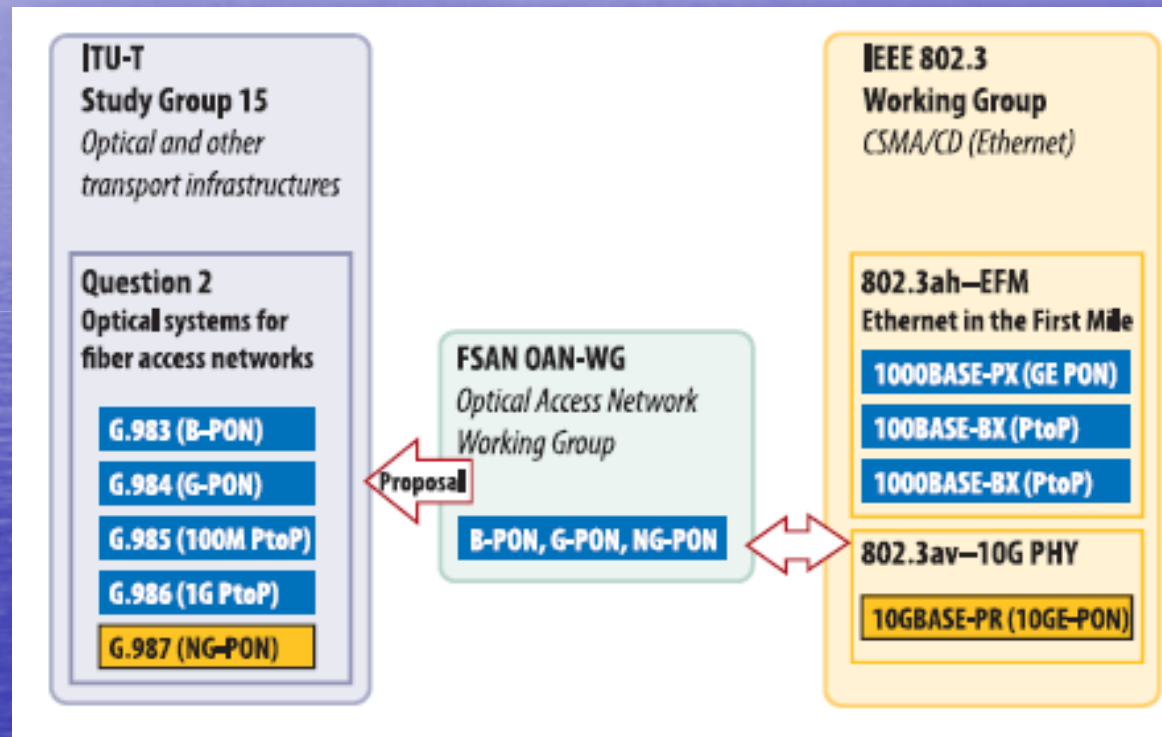
Zdroj: ek.eu

Pravidlá budovania vnútorných rozvodov



Telekomunikačné stavby zdroj: ARCEP.fr
III, 25.11.2010,
Bratislava

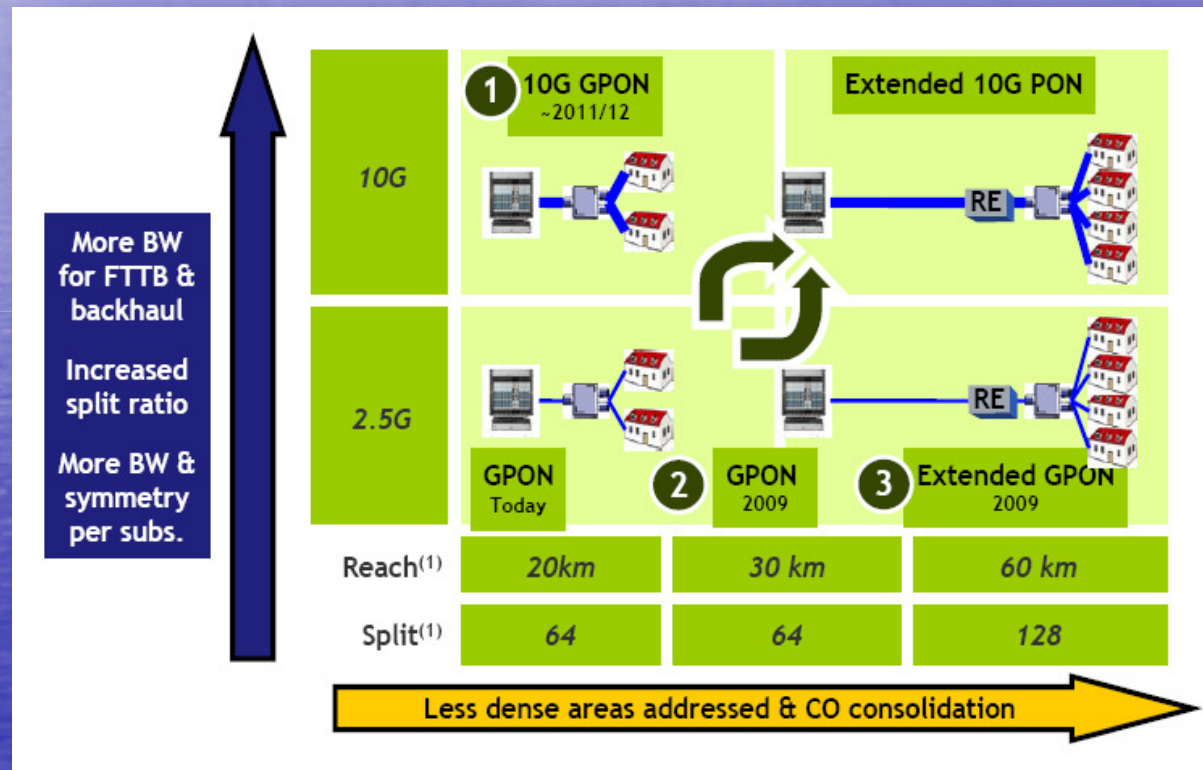
ITU-T, IEEE



Zdroj: FTTH Council Europe

Telekomunikačné stavby
III, 25.11.2010,
Bratislava

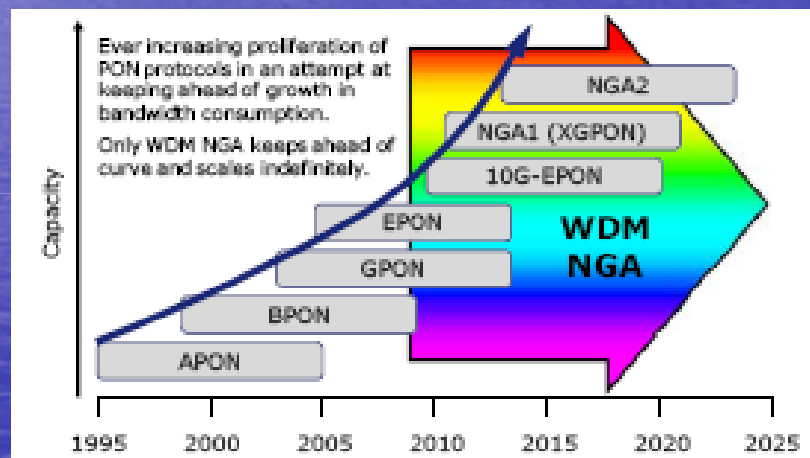
Vývoj GPON



Zdroj: EXFO.com

Telekomunikačné stavby
III, 25.11.2010,
Bratislava

Vývoj NGA



Zdroj: EXFO.com

NGA

Pre NGA sú definované dve etapy vývoja: **NGA1 a NGA2.**

NGA1 je kompatibilná s GPON podľa ITU-T G. 984.5. Očakáva sa GPON **so zvýšeným dosahom**, ale nie sú ešte dopracované podrobnosti.

Pre NGA1 sa uvažuje s variantmi:

- **XGPON 1**, ktorý umožňuje dátové rýchlosti do **10 Gbit/s** v spätnom smere a **2,5 Gbit/s** v doprednom smere.
- **XGPON2** so symetrickou rýchlosťou **10 Gbit/s** v oboch smeroch.
- **WDM** na realizáciu PON a topológiu bod-bod na rovnakom vlákne v pásmach definovaných v ITU-T G.984.5.

NGA

ITU-T nepredpokladá, že pre **NGA2** bude optická distribučná sieť tvorená GPON.

Zariadenia budú dostupné v roku 2015.

Môže využívať **novú optickú sieť**, s možnosťou multiplexovania vlnových dĺžok (**WDM**) namiesto pasívnych výhybiek na oddelenie účastníkov rôznymi vlnovými dĺžkami v rovnakej ODN.

Realizácia NGA

NGA sú prístupové siete, ktoré boli podstatne **zdokonalené** jednak celé alebo len ich časť, pomocou **existujúcich infraštruktúr** prístupových sietí a technológií a pomocou **nových infraštruktúr** s optickými vláknami schopných **doručiť širokopásmové služby** so šírkou pásma, ktorá výrazne presahuje súčasné možnosti.

Existuje niekoľko možných variant pre realizáciu NGA, ale používajú sa dve najpoužívanejšie architektúry pripojenia v závislosti na vzdialenosti optického vlákna od miesta koncového používateľa:

- **FTTH** (vlákno do domácnosti) spolu s **FTTB** (vlákno do budovy) - **realizácia nových sietí**,
- **FTTN** (vlákno do uzla) spolu s **FTTC** (vlákno do rozvádzača) - **využívanie pôvodných metalických vedení**.

Telekomunikačné stavby III

Ďakujem za pozornosť

Kontakt: **e-mail: milankov@vus.sk**
telefón: 048 4324 211
telefax: 048 4161 163

Telekomunikačné stavby
III, 25.11.2010,
Bratislava