Problematika pasívnych optických sietí

Ing. Juraj SUJA, PhD., IES s.r.o., Bratislava

ABSTRAKT:

Prezentácia a článok pojednáva o základných komponentoch pasívnych optických sietí. Má za úlohu oboznámiť, zorientovať a uviesť čitateľa a poslucháča do problematiky pasívnych optických sietí. Nemá za cieľ podať úplnú informáciu vzhľadom na obsiahlosť danej problematiky. V závere prezentácie je uvedený stručný návrh PON siete ako aj doporučená literatúra pre podrobnejšie štúdium.

1. ÚVOD

Prevádzkovatelia prístupových dátových sietí musia neustále zvažovať, ktorá prístupová platforma je z hľadiska prevádzky, požiadaviek, výnosov a v poslednej dobe aj z hľadiska vplyvov na životné prostredie najefektívnejšia, pričom operátori a aj užívatelia očakávajú neustále zvyšovanie požiadaviek na zlepšenie poskytovaných služieb. PON sa tak stala preferovanou voľbou ako pre malých tak aj pre veľkých operátorov poskytujúcich akýkoľvek druh služieb prostredníctvom dátových sietí. Pri návrhu treba však vziať do úvahy osobitne očakávané požiadavky v korporátnej a súkromnej sfére, ktoré vyplývajú z povahy využívania služieb (1).

Pasívna optická sieť (ďalej PON) môže prostredníctvom jedného optického vlákna distribuovať hlas, video a dáta k užívateľovi. PON teda poskytujú riešenie, ako priviesť vysokorýchlostné optické pripojenie bližšie k užívateľovi. Implementácia PON znamená použitie:

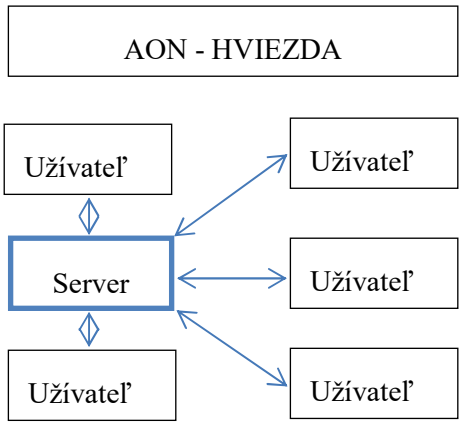
- pasívneho optického sieťového terminálu (OLT), ktorý je umiestnený typicky v serverovni resp. dátovom centre posyktovateľa služieb
- pasívneho optického sieťového rozdeľovača - splitra, ktorý je umiestnený v telekomunikačnej skrinke na každom poschodí
- pasívneho optického sieťového terminálu (ONT), ktorý je umiestnený v blízosti koncového používateľa

2. DEFINÍCIA PASÍVNEJ OPTICKEJ SIETE - PON.

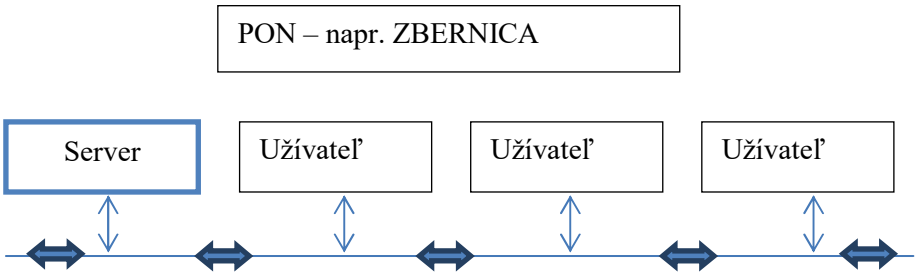
PON je typ optickej vláknovej mnohobodovej infraštruktúry (bud multibod) pracujúcej v neviditeľnej (infračervenej) oblasti spektra s úplne pasívnou optickou distribučnou sieťou.

PON je primárne určená na budovanie prístupových FTTx sietí. V poslednej dobe sa začína uplatňovať aj pri budovaní lokálnych dátových sietí napr. v administratívnych budovách z dôvodu predpokladanej ceny inštalácie. Je často nazývaná aj ako technológia „poslednej míle (last mile) medzi poskytovateľom služieb – najmä ISP a užívateľom (2).

3 PASÍVNA OPTICKÁ SIEŤ VS AKTÍVNA OPTICKÁ SIEŤ



Obr.1 Aktívna optická sieť



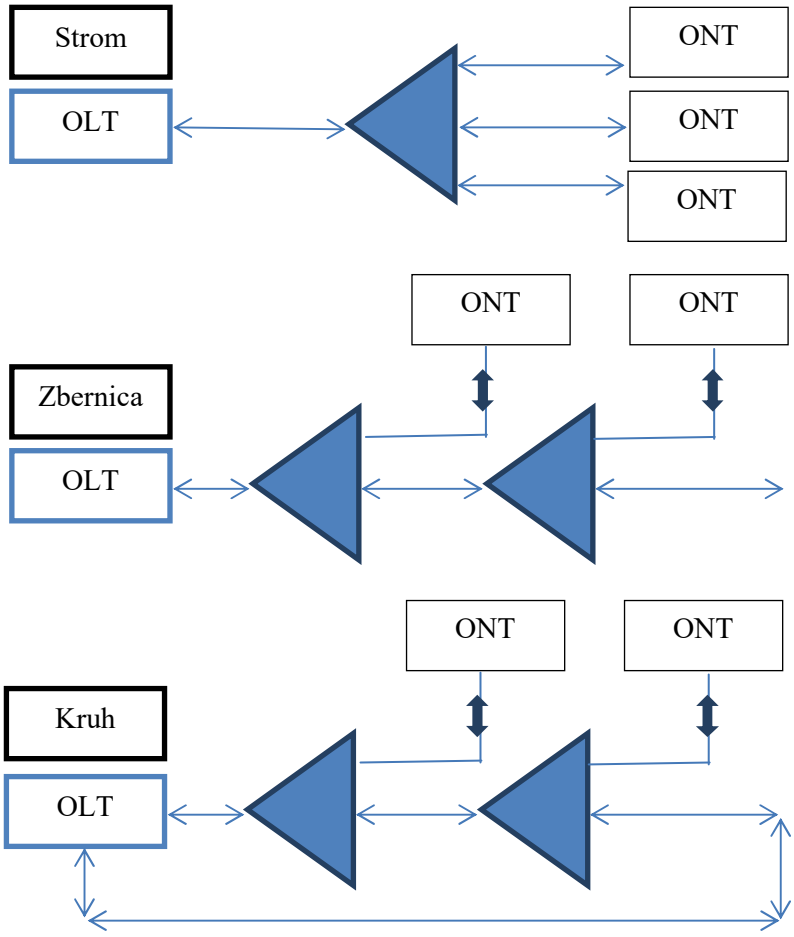
Obr.2 Pasívna optická sieť

3.1.1 Aktívna optická sieť

V topológii aktívnej optickej siete P2P (bod bod) má každý užívateľ vyhradenú optickú trasu, ktorá je obyčajne tvorená jedným alebo dvomi optickými vláknami. Šírka pásma medzi užívateľmi teda nie je zdieľaná, čo má za následok použitie vysokého počtu optických vlákien a aktívnych prvkov v sieti. Šírka pásma a prenosová rýchlosť nie je obmedzená počtom užívateľov, pretože každý užívateľ má pre svoje účely vyhradenú jednu optickú trasu, ktorá je tvorená jedným alebo dvomi optickými vláknami.

3.1.2 Pasívna optická sieť

Topológia pasívnej optickej siete môže byť strom, zbernica alebo kruh. V tejto topológii je jedno optické vlákno rozdelené splitrom obyčajne s deliacim pomerom 1:2 až 1:32, v špeciálnych prípadoch pri viacstuňovom splitrovaní až na 256 vlákien. To ale znamená, že šírka pásma a teda aj prenosová rýchlosť je medzi užívateľmi zdieľaná. Čím vyšší je počet užívateľov na jedno optické vlákno, tým nižšia môže byť maximálna šírka pásma a teda aj prenosová rýchlosť.



Obr. 3 Topológia pasívnej optickej siete. Strom, zbernica, kruh.

4 ŠTANDARDY PRE PON

- ATM PON – APON (ITU-T G983)
- Broadband PON – BPON (ITU-T G983)
- **Gigabit PON – GPON (ITU-T G984),** v súčasnosti najpoužívanejšia technológia na Slovensku nielen medzi alternatívnymi operátormi
- **Ethernet PON – EPON (IEEE 802.3ah)**
- 10 Gigabit EPON – 10GEPON (IEEE 802.3av)
- X Gigabit PON – XGPON (ITU-T G987)

1) **ITU-T** - medzinárodná telekomunikačná únia – telekomunikačný štandardizačný sektor
2) **IEEE** - Inštitút pre elektrotechnické a elektronické inžinierstvo

Obr.4 Logo ITU

Obr.5 Logo IEEE

	BPON	EPON	GPON	10G PON	XG-PON
Štandard	ITU-T Rec G983.x	IEEE 802.3ah	ITU-T Rec G984.x	IEEE 802.3av	ITU-T Rec G987.x
Vlnová dĺžka down stream	1490 nm	1490 nm	1490 nm	1577 nm	1577 nm
Vlnová dĺžka up stream	1310 nm	1310 nm	1310 nm	1270/1310 nm	1270 nm
Typická prenosová rýchlosť	622,08 Mbps DS, 155,52 Mbps US	1Gbps symetricky	2,488 Gbps DS, 1,244 Gbps US	10 Gbps DS, 1 alebo 10 Gbps US	9,952 Gbps DS, 2,488 Gbps US
Vlnová dĺžka 1550 nm osobitne napr. pre RF video					

Tab.1 PON štandardy a základné vlastnosti.

5 ÚTLMOVÉ TRIEDY PON

Útlmová trieda	Podporované varianty PON		
Trieda A: 5-15 dB	APON	BPON	GPON
Trieda B: 10-25 dB			
Trieda C: 15-30 dB			
Trieda B+: 13-28 dB			
Trieda C+: 17-32 dB			
Typ 1:5-20(19,5) dB	EPON		
Typ 2:10-24(23,5) dB			
PR10, PRX10:5-20 dB	10GPON		
PR20, PRX20:10-24 dB			
PR30, PRX30:15-29 dB			
Nominal 1:14-29 dB	XG-PON		
Nominal 2:16-31 dB			
Nominal 3:18-33 dB			
Nominal 4:20-35 dB			

Tab.2 Útlmové triedy PON

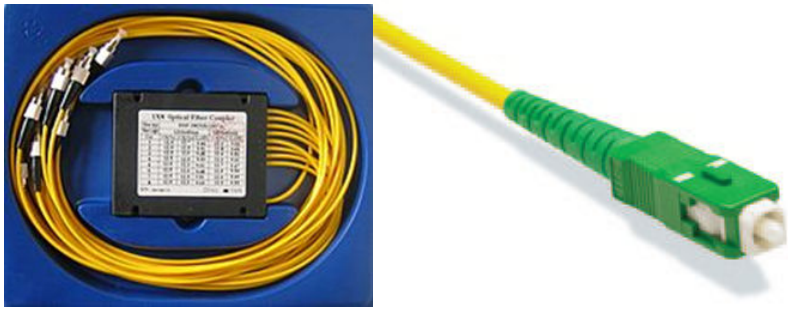
6 ZÁKLADNÉ PRVKY PASÍVNYCH OPTICKÝCH SIETÍ

- Optická distribučná sieť – ODN
- Optická prístupová sieť – OAN
- Optické linkové ukončenie – OLT
- Optické sieťové ukončenie – ONT
- Optická sieťová jednotka – ONU

6.1.1 Optická distribučná sieť – ODN

Optická distribučná sieť – ODN, súbor všetkých prenosových prostriedkov a optických prvkov na trase medzi koncovými optickými jednotkami:

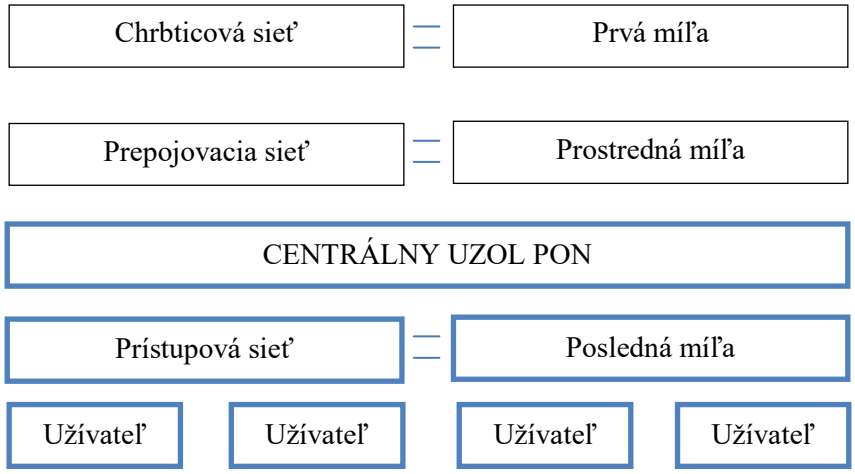
- optické vlákna, konektory, splitre, spojky, zvary, patch panely, rozvádzače...



Obr.6 Splitter (rozdeľovač) a SCA konektor

6.1.2 Optická prístupová sieť – OAN

Optická prístupová sieť – OAN, súbor optických distribučných sietí pripojených do jedného centrálneho uzla.



Obr.7 Optická sieť (PON=centrálny uzol až užívateľ)

6.1.3 Optické linkové ukončenie – OLT

Optické linkové ukončenie – OLT, centrálny prvok PON siete, ukončuje PON na strane operátora, riadi PON sieť, zebezpečuje konverzie protokolov medzi PON a chrbticovou sieťou.

Obr.8 Optické linkové ukončenie – OLT, môže byť aj v šasi prevedení

6.1.4 Optické sieťové ukončenie – ONT

Optické sieťové ukončenie – ONT – zariadenie na strane užívateľa, zabezpečuje konverziu protokolov PON na ethernet – typicky.

6.1.5 Optická sieťová jednotka – ONU

Optická sieťová jednotka – ONU, oproti ONT môže realizovať pripojenie koncového užívateľa prostredníctvom následnej metalickej alebo bezdrôtovej siete (rôzne typy hybridných prípojok, napr WIFI a pod.).

Obr.9 Optické sieťové ukončenie - ONT

Obr.10 Optická sieťová jednotka – ONU

7 PASÍVNE KOMPONENTY PASÍVNYCH OPTICKÝCH SIETÍ

- Konektory, pigtaily, spojky, zvary
- Optické káble
- Splitre

7.1.1 Pasívne optické rozbočovače – splittre.

Pasívne optické rozbočovače rozdeľujú optické vlákno podľa deliaceho pomeru na viac optických vlákien. **Do optickej trasy vkladajú najväčší útlm**. Rozdeľujeme ich podľa spôsobu výroby na:

- Fúzne (FBT)
- Planárne (PLC)
- Pasívne optické rozbočovače delíme podľa deliaceho pomeru na:
- Rozbočovače s pevným deliacim pomerom
- Rozbočovače s voliteľným (nastaviteľným) deliacim pomerom

Dôležité: hodnota celkového vložného útlmu splitra AC, určíme ju:

$$AC=AD+AZ+AK \quad (dB, dB, dB, dB)$$

pričom

AD - útlm delenia, AZ - zvyškový útlm – uniformita, AK - útlm konektorov, zvarov

Typická hodnota vložného útlmu je cca 4-23db podľa typu splitra.

7.1.2 Optické káble

- Štandardy:
  - G651 až G657
  - ITU-T G651 – multimódové vlákna
  - ITU-T G652 – singlemódové vlákna, A,B,C,**D, štandardné vlákna**
  - ITU-T G657 (A1,A2, B2, B3), vlákna so zníženou citlivosťou na makroohyby

Typická hodnota útlmu optického kábla je 0,3-0,5db/km v závislosti od typu použitého optického vlákna.

7.1.3 Konektory, pigtaily, spojky, zvary

Vložný útlm [dB]			
Konektory	**Pigtaily**	**Spojky**	**Zvary**
0,1 až 0,6	0,25	0,1 až 0,5	do 0,07

Tab.3 Vložný útlm optického príslušenstva a zvaru

8 PASÍVNA OPTICKÁ SIEŤ V ADMINISTRATÍVNYCH BUDOVÁCH

Inštaláciou PON v súbehu so štruktúrovanou kabelážou v zmysle štandardov TIA a ISO / IEC získame nasledujúce výhody:

- jednoduchosť modernizácie nových technológií,
- schopnosť nahradiť zariadenie s minimálnym prerušením služby,
- podpora mobility a zmien v infraštruktúre, schopnosť zmeniť dodávateľov zariadení, škálovateľnosť
- zlepšenú schopnosť správy a podpora záložných spojení
- úspora priestoru (80% úspora miesta),
- nižšie náklady na inštaláciu (o 40% až o 50% menej),
- znížená spotreba energie (až o 60% nižšie využitie energie),
- väčšia bezpečnosť (odolná proti elektromagnetickému rušeniu a ťažko prístupná),
- zvýšená vzdialenosť optických káblov.

Na zabezpečenie súladu s ANSI / TIA-568-C.1 a ISO / IEC 11801 Edition 2.2 je potrebné na každú pracovnú oblasť navrhnúť a realizovať minimálne dve trvalé spojenia. Pre infraštruktúru, ktorá predpokladá podporu technológie PON v administratívnych budovách tak treba navrhnúť a realizovať v každej pracovnej oblasti minimálne jedno permanentné 2 vláknové spojenie a jedno trvalé prepojenie káblami kategórie 6A alebo vyššej kategórie. Dostupnosť medenej káblovej linky kategórie 6A podporuje najmä budúce zavedenie technológie na diaľkové napájanie (napr. Power over Ethernet alebo PoE) a rýchlosti prenosu 10GBASE-T s minimálnou potrebou modernizovať alebo nahradiť existujúce zariadenie PON (4,12).

Typ kábla	Počet vodičov	PoE 1 (15W)	PoE+2 (30W)	PoE+3 (60W)
22AWG	2	128 m	87 m	44 m
Cat 6	8	371 m	252 m	126 m

Tab.4 PoE a maximálne vzdialenosti pre vybrané káble (12).

9 NÁVRH PON SIETE

Zadanie: PON sieť so 64 účastníkmi, optický kábel 5 km (OLT-spliter), splitter, DROP kábel ukončený SCAPC konektorom, max. dĺžka 50 m. Všetci účastníci sú pripojený cez ten istý splitter. Dynamický rozsah zariadenia je 28 dB. **Treba určiť útlmový plán trasy resp. útlm na trase, čo je základná vlastnosť PON siete.** Podľa útlmu neskôr určíme útlmovú triedu PON siete a následne vyberieme zariadenia. Postup môže byť aj opačný, prispôsobíme trasu dostupným zariadeniam.

Návrh PON siete

Útlm trasy	Min.	Max.
Dĺžka účastníckeho vlákna [m]	10	50
Dĺžka chrbticového optického kábla [m]	1000	5000
Merný útlm vlákna	0,35	0,5
Počet mechanických spojek	0	0
Maximálny útlm mechanickej spojky [dB]	0,2	0,2
Počet konekotorv	1	4
Útlm konektora [dB]	0,4	0,4
Počet zvarov	5	5
Útlm zvaru [dB]	0,08	0,08
Celkom	1,15	**4,53**

Útlm splitterov			
Typ splittera	Teoretický útlm [dB]	Maximálny útlm [dB]	Počet
1x2	3,5	3,8	0
1x3	5,8	6,2	0
1x4	6,9	7,4	0
1x6	9	9,3	0
1x8	9,8	10,8	0
1x12	12,6	13	0
1x16	13,5	14,1	0
1x24	15,9	16,5	0
1x32	16,5	17,3	0
1x64	20	21	1
Celkový teoretický útlm			20
Celkový maximálny útlm			**21**

	min	max
Útlm trasy [dB]	1,15	4,53
Útlm splitterov [dB]	20	21
Celkový útlm [dB]	**21,15**	**25,53**
Dynamický rozsah zariadenia [dB]	**28**	
Výkonová rezerva [dB]	**6,85**	**2,48**

Prosím neupravovať takto označené polia
Zvoľte si hodnotu v takto označených poliach
Automatické výpočty
Výsledny výpočet spĺňa kritéria na návrh PON siete
Výsledný návrh nespĺňa kritéria na návrh PON siete

Tab.4 Útlmový plán trasy.

10 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY A DOPORUČENÉ ČÍTANIE

1. DandO_White_Paper_2014.pdf, FTTH Council Europe, , dostupné na internete
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Passive_optical_network
3. Publications/FTTH_introduction_whatisit_2016.pdf, FTTH Council Europe, , dostupné na internete
4. http://blog.siemon.com/standards/supporting-passive-optical-networking-pon-with-structured-cabling
5. EXFO_Reference-Guide_FTTH-PON (dostupné na internete)
6. The ComSoc Guide to Passive Optical Networks (dostupné na internete)
7. **Útlumová bilance pasivních optických prístupových sítí** (dostupné na internete)
8. **Optické přístupové sítě a přípojky FTTX (Lafata, Vodrážka)**
9. Gigabit Passive Optical Networks (GPON): Making Waves in Your Local Area Network, prezentácia BiCsi, dostupné na internete
10. FTTH-Handbook_2016-V7.0, Revision date: 16/02/2016, FTTH Council Europe, , dostupné na internete
11. FTTH-Smart-Guide-2015-V3.0, Revision date: 20/01/2015, Smart Cities Committee, FTTH Council Europe, , dostupné na internete
12. Passive Optical LAN Solutions | V2 | WP00011 | ECOS_BDC_0915_A_AG, Belden, 2015