

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

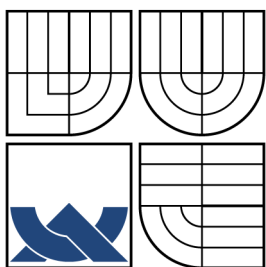
"TROJITÁ HRA" - FTTH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

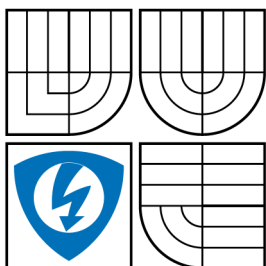
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PETER BOBKOVÍČ

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ



FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND
COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

"TROJITÁ HRA" - FTTH
"TRIPLE PLAY" - FTTH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

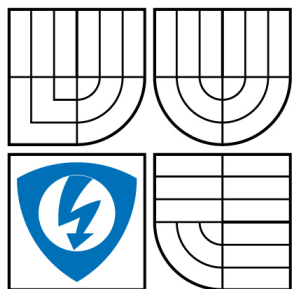
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PETER BOBKOVÍČ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

DOC. ING. MILOSLAV FILKA, CSC.

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Teleinformatika

Student: Bobkovič Peter
Ročník: 3

ID: 78239
Akademický rok: 2007/2008

NÁZEV TÉMATU:

"Trojitá hra" - FTTH

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Proveďte návrh a realizaci modelové sítě FTTH, metodou tzv. "Trojité hry", tj. přenos hlasu, dat a obrazu k účastníkům, realizované metodou PON. Proveďte proměření základních parametrů takto navržené sítě s ohledem na funkčnost a kvalitu navržené sítě.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] HARDY. D., MALLÉUS. G., MEREUR. N. Network. De Boeck. Paris 2002
- [2] GIRARD. A. FTTx PON Technology and Testing. EXFO, Quebec, 2005
- [3] HOLOMEČEK, P. Topologie a normy FTTx. In. Mikrokom, Praha 2006.

Termín zadání: 11.2.2008

Termín odevzdání: 4.6.2008

Vedoucí práce: doc. Ing. Miloslav Filka, CSc.

prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Peter Bobkovič

Bytem:

Narozen/a (datum a místo): 1.8.1986, Trnava

(dále jen "autor")

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

se sídlem Údolní 244/53, 60200 Brno 2

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.

(dále jen "nabyvatel")

Článek 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- ☐ disertační práce
- ☐ diplomová práce
- ☒ bakalářská práce

jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: "Trojitá hra" - FTTH

Vedoucí/školicel VŠKP: doc. Ing. Miloslav Filka, CSc.

Ústav: Ústav telekomunikací

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

- ☒ tištěné formě - počet exemplářů 1
- ☒ elektronické formě - počet exemplářů 1

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.

3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.

4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☒ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....

Nabyvatel

.....

Autor

ABSTRAKT

Tento projekt sa zaoberá možnosťami realizácie pripojenia poslednej míle k užívateľovi pomocou FTTH, čo je optika až do domu. Celá práca je rozdelená na 2 časti a to všeobecný prehľad FTTH a vlastné meranie. Vo všeobecnom prehľade sú postupne uvedené druhy sietí FTTH, problematika s FTTH spojená, zmapovaná situácia vo svete a trojitá hra (cenník, ponuka TV a pod.). Vo druhej časti je vypracované postupné zmeranie a výsledky troch vykonaných meraní (PPM, OTDR, priama metóda) ako aj vzhľad čistoty konektorov.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

optika do domu, bod-bod, pasívna optická sieť, aktívna optická sieť, optické vlákno, optická trasa, meranie PPM, meranie OTDR, priama metóda

ABSTRACT

This project is about possible implementation of the last mile connection to user through FTTH, what is optics to the home. The whole work is divided into 2 parts, and to a general overview of FTTH and its own measurements. In general overview of the listed species gradually FTTH networks, problems associated with FTTH, mapped situation in the world and Triple game (Pricelist, offer TV and under.). In the second part of the developed progressive measure, and the results of the three carried out measurements (PPM, OTDR, directly method) as well as the appearance of purity connector.

KEYWORDS

fiber to the home, point to point, pasiv optical network, aktiv optical network, optical fiber, optical route, measurement PPM, measurement OTDR, directly method

BOBKOVÍČ, P. "*Trojitá hra*" - *FTTH*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav telekomunikací, 2008. 62 s. Bakalářská práce. Vedúci práce bol doc. Ing. Miloslav Filka, CSc..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Trojitá hra“ - FTTH“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

Ďakujem vedúcemu semestrálneho projektu doc. Ing. Miloslavovi Filkovi, CSc., Ing. Petrovi Potorokovi, a Ing. Juraj Sukopovi za veľmi užitočnú metodickú pomoc a cenné rady pri zpracovávaní bakalárskej práce.

OBSAH

Úvod	13
1 Všeobecný prehľad FTTH	14
1.1 Možnosti pripojenia	14
1.1.1 Rozdelenie	14
1.1.2 point to point	15
1.1.3 PON-pasívne optické siete	16
1.1.4 Aktívna optická sieť	20
1.1.5 WDM-PON - Wavelength Division Multiplexing PON	21
1.1.6 Vývoj- DWDM-PON, WDM/TDM-PON	23
1.2 Problematika FTTH	24
1.2.1 Ceny inštalácii	24
1.2.2 Ohybné optické vlákna pre FTTH	25
1.3 FTTH vo svete	28
1.3.1 Japonsko	28
1.3.2 Južná Kórea	29
1.3.3 USA	29
1.3.4 Francúzsko	31
1.3.5 Slovinsko	32
1.4 Trojitá hra pre koncového užívateľa	33
1.4.1 Internet	33
1.4.2 Digitálna TV	34
1.4.3 Pevná linka	36
1.4.4 Ceny a zariadenia k trojitej hre	37
2 vlastné meranie	39
2.1 Meranie čistoty konektorov	39
2.2 Meranie s PPM (pon power meter)	40
2.3 Meranie optickým reflektometrom	42
2.4 Meranie útlmu optickej trasy priamou metódou	52
3 Výsledky študentskej práce	56
3.1 Všeobecný prehľad FTTH	56
3.2 Meranie čistoty konektorov	56
3.3 Meranie s PPM	56
3.4 Meranie optickým reflektometrom	56
3.5 Meranie útlmu optickej trasy priamou metódou	57

4 Záver	58
Literatura	59
Zoznam symbolov, veličín a skratiek	61

ZOZNAM OBRÁZKOV

1.1	porovnanie: bod-bod, AON, PON	15
1.2	optická sieť bod-bod	16
1.3	Pasívna optická sieť	16
1.4	Aktívna optická sieť	20
1.5	TDM - časový multiplex	21
1.6	WDM - vlnový multiplex	22
1.7	WDM/TDM-PON, kombinácia WDM-PON a GPON	23
1.8	Náklady na pripojenie užívateľa	24
1.9	Príklad domu bez spoločného vedenia a s ním	25
1.10	Ohnuté optické vlákno. a)so stratami b)bez strát	26
1.11	celosvetový podiel na trhu v dodávkach FTTH zariadení v roku 2006	29
1.12	Počet domácností s možnosťou pripojenia FTTH	30
1.13	Počet domácností pripojených s FTTH	30
2.1	detail konektoru a)špinavý b)čistý	40
2.2	a)meranie medzi OLT a splittrom b)meranie medzi splittrom a ONT	40
2.3	Meranie po segmentoch a cez splitter	42
2.4	Dynamický rozsah	43
2.5	Mŕtva zóna	43
2.6	Vplyv dĺžky pulzu na mŕtvu zonu	44
2.7	Program OTDR Viewer	45
2.8	Schéma zapojenia optickej trasy	46
2.9	Graf s vlnovými dĺžkami 1310nm	46
2.10	Priblížený zmeraný počiatok trasy	47
2.11	nameraná trasa pri vlnovej dĺžke 1550nm	48
2.12	Vnútorne zapojenie prístroja OTDR	49
2.13	nameraná trasa pri vlnovej dĺžke 1625nm	50
2.14	Nameraná trasa pri šírke impulzu 275ns	51
2.15	Referencia prvého meracieho prístroja	52
2.16	Referencia druhého meracieho prístroja	53
2.17	Pripojenie meracích prístrojov k našej optickej trase	53
2.18	výsledky merania útlmu	54
2.19	Výsledky merania útlmu odrazu	54

ZOZNAM TABULIEK

1.1	Porovnanie pasívnych optických sietí	17
1.2	ceny kombinácie služieb	33
1.3	ceny len internetu cez FTTH	34
1.4	Programy v balíčku štart	35
1.5	Ponuka ďalších balíčkov	36
1.6	ceny zariadení	38
2.1	výsledky merania s PPM	41
2.2	Útlm odbočovania signálu [17]	41
2.3	Útlm splittra	41
2.4	Závislosť mŕtvej zóny a dynamického rozsahu na dĺžke impulzu [18] .	44
2.5	Výsledky merania pri vlnovej dĺžke 1310nm	47
2.6	Výsledky merania pri vlnovej dĺžke 1550nm	48
2.7	Výsledky merania pri vlnovej dĺžke 1625nm	50
2.8	Výsledky merania pri šírke impulzu 275ns	51

ÚVOD

V tejto práci som sa zaoberal optickým pripojením do domu FTTH. Snažil som sa priblížiť celkovú problematiku FTTH. Na začiatok som uviedol hlavné rozdelenie sietí na 3 druhy s cieľom každý opísať a porovnať. Uviedol som aj siete ktoré ešte niesú komerčne ponúkané a sú stále vo vývoji. S optikou do domu sú späté aj problémy, a to hlavne ceny inštalácií, ale taktiež problémy so starými domami, ako je spoločné vedenie a ohyb vlákna. Do práce som zmapoval najvýznamnejšie štáty a bitku operátorov o nasadenie novšej technológie. Nakoniec som priblížil FTTH z pohľadu účastníka. Načrtol som celú trojitú hru, to je ceny internetu, rýchlosti, druhy TV a podobne.

Absolvoval som meranie v pobočke firmy PROFiber Networking s.r.o. so sídlom v Trnave. Je to spoločnosť pracujúca v odbore vláknovej optiky a optických komunikácií. Jej zamestnanci sa snažili byť čo najviac ústretový a chceli pomôcť vykonať všetky merania, aj keď boli veľmi časovo zaneprázdnený. Merania sa často nemohli vykonať kvôli materiálu, času, alebo len čiastočne. Nakoniec sme ale vykonali 3 merania ktoré som prehľadne spracoval do práce.

1 VŠEOBECNÝ PREHĽAD FTTH

1.1 Možnosti pripojenia

1.1.1 Rozdelenie

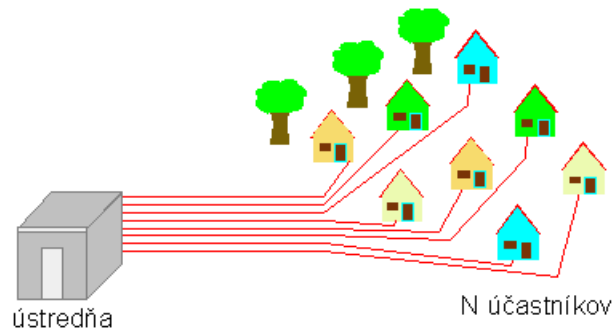
Najjednoduchším riešením je vyhradené optické vlákno pre každého používateľa priamo z ústredne. Ide o P2P (bod-bod – point to point) konfiguráciu siete, pričom príjem a vysielanie prebieha na dvoch rôznych vlnových dĺžkach a potrebný je dvojnásobok prijímačov/vysielačov oproti počtu účastníkov. Napriek potrebe veľkého počtu optických vlákien a transceiverov majú siete P2P svoje výhody, dokážu totiž bez problémov k zákazníkovi priviesť dedikovanú konektivitu 100 Mbit/s, alebo 1 Gbit/s. Častejšie sa však používajú niektoré z pripojení point-to-multipoint (bod-multibod).

Iným riešením je použitie aktívneho prvku – prepínača v blízkosti miesta určenia (napríklad sídliska, bytového domu atď.). Medzi ústredňou a prepínačom postačuje jedno vlákno, je však potrebné zabezpečiť napájanie aktívnych prvkov. Nevýhodou je tiež potreba $2N+2$ prijímačov/vysielačov, kde N je počet účastníkov, aj keď ich cena výrazne klesá. Napriek tomu niektorí telekomunikační operátori aktívne optické siete využívajú. Ich prednosťou je veľký dosah od ústredne (až 70 km po aktívny switch a ďalších 20 km k účastníkovi) a vyššia kapacita pre budúce aplikácie.

Treťou a v súčasnosti najvyužívanejšou možnosťou sú PON (pasívne optické siete – pasiv optical network). V blízkosti užívateľov sa signál z jediného vlákna rozdistribuuje pomocou pasívneho rozdeľovača (splittera). Tieto siete nepotrebujú prenášať napájanie pre aktívne prvky a potrebný počet transceiverov je len $N+1$. Technológií pre pasívne siete sa postupne objavilo množstvo a momentálne bojujú medzi sebou o podiel na trhu.[1]

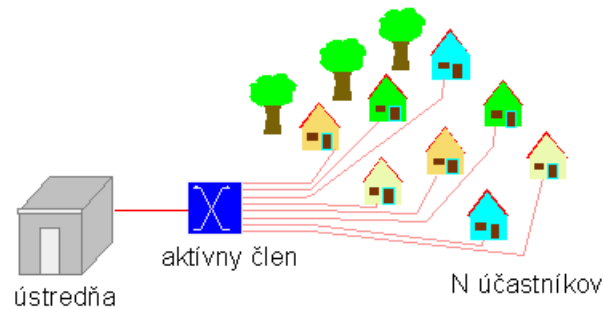
bod - bod

- N optických káblov
- 2N vysielateľov/prijímateľov



Aktívna optická sieť

- + 1 optický kábel
- 2N+2 vysielateľov/prijímateľov
- Napájanie aktívneho člena



Pasívna optická sieť

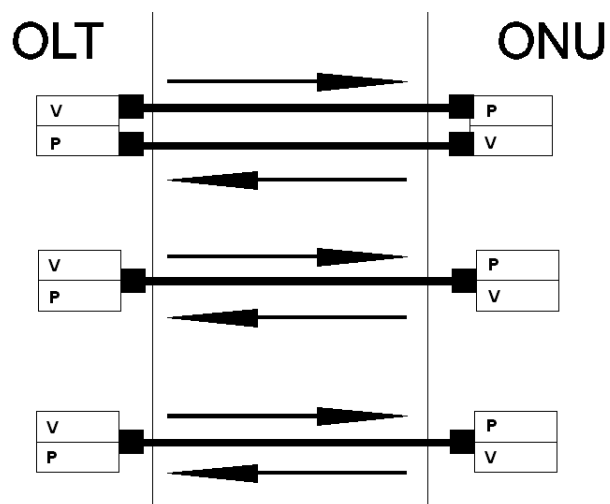
- + 1 optický kábel
- + N+1 vysielateľov/prijímateľov



Obr. 1.1: porovnanie: bod-bod, AON, PON

1.1.2 point to point

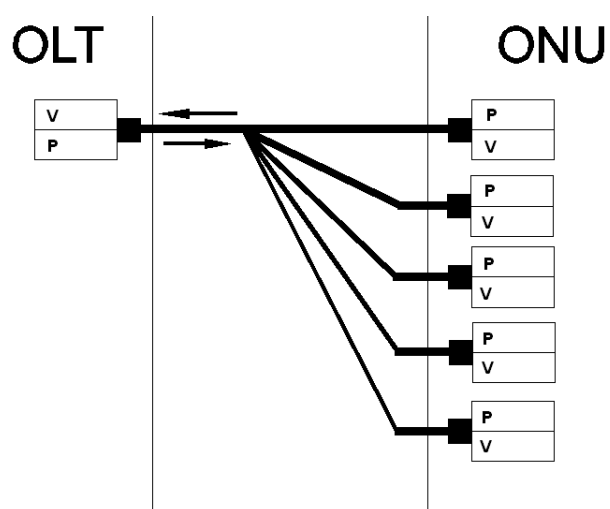
Topológia bod-bod obr. 1.2 je základná a najľahšie realizovateľná. K účastníkovi stačí nainštalovať napríklad cenovo veľmi dostupný mediakonvertor a zaistiť mu tak dostatočne rýchle pripojenie, napr. formou Ethernet 100 Mbit/s. Potom sa môže za pomoci technológie VoIP (IP Telefónia – Voice over IP) a IPTV (digitálna tv prenášaná na báze internetového protokolu – TV over IP) vytvoriť návrh služieb Triple play. Každý účastník je pripojený dvoma vláknami k ústredni. Pokiaľ by sme chceli počet vlákien medzi účastníkmi a ústredňou znížiť, môže sa využiť optický spektrálny multiplex a vytvoriť obojsmerný komunikačný kanál po jednom vlákne tak, ako uvádza druhý, tretí príklad na obr. 1.2 [2]



Obr. 1.2: optická sieť bod-bod

1.1.3 PON-pasívne optické siete

Pri optickom pripojení do domu sa často uprednostňujú pasívne optické siete, pretože vyžadujú menej optických vysielačov/prijímačov (transceiverov) ako pri priamom pripojení každého užívateľa na ústredňu osobitným vláknom. Aktívne sieťové prvky sú len na ústredni (OLT – Optical Line Termination) a na strane užívateľa (ONU – Optical Network Unit). Medzi OLT a ONU je len pasívny rozbočovač, ktorý je na ústredňu pripojený len jedným vláknom. Na druhej strane rozbočovača sú pripojení užívatelia osobitnými vláknami, ktorých je obvykle 32, 64 alebo 128, podľa deliaceho pomeru rozbočovača. [2]



Obr. 1.3: Pasívna optická sieť

Najstarší štandard pasívnych sietí BPON (Broadband PON; špecifikácia ITU-T G.983 z roku 2001) umožňuje prenos dát zdieľanou rýchlosťou 155 alebo 622 Mbit/s a podporuje ATM, nie Ethernet. Jeho pôvodné označenie bolo preto APON. Pre potreby IPTV s HD rozlíšením nie je ideálnym riešením, pretože pre koncového účastníka ponúka vyhradenú kapacitu sťahovania dát 40 Mbit/s a odosielania 9,3 Mbit/s (pri deliacom pomere 1:16).

Naproti tomu GPON (Gigabit PON) prijatý ITU v roku 2003 podporuje okrem ATM aj gigabitový Ethernet, momentálna linková rýchlosť môže dosiahnuť až 2,5 Gbit/s symetricky a splitter rozdeľuje kapacitu k 32 až 128 užívateľom.

Finálna verzia štandardu EPON (Ethernet PON) bola prijatá ako IEEE 802.3ah len v septembri 2004. EPON má bitovú rýchlosť medzi linkovým zakončením na ústredni (OLT) a pasívnym optickým rozbočovačom 1,25 Gbit/s a pre dáta vymedzený 1 Gbit/s, preto sa označuje aj ako GEPON (Gigabit EPON). Mimochodom kapacita 1 Gbit/s umožňuje súčasné sledovanie až 200 kanálov IPTV v štandardnom rozlíšení, alebo 66 HDTV kanálov. Popri IPTV tak zostáva dostatočná prenosová kapacita na rýchle pripojenie do internetu aj na telefonovanie. Záleží samozrejme aj na počte účastníkov pripojených na splitter. [3]

Pasívne optické siete (PON=Passive Optical Network)	BPON (<i>Broadband PON</i>)	EPON (<i>Ethernet PON</i>)	GPON (<i>Gigabit PON</i>)
Špecifikácia	ITU-T G.983	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984
Sťahovanie dát (downlink)	155 alebo 622 Mbit/s, neskôr až 1,2 Gbit/s	1,25 Gbit/s	1,2 alebo 2,5 Gbit/s
Odosielanie dát (uplink)	155 alebo 622 Mbit/s	1,25 Gbit/s	155 alebo 622 Mbit/s; 1,2 alebo 2,5 Gbit/s
vlnová dĺžka pre downlink	1480-1500 nm	1500 nm	1480-1500 nm
vlnová dĺžka pre uplink	1260-1360 nm	1310 nm	1260-1360 nm
podpora na druhej vrstve	ATM/Ethernet	Ethernet	Ethernet/ATM
hlasová podpora	okruhy (TDM)/ATM	TDM/paketová sieť	natívne okruhy alebo okruhy/IP/ATM
maximálny počet pripojených užívateľov	32	16	64
dosah	do 20 km	do 20 km	do 60 km

Tab. 1.1: Porovnanie pasívnych optických sietí

Technológie na trhu

Podľa počtu dodaných portov bude aj tento roku ešte na čele technológia EPON, ale jej podiel poklesne na 54%, pretože o slovo sa hlási GPON a aktívny optický Active Ethernet. Počas minulého roku sa na celom svete dodalo 6.3 mil. FTTH portov. Na čele jasne dominovala technológia EPON so 71% podielom. Maximálna bitová rýchlosť je síce v oboch smeroch 1.25 Gbps, ale efektívna rýchlosť je 1 Gbps, a preto sa niekedy tento štandard označuje ako GEPON, respektíve GePON (Gigabit Ethernet PON). GEPON je nasadzovaný aj v Japonsku, kde je v súčasnosti najviac optických prípojek na svete.

Na druhom mieste bola FTTH technológia BPON, ktorej podiel však bude rýchlo klesať. Active Ethernet, ktorú niektorí dodávatelia označujú ako Poin-to-Point FTTH alebo E-FTTH, sa tak už v priebehu tohto roku prederie na tretie miesto v rebríčku FTTH technológií podľa počtu portov.

V priebehu tohto roku výrazne vzrastie počet dodaných GPON portov, a preto sa pomer síl v súboji GEPON vs GPON začne vyrovnávať. Podiel GPON oproti minulému roku výrazne stúpne až na 38% a podiel GePON poklesne na 54%. GPON (Gigabit PON, G.984) podporuje rýchlosti 2.488 Gbps smerom od ústredne a 1.244 Gbps v opačnom smere a deliace pomery sú obvykle 1:32 alebo 1:64. Pre GPON sa rozhodol napríklad Verizon v USA a v Európe France Telecom/Orange. [4]

10G EPON

Rastúca konkurencia zo strany GPON primäla IEEE začiatkom roku 2006 k zahájeniu prác na novom 10G EPON štandarde, ktorý by poskytoval väčšiu kapacitu ako GPON. Nový štandard 802.3av bude stále založený na pasívnej optickej sieti PON (Passive Optical Network), čiže na topológii P-to-MP (Pont-to Multipoint) a definuje dve rôzne kapacitné možnosti: 10/1 Gbps a 10/10 Gbps (downstream/upstream), v oboch prípadoch pri použití SM optického vlákna. Smerom od a do ústredne sa pre prenos používajú rôzne optické dĺžky, takže pre obojsmerný prenos stačí jedno vlákno.

Nový štandard IEEE 802.3av bude definovať dva rôzne deliace pomery 1:16 a 1:32, čo znamená, že na jedno vlákno od ústredne bude možné pripojiť na pasívny rozbočovač 16, respektíve 32 vlákien, ktoré povedú k jednotlivým užívateľom. Ak by sa kapacita 10 Gbps rozdelila rovnakým dielom medzi užívateľmi, tak pri menšom deliacom pomere 1:16 by to znamenalo 625 Mbps na užívateľa. V praxi však nie sú obvykle všetci účastníci rovnako nároční na kapacitu, a tak sa tieto nové FTTH prípojky budú označovať obchodne ako 1 Gbps optické pripojenia do domu.

Väčšina súčasných FTTH prípojek vo svete je ponúkaných s maximálnymi rýchlosťami medzi 50 až 100 Mbps, ale podľa všetkého táto rýchlosť bude musieť byť v

budúcnosti navýšená. Rastúci počet domácností vybavených viacerými Hi-Def televízormi bude znamenať potrebu 3 až 5 HD set-top boxov, ktoré umožnia súčasné sledovanie viacerých HDTV kanálov. HD IPTV a HD video na prianie bude tiež znamenať možnosť sťahovať na pevný disk set-top boxu alebo počítača HD obsah pri súčasnom sledovaní živého HDTV vysielania. Klesajúce ceny stolných počítačov a notebookov sú dôvodom, že v domácnostiach je súčasne aktívnych viacero počítačov, ktoré sa často využívajú na video a sťahovanie veľkých súborov.

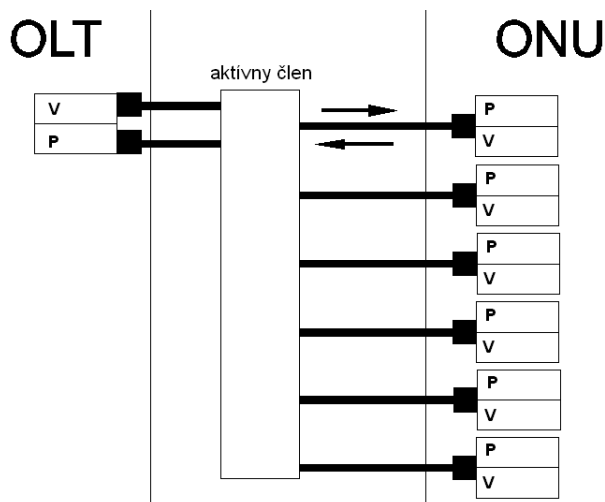
V budúcnosti bude rásť potreba aj na vyššie rýchlosti odosielania dát, a preto štandard definuje aj fyzickú vrstvu s kapacitou 10/10 Gbps. Užívatelia totiž odosielajú nielen čoraz viac digitálnych fotografií s vysokým rozlíšením, ale poklesom cien Hi-Def HDV a AVCHD videokamier budú častejšie odosielať aj objemné amatérske video súbory.

Pripravovaný štandard 802.3av sa však samozrejme uplatní aj v prípade firemných zákazníkov, kde sú vysoké rýchlosti v oboch smeroch ešte dôležitejšie. K ekonomicky najzaujímavejším bude zrejme patriť nasadenie novej prístupovej technológie v prípade firemných budov a viacbytových domov. Nový 10G EPON štandard sa bude môcť nasadiť aj v chrbticových sieťach na pripojenie prístupových bodov WLAN 802.11n, WiMAX a v mobilných sieťach novej generácie LTE (Long Term Evolution).

Spoločnosť PMC-Sierra, ktorá je zaujímavá tým, že vyvíja čipy GePON aj GPON, prednedávnom ohlásila, že začne ponúkať referenčný návrh pre 10G EPON, čo umožní dodávateľom FTTH prístupových zariadení začať vyvíjať sieťové prvky 10G EPON, OLT pre ústredne (Optical Line Termination) a ONU (Optical Network Unit) pre užívateľov. Bude zaujímavé sledovať, kde sa nasadia tieto prvky a 1 Gbps optické prípojky do domu na základe nového štandardu, ale najskôr to bude v Japonsku, J. Kórei alebo na Taiwane. [4]

1.1.4 Aktívna optická sieť

Okrem pasívnych optických sietí existujú tiež aktívne optické siete (Active Optical Network – AON), ktoré prepojujú jednotky ONU prostredníctvom aktívnych sieťových prvkov ako sú napr. opakovače, rozbočovače či multiplexory/demultiplexory (elektricky napojené), ktoré rozdeľujú a v opačnom smere združujú signály medzi jednotlivými časťami optickej siete. Výhodou AON proti PON je zaistenie podstatne väčších dosahov, nevýhodou u AON sú vyššie náklady na ich budovanie. [2]



Obr. 1.4: Aktívna optická sieť

E-FTTH: konkurencia pre PON

Ešte prednedávnom sa zdalo, že v prípade FTTH si trh rozdelia dodávatelia EPON a GPON čipov a sieťových prvkov. Podľa všetkého to však nebude až tak jednoduché lebo o slovo sa hlási aj technológia E-FFTH (Ethernet-FTTH), ktorú ponúka spoločnosť Cisco Systems. E-FTTH nepoužíva pasívny optický rozbočovač, ale aktívny prepínač, na ktorý sú osobitnými vláknami pripojení jednotliví užívatelia. Pre túto FTTH technológiu sa rozhodlo mesto Amsterdam (CityNet) ako aj francúzsky alternatívny operátor Free.

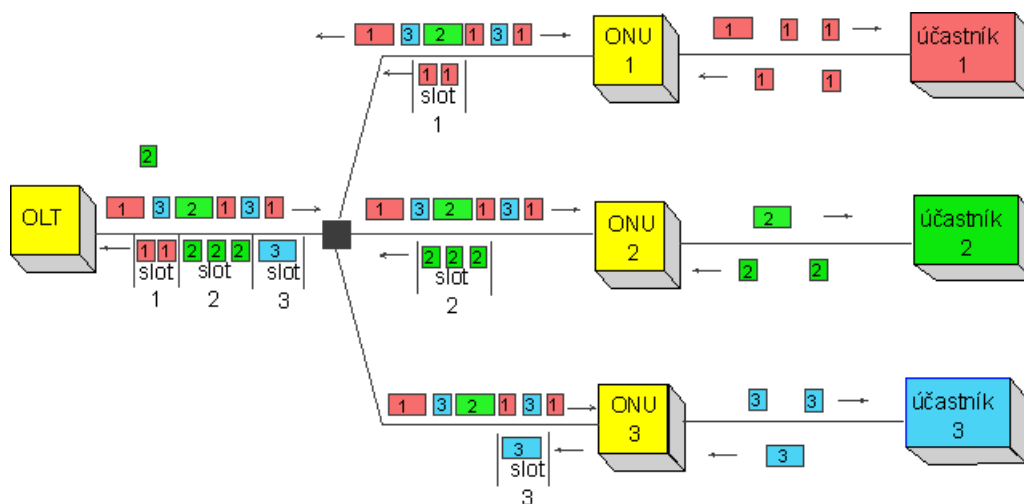
Ako je to obvyklé, každý tábor zdôrazňuje prednosti svojho riešenia. Kým pri EPON sa najčastejšie spomínajú nízke ceny sieťových prvkov, pri GPON sa zdôrazňuje vyššia rýchlosť a možnosť prenášať v pôvodnej forme aj TDM, čo je dôležité ak sa FTTH neponúka len domácom užívateľom, ale aj firmám. V prípade EPON a GPON je výhodou aj to, že pasívny optický rozbočovač nevyžaduje napájanie, ani špeciálne miesto (napr. skriňu v suteréne) a vlastne ani údržbu. Priepustnosť sa pri EPON a GPON dá zvýšiť aj použitím nižších deliacich pomerov. Na druhej strane

pri E-FTTH sa uvádza, že umožňuje flexibilnejšie poskytovanie služieb a väčšiu šírku pásma pre jednotlivých užívateľov, čo bude dôležité v budúcnosti. Jednotlivé technológie sa však stále zdokonaľujú, dnes sa už ponúkajú napríklad 2.5 Gbps Turbo EPON čipy s rovnakou rýchlosťou ako GPON, a preto každý poskytovateľ FTTH služieb si bude musieť sám vykalkulovať, čo je v jeho prípade najvhodnejšou technológiou. Tak či tak, pri odhadoch bude rozumné vziať do úvahy okrem EPON a GPON aj technológiu E-FTTH. [5]

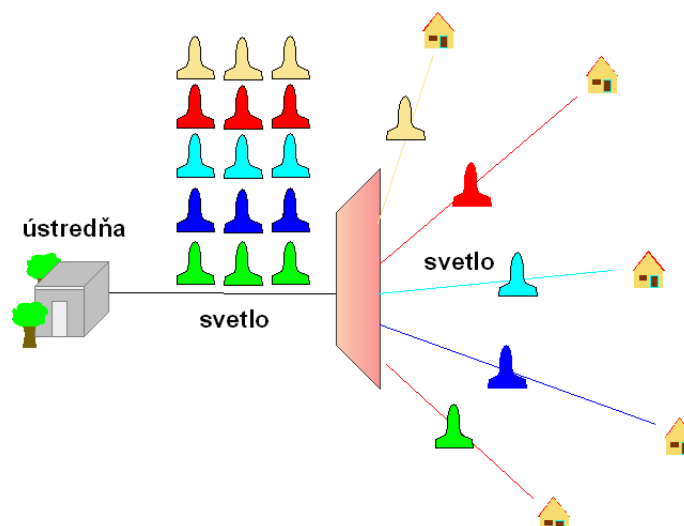
1.1.5 WDM-PON - Wavelength Division Multiplexing PON

Jedným z nových riešení je WDM-PON - Wavelength Division Multiplexing PON, ktoré prenáša údaje pre každého účastníka na samostatnej vlnovej dĺžke (farbe svetla). Namiesto splitteru používa vlnový filter a napriek tomu, že medzi filtrom a OLT na ústredni je natiahnuté len jedno vlákno, ide v podstate o prepojenie bod-bod. V súčasnosti je na jeden filter napojených 16-32 účastníkov, ale predpokladá sa, že v blízkej budúcnosti ich počet dosiahne 64. Zodpovedá to počtu prenášaných vlnových dĺžok na optickom vlákne z/do ústredne. [3]

Pri pasívnych sieťach EPON a GPON sa prenosová kapacita medzi jednotlivými užívateľmi musí rozdeliť formou časového multiplexovania TDM (obr. 1.5). V prípade WDM-PON je však kapacita danej vlnovej dĺžky vyhradená pre jedného užívateľa, respektíve ONU (obr. 1.6). [6]



Obr. 1.5: TDM - časový multiplex



Obr. 1.6: WDM - vlnový multiplex

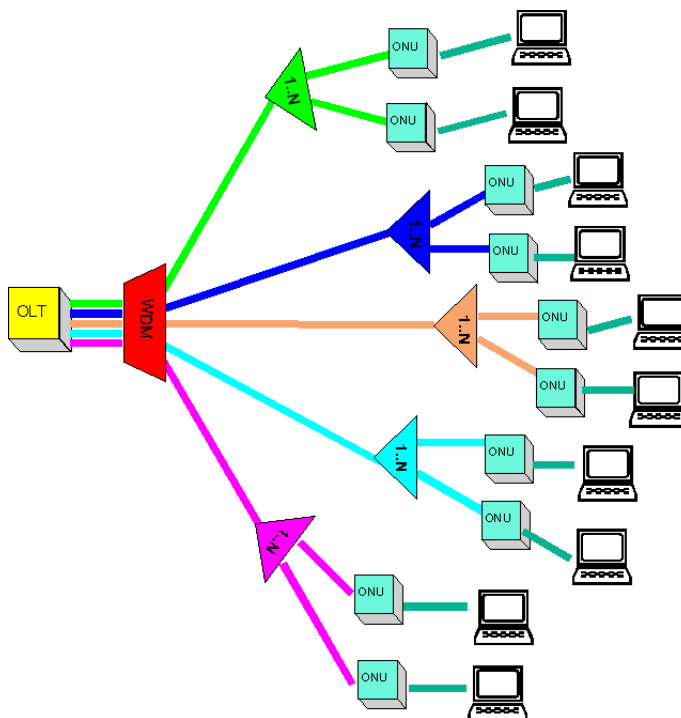
EPON a GPON siete využívajú iné vlnové dĺžky na odosielanie a príjem dát, ale kapacita medzi jednotlivými užívateľmi sa rozdeľuje časovým multiplexom TDM. Pretože v budúcnosti budú ďalej narastať požiadavky na prenosové rýchlosti, napríklad kvôli formátu 1920x1080p, alebo dokonca aj vyšších formátov pre aplikácie LSDI (Large Screen Display Imagery) s rozlíšením 3840x2160 alebo 7680x4320, spoločnosť Novera Optics vypracovala optickú pasívnu sieť WDM-PON, v ktorej má každý užívateľ (pri FTTH) repektíve ONU k dispozícii kapacitu jednej vlnovej dĺžky.

Samotná myšlienka vlnového multiplexu je síce známa a hojne využívaná, ale nasadeniu tejto technológie v prístupových sieťach bránili donedávna vysoké ceny optických jednotiek. Pre jednotlivé vlnové dĺžky by totiž pri klasickom riešení bolo potrebné použiť drahé optické sieťové prvky vyladené na rôzne vlnové dĺžky. Novera Optics však vypracovala takú technológiu, ktorá umožňuje nasadiť cenovo dostupné a vlnovo nezávislé optické jednotky, ktoré je možné v ONT/ONU navzájom zamieňať.

Najväčší záujem o WDM-PON je v súčasnosti v Ázii, kde je vysoká broadband penetrácia, lacné a rýchle služby a neustály tlak na čoraz vyššie rýchlosti, a to nielen kvôli konkurencii, ale aj pre čoraz náročnejšie služby s pridanou hodnotou. To ilustruje aj fakt, že Novera Optics dodala v minulom roku pre juhokórejského dominantného operátora KT zariadenia WDM-PON pre 50 tis. užívateľov. [6]

1.1.6 Vývoj- DWDM-PON, WDM/TDM-PON

Princíp delenia kanálov (DWDM -Dense Wavelength Division Multiplexing, vlnový multiplex s hustým vlnovým delením) sa používa v chrbticových a diaľkových optických sieťach. DWDM-PON nie je zatiaľ komerčne dostupnou technológiou a stále prebieha jej vývoj. Problémom sú vysoké ceny optických modemov, výhodou je zas vysoká prenosová kapacita, ktorá predstavuje $1,25\text{Gbit/s}/\lambda$. Rovnakú rýchlosť, teda $1,25\text{ Gbit/s}$, môže dostať aj jednotlivý účastník. [3]



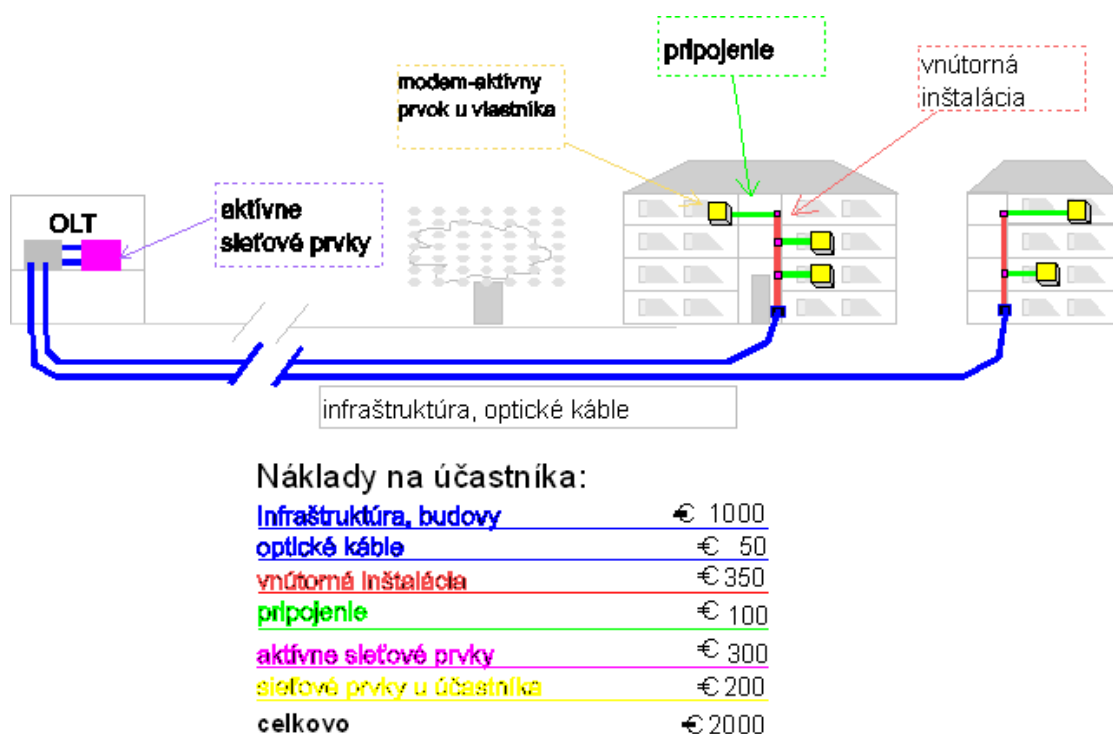
Obr. 1.7: WDM/TDM-PON, kombinácia WDM-PON a GPON

V štádiu vývoja je tiež hybridná technológia kombinujúca WDMA (Wavelength Division Multiplexing Access) a TDMA (Time Division Multiplexing Access) označovaná ako WDM/TDM-PON, ktorá môže znížiť náklady na vlnové filtre a optické sieťové jednotky (ONU). Pre účastníka poskytne vyhradenú kapacitu 75 Mbit/s , podobne ako GPON a EPON. Počíta sa s prenosom 16 svetelných lúčov s rôznou vlnovou dĺžkou, za AWG filtrom sa na jednotlivé vlákna (už s jednofarebným lúčom) nasadia pasívne rozdeľovače a na každom sa kapacita rozdelí na 8 ONU (ONT) zakončení. Na jednom vlákne tak WDM/TDM-PON obsluhuje až 128 účastníkov, pri vyššom počte lúčov môže kapacita adekvátne narastať. [3]

1.2 Problematika FTTH

1.2.1 Ceny inštalácii

Pri rozmachu FTTH je najväčším problémom cena inštalácie optiky až k zákazníkovi. Podľa odhadov francúzskeho telekomunikačného regulátora ARCEP (Autorité de Régulation des Communications Électroniques et des Postes) je pri FTTH najväčšou investičnou položkou (CapEx) vybudovanie optických trás, a to až vo výške 1000 EUR na jedného užívateľa. Druhou najväčšou položkou je rozvod v rámci budovy, ktorý obvykle predstavuje až 350 EUR. Až potom nasledujú výdaje za aktívne komponenty v sieti (300 EUR) a na strane užívateľa (200 EUR). [7]



Obr. 1.8: Náklady na pripojenie užívateľa

Nie je náhoda, že prvé FTTH aktivity budú vo väčších mestách, pretože investičné náklady závisia aj od hustoty osídlenia a možnosti využiť pre uloženie káblov aj kanalizáciu alebo metro. Spomínané konkrétne investičné náklady platia pre Paríž, kde je hustota obyvateľstva 20 tis./km² a pri predpoklade, že FTTH si objedná 25% potenciálnych klientov.

Nemalú položku predstavuje aj vnútorný rozvod v budove, ktorý je komplikovaný a oneskorený často aj tým, že je potrebné komunikovať a dohodnúť sa s viacerými subjektami. Zdieľanie vnútorného vedenia sa zdá byť konečným krokom na zabránenie situácie na obrázku 1.9 hore. Tu sú traja operátori (červený, modrý, zelený),

ktorý majú nainštalované každý svoje sieťové zariadenia na poschodiach a v bytoch. To znamená že každý operátor si nesie náklady na vnútornú inštaláciu osobitne, pričom sa náklady na pripojenie jedného užívateľa strojnásobia. Túto situáciu by malo vyriešiť rokovanie ARCEP-u so zainteresovanými operátormi o systéme pre vnútorné zdieľanie siete obrázok 1.9 dolu. [7]



Obr. 1.9: Príklad domu bez spoločného vedenia a s ním

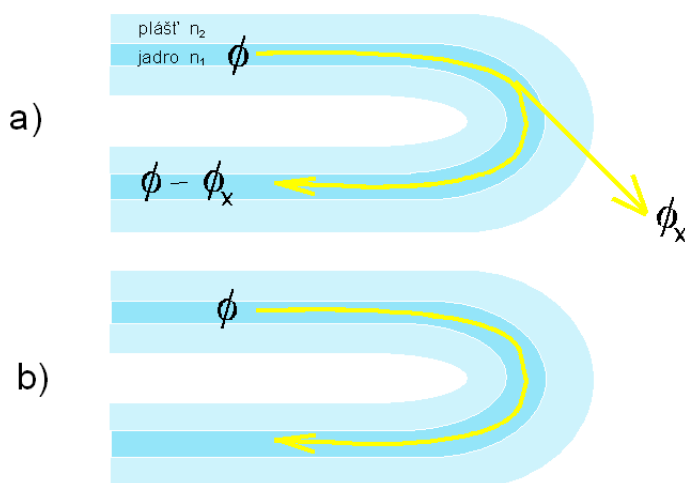
1.2.2 Ohybné optické vlákna pre FTTH

Na celom svete je okolo 680 mil. viacbytových domov, ale jednou z brzd nasadenia optického prístupu až k užívateľom vo vežiakoch je značný nárast útlmu optických vlákien, keď sú pri stiesnených podmienkach výrazne ohnuté. Nové optické vlákno, vyvinuté spoločnosťou Corning, využíva nanotechnológiu na potlačenie tohto negatívneho javu.

Vysoká koncentrácia užívateľov vo viacbytových domoch je ideálna pre nasadenie broadband služieb, a tak sú obvykle tieto budovy vybavené koaxiálnym a telefónnym

rozvodom. Širšiemu nasadeniu rýdzeho optického prístupu FTTH až k užívateľom však v prípade obytných vežiakov bráni aj to, že klasické optické vlákna výrazne zväčšujú svoj útlm, pokiaľ sú veľmi ohnuté, napríklad na rohoch alebo pri upevňovaní na stenu.

Optické vlákno má dve sklenené súosé vrstvy. Svetlo vedie jadro (core), okolo ktorého je sklenený plášť (cladding) s iným indexom lomu ako má jadro. Za normálnych podmienok sa svetlo šíri len v jadre (1.10b)). Lenže pri ohnutiach s menšími polomermi časť svetla z jadra začína unikať a tým vzrastá útlm (1.10a)). [8]



Obr. 1.10: Ohnuté optické vlákno. a)so stratami b)bez strát

V bežných podmienkach pri viacposchodových budovách, kde sa optický rozvod robí dodatočne a so snahou kopírovať existujúce metalické rozvody, je veľmi pravdepodobné, že jedno vlákno bude poriadne ohnuté na viacerých miestach. Typická inštalácia môže napríklad znamenať až dvanásť pravouhlých ohnutí optického vlákna.

V posledných rokoch sa objavili viaceré riešenia na redukciu tohto nepriaznivého efektu. Jednou z možností je znížiť priemer jadra optického vlákna. To sa niekedy kombinuje aj zvýšením indexu lomu jadra. Ďalším riešením je zníženie indexu lomu plášťa optického vlákna. Všetky tieto a podobné zlepšenia sú však len inkrementálne, a tak sa ani takto vylepšené optické vlákna príliš nehodia pre masové nasadenie FTTH pre segment MDU. Optické vlákna HAV (Hole-assisted fiber) a PBFG (Photonic band-gap fiber) síce môžu byť výrazne ohnuté bez prílišného nárastu útlmu, ale sú zatiaľ drahé a vyžadujú iné procedúry ako bežne používané optické vlákna.

Spoločnosť Corning prednedávnom oznámila, že vyvinula nový druh optického vlákna, obchodne označeného ako ClearCurve. Podstatou nového riešenia je vytvorenie nanoštruktúrovej vrstvy v plášti, ktorá zabraňuje úniku svetla z jadra. Podľa

tvrdenia výrobcu dá sa nové optické vlákno pripevňovať na steny tými istými nástrojmi ako metalické káble. Oproti koaxiálnemu káblu má výhodu vo väčšej prenosovej kapacite, menšom priemere a nižšej váhe. Menší priemer umožní napríklad viesť optické vlákno pod prahmi, okolo rámov dverí alebo pod kobercom. Najdôležitejšia je však možnosť viacnásobného ohnutia pozdĺž trasy, a to až pod polomerom 5 milimetrov. Navyše má nový optický kábel tú vlastnosť, že samotné vlákno sa neohne pod menším polomerom ako 5 mm nech je optický kábel akokoľvek ohnutý.

Americký operátor Verizon bude pravdepodobne patriť medzi prvých FTTH poskytovateľov, ktorý nové vlákno nasadí v rámci projektu FiOS. Vďaka tomuto projektu, zahájenému v roku 2004, bolo FTTH dostupné začiatkom tohto roku pre 9 mil. amerických domácností. Ostáva len dúfať, že možnosť osloviť novým optickým vláknom aj segment MDU bude znamenať výrazný nárast dostupnosti FTTH nielen v USA, ale aj v iných regiónoch. [8]

1.3 FTTH vo svete

1.3.1 Japonsko

Prvý milión optických prípojok sa v Japonsku dosiahol začiatkom roku 2004, dvoj-miliónová latka bola pokorená už v septembri 2004 a koncom minulého roku bolo v krajine vychádzajúceho slnka už vyše 4 mil. FTTH prípojok. V súčasnosti je v Japonsku okolo 7 mil. optických prípojok.

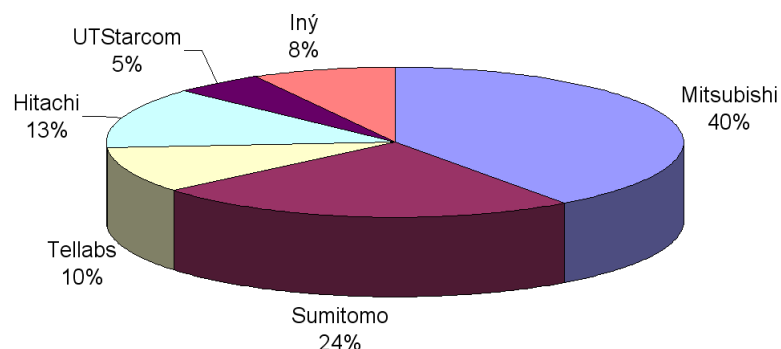
Pre nasadzovanie optického prístupu sú najvhodnejšie veľké mestá a v nich sú z investičného hľadiska zvlášť zaujímavé viacbytové domy. V Japonsku, ktoré je rozlohou len 4.8x väčšie ako ČR, ale má 12.5x viac obyvateľov (127.7 mil.), bolo koncom marca tohto roku 23.3 mil. broadband prípojok.

Zatiaľ trh FTTH ovláda dominantný operátor NTT, ktorý má dve regionálne divízie, pred spoločnosťou Usen. NTT mal koncom marca tohto roku 3.42 mil. FTTH užívateľov. Dominantný operátor má ambiciózný cieľ inštalovať 30 mil. FTTH prípojok do roku 2010, (v Japonsku je 50.4 mil. domácností), ale ani ostatní poskytovatelia optického prístupu nebudú zaháľať. Zostrujúci sa konkurenčný boj naznačujú aj správy o možnom prevzatí FTTH aktivít Tepco (Tokyo Electric Power Co) telekomunikačným operátorom KDDI. Tepco je v súčasnosti 5. najväčším FTTH poskytovateľom (asi 300 tis. optických prípojok) a KDDI je so 170 tis. optickými prípojkami na šiestej priečke.

Na nebyvalom náraste počtu FTTH prípojok má nesmierny podiel tokijský kabinet, ktorý už pred niekoľkými rokmi strategicky rozhodol preferovať rôznymi stimulmi práve optický prístup do domu. Napriek doterajším úspechom v tejto oblasti pripravuje ďalšie zmeny v pravidlách, ktoré by mali ešte viac zostríť konkurenciu v FTTH segmente, okrem iného oslabením postavenia NTT. [9]

Dodávky zariadení

V Japonsku je tak dnes už približne sedemkrát viac optických prípojok ako v Spojených štátoch amerických, a to sa prejavuje aj na celosvetovom podiele dodávateľov FTTH zariadení. Podľa analytickej spoločnosti Dittberner boli koncom minulého roku najväčšími FTTH dodávateľmi japonské firmy Mitsubishi a Sumitomo. Napriek tomu, že americkej firme Tellabs stúpol odbyt počas minulého roku až o 27%, tento nárast bol nielen menší ako v prípade spomínaných japonských firiem, ale bol aj pod úrovňou nárastu celého trhu. [10]



Obr. 1.11: celosvetový podiel na trhu v dodávkach FTTH zariadení v roku 2006

1.3.2 Južná Kórea

J. Kórea je po Japonsku ďalšou krajinou, kde sa dominantný operátor rozhodol pre masívne nasadenie technológie optika do domu FTTH, a to na báze EPON.

Významná časť juhokórejskej populácie je sústredená vo veľkých mestách (J. Kórea je rozlohou asi 1.25-krat väčšia ako ČR, ale má až 48.8 mil. obyvateľov), a tam v obytných vežiakoch, a to znamená jednoduchšie nasadenie technológie FTTH.

O jasnej podpore FTTH prístupu svedčia aj ceny služieb, ktoré nabádajú zákazníkov uprednostniť optický prístup všade tam kde je dostupný. Toho roku chce dominantný operátor investovať 200 mld. wonov (4.7 mld. CZK), aby sa FTTH dostalo do 200 tis. juhokórejských domácností. [11]

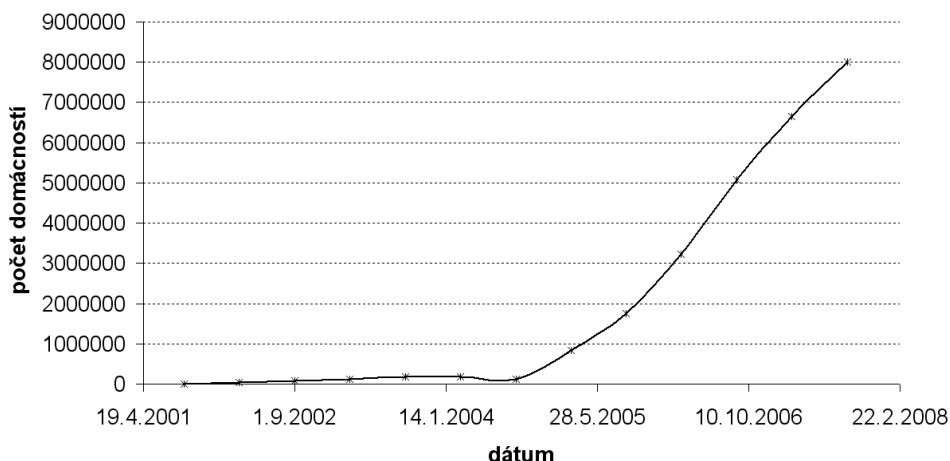
1.3.3 USA

V septembri minulého roku prekročil počet FTTH prípojok na severoamerickom kontinente hranicu 1 mil. a dnes je už vyše 2 mil. optických prípojok. O tempe inštalácie nových FTTH prípojok svedčia aj čísla o počte domácností, ktoré sú v súčasnosti v dosahu FTTH služieb (9.55 mil.) a počte domácností, pre ktoré sa FTTH služby ponúkajú (takmer 8 mil.)(obr.1.12). Tieto údaje nedávno oznámila asociácia FTTH Council, pre ktorú pripravila štúdiu analytická spoločnosť RVA LLC.

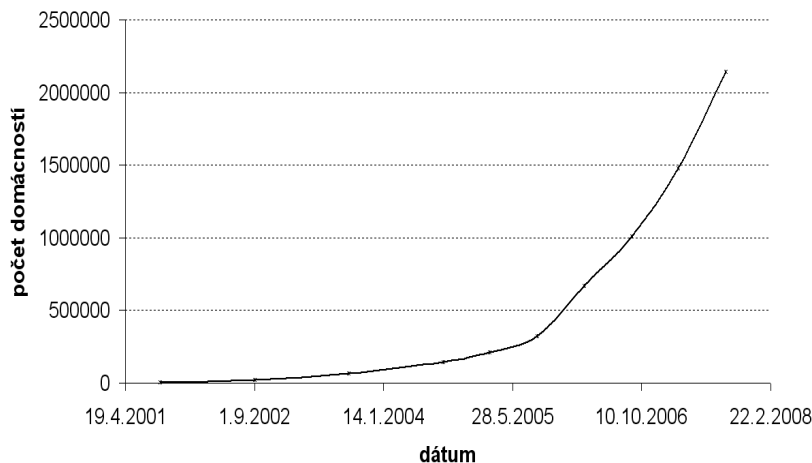
Hlavným ťahúňom FTTH v USA je Verizon, ktorý sa do tejto technológie vehementne pustil v roku 2004 po tom, čo regulátor FFC dal jasne najavo, že novovybudované optické prístupové siete operátori nebudú musieť prenajímať svojim

konkurentom. Verizon inštaluje približne dve tretiny všetkých optických prípojok, v súčasnosti má dohromady vyše 1.4 mil FTTH prípojok.

Nemalú úlohu v nasadzovaní FTTH však v USA hrajú aj menší regionálni ISP, mestá, komunálne podniky a elektrárenské spoločnosti. Tretinu optických prípojok (700 tis.) inštalovalo 369 menších poskytovateľov FTTH služieb. Nečudo preto, že z hľadiska použitých FTTH technológií je trh dosť fragmentovaný. Sú tu nasadené pasívne siete BPON, GPON, GEAPON ako aj aktívne E-FTTH. [12]



Obr. 1.12: Počet domácností s možnosťou pripojenia FTTH



Obr. 1.13: Počet domácností pripojených s FTTH

Pre FTTH je potrebné nájsť aj správny marketing. V prípade Verizonu sa za posledných šesť mesiacov podarilo dosiahnuť pomer pripojených užívateľov k počtu užívateľov, pre ktorých sú FTTH služby ponúkané, z 22.3 na 26.8%. V prípade

niektorých regionálnych FTTH poskytovateľov je tento ukazovateľ nad 50%. Samozrejme, to závisí aj od toho, ako dlho sa už FTTH služby ponúkajú a aká je v danej oblasti konkurencia zo strany ADSL alebo káblového pripojenia.

V súčasnosti sú optické služby FTTH dostupné len pre necelých 2% amerických domácností. Nasadzovanie FTTH nielen pre rodinné domy, ale aj pre segment MDU (Multidwelling unit) by mohlo znamenať, že ďalší milión FTTH prípojok pribudne podstatne skôr, než tomu nasvedčuje súčasný trend. [12]

1.3.4 Francúzsko

Vo Francúzsku sa do technológie optika do domu (FTTH) ako prví vehementne pustili alternatívni operátori, ale dominantný operátor France Telecom okamžite reagoval prostredníctvom Orange France. Kým alternatívny operátor Free sa rozhodol pre aktívnu FTTH technológiu od spoločnosti Cisco, označenú ako E-FTTH (Ethernet FTTH), dominantný operátor uprednostnil pasívnu optickú sieť GPON podľa G.984.

Silný konkurenčný tlak, respektíve snaha zvýšiť priemerné tržby na užívateľa, ponúkaním mimoriadne atraktívnych služieb bez ohľadu na ich vzdialenosť od ústredne, primäli aj Free k tomu, aby začal ponúkať aj službu optika do domu FTTH. Free chce do roku 2012 investovať do FTTH jednu miliardu EUR a optický prístup by mal byť v tom čase dostupný pre 10 mil. užívateľov.

Lenže FTTH je dosť tvrdý oriešok, a to nielen pre alternatívnych operátorov ale aj pre FT/Orange. Zrejme preto, že FTTH je investične podstatne náročnejšia než ADSL2+. Podľa odhadov Free sú náklady na jednu prípojku v Paríži vo výške 1500 EUR.

Všetko zlé je však na niečo dobré. Dominantný operátor ako aj Free oznámili, že sú ochotní sprístupniť svoje siete aj konkurencii. Pre operátorov to znamená možnosť účinnejšie využiť FTTH infraštruktúru a pre zákazníkov zase možnosť zvoliť si atraktívnejší balík služieb bez ohľadu na to, kto vlastne vybudoval a stará sa o optickú prístupovú sieť.

V prípade Free to konkrétne znamená, že kým jeho maloobchodná ponuka za 100/50 Mbps optický prístup je za 29.90 EUR na mesiac (+ 2 ks Freebox HD - možnosť sledovať súčasne dva rôzne programy na dvoch televízoroch), veľkoobchodná ponuka pre iných FTTH poskytovateľov je 15 EUR za jeden prístup na 1 mesiac. [13]

1.3.5 Slovinsko

Telekom Slovenije patrí medzi tých národných operátorov, ktorí sú pioniermi pri nasadzovaní najmodernejších prístupových technológií a služieb. V rámci nedávno ohláseného projektu F2 chce Telekom Slovenije do konca roku 2015 pripojiť 70% slovinských domácností prostredníctvom optických vlákien.

Celkové náklady budú predstavovať 450 mil. EUR. Časť prostriedkov (100 mil. EUR) poskytne vo forme pôžičky Európska investičná banka. Do konca roku 2010 plánuje mať pripojených 300 tis. domácností a do konca roku 2015 434 tis. domácností. Tu si pripomeňme, že Slovinsko je rozlohou takmer štyrikrát menšie ako Česká republika a má necelých 2 mil. obyvateľov.

Kým v Ázii národní operátori uprednostňujú pasívnu optickú sieť EPON, v USA Verizon a na našom kontinente France Telecom sa rozhodli nasadiť pasívnu optickú sieť GPON. Mesto Amsterdam a francúzsky alternatívny operátor Free však vybrali aktívnu optickú sieť E-FTTH spoločnosti Cisco Systems. Telekom Slovenije sa rozhodol pre aktívnu optickú sieť, označenú ako Point to point FTTH, ktorej hlavným dodávateľom bude domáci Iskratel.

Základom sú prístupové zariadenia série Iskratel SI3000 MSAP (Multi Service Access Plane), ktoré sa môžu použiť pre rôzne FTTx prístupové technológie, akými sú FTTN+VDSL2/ADSL2+ (optika do uzla + metalické pripojenie), optika do budovy FTTB (Fiber to the Building) alebo optika priamo do domu FTTH.

Počet užívateľov, pripojených na aktívny prepínač (SI3000 Fiber Access) prostredníctvom optických vlákien, môže byť 12 až 216, podľa veľkosti použitého rámu (1U až 9U) a počtu zásuvných jednotiek. Smerom k užívateľom sa používa optické rozhranie FE (Fast Ethernet) s dosahom 2 až 40 km, podľa typu použitých optických portov (MM/SM, 1310/1550 nm) na zásuvných jednotkách. V prípade potreby sa rýchlosť užívateľských prípojok dá navýšiť nasadením GE (Gigabit Ethernet) portov namiesto FE. Prepínač sa na agregáciu sieť pripája optickým rozhraním GE alebo 10GE, s dosahom 500 m až 80 km, opäť podľa druhu použitého vlákna a vlnovej dĺžky. [14]

1.4 Trojitá hra pre koncového užívateľa

Z dôvodu veľkého množstva operátorov poskytujúcich služby trojitej hry sú ceny a ponuky uvádzané len od operátora Orange Slovensko. Komerčná ponuka vstupuje do platnosti 3.9.2007 a využiť ju je možné až do 31.12.2007 (vrátane).

V decembri minulého roku spustila pilotnú prevádzku FTTH aj spoločnosť Orange Slovensko. Spoločnosť Orange na Slovensku vybuduje najhustejšiu národnú sieť optických prípojok v Európe, ukončených v byte zákazníka, v pomere k počtu domácností a dostupnú na širšom území krajiny. Do konca roku operátor plánuje preinvestovať približne 1 miliardu slovenských korún a pripojiť takmer 200 tis. domácností v desiatich slovenských mestách. Celková hodnota investície je však oveľa vyššia, ďalšie viac ako 2 miliardy korún investoval Orange do vybudovania optických dátových okruhov v dĺžke viac ako 2000 kilometrov a viac ako 300 miliónov investuje do svojej IP siete.

Do rýdzeho optického prístupu sa vo veľkom rozsahu pustil zatiaľ len France Telecom, pod krídla ktorého patrí Orange. Kým vo Francúzsku je dôvodom zahájenia FTTH projektu silný tlak zo strany alternatívnych operátorov, ktorí majú veľmi ambiciózne FTTH plány, na Slovensku je FTTH príležitosťou na ďalší rast a získanie výrazného technologického náskoku pred konkurenciou. Pre nasadenie služby sú na Slovensku zvlášť dobré podmienky, pretože významná časť populácie žije v obytných vežiakoch na sídliskách, čo značne zjednodušuje inštaláciu optických prípojok. [15]

1.4.1 Internet

Spoločnosť Orange nazýva možnosť pripojenia internetu cez FTTH službou "fiber-net". Zákazníci majú na výber z troch balíčkov nazvaných jednoducho: Štart, Klasik a Premium. Veľmi podstatnou informáciou je garancia ceny služieb v čase registrácie po celú dobu trvania záväzku. [16]

	Fibernet	Digitálna TV	Pevná linka	Cena
Štart	12 Mbps download, 1 Mbps upload	13 kanálov	bez mesačného poplatku	960 Sk
Klasik	30 Mbps download, 2 Mbps upload	25 kanálov	bez mesačného poplatku	1 200 Sk
Premium	60 Mbps download, 4 Mbps upload	50 kanálov	bez mesačného poplatku	2 380 Sk

Tab. 1.2: ceny kombinácie služieb

Poplatok za zriadenie prípojky je 1 130 Sk, prekládka pripojenia na inú adresu stojí 2 975 Sk a poplatok za zmenu z vyššieho účastníckeho programu na nižší je 1

119 Sk.

Všetky jednotlivé položky balíkov je možné aktivovať i samostatne, no tiež ako ľubovoľnú kombináciu Fibernetu a Digitálnej TV. Aktivovať sa dá samostatne i Pevná linka. Pri pilotnej ponuke boli k dispozícii dve rýchlosti pripojenia k internetu – konkrétne 10/2 Mbps a 30/15 Mbps. Nová ponuka síce zvyšuje maximálnu rýchlosť prijímania dát v najvyššom balíku, rýchlosť posielania však klesla na maximálne 4 Mbps v základe. [16]

	Cena v Sk
Fibernet Štart	600 Sk
Fibernet Klasik	720 Sk
Fibernet Premium	1 190 Sk
Digitálna TV Štart	360 Sk
Digitálna TV Klasik	480 Sk
Digitálna TV Premium	1 190 Sk
Pevná linka	475 Sk

Tab. 1.3: ceny len internetu cez FTTH

Rýchlosť uploadu bude možné za mesačný poplatok 120 Sk s DPH zdvojnásobiť. Jednotlivé programy nie sú nijako dátovo obmedzené. Orange ponúka aj možnosť aktivovať si statickú IP adresu za 240 Sk mesačne, pričom jednorazový aktivačný poplatok je vo výške 950 Sk. [16]

1.4.2 Digitálna TV

Orange v novej ponuke Digitálnej TV rozširuje i ponuku televíznych staníc. V základnom balíčku Štart je to 13 kanálov, ktoré nájdete v nasledovnej tabuľke. [16]

Digitálna TV Štart	
	TV kanály
1	Jednotka
2	Dvojka
3	Markíza
4	JOJ
5	TA3
6	ČT 1
7	ČT 2
8	ČT 24
9	Prima
10	Magyar TV 1
11	Magyar TV 2
12	ORF 1
13	ORF 2

Tab. 1.4: Programy v balíčku štart

Ďalej má používateľ na výber z piatich tematických balíčkov, pričom pri programe Klasik si môže vybrať dva ľubovoľné z nich. Program Premium ponúka za nezmenenú cenu všetkých päť balíčkov a pridáva i všetky rozširujúce balíčky okrem platených HD kanálov. [16]

	Športový balík		Rodinný balík 2
14	Eurosport	39	BBC World
15	Eurosport 2	40	CNN
16	ESPN	41	Film+
17	Galaxie Sport	42	Film box SD
18	Sport 1	43,44	SAT 1 (SD, HD)
19	Viasat Explorer/Spice	45	Zone Club
	Detský a hudobný balík		Cinemax pack
20	Jetix	46	Cinemax
21	Jetix Play	47	Cinemax 2
22	Cartoon Network		HBO pack
23	MTV Europe	48	HBO
24	VH1	49	HBO 2
25	Óčko		Adult pack
	Dokumentárny balík	50	Nonstop Kino
26	Spektrum	51	Hustler TV
27	Discovery channel	52	XXX Xtreme
28	Viasat History		Platené HD
29	National Geographic	53	Nonstop kino HD
30	Zone Reality	54	Nonstop kino SD
31	TV Nautik		
	Rodinný balík 1		
32,33	PRO 7 (SD, HD)		
34	RTL		
35	Music Box		
36	CS Film		
37	AXN		
38	Fashion TV		

Tab. 1.5: Ponuka ďalších balíčkov

Navyše si za poplatok môžete doobjednať Nonstop kino HD. Ku nižším programom je možné pridať i ľubovoľný program z iného balíčku jednotlivo, pričom jednotlivé TV stanice sú zaradené do troch cenových kategórií od 25 Sk, cez 60 Sk, až po 240 Sk mesačne. Ponuka je preto plne používateľsky nastaviteľná. Cena všetkých tematických balíčkov nižšej kategórie (14-45) pre zákazníkov Digitálnej TV Štart je zhodne 95 Sk, pri programe Klasik iba 85 Sk mesačne. Zvyšné tri balíčky stoja 240 Sk mesačne. Prémiový balík Nonstop Kino HD a Cinemax s HBO získate za 360 Sk mesačne. [16]

1.4.3 Pevná linka

Pevná linka je súčasťou balíkov a mesačný poplatok sa za ňu neplatí. Spolu s Pevnou linkou získavate neobmedzené volania účastníkom pevnej siete Orange a 100

voľných minút v slabej prevádzke do mobilnej siete Orange a do národných pevných sietí v silnej aj slabej prevádzke. Do všetkých mobilných sietí stojí minúta hovoru zhodne 7 Sk. Každý pevnej linke bude automaticky a bezplatne aktivovaný CLIP, CLIR a presmerovanie hovorov. Služba FAX sa takisto poskytuje automaticky a je spoplatnená ako airtime. Zároveň ešte stále platí akcia umožňujúca vybrať si svoje telefónne číslo v pevnej sieti Orange. V prípade, že si chcete aktivovať iba pevnú linku, je potrebné dokúpiť si konvertor za plnú cenu 9 990 Sk s DPH. Samostatná cena pevnej linky je 475 Sk s DPH. [16]

1.4.4 Ceny a zariadenia k trojitej hre

Základ tvorí tzv. konvertor (ONT). Konvertor musíte mať vždy, keď sa rozhodnete využívať ponuku FTTH. V súčasnosti je v ponuke konvertor Siemens G-25E. Obsahuje tri konektory na Set-Top-Box (čierny, oranžový a ružový – ETH 1 - 3) a jeden na Wi-Fi Router (hnedý ETH 4). Do ďalších dvoch modrých zásuviek sa dá pripojiť obyčajný telefón alebo fax. Práve prítomnosť faxu je veľkou výhodou pre firemných zákazníkov, ktorí ku pôvodnému ONT fax pripojiť nemohli. Zariadenie je spravované diaľkovo.

Pre používanie Fibernetu je potrebné vlastniť Bezdrôtový smerovač. Ide o Wi-Fi router D-Link, ktorý umožňuje pripojenie počítačov do siete internet prostredníctvom štyroch LAN zásuviek, alebo integrovaného Wi-Fi IEEE 802.11 G modulu s anténou.

Najväčšou novinkou je nový Set-Top-Box, teda škatuľka potrebná na pripojenie televízora. Ide o model Sagem IAD 81 HD. Nahrádza v ponuke pôvodný STB Sagem IAD 81 SD, ktorý nepodporoval HD rozlíšenie. Set-Top-Box je možné pripojiť k novým TV aj cez špeciálne rozhranie HDMI pre využitie plného HD rozlíšenia. Novinkou je i podpora 5.1 kanálového zvuku. Na jeden STB je možné pripojiť viac televízorov, na všetkých sa ale dá pozerať iba jeden program. Na STB môžete pripojiť TV i za pomoci SCART kábla, reproduktory sa pripájajú prostredníctvom SPDIF rozhrania. [16]

	Plná cena	Akciové ceny zariadení pri viazanosti na 36 mesiacov
ONT	9 999 Sk	1 999 SK
Wi-Fi Router	1 599 Sk	1 SK
Set-Top-Box	5 299 Sk	1 SK

Tab. 1.6: ceny zariadení

V rámci novej ponuky Orange Doma ponúka oranžový operátor i akciu pre nových zákazníkov, ktorí si aktivujú ktorúkoľvek kombináciu Fibernetu a Digitálnu TV a zaviazajú sa ku využívaniu služieb na 36 mesiacov. Pri podpisovaní zmluvy si zákazník zvolí, na ktorú z dvojice služieb si praje uplatniť 100% zľavu a vyberie obdobie jedného mesiaca až pol roka. O toto obdobie sa potom predĺži zmluvná viazanosť, čo znamená pri maximálnom využití zľavy fixnú viazanosť až 42 mesiacov. Zľava bude uplatnená v prvých mesiacoch viazanosti. [16]

2 VLASTNÉ MERANIE

Meranie som vykonával v pobočke firmy PROFiber Networking s.r.o. so sídlom v Trnave. Je to spoločnosť pracujúca v odbore vláknovej optiky a optických komunikácií. K dispozícii mali viacero meracích prístrojov ktoré ale požičiavali firmám ktorým sa z ekonomických dôvodov neoplatila kúpa daného prístroja, preto neboli niektoré prístroje v čase mojich návštev k dispozícii. K meraniu bola použitá modelová sieť EPON so zariadeniami OLT (Alloptic edge200) a ONT (Alloptic home4000). Celkovo sme vykonali 3 druhy merania, pričom sme použili prístroje z nasledovného zoznamu.

Zoznam prístrojov:

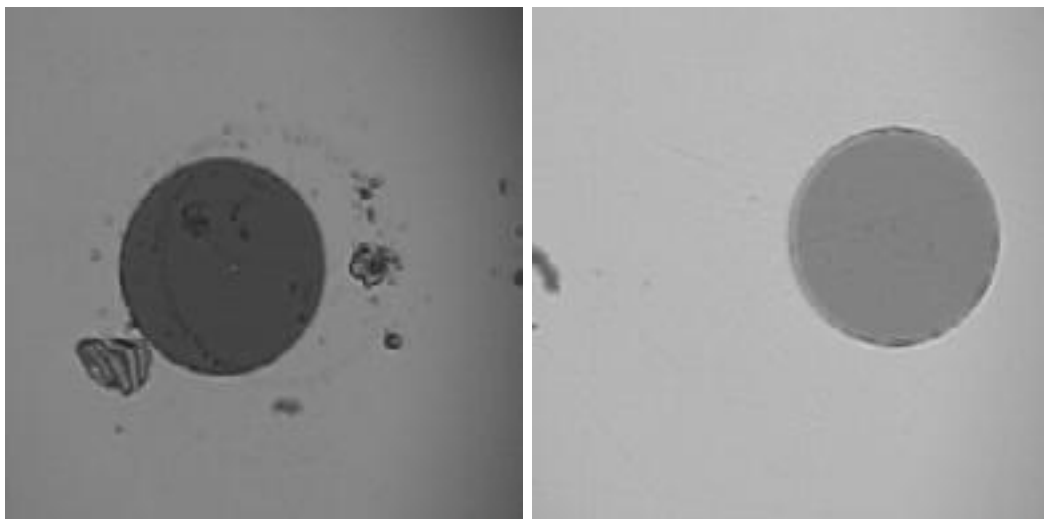
- optický výkon - merací prístroj PPM (PPM-352B-EG-ER.EA (v.č. AVB012692))
- premeranie trasy – optický reflektometer (mini OTDR AXS-100-023VOTB-EI-04B-PM2X-VFL (v.č 381759))
- útlm trasy – priama metóda (FOT-932X-5-VFT-FP-A-EI (v.č. 371006) a FOT-932X-5-VFT-FP-A-EI (v.č. 371167))
- čistota konektorov – inšpekčný mikroskop (VIDEOMIKROSKOP FIP-400)
- OLT - Alloptic edge200
- ONT - Alloptic home4000
- množstvo optických vlákien rôznych dĺžok s rôznymi konektormi
- splitter 1:4

2.1 Meranie čistoty konektorov

Meranie čistoty konektorov považovali pracovníci PROFiberu ako veľmi dôležité, pretože zostavená optická trasa so špinavými konektormi môže mať v konečnom dôsledku omnoho väčší útlm ako by mala pri konektoroch čistých. Čistenie konektorov nám pri meraní zabralo skutočne veľa času, ale čas strávený nad čistením a premeriavaním konektorov bol využitý vhodne kvôli presnosti meraní.

Pracovníci danej firmy ale poukazovali na túto nevedomosť mnohých firiem poskytujúcich optický prístup až do domu pretože mali množstvo reklamácií prístroja pričom zistili že prístroj je síce funkčný ale znečistený. Po zapožičaní prístrojov sa im tie taktiež vracali značne znečistené.

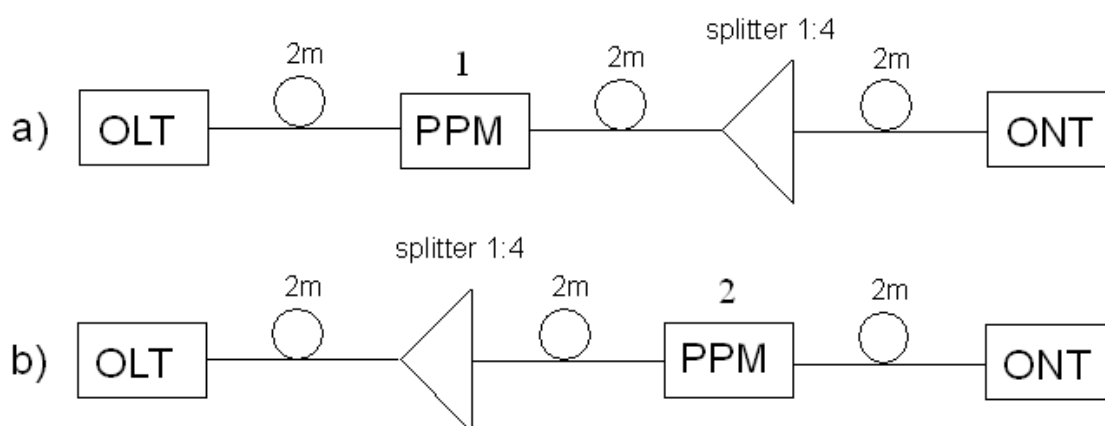
Na meranie sme použili merací prístroj videomikroskop FIP-400, ktorý ponúkal rýchle zobrazenie znečistenia konektoru na vlastnom displeji , ale taktiež bol kompatibilný s počítačom, prípadne inými inými meracími prístrojmi od tohto výrobcu, pričom sme odskúšali všetky tri možnosti (na spojenie s iným meracím prístrojom sme použili OTDR AXS-100). Príklad nami nameraného špinavého konektoru je vidno na obr.2.1a) a čistého na obr.2.1b)



Obr. 2.1: detail konektoru a)špinavý b)čistý

2.2 Meranie s PPM (pon power meter)

Ako prvé sme previedli meranie výkonov vysielaných zariadeniami ONT a OLT. Na meranie sme použili merací prístroj PPM-352B. Meranie sme žiaľ neprevádzali na optickej trase použitej v ďalších meraniach pretože tá v danom čase nebola k dispozícii. Pri neskorších meraniach použitej trasy bol merací prístroj PPM zapožičaný iným osobám. Preto meranie prebehlo s tromi 2-metrovými optickými vláknami. Meranie sme vykonali v dvoch miestach a to medzi OLT / splittrom a splittrom / ONT ako ukazuje obr.2.2



Obr. 2.2: a)meranie medzi OLT a splittrom b)meranie medzi splittrom a ONT

Výsledky merania:

meranie v bode:	vlnová dĺžka vysielaná OLT [nm]	vlnová dĺžka vysielaná ONT [nm]	optický výkon z OLT [dBm]	optický výkon z ONT [dBm]
1	1490	1310	2,6	-4,1
2	1490	1310	-3,5	2,3

Tab. 2.1: výsledky merania s PPM

V tabuľke 2.2 sú teoretické údaje útlmu pri použití splittra s farebným vyznačením nami použitého splittra s delením 1:4.

Útlm odbočovania signálu		
delenie	ideálny útlm (dB)	reálny útlm (dB)
1x2	3	4
1x4	6	7
1x8	9	10
1x16	12	14
1x32	15	17
1x64	18	20
1x128	21	23
1x256	24	26

Tab. 2.2: Útlm odbočovania signálu [17]

V tabuľke 2.3 som vypočítal útlm nami použitého splittra po vykonaní merania v bodoch 1 a 2.

	v bode merania 1	v bode merania 2	rozdiel výkonov [dB]
optický výkon vysielaný z OLT [dBm]	2,6	-3,5	6,1
optický výkon vysielaný z ONT [dBm]	-4,1	2,3	6,4

Tab. 2.3: Útlm splittra

V datasheete nami použitého zariadenia OLT Alloptic edge 200 je uvedený optický výkon na jeho výstupe 3dBm, pričom my sme namerali len 2,6dBm. Útlm

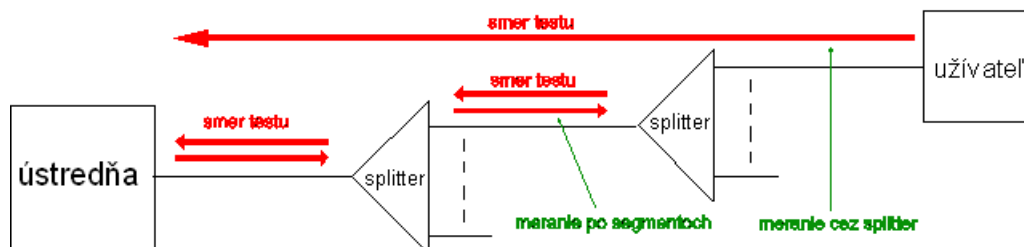
splittra s deliacm pomerom 1:4 nám ale vyšiel takmer ideálny, a to 6,1dB pri teoretickej ideálnej hodnote 6dB.

Meranie v bode 2 sa v praxi nepoužíva lebo medzi splittrom a OLT už sú optické výkony sčítané od všetkých užívateľov. My sme mali pripojený len jeden vysielajúci ONT preto sa dalo meranie vykonať aj v danom bode.

2.3 Meranie optickým reflektometrom

Toto meranie sme robili meracím prístrojom OTDR AXS – 100. K dispozícii sme mali optické vlákna vhodnej dĺžky ale s rôzymi konektormi. S danými prvkami a možnosťami sme zostavili meranú optickú trasu zobrazenú na obr.2.8. K dispozícii sme mali merací prístroj OTDR, taktiež prístroj na zmeranie útlmu trasy priamou metódou, preto boli tieto merania uskutočnené hneď po sebe. Meranie sa žiaľ uskutočnili v značnej časovej tiesni pre nedostatok času zamestnancov firmy PROFiber, čo sa prejavilo napríklad na urýchlennom čistení konektorov, tj. nie niekedy dostatočnom vyčistení a podobne.

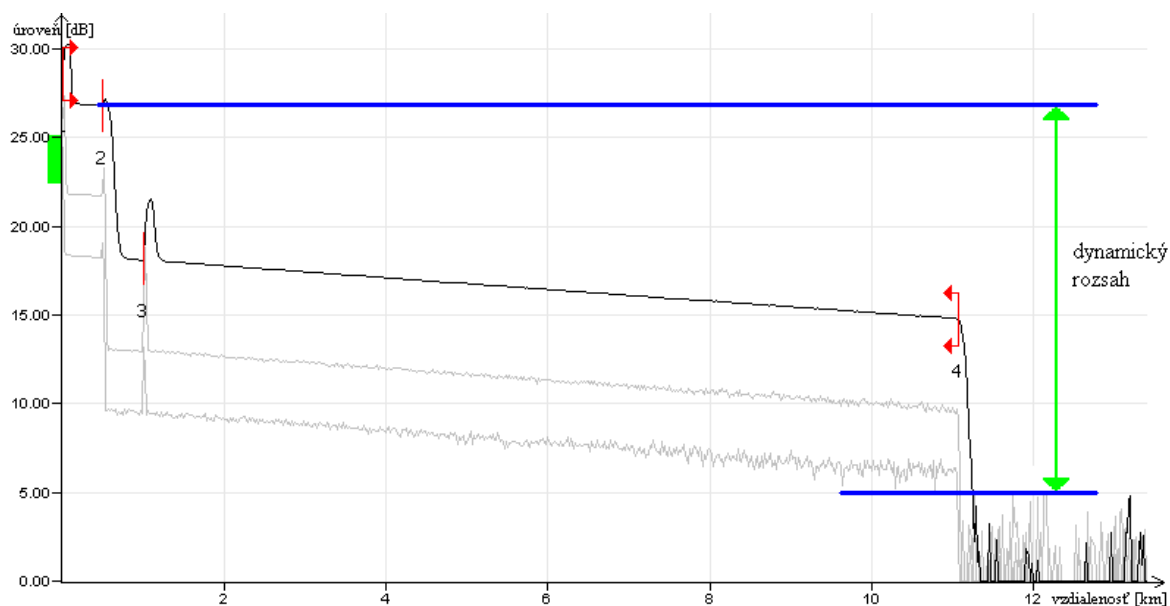
Meranie OTDR môže prebiehať dvojmo, a to buď meranie po segmentoch siete, alebo meranie celej trasy cez splitter v smere ONT-OLT ako je na obr 2.3. My sme zvolili zmeranie celej trasy cez splitter.



Obr. 2.3: Meranie po segmentoch a cez splitter

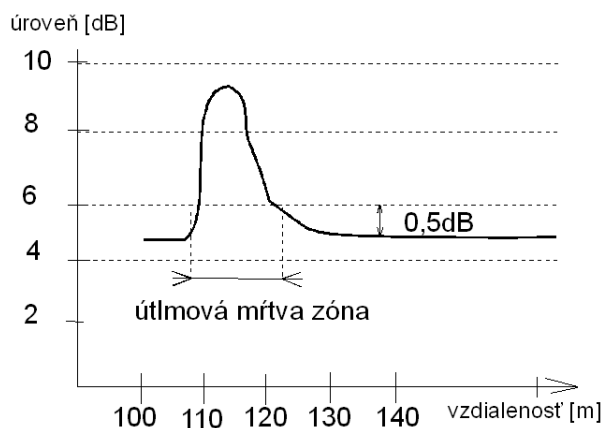
Pri meraní je možno zvoliť si šírku pulzu ktorá bude použitá pri meraní. Tu nastáva otázka akú šírku pulzu zvoliť, pretože pri užšej šírke pulzu bude menší dynamický rozsah, ale zasa lepšia mŕtva zóna, naopak pri širšom pulze bude väčší dynamický rozsah ale horšia mŕtva zóna.

Dynamický rozsah je rozdiel medzi naviazanou úrovňou signálu a úrovňou šumu – obr 2.4.



Obr. 2.4: Dynamický rozsah

Mŕtva zóna vzniká u odrazených nehomogenít na trase. Spätné odrazené svetlo spôsobí saturáciu detektoru, tzv. čiastočné oslepenie, kedy detektor nieje schopný detekovať ďalšie nehomogenity na trase. Veľká mŕtva zóna vzniká v mieste pripojenia detektoru, preto je vhodné pripojiť k trase ešte predradné vlákno.



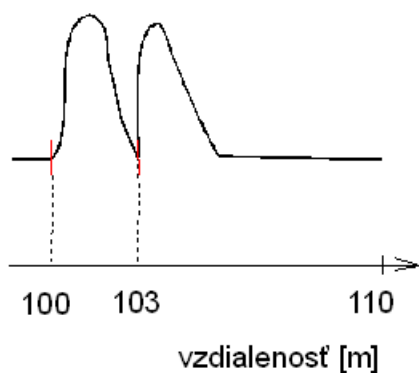
Obr. 2.5: Mŕtva zóna

Ako vplýva šírka pulzu na veľkosť mŕtvej zóny je prehľadne zobrazené na obr 2.6

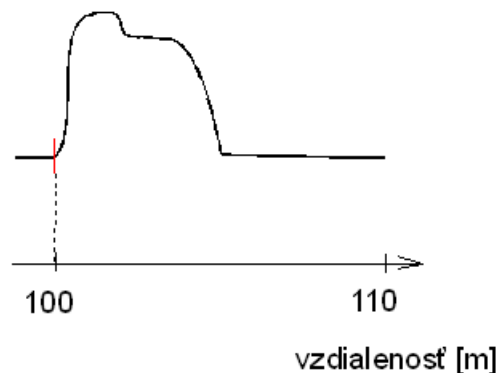
2 konektory 3 m od seba



pulz 5ns - lepšia mŕtva zóna



pulz 30ns - horšia mŕtva zóna



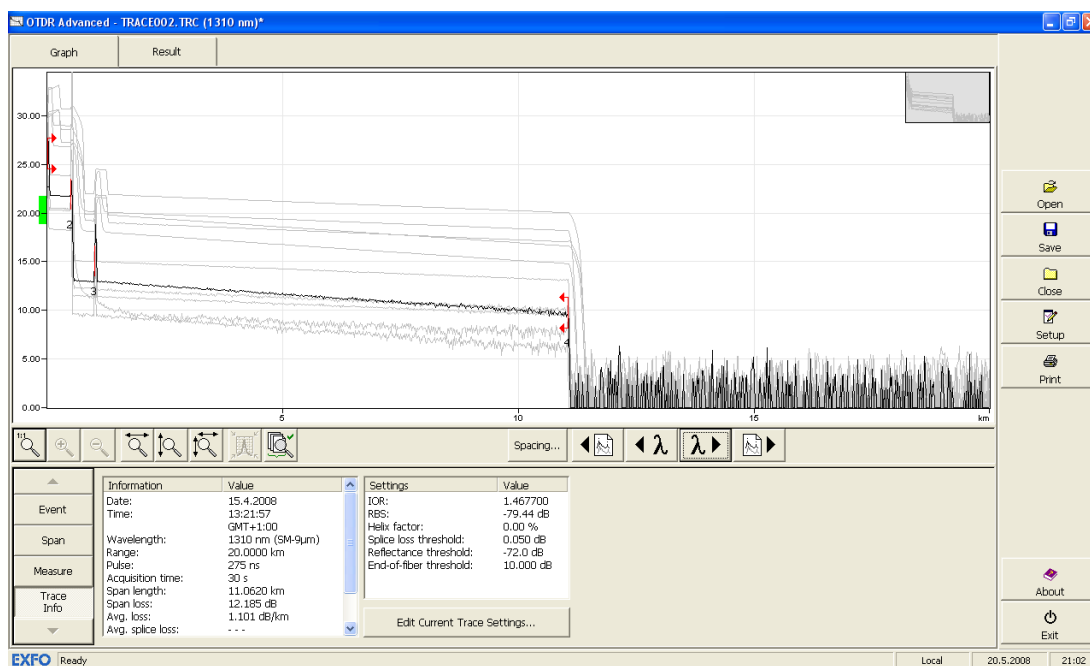
Obr. 2.6: Vplyv dĺžky pulzu na mŕtvu zonu

Je vhodné zvoliť si šírku pulzu podľa meranej trasy a následne vhodne zvoliť minimálnu dĺžku predradného vlákna. Tabuľka 2.4 nám ukazuje závislosť dynamického rozsahu a mŕtvej zóny na šírke pulzu pre OTDR 42dB, 1310nm

dĺžka meriaceho impulzu [ns]	dĺžka mŕtvej zóny v mieste pripojenia prístroja [m]	dynamický rozsah [dB]	doporučená dĺžka predradného vlákna [m]
10	30	9,7	100
30	50	12,1	200
100	70	21,0	
275	100	24,1	500
1000	200	27,3	
2500	400	30,0	1000
10000	1200	40,0	2000
20000	2300	49,9	3000

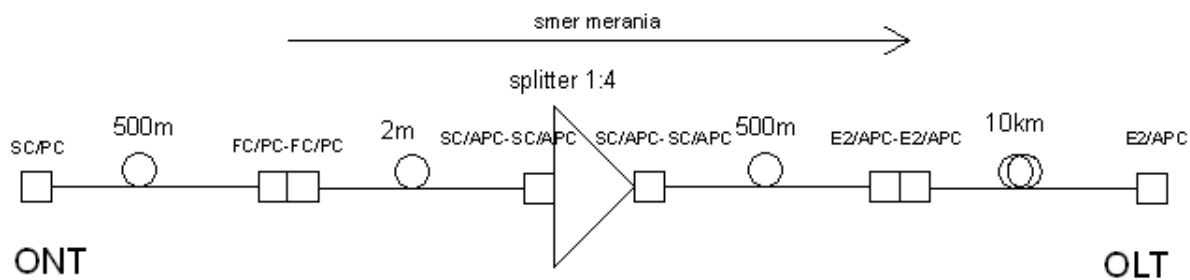
Tab. 2.4: Závislosť mŕtvej zóny a dynamického rozsahu na dĺžke impulzu [18]

Na meranie sme použili už spomenutý merací prístroj AXS-100. Tento prístroj vie uložiť nameranú trasu na jeho internú pamäť vo formáte *.trc, pričom po následnom skopírovaní do počítača je ho možné otvoriť vo voľne stiahnuteľnom programe OTDR Viwer a následne prezerať a vyhodnocovať namerané údaje. Pohľad ako program vyzerá je vidieť na obr 2.7.



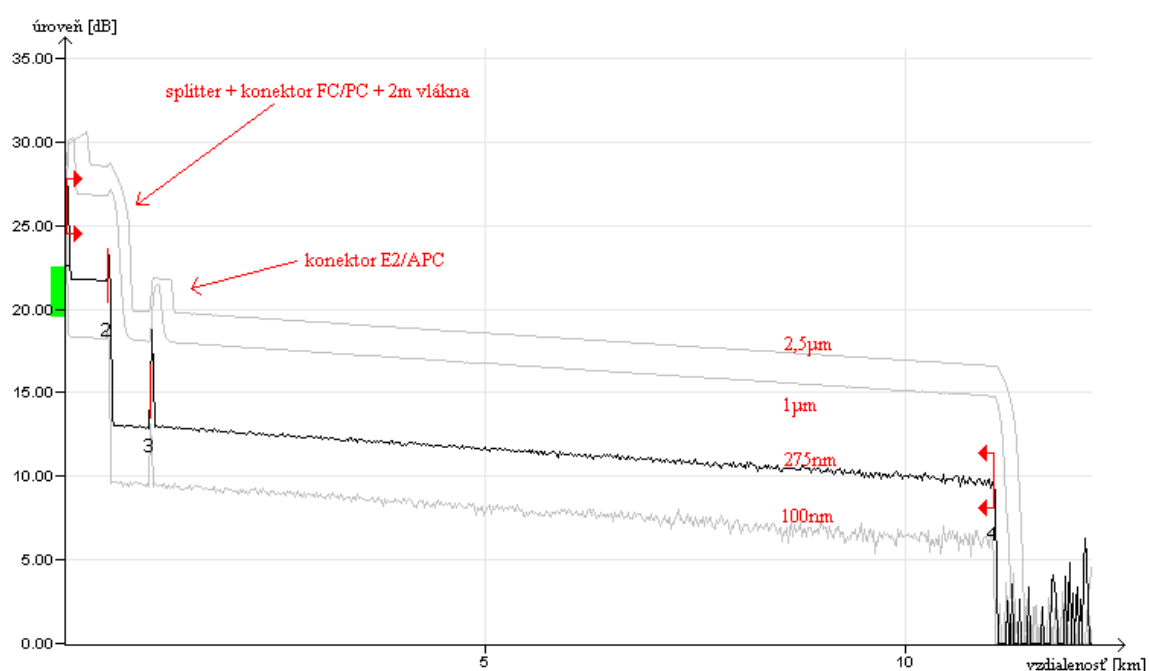
Obr. 2.7: Program OTDR Viewer

Nami zostavenú optickú trasu (obr 2.8) sme premeriavali cez splitter v smere ONT-OLT. Merací prístroj nám umožňoval merať trasu v troch vlnových dĺžkach a to 1310nm, 1550nm a 1625nm. Trasu sme namerali vo všetkých troch dĺžkach. Dĺžka impulzu sa dala voliť v rozmedzí od 100ns až 2,5mikrosekundy. Postupne sme namerali trasu na ponúknutých vlnových dĺžkach so šírkami impulzov 100ns, 275ns, 1mikrosekundy a 2,5mikrosekundy. Dĺžku testu sme volili konštantne 30s. Je to čas za ktorý merací prístroj test periodicky opakuje a výsledky priemeruje. Dĺžku trasy sme zvolili 20km, pretože menšia možnosť bola už len 10km a túto vzdialenosť už nami zostrojená trasa (obr 2.8) presahovala.



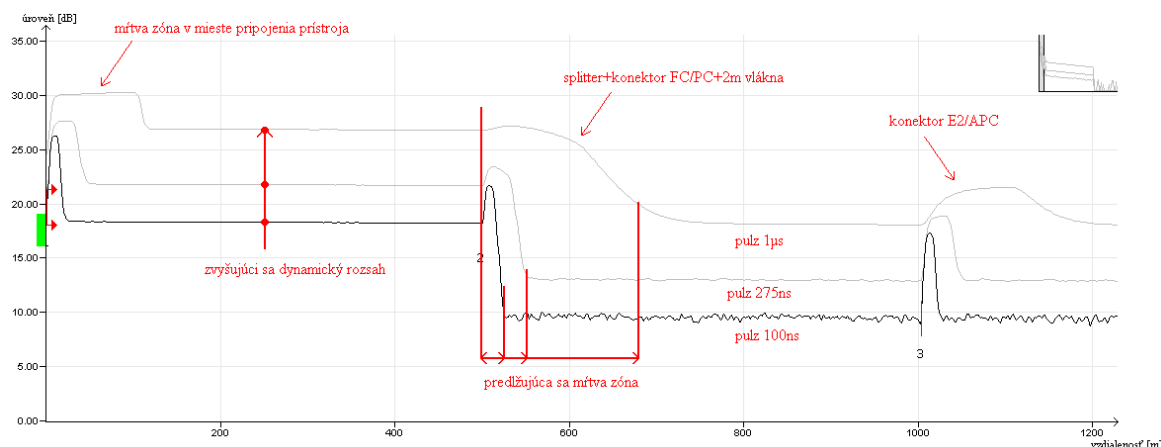
Obr. 2.8: Schéma zapojenia optickej trasy

Nameraná trasa pri zvolenej vlnovej dĺžke 1310nm:



Obr. 2.9: Graf s vlnovými dĺžkami 1310nm

V grafe sú zobrazené priebehy pri zvolených všetkých 4 pulzoch. Pri ich porovnaní je docela dobre vidieť ako stúpa dynamický rozsah a zväčšuje sa mŕtva zóna. Prehľadne je to zobrazené na obr.2.10 kde je priblížený počiatok nameranej trasy.



Obr. 2.10: Priblížený zmeraný počiatok trasy

Z dôvodu toho že už pri pulze 100nm máme mŕtvu zónu veľkú 70m nieje vôbec zaznamenané optické vlákno dĺžky 2m. Toto 2-metrové optické vlákno týmto meracím prístrojom nedokážeme namerať pri žiadnom pulze. Ostatné prvky zostrojenej trasy aj ich vzdialenosti nám ale prístroj veľmi presne určil.

Pred nami zostavenú trasu sme nevložili žiadne predradné vlákno z dôvodu že sme už ďalšie nemali. Meranie to ale zásadne neovplyvnilo pretože ako prvé vlákno je použité 500 metrové pričom dĺžka mŕtvej zóny je omnoho kratšia.

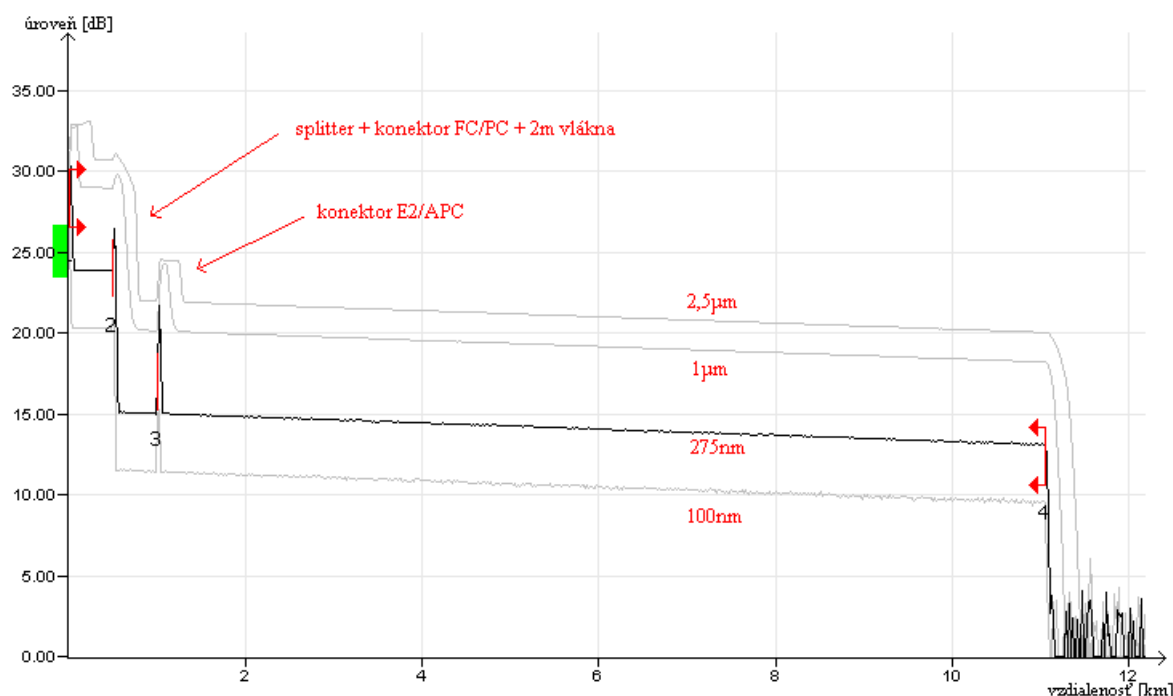
Celkový útlm trasy by sme si mohli od oka spočítať tak, že zrátame postupne útlmy použitých prvkov. To je cca 6 až 7dB splitter, 0,3dB/km pri vlákne čo je pri našich 11km zhruba 3dB a konektory zhruba 1 až 2dB. Celá naša trasa by mala mať celkovo zhruba 11dB.

Namerané údaje vyhodnotené programom OTDR Viewer pri vlnovej dĺžke 1310nm sú prehľadne spracované v tabuľke 2.5.

dĺžky impulzu [ns]	vzdialenosť medzi začiatkom trasy a splittrom [m]	útlm na trese: medzi začiatkom trasy a splittrom [dB]	útlm splittrom + konektoru FC/PC+2m vlákna [dB]	vzdialenosť medzi splittrom a konektorom E2/APC [m]	útlm medzi splittrom a konektorom E2/APC [dB]	útlm konektoru E2/APC [dB]	vzdialenosť medzi konektorom E2/APC a koncom trasy [m]	útlm medzi konektorom E2/APC a koncom trasy [dB]	celková vzdialenosť [m]	celkový útlm [dB]
100	499,2	0,163	8,58	504,3	0,177	0,05	10058,5	3,496	11062	12,366
275	499,2	0,151	8,604	504,3	0,166	0,054	10058,5	3,318	11062	12,185
1000	503	0,157	8,488	503	0,217	0,051	10059,8	3,299	11065,8	12,11
2500	503	0,164	8,566	500,4	0,158	0,033	10082,8	3,295	11086,2	12,149

Tab. 2.5: Výsledky merania pri vlnovej dĺžke 1310nm

Nameraná trasa pri zvolenej vlnovej dĺžke 1550nm:



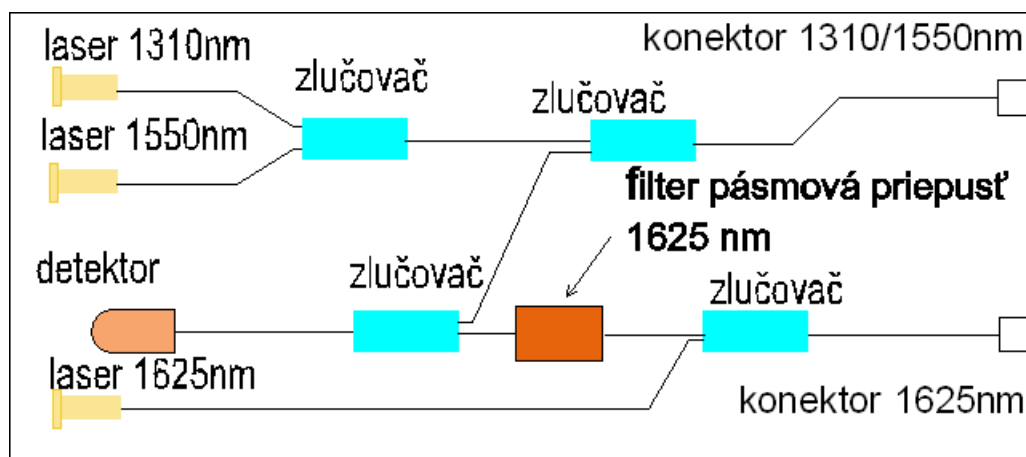
Obr. 2.11: nameraná trasa pri vlnovej dĺžke 1550nm

Namerané údaje vyhodnotené programom OTDR Viewer pri vlnovej dĺžke 1550nm:

dĺžky impulzu [ns]	vzdialenosť medzi začiatkom trasy a splitrom [m]	útlm na trese: medzi začiatkom trasy a splitrom [dB]	útlm splitru + konektu FC/PC+2m vlákna [dB]	vzdialenosť medzi splitrom a konektorom E2/APC [m]	útlm medzi splitrom a konektorom E2/APC [dB]	útlm konektoru E2/APC [dB]	vzdialenosť medzi konektorom E2/APC a koncom trasy [m]	útlm medzi konektorom E2/APC a koncom trasy [dB]	celková vzdialenosť [m]	celkový útlm [dB]
100	500,2	0,098	8,716	504,1	0,102	0,011	10047,9	1,900	11062,0	10,828
275	500,2	0,093	8,700	504,1	0,125	0,012	10054,2	1,928	11062,0	10,833
1000	502,8	0,087	8,652	502,8	0,155	0,034	10060,6	1,922	11065,8	10,878
2500	500,2	0,087	8,597	502,8	0,134	0,042	10088,7	1,926	11086,2	10,703

Tab. 2.6: Výsledky merania pri vlnovej dĺžke 1550nm

V praxi sa používa meranie živých optických trás pracujúcich na vlnových dĺžkach 1310nm a 1550nm. Toto meranie sa uskutočňuje na vlnovej dĺžke 1625nm, kedy má merací prístroj externý alebo vstavaný filter s priepustným pásmom s práve touto vlnovou dĺžkou. Nami použitý merací prístroj má daný filter vstavaný a preto sa môže rovno použiť na meranie živej optickej siete.

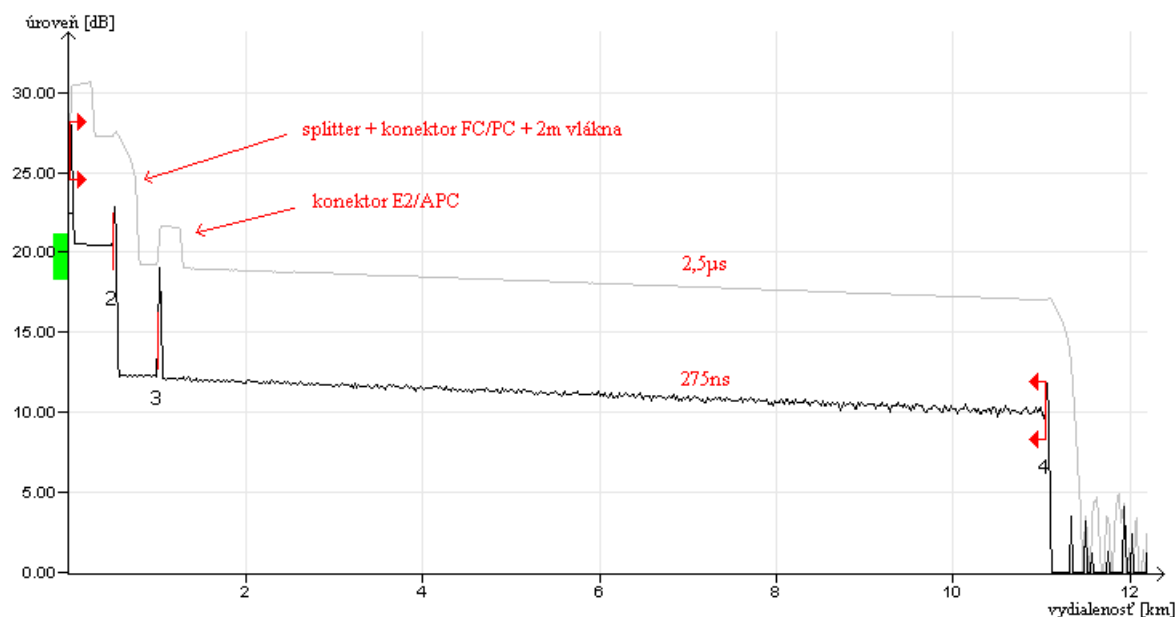


Obr. 2.12: Vnútorné zapojenie prístroja OTDR

Toto meranie sme chceli vykonať aj s pripojeným vláknom na zariadenie OLT ktoré by do vlákna vysielalo signál s vlnovou dĺžkou 1490nm, ale žiaľ nemali sme vlákna s vhodnými konektormi ktoré by našu zostavenú trasu a zariadenie OLT dokázali spojiť. Preto aj toto meranie bolo vykonané na trase neživej.

Meranie na vlnovej dĺžke 1625nm sa dalo vykonať na dvoch šírkach impulzu a to 275ns a 2500ns. Pre obe šírky impulzu sme meranie vykonali.

Nameraná trasa na vlnovej dĺžke 1625nm:



Obr. 2.13: nameraná trasa pri vlnovej dĺžke 1625nm

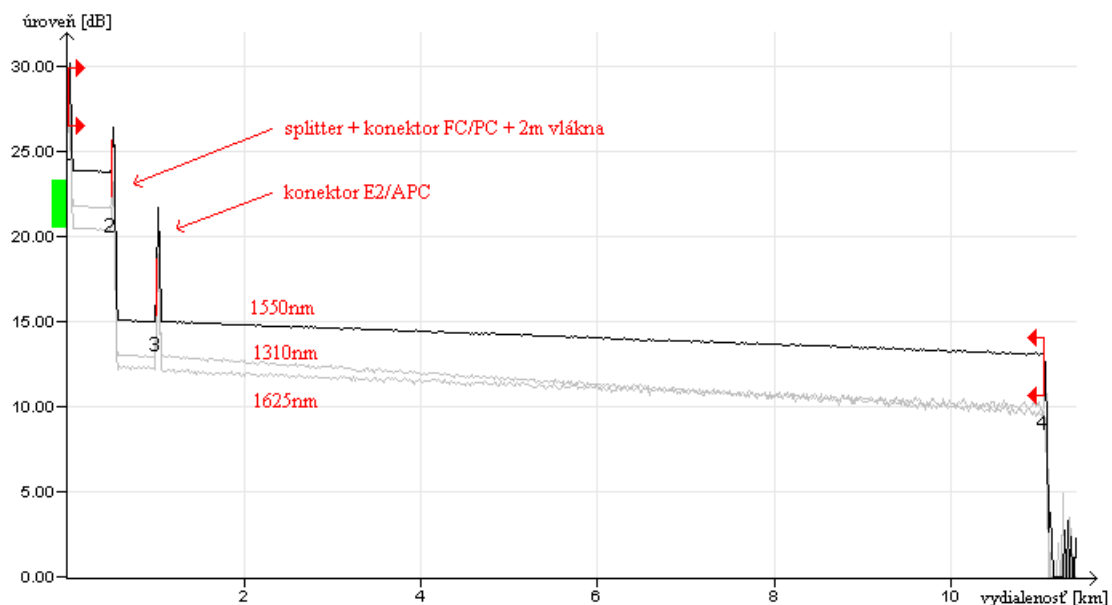
Namerané údaje vyhodnotené programom OTDR Viewer pri vlnovej dĺžke 1625nm:

dĺžky impulzu [ns]	vzdialenosť medzi začiatkom trasy a splittrom [m]	útlm na trese: medzi začiatkom trasy a splittrom [dB]	útlm splittrom + konektu FC/PC+2m vlákna [dB]	vzdialenosť medzi splittrom a konektorom E2/APC [m]	útlm medzi splittrom a konektorom E2/APC [dB]	útlm konektoru E2/APC [dB]	vzdialenosť medzi konektorom E2/APC a koncom trasy [m]	útlm medzi konektorom E2/APC a koncom trasy [dB]	celková vzdialenosť [m]	celkový útlm [dB]
275	500,1	0,112	8,092	503,9	0,048	0,147	10047,6	2,132	11051,6	10,531
2500	502,6	0,101	7,907	500,1	0,115	0,120	10055,3	2,044	11058,0	10,286

Tab. 2.7: Výsledky merania pri vlnovej dĺžke 1625nm

Pre úplnosť porovnania výsledkov pridávam ešte graf nameranej trasy pri rovnakom impulze 275ns ale pri rozličných vlnových dĺžkach a to 1310nm, 1550nm a 1625nm.

Nameraná trasa na zvolenej dĺžke impulzu 275ns:



Obr. 2.14: Nameraná trasa pri šírke impulzu 275ns

Namerané údaje vyhodnotené programom OTDR Viewer pri šírke impulzu 275ns:

vlnová dĺžka signálu [nm]	vzdialenosť medzi začiatkom trasy a splittrom [m]	útlm na trese: medzi začiatkom trasy a splittrom [dB]	útlm splitttru + konektu FC/PC+2m vlákna [dB]	vzdialenosť medzi splittrom a konektorom E2/APC [m]	útlm medzi splittrom a konektorom E2/APC [dB]	útlm konektoru E2/APC [dB]	vzdialenosť medzi konektorom E2/APC a koncom trasy [m]	útlm medzi konektorom E2/APC a koncom trasy [dB]	celková vzdialenosť [m]	celkový útlm [dB]
1310	499,2	0,151	8,604	504,3	0,166	0,054	10058,5	3,318	11062,0	12,185
1550	500,2	0,093	8,700	504,1	0,125	0,012	10054,2	1,928	11062,0	10,833
1625	500,1	0,112	8,092	503,9	0,048	0,147	10047,6	2,132	11051,6	10,531

Tab. 2.8: Výsledky merania pri šírke impulzu 275ns

2.4 Meranie útlmu optickej trasy priamou metódou

Na meranie útlmu optickej trasy priamou metódou sme použili meraciu súpravu FOT-930. Je to súprava dvoch meracích prístrojov. Súprava je schopná previesť obojstranné meranie útlmu na troch vlnových dĺžkach (1310nm, 1490nm, 1550nm) vrátane automatického merania útlmu odrazu a dĺžky meraného vlákna. Kompletné meranie sa spúšťa jedným stlačením tlačidla FastTest.

Pred započatím merania optickej trasy je vhodné vykonať referenciu, čo je vlastne odčítanie útlmov pripojených konektorov na merací prístroj a tým spresnenie merania útlmov danej optickej trasy. My sme zvolili referenciu na loopback (odkázanie sa na spätnú smyčku) čo je vlastne prepojenie dvoch konektorov toho istého meracieho prístroja jedným krátkym vláknom. Prístroj má vyvedený jeden konektor špeciálne kvôli referencii na loopback. Táto referencia by mala spresniť meranie o 0,5dB.

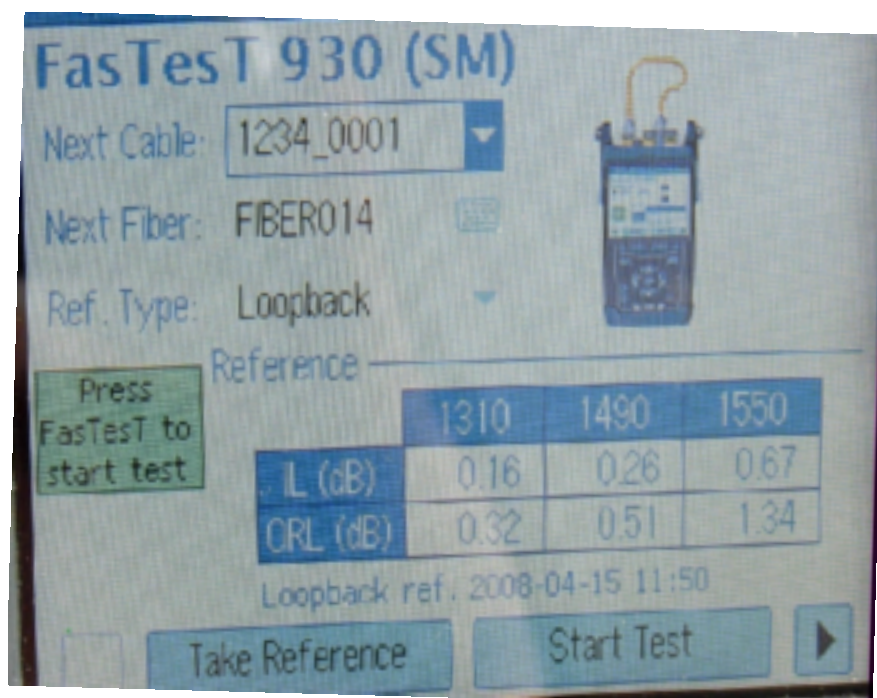
Pred uskutočnením merania našej optickej trasy sme previedli meranie referencie na loopback dvojmetrovým vláknom.

Referencia prvého meracieho prístroja:



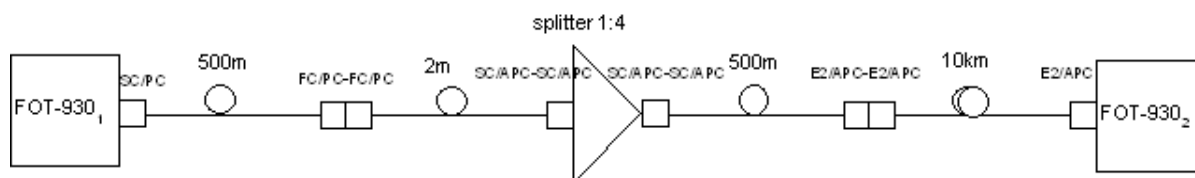
Obr. 2.15: Referencia prvého meracieho prístroja

Referencia druhého meracieho prístroja:



Obr. 2.16: Referencia druhého meracieho prístroja

Potom sme vykonali samotné meranie. Pri tomto meraní musia byť pripojené oba meracie prístroje ako na obr 2.17 ktoré medzi sebou komunikujú.



Obr. 2.17: Pripojenie meracích prístrojov k našej optickej trase

Oba prístroje ukazujú tie isté výsledky, ako na obrázkoch 2.18 a 2.19
Výsledky obojstranného merania útlmu trasy:

Upstream dB		Pr -> CO	CO -> Pr	AVG
Loss	1310	31.05	31.08	31.06
ORL	1490	40.21	39.69	39.95
ID	1550	45.72	45.38	45.55

Downstream dB		CO -> Pr	Pr -> CO	AVG
Loss	1310	31.08	31.05	31.06
ORL	1490	39.69	40.21	39.95
ID	1550	45.38	45.72	45.55

Fiber Length: 10.989 km

Next Tab Store ▶

Obr. 2.18: výsledky merania útlmu

Výsledky merania útlmu odrazu:

Upstream dB		Pr -> CO	CO -> Pr
Loss	1310	49.73	26.31
ORL	1490	53.45	25.66
ID	1550	53.44	30.39

Downstream dB		CO -> Pr	Pr -> CO
Loss	1310	26.31	49.73
ORL	1490	25.66	53.45
ID	1550	30.39	53.44

Fiber Length: 10.989 km

Next Tab Store ▶

Obr. 2.19: Výsledky merania útlmu odrazu

Ako je vidno, meranie nebolo presné. Vo výsledku sme dosiahli omnoho väčšie hodnoty útlmov ako sme predpokladali vzhľadom na dĺžku vlákna a použité prvky. Útlmy boli prehnané v smere ONT-OLT (Pr-CO) ako aj OLT-ONT (CO-Pr). Žiaľ tento prístroj nedokáže detekovať miesto "chyby", vie odmerať len útlm a dĺžku celej trasy. Preto sme mechanicky skontrolovali pripojené konektory a zistili sme že jeden z konektorov bol nedostatočne "pricvaknutý". Vyhodnotená dĺžka optickej trasy (10,989km) vyšla z merania ako jediná správna.

Pre nedostatok času zamestnancov PROFiberu sme už toto meranie nemohli zopakovať čo je veľmi na škodu daného merania.

3 VÝSLEDKY ŠTUDENTSKEJ PRÁCE

3.1 Všeobecný prehľad FTTH

V tejto časti som sa snažil priblížiť celkovú problematiku FTTH. Na začiatok som uviedol hlavné rozdelenie sietí na 3 druhy s cieľom každý opísať a porovnať. Uviedol som aj siete ktoré ešte niesú komerčne ponúkané a sú stále vo vývoji. S optikou do domu sú späté aj problémy, a to hlavne ceny inštalácií, ale taktiež problémy so starými domami, ako je spoločné vedenie a ohýb vlákna. Do práce som zmapoval najvýznamnejšie štáty a bitku operátorov o nasadenie novej technológie. Nakoniec som priblížil FTTH z pohľadu účastníka. Načrtol som celú trojitú hru, to je ceny internetu, rýchlosti, druhy TV a podobne

3.2 Meranie čistoty konektorov

Toto meranie bolo hlavne ukážkou použitia videomikroskopu ktorý odhalí špinavý konektor. Špinavý konektor môže mať oproti čistému omnoho väčší útlm. preto je nutné konektory dôkladne čistiť. V práci je zobrazený aj čistý, tak isto špinavý konektor

3.3 Meranie s PPM

Pri tomto meraní sme žiaľ nemali optickú trasu použitú pri ďalších dvoch meraniach. Použili sme 3 dvojmetrové vlákna a merali sme optický výkon vysielaný zariadením OLT a ONT. Namierané výkony sú zobrazené v tabuľkách. Meranie veľmi dobre vyšlo keďže sa nameraný a vypočítaný útlm nami použitého splittu takmer zhodoval s teoretickou hodnotou.

3.4 Meranie optickým reflektometrom

Toto meranie sme vykonávali na nami zostavenej trase v ktorej sa nachádzajú prvky ktoré sme mali práve k dispozícii a sú prepojiteľné. Preto je tam aj použité dvojmetrové vlákno zapojené pred splittom ktoré nám merací prístroj nedokáže namerať. Ostatné prvky ale namerá. Všetky merania sú zobrazené v grafoch a ich hodnoty zasa v tabuľkách. Meranie považujem za úspešné, pretože sa nám výsledky približujú k teoretickým hodnotám.

3.5 Meranie útlmu optickej trasy priamou metódou

Toto meranie nám žiaľ vôbec nevyšlo. v tabuľkách sú síce zobrazené namerané hodnoty, tie ale značne presahujú hodnoty ktoré sme očakávali. Po tomto zistení sme vykonali mechanickú kontrolu konektorov a natrafili sme na jeden nedostatočne "zavaknutý" konektor ktorý pravdepodobne spôsobil tieto značné útlmy. Toto meranie sme žiaľ z časových dôvodov opäť nevykonali. Jediný dobre nameraný údaj vyhodnotený týmto meraním bola vzdialenosť od začiatku po koniec optickej trasy.

4 ZÁVER

Na začiatok som uviedol hlavné rozdelenie optického prístupu až do domu na tri spôsoby realizácie a to sieťami bod-bod, pasívnymi a aktívnymi. Všetky som opísal a porovnal. Uviedol som taktiež siete, ktoré sú ešte vo vývoji., respektíve ešte niesu komerčne predávané. Problémom optiky až do domu je hlavne cena zariadení. Táto technológia sa stretá aj s rôznymi problémami ako je napríklad cena závadzania vlákna, vnútorná inštalácia v starých budovách ako aj veľký ohyb optického vlákna. Všetky problémy som sa snažil načrtnúť. Ďalej som do práce zakomponoval prehľad štátov, ktoré su preborníkmi v FTTH. Sú tam uvedené poskytovatelia, technológia ktorú požívajú, grafy nárastu a podobne. Do práce som taktiež dal celú trojitú hru ktorá sa ponúka užívateľovy. Sú v nej uvedené ceny všetkých variant, ponúkané televízie, rýchlosti internetu a podobne.

Vpráci som vypracoval všetky vykonané merania. Na začiatok to bola čistota konektorov ktorá je často príčinou veľkých útlmov. Ďalej je vypracované meranie s pon power metrom, kde sú tabuľky aj schéma. V ďalšom meraní s optickým reflektometrom som sa zamerlal na vysvetlenie mŕtvej zóny a dynamického rozsahu. Meranie je zpracované v grafoch a tabuľkách. Pri poslednom meraní priamou metódou nastala chyba v zapojení ktorá ovplyvnila celé meranie. Toto meranie sme žiaľ nezopakovali.

LITERATURA

- [1] PROCHÁDZKA, Juraj. *Technológie pod lupou* [online]. 2007, [cit. 25.5. 2008]. Dostupné z URL: <<http://www.zive.sk/default.aspx?article=273935>>.
- [2] telecom.gov.sk, *Prístupy cez optické vlákna* [online]. 2007, [cit. 25.5. 2008]. Dostupné z URL: <<http://www.telecom.gov.sk/pk/052734/priloha3.doc>>.
- [3] PROCHÁDZKA, Juraj. *Technológie pod lupou* [online]. 2007, [cit. 25.5. 2008]. Dostupné z URL: <<http://www.zive.sk/Autori/Optika-do-domu-Technologie-pod-lupou/Od-BPON-k-WDM-PON-HDTV-motivaciou/sc-44-sr-1-a-273935-ch-182513/default.aspx>>.
- [4] KUSNYÉR, Ladislav. *1 Gbps FTTH prípojky na obzore* [online]. 2008, [cit. 25.5. 2008]. Dostupné z URL: <<http://www.isdn.cz/clanek.php?cid=8822>>.
- [5] KUSNYÉR, Ladislav. *E-FTTH: konkurencia pre PON* [online]. 2007, [cit. 25.5. 2008]. Dostupné z URL: <<http://www.isdn.cz/clanek.php?cid=8200>>.
- [6] KUSNYÉR, Ladislav. *WDM-PON* [online]. 2006, [cit. 25.5. 2008]. Dostupné z URL: <<http://www.isdn.cz/clanek.php?cid=7745>>.
- [7] KUSNYÉR, Ladislav. *Optika do domu FTTH* [online]. 2007, [cit. 25.5. 2008]. Dostupné z URL: <<http://www.isdn.cz/clanek.php?cid=8139>>.
- [8] KUSNYÉR, Ladislav. *FTTH pre obytné vežiaky* [online]. 2007, [cit. 25.5. 2008]. Dostupné z URL: <<http://www.isdn.cz/clanek.php?cid=8546>>.
- [9] KUSNYÉR, Ladislav. *V Japonsku rastie FTTH ako z vody* [online]. 2006, [cit. 25.5. 2008]. Dostupné z URL: <<http://www.isdn.cz/clanek.php?cid=8004>>.
- [10] KUSNYÉR, Ladislav. *V dodávkach FTTH zariadení zatiaľ jasne dominujú Japonci* [online]. 2007, [cit. 25.5. 2008]. Dostupné z URL: <<http://www.isdn.cz/clanek.php?cid=8254>>.
- [11] KUSNYÉR, Ladislav. *Optika do domu v Južnej Kórei* [online]. 2007, [cit. 25.5. 2008]. Dostupné z URL: <<http://www.isdn.cz/clanek.php?cid=7883>>.
- [12] KUSNYÉR, Ladislav. *V Severnej Amerike je už vyše 2 miliónov FTTH prípojok* [online]. 2007, [cit. 25.5. 2008]. Dostupné z URL: <<http://www.isdn.cz/clanek.php?cid=8556>>.
- [13] KUSNYÉR, Ladislav. *Francúzski operátori sprístupňujú svoje FTTH siete aj pre konkurenciu* [online]. 2007, [cit. 25.5. 2008]. Dostupné z URL: <<http://www.isdn.cz/clanek.php?cid=8606>>.

- [14] KUSNYÉR, Ladislav. *Projekt F2* [online]. 2007, [cit. 25.5. 2008]. Dostupné z URL: <<http://www.isdn.cz/clanek.php?cid=8484>>.
- [15] KUSNYÉR, Ladislav. *Na Slovensku bude FTTH dostupné pre 200 tis. domácností* [online]. 2007, [cit. 25.5. 2008]. Dostupné z URL: <<http://www.isdn.cz/clanek.php?cid=8270>>.
- [16] TRANGEL, Ján. *Nová ponuka Orange FTTH* [online]. 2007, [cit. 25.5. 2008]. Dostupné z URL: <<http://www.zive.sk/default.aspx?article=273735>>.
- [17] KOTAS, Rostislav. *Hybrid Fiber Coax* [online]. 2008, [cit. 25.5. 2008]. Dostupné z URL: <<http://www.profiber.cz/eshop/files/16-Broucek-Kotas-HFC-stavte-FTTB-budte-FTTH-ready.pdf>>.
- [18] SUKOP, Juraj. *PON problém?* [online]. 2008, [cit. 25.5. 2008]. Dostupné z URL: <<http://www.profiber.cz/eshop/files/14-Kosour-Sukop-PON-problem-mereni-OTDR-pres-splittery.pdf>>.

ZOZNAM SYMBOLOV, VELIČÍN A SKRATIEK

FTTH optika do domu – fiber to the home

P2P bod-bod – point to point

PON pasívne optické siete – pasiv optical network

AON aktívna optická sieť – aktiv optical network

VoIP IP Telefónia – Voice over IP

IPTV digitálna tv prenášaná na báze internetového protokolu – TV over IP

OLT zakončenie optického vedenia – Optical Line Terminator

ONU/ONT sieťová jednotka – Optical Network Unit/Optical Network Terminal

BPON Broadband PON

GPON Gigabit PON

EPON Ethernet PON

HDTV digitálny tv signál s vyšším rozlíšením – High Definition Television

E-FTTH Ethernet-FTTH

WDM-PON PON na báze vlnového multiplexu – Wavelength Division
Multiplexing PON

TDM časový multiplex – Time-Division Multiplexing

DWDM vlnový multiplex s hustým vlnovým delením – Dense Wavelength Division
Multiplexing

ARCEP francúzsky telekomunikačný regulátor – Autorité de Régulation des
Communications Électroniques et des Postes

PPM prístroj na meranie optického výkonu – PON power meter

OTDR optický reflektometer – optical time domain reflectometer