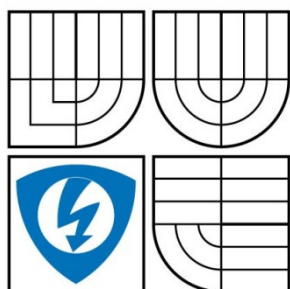


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKACNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

SÍŤ FTTX

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

VÁCLAV VŠETIČKA

doc. Ing. MIROSLAV FILKA, CSc.

BRNO 2009

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že svou Bakalářskou práci na téma **Sítě FTTx** jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrálního projektu 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 uvedeného semestrálního projektu dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu 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 2. 6. 2009

.....

podpis autora

OBSAH

1. ÚVOD.....	6
2. OPTICKÁ VLÁKANA.....	7
2.2 JEDNODUCHÝ PŘENOSOVÝ SYSTÉM.....	7
2.3 OPTICKÉ SPETRUM INFORMACE.....	9
2.4 ÚTLUM VLÁKNA SVĚTLOVODU.....	9
3. OPTICKÉ KABELY A VLÁKNA.....	10
3.1 DRUHY OPTICKÝCH VLÁKEN.....	10
3.2 OPTICKÉ KABELY.....	10
4. MIKROTRUBIČKOVÁ TECHNOLOGIE.....	10
4.1 CÍL A DUVOD BUDOVÁNÍ OPTICKÉHO PŘIPOJENÍ.....	10
4.2 ROZDĚLENÍ FTTX PODLE DOSTUPNOST K ÚČASTNÍKU.....	11
4.3 ARCHITEKTURA A TOPOLOGIE SÍTÍ PON.....	11
4.3.1 TOPOLOGIE POINT TO POINT (P2P).....	12
4.3.2 TOPOLOGIE POINT TO MULTIPOINT (P2P).....	13
4.4 SPLITTER.....	14
4.5 COUPLER.....	14
4.6 ROZDĚLENÍ PON	15
4.7 AKTIVNÍ OPTICKÉ SÍTĚ PON (AON).....	16
5. ČESKÁ REPUBLIKA A SÍTĚ FTTx.....	17
5.1 SOUČASNÝ STAV.....	24
5.2 VÝHODY SLUŽEB POSKYTOVANÝCH SÍTÍ FTTx v ČR	27
5.3 NABÍDKA SLUŽEB FTTx.....	28
5.4 PROJEKT FTTx A VÝSTAVBA.....	28
5.5 MOŽNOSTI VYUŽITÍ OPTICKÉ INFRASTRUKTURY	29
6. ZÁVĚR.....	29
7. POUŽITÁ LITERATURA.....	30

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.3	Základní schéma optického přenosu informace	9
Obr. 4.3	Architektura sítě FTTH PON.....	12
Obr. 4.4	P2P Topologie P2P.....	13
Obr. 4.5	P2P Topologie FTTx P2P.....	14
Obr. 4.8	Splitter.....	15

SEZNAM TABULEK

Tab 2.3	Rozdělení pásem podle vlnové délky	8
Tab. 4.6	Brandband.....	16
Tab. 4.7	Gigabit-capable.....	16
Tab. 4.8	Ethernet.....	16

1. ÚVOD

Zvyšující se nároky na připojení kdy druh a objem přenesených dat se oproti počátku rozvoje síťové komunikace (Internetu) značně změnil. Zatímco v první polovině devadesátých let tvořil podstatnou část toku dat text, v současné době tvoří až 70% přenášených dat video. Stále náročnější aplikace kladou vyšší nároky na šířku přenosového pásma a tomu odpovídá exponenciální nárůst přenosových kapacit. Současné technologie založené na metalických vedeních sice postačují, nicméně zvláště velké rezervy v přenosové kapacitě nemají, například sledováním TV kanálů v HD kvalitě (High Definition). Další zvyšování kapacity je způsobeno aplikacemi peer-to-peer pro sdílení souborů typu videa, hudby, obrazových souborů atd.. Současné technologie založené na metalických vedeních sice postačují, nicméně zvláště velké rezervy v přenosové kapacitě nemají.

Další nespornou výhodou optických sítí je jejich životnost. Minimální zaručená délka je 30 let, kdy v reálných podmínkách může být životnost podstatně vyšší. Dlouhá životnost a tedy minimální náklady na údržbu snižují celkové náklady na provoz sítě.

Řešením kapacitních problémů komunikačních potřeb firem, či domácností může být využití optického vlákna. Bez problému umožňuje využít moderních služeb Triple Play, jako je internet, televize a telefon na jednom vlákne.

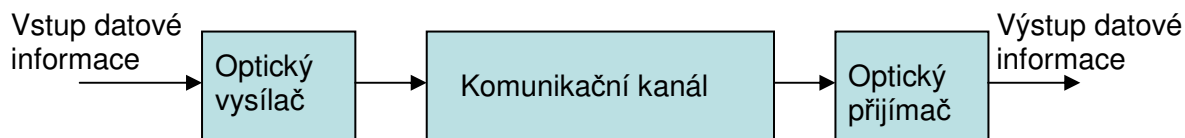
2. OPTICKÁ VLÁKNA

2.1 Výhody přenosu informace přes optické vlákno

Přenos informace přes optická vlákna na větší vzdálenosti proběhne v mnohem kratším čase ve srovnání s ostatními druhy dostupných médií. Mezi další nespornou výhodou optického vlákna, je nulové rušení užitečné informace elektromagnetickými impulsy. Jelikož je optický signál přenášen pomocí neutrálně nabitých fotonů, je odposlech přenášené informace pomocí elektromagnetické rezonance znemožněn. Další nespornou výhodou je galvanické oddělení přenášené informace. Takže výboje v atmosféře nevedou ke zničení připojeného zařízení do sítě. Kabel vyniká i malým průměrem pláště (pokud je určen pro standardní prostředí a není požadavek na zvýšenou ochranu pláště). Ve srovnání s metalickými vedeními i malou váhou.

2.2 Jednoduchý přenosový systém

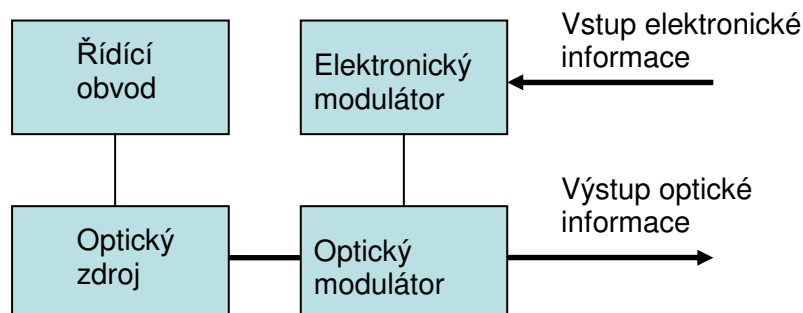
Optické vlákno je médium, ve kterém je komunikační signál přenášen z jednoho konce na druhý ve formě světelného toku. Komunikačním signálem bývají zpravidla digitální pulsy nebo analogově modulovaný proud světla. Kdy přenášenou informaci může představovat světelný impuls, což je logická jednička a naopak nepřítomnost světelného impulsu znamená logickou nulu. Vlastní jednoduchou optickou soustavu lze vytvořit z elektroluminiscenční diody (LED) jako vysílače, optického vlákna jako medium přenášené informace. Na druhé konci optického světlovou připojíme fotodiodu, jako detektor přenášené informace. Fotodioda převede optický signál zpět na elektrický signál. Přičemž musí být zajištěn dostatečný odstup signál-šum, aby přijímací strana vyhodnotila správnou informaci.



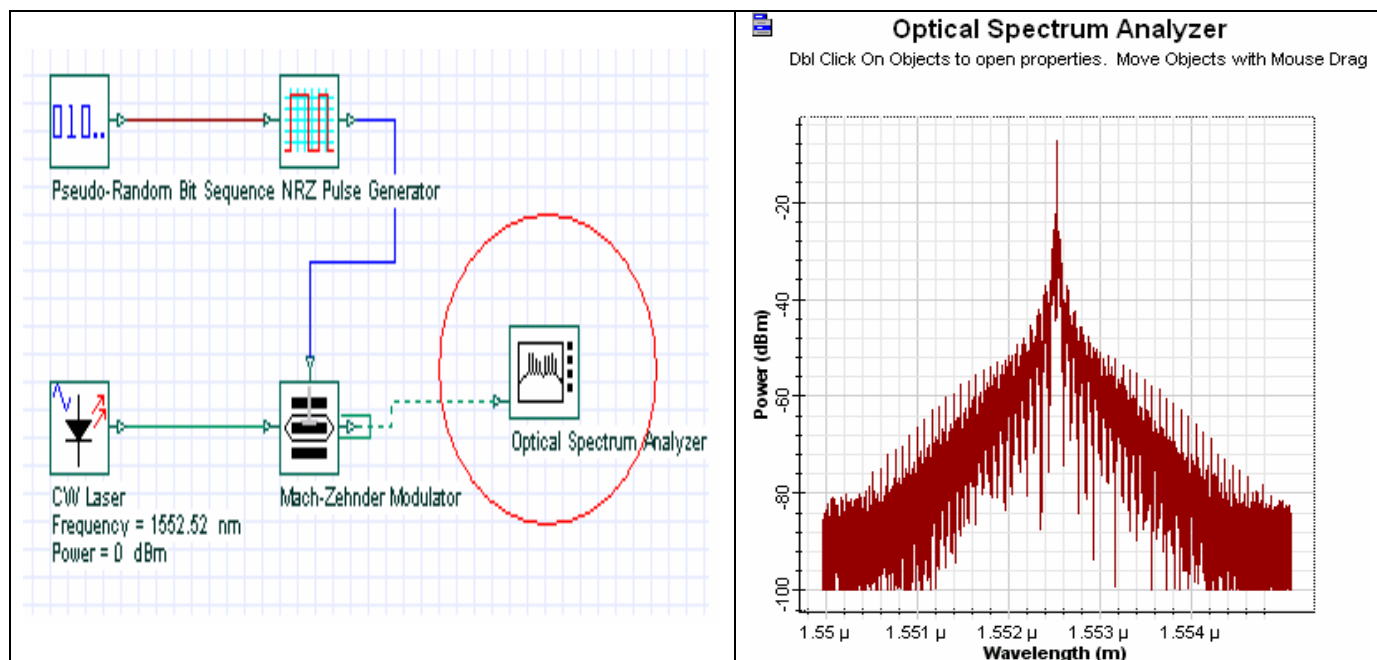
Obr. 2.3 základní schéma optického přenosu informace

Optický vysílač

Základním posláním optického vysílače je přeměnit elektrický signál na optický. A přizpůsobit tak signál pro optické medium. Optický vysílač se skládá ze zdroje, modulátoru a elektronických obvodů používaných pro provoz a napájení zařízení.



Obr. 2.3.1 blokové schéma optického vysílače



Obr 2.3.2 Návrh optického vysílače

Obecně lze rozdělit zdroje optického signálu na

- Elektroluminiscenční diody (LED)
- Polovodičové laserové diody (DL)

Jako zdroje nekoherentního světla lze označit elektroluminiscenční diody. Bývají využívány v oblastech nižších nároků na dosah a šířku pásma. Pro zvýšené nároky se využívá laserové diody jako zdroje koherentního světla.

2.3 Optické spektrum informace

Optické spektrum přenositelné informace spadá do rozsahu od 1mm do 100nm a toto spektrum lze rozdělit dále na tyto podoblasti:

Pásmo dle vlnové délky	
Ultrafialové pásmo	100-280nm
	280-315nm
	315-380nm
Světelné pásmo	380-780nm
Infračervené pásmo	780nm-1,4 μ m
	1,4-3 μ m
	3 μ m-1mm

Tab 2.3 Rozdělení pásem podle vlnové délky

V praktickém využití se využívá oblast vlnových délek kolem 0,4 až 1,6 μ m. Do této oblasti spadá minimální útlum materiálů užitých pro výrobu světlovodů.

2.4 Útlum vlákna světlovodu

Výrobou optického vlákna z ultračistého skla, došlo ke značnému eliminování útlumu světlovou a i přesto, že jsou optická vlákna velmi vhodná k přenosu informace na velké vzdálenosti, dochází zde k útlumu světlovou. Avšak vhodným návrhem a montáží (mikro,makro-ohyby) se daří tyto ztráty eliminovat.

- materiálová absorpce

Je jednak způsoben zvoleným materiálem a i samotným výrobním procesem. Materiálová absorpce snižuje přenášený výkon vyzářením na teplo.

- Vlastní absorpce

způsobuje ji průchod světla světlovodem, kdy působí na strukturu jádra světlovodu.

- Nevlastní absorpce

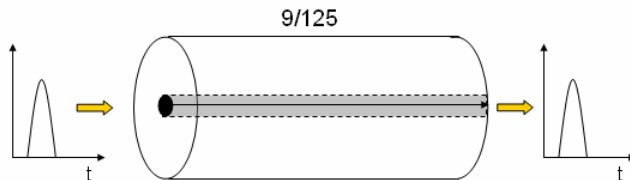
způsobuje ji interakce s ostatními nečistotami v optickém jádře

3. Optické kabely a vlákna

3.1 Druhy optických vláken

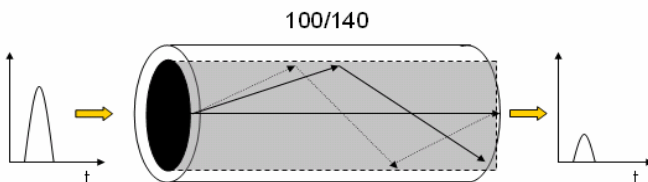
Základní rozdělení

- Jednovidová vlákna (Single Mode Fiber)



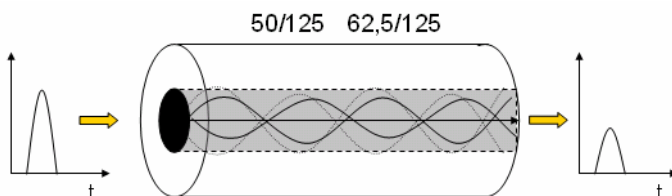
Vyznačují se velmi malým průměrem jádra. Případně se optický kabel uzpůsobí tak, aby vnikl velmi malý poměrný rozdíl lomu jádra a pláště. Z toho se odvíjí nižší hodnoty útlumu. Dále vlákna vykazují nižší disperzi a proto lze s tímto vláknem realizovat a překlenout vzdálenost ca 120 km bez opakovače. Velmi malý průměr vlákna však sebou přináší i technická úskalí kdy pro buzení vlákna je zapotřebí použít přesnějšího generátoru - laserové diody (LD). Dále je těžší navazování papsku do vlákna, neboť optické jádro mívá hodnoty 8 až 10 mikronů.

- Mnohovidová vlákna



Mají menší dosah, protože disperze vlákna se s délkou značně zvyšuje. Obvyklá maximální doporučená délka je do 550m.

- Mnohovidová vlákna s gradientním indexem lomu

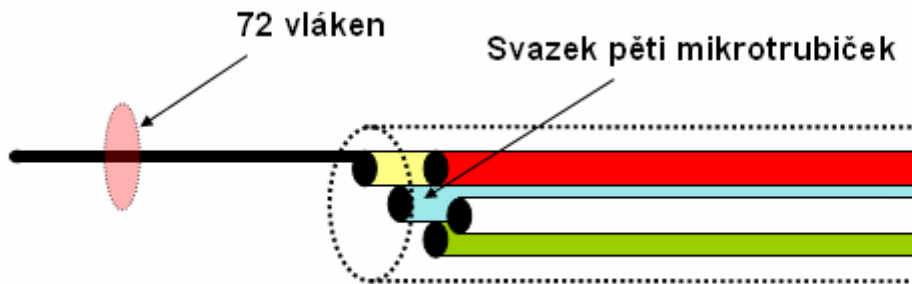


3.2 Optické kabely

Optické kabely mohou pokrýt celou škálu možných aplikací od mikrokabelů s průměrem např. 1,7mm s počtem dvou vláken až po vysokokapacitní kabely s počtem vláken 684. Optické kabely vhodné pro technologie FTTx jsou specifikovány např. dle G.657A. Tyto kabely 9/125 jsou zpravidla samonosné konstrukce, kdy převis může dosahovat až 200 případně metrů bez další opory (dle konstrukce). Jsou odolná na makroohyby, kdy ohyb může dosahovat až 2,4mm. Lze tedy s nimi pracovat jako s běžnými metalickými (FTP).

4.1 Mikrotrubičková technologie

Jedná se moderní technologii využívanou k výstavbě optických přístupových a metropolitních sítí. Mohou řešit záležitost velmi malého prostoru ve stávajících HDPE trubkách, kdy je zapotřebí ještě stávající počet vláken navýšit.



Obr. 4.1 Mikrotrubičkový svazek

Varianty mikrotrubiček

12/10mm 10/8mm 7/5.5mm 5/3.5mm

Varianty HDPE trubek

40/33mm 50/40.8mm

Například do mikrotrubičky 10/8 lze zafouknout až 72 optických vláken.

Doporučený počet mikrotrubiček v HDPE trubce při nové výstavbě

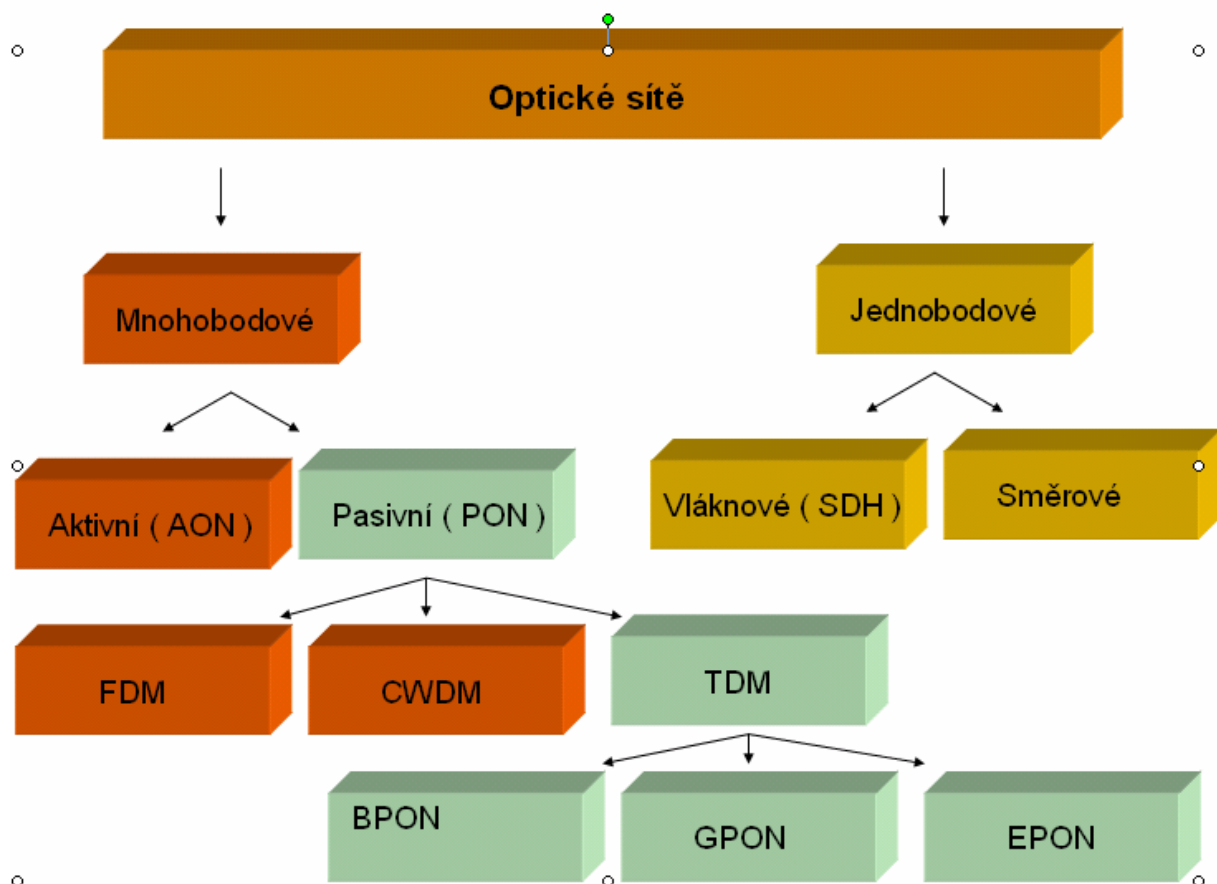
5 x mikrotrubička 10/8mm

3 x mikrotrubička 10/8mm + 4 mikrotrubička 7/5.5mm

Montáž: Do položených HDPE trubek se zafoukne svazek mikrotrubiček do kterých se následně dle potřeby zafukují speciální mikrokabely. Pro odbočování a spojování mikrotrubiček se používají odbočné konektory typu T a Y. Dále koncovky, záslepky, spojky optických vláken případně celé rozvaděče. Výrobou optických mikrokabelů se zabývají například firmy Alcatel, OFS, Pirelli.

4. Základní rozdělení optických sítí

Optické přístupové sítě se budují ve dvou základních variantách. Jednobodové propojení (Point To Point) a mnohobodové propojení (Point To Multipoint). Z konstrukčního hlediska je nejnázornější realizovatelné jednobodové připojení. V tomto případě však musíme ke každému jednotlivému koncovému uživateli vést optický kabel a to značně prodražuje instalaci optického připojení. Jelikož technologie optického vlákna může dosahovat velmi vysokých přenosových rychlostí (např. 40Gbit/s) volí se druhá varianta mnohobodového připojení, kdy pomocí pasivních, nebo aktivních prvků může více uživatelů sdílet jedno optické vlákno pomocí vlnového multiplexu, časového dělení apod.. I toto řešení má své úskalí například z hlediska bezpečnosti přenášených dat, avšak vhodným algoritmem lze zajistit přijatelnou bezpečnost dat uživatele.



Obr. 4.1 Základní rozdělení optických sítí

5. Technologie FTTx

Náklady na zřízení optických připojení se ve srovnání s metalickým připojením snížilo na přijatelnou úroveň díky novým technologiím pasivních prvků jako je mikrotubičková technologie, pasivní rozbočovače apod. Dále cenu snižuje aplikace moderních technologií aktivním prvků díky mikrotechnologii a vůbec vyšší poptávce na komponent pro optické sítě. Optická vlákna jsou hojně využívána v páteřních systémech a doposud „nejslabším“ článkem mohla být „poslední míle“ už třeba z důvodu nevhodné agregace jednotlivých účastníků sítě, z důvodu maximálního profitu providera. Řešením může být právě optické připojení s luxusní nabídkou služeb.

Největší rozvoj technologie FTTx zaznamenaly severské země jako je Dánsko, Švédsko, Norsko. Na Slovensku je posledních let též patrný rozvoj optických přípojek. Je to dílo velkých operátorů (Orange).

Ve „světě“ technologií FTTx, je světovým lídrem Japonsko. V roce 2001 premiér Joširo Mori stanovuje priority na rozvoj internetové infrastruktury. A do roku 2005 bylo vystavěno 10 mil. optických přípojek. A už roce 2007 dosahoval počet Japonských FTTx přípojek celý sedminásobek oproti počtu přípojek v USA. Právě proto je světovým lídrem i v produkci optických komponentů renomovaných značek jo jsou Mithubishi, Sumitomo.

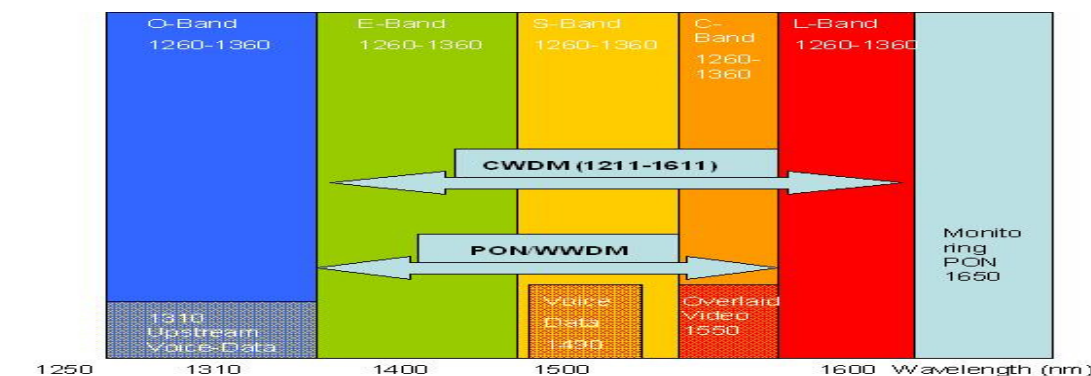
5.1 Cíl a důvod budování optického připojení

Cílem budování optických sítí je připojení komerčních institucí jako jsou banky, hotely a dále připojení i podnikových sítí. Samozřejmě síť najde uplatnění i v nekomerčním sektoru jako jsou školy, soudy apod.. Dochází-li k rekonstrukci metalických vedení, může být snahou investorů přejít na optickou kabeláž už právě díky pomalu srovnatelné ceně s metalickým vedením, nebo směrovými spoji apod..

5.2 Pásma optického přenosu

Obrázek zobrazuje ITU-T pásma s odpovídajícími názvy a vlnovou délkou umožňující rozdílný typ přenosu (CWDM, DWDM, WWDM PON).

ITU-T doporučení G.983.3 specifikuje použití doplňujících, nebo také přídavných pásem pro video službu VDS (Video Distribution Service) na vlnové délce 1550-1560nm. Pro přídavné služby ADS (Additional digital services)



Obr 5.2 Pásma optického přenosu

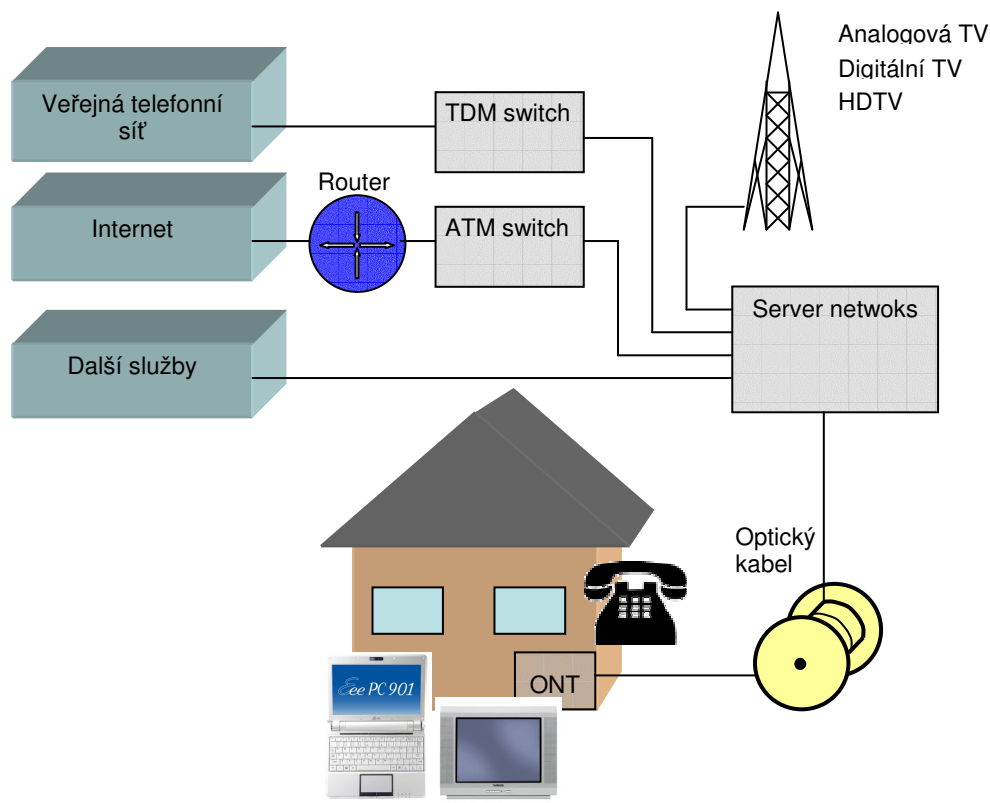
5.3 Rozdělení FTTx podle dostupnosti vlákna k účastníku

Existuje mnoho variant, kam až dovést optické vlákno. Vlastně podle toho, kde je ukončeno optické vlákno, vzniká specifický název varianty FTTx. Velmi rozšířená je varianta FTTH, kdy je vlákno přivedeno až do domu. Pomocí media konvertoru je optický signál převeden na elektrický potenciál a zpravidla rozbočen na více metalických vodičů pro více uživatelů. Tam kde je potřeba zajistit velmi vysokou propustnost sítě, je zvolena varianta FTTO (Fibre To The Office). Kdy optické vlákno je zavedeno až přímo do kanceláře. Samozřejmě je to dražší varianta, kdy se o připojení nedělí více účastníků

Přístupové sítě FTTx dělíme podle toho, kam je až dovedeno optické vlákno.

FTTC (Fibre-To-The-Curb)	vlákno přivedeno k okraji chodníku
FTTCab (Fibre-To-The-Cabinet)	ke kabinetu
FTTP (Fibre-To-The-Premises)	k areálu
FTTB (Fibre-To-The-Building)	k budově
FTTH (Fibre-To-The-Home)	až do domu
FTTO (Fibre-To-The-Office)	do kanceláře
FTTD (Fibre-To-The-Desk)	na stůl

6. Architektura a topologie sítí PON



Obr. 6 Architektura sítě FTTH PON

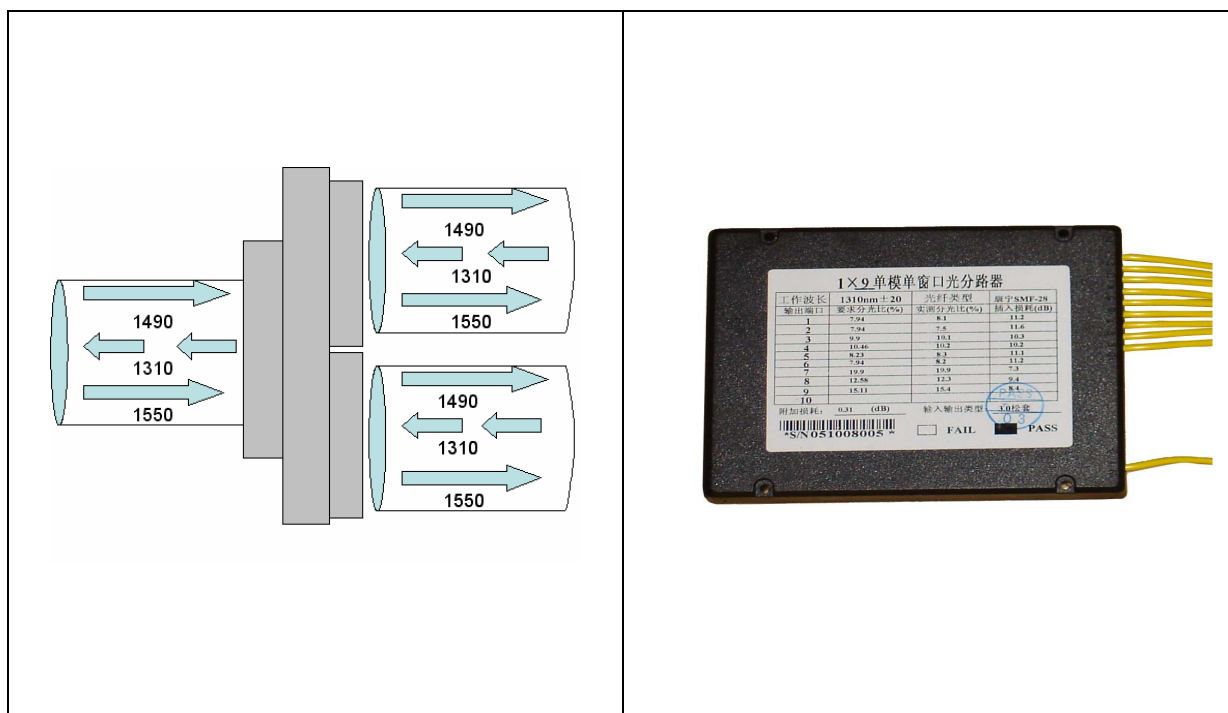
Rozhraní CO obsahuje veřejnou telefonní síť, internetovou službu a případně další doplňkové služby jako je video signál, multimediální služby. Televizní signál je přenášen v digitální formě jako IPTV, nebo v analogové formě. Ve formě IPTV může být signál přenášen na stejné vlnové délce jako jsou přenášeny data a hlas.

Topologie sítě FTTH PON existuje v rozličném provedení, nicméně obsahuje tyto základní komponenty.

- OLT – Optical Line Terminal
- video distribuci
- Internetová služba
- Telefonní síť
- v případě P2MP vedení z CO (Central Office) do splitteru kde dochází k větvení optického vlákna)

6.1 Splitter

Splitter nepotřebuje ke své funkci zdroj elektrické energie, jedná se tedy o pasivní prvek. Sloužící k rozdělení optického výkonu do více vláken. (V typickém poměru 50:50, 70:30 nebo 90:10.) Svým způsobem je zde nevýhoda zeslabení optického výkonu rozdělením optického výkonu (dle rozdělovacího poměru). Avšak správným návrhem dostatečně vysokého výkonu zdroje lze tuto nevýhodu odstranit. Splitter není závislý na zavedeném protokolu. Topologie splitteru může být jednoduchá, nebo kaskádovitá. Podle doporučení ITU-T G.983 je rozdělovací poměr 1:32, případně dle doporučení ITU-T G.984 může být rozdělovací poměr rozšířen na 1:64. Avšak lze jej využít pouze tam, kde to topologie sítě umožňuje.



Obr. 6.1 Splitter

6.2 Coupler

Je založen na principu složení několika přenosových vláken do jednoho pomocí vlnového oddělení. Děje se tak pomocí vlnového multiplexu. Hlavní předností je možnost transparentního přenosu o velmi vysokých rychlostech až 10 Gigabit/s.

6.3 EDFA

Systém přenosu televizního signálu je na straně ústředny (CO) doplněn o EDFA (Erbium-doped Fiber amplifier). Jedná se o zesilovač založený na principu laserového záření a slouží jako předzesilovač optického signálu na správnou (dostatečnou) úroveň pro správné zpracování informace signálu na straně příjemce. Tyto zesilovače se vyznačují se vyznačují velkým optickým šumem na výstupu v užitečném pásmu. Což může značně ztížit příjemci detekovat bezchybnou informaci. Pro odstranění tohoto šumu nutno zařadit mezi výstup EDFA a přípoj optického vedení filtr ASE

6.4 Báze PON

APON (Asynchronous Transfer Mode PON)

Jeden z prvních PON vyvinutý v devadesátých letech koncem minulého století. Jak z názvu vyplývá, jedná se o PON založený na bázi ATM. Při symetrické rychlosti 155,52 Mbit/s, nebo případně nesymetrické rychlosti 622,08Mbit/s směrem k účastníku. Dodatečně bylo doplněna i symetrická rychlost pro oba směry pak tedy už mluvíme o BPON.

BPON (Broadband PON)

Jeden ze základních PON systémů broadband PON (BPON). Je zahrnut do doporučení ITU-T G.983.1 BPON využívá protokolu ATM pro transport dat. Je využito buď dvou separátních vláken, případně je využito jedno vlákno s vlnovým dělením.

BPON	Down stream	Up stream
	Mb/s	Mb/s
	155,52	
	622,08	155,52
	622,08	
	1244,16	622,08

Tab. 4.6 Brandband

ATM protokol

ATM je buňková technologie, která používá pevnou velikost buňky. Jedná se o asynchronní přenos kdy se k prevenci kolize dat přenášených ve stejný okamžik od jednotlivých ONT využívá TDMA (Time-Division Multiple Access). TDMA specifikuje vysílací čas pro přenos z každé ONT směrem k OLT.

Gigabit-capable PON (GPON)

Systém GPON je další generací standardu BPON. Je zahrnut do doporučení ITU T G.984. Systém je schopný podporovat jak ATM buňky, tak i Ethernet. Je založen plně na IP a dokáže pokrýt značné území (ca 60 km).

GPON	Down stream	Up stream
	Mb/s	Mb/s
	1244,16	155,52
	1244,16	622,8
	1244,16	
	2488,32	155,52
	2488,32	622,08
	2488,32	1244,16
	2488,32	

Tab. 4.7 Gigabit-capable

Ethernet PON (EPON)

Je standardem IEEE od roku 2004 jako součást projektu Ethernet in the First Mile. EPON je navržen pro jednoduchost. Umožňuje symetrickou přenosovou rychlost v obou směrech o nominální hodnotě 1Gb/s. Dosahuje max. přenosová rychlosti 1250 Mb/s pro oba směry přenosu. Je nejrozšířenější z PONů. Avšak vyžaduje vyhrazené vlákno a to prodražuje instalaci.

EPON		Down stream	Up stream
		Mb/s	Mb/s
	Symeric	1250	
	Nominal	1000	

Tab. 4.8 Ethernet

Shrnutí základních variant PON

Varianta PON	APON/BPON	GPON	EPON
Doporučení	ITU-T G.983	ITU-T G.984	ITU-T G.802ah
Protokol druhé vrstvy	ATM	ATM, GEM	Ethernet
Vlnová délka Upstream	1260-1360 nm	1260-1360 nm	1310 nm
Vlnová délka Downstream	1480-1500 nm	1480-1500 nm	1490 nm
Přenosová rychlost	155,52 nebo 622,08 Mbit/s	1,244 nebo 2,488 Gbit/s	1,25 Gbit/s
Max. počet přípojek	32	128	>32
Max. rozloha sítě	20 km	60 km	20 km

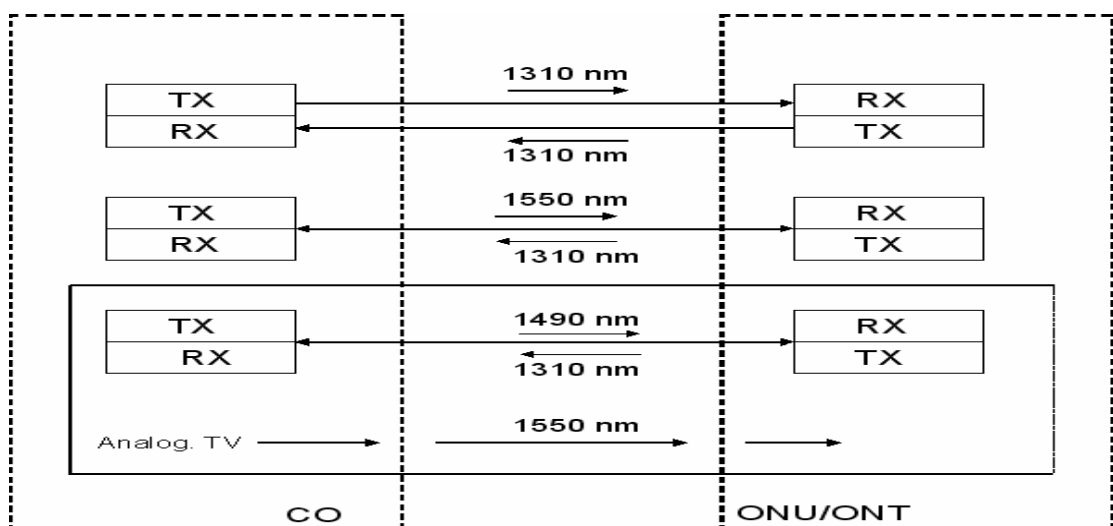
Tab Shrnutí základních variant sítí PON

6.5 Topologie PON

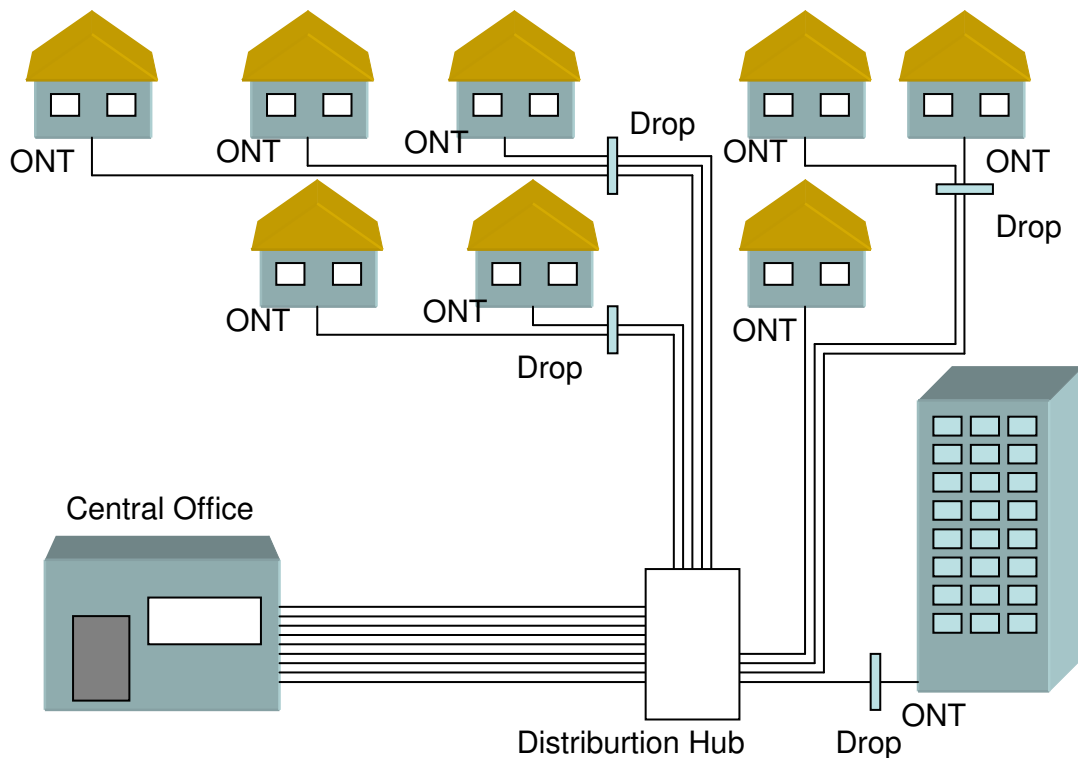
6.5.1 Topologie Point-to-Point (p2p)

Je založena na principu připojení každého účastníka vlastním optickým vláknem, dvěma vlákny k centrálnímu bodu – ústředně. Realizace může být například pomocí 12x 9/125 μ m SM vlákna (G.652D, G.652C, G.657A).

V technologii P2P mohou být datové a hlasové služby přenášeny na stejné vlnové délce (například 1310nm). jak ukazuje **obrázek 4.2**. Využívá se dvojice optických vláken, kdy jedno optické vlákno je využito pro upstream a druhé optické vlákno pro downstream.



Obr. 6.5 P2P Topologie FTTx P2P



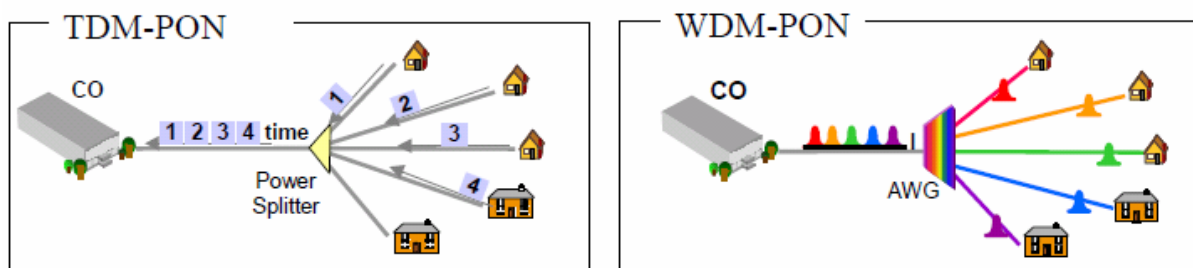
Obr. 6.5.1 P2P Topologie FTTx P2P

6.5.2 Topologie Point To MultiPoint (P2MP)

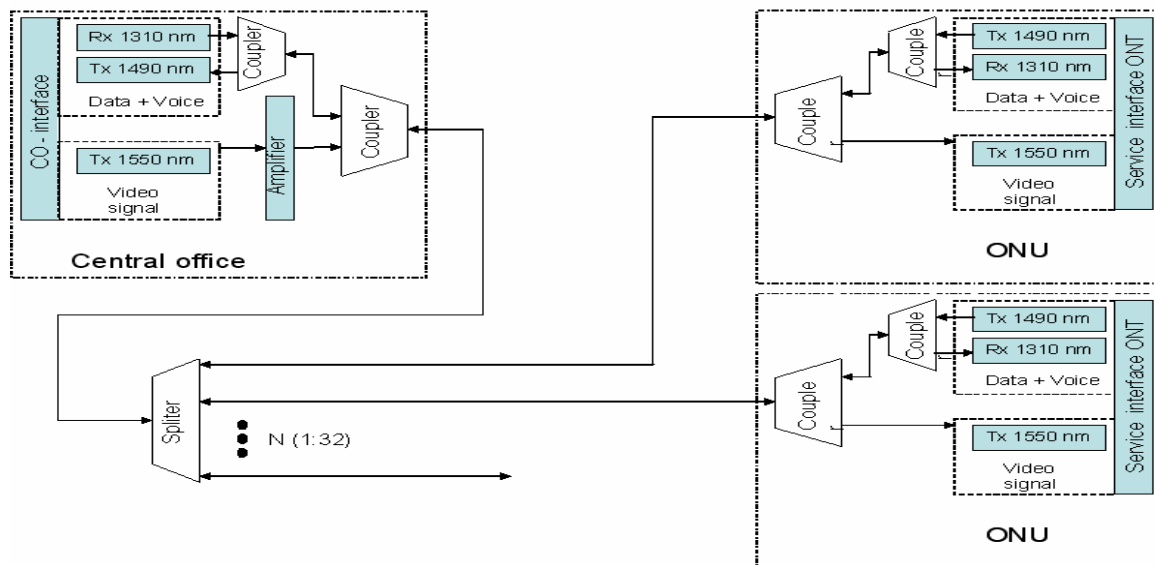
Tato topologie značně redukuje počet vláken, použitých při výstavbě sítě. Je-li připojeno více účastníků připojeno na jeden optický přípoj z CO (Central Core), zpravidla se jedná o technologii P2MP (Point To MultiPoint).

V sítích P2MP PON je vlnová délka downstream 1490nm a upstream 1310nm vlnové délky. Tyto délky jsou využity k přenosu datových a hlasových služeb. Vlnová délka 1550 je využita k přenosu analogového TV signálu.

Na obrázku je zobrazeno dělení jednotlivých účastníků o informační kanál. Děje se tak buď pomocí časového přidělování, nebo pomocí vlnového dělení.

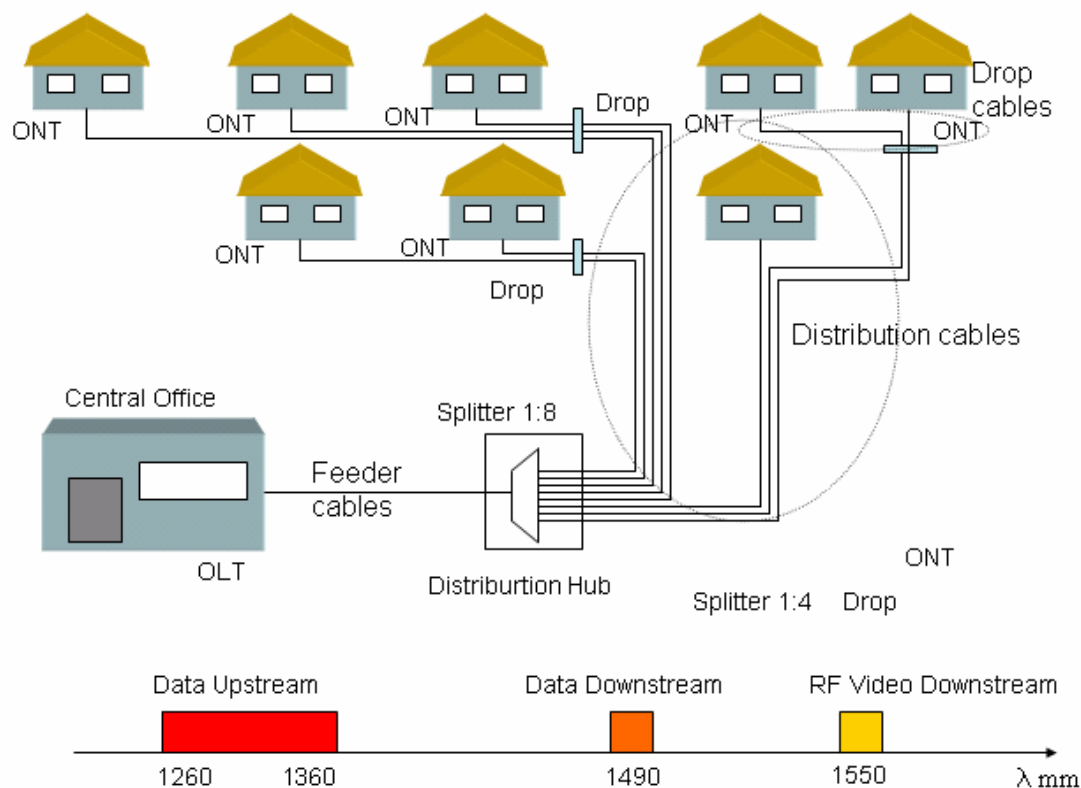


Obr 6.5.2 Optické dělení - Zdroj Korea Telecom



Obr 6.5.3 Technologie P2MP

Na obrázku 4.4 je velmi jednoduše znázorněn model komunikace mezi ústředno (Central Office) a uživatelem informace. Kdy pasivní splitter rozděljuje světelný výkon do více světlovodů



Obr. 6.5.4 Topologie FTTx P2MP

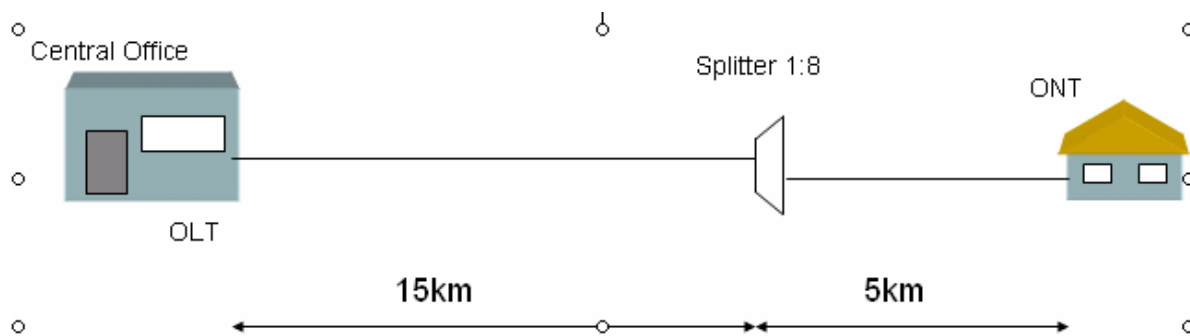
Ducts for optical cables		Optical cables	
Φ40/33	standard HDPE	Feeder cable	48-244 fibers
Φ16/12	distribution ducts	Distribution - Uni tube cable	12-14 fibers
Φ10/5.5	drop microducts	Drop - microcable	2-6 fibers

Tab. Přehled opt. Vláken a chraniček

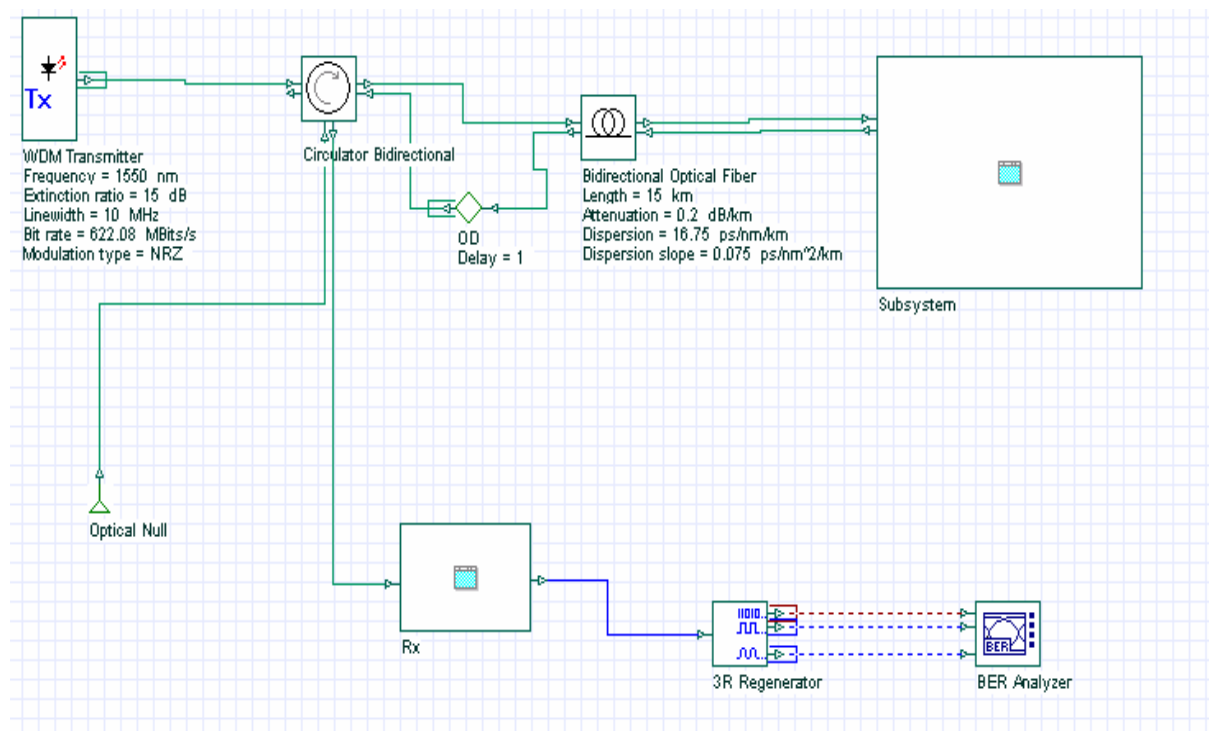
7. Simulace v prostředí OptiSystem

OptiSystem – je intuitivní modelovací a simulační program společnosti Optiwave Systems Inc.. Obsahuje rozsáhlé množství komponent pro návrh jednotlivých optických tras a možností kalkulace útlumu, optického výkonu, spektra optického signálu a mnoho dalšího.

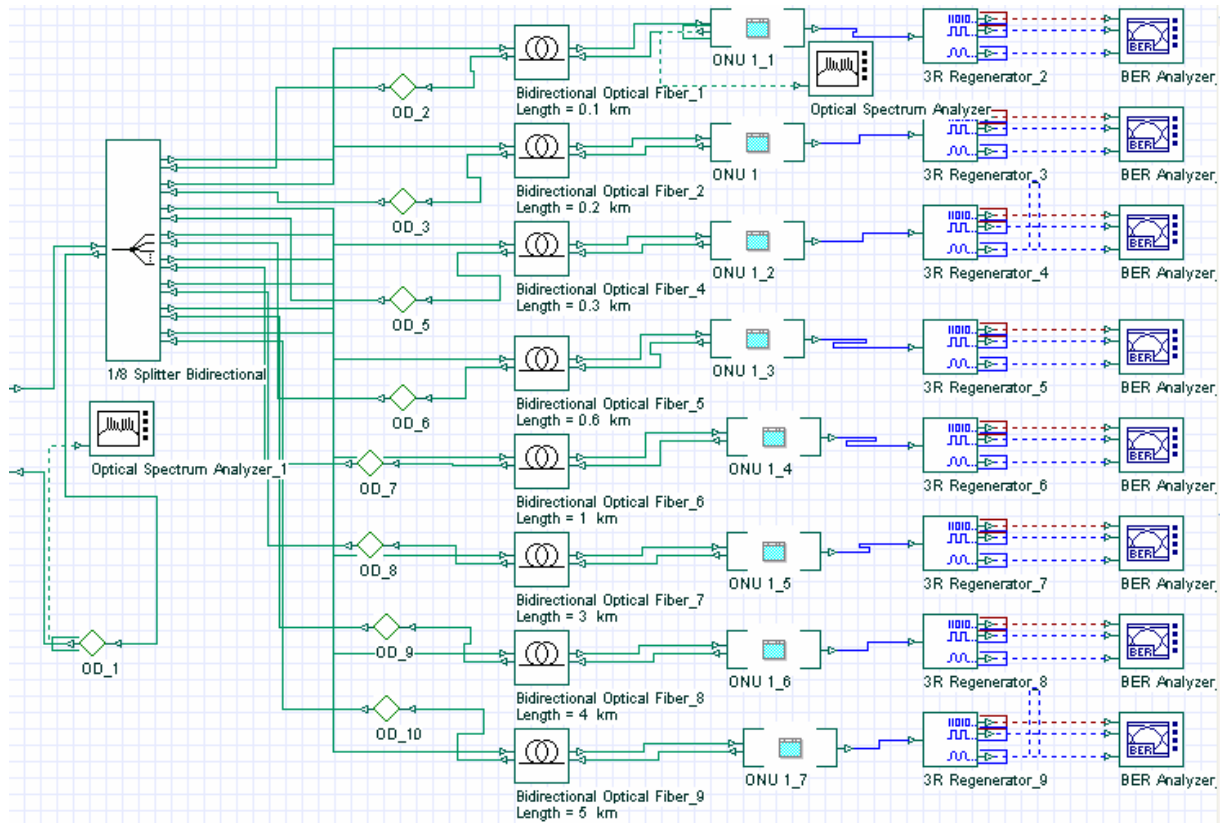
Pro simulační návrh sítě jsem volil systém broadband PON (BPON) o symetrické přenosové rychlosti 622 MBit/s. Osm účastníků sdílí jedno vlákno, kdy nejvzdálenější účastník sítě je vzdálen 20km od Central Office.



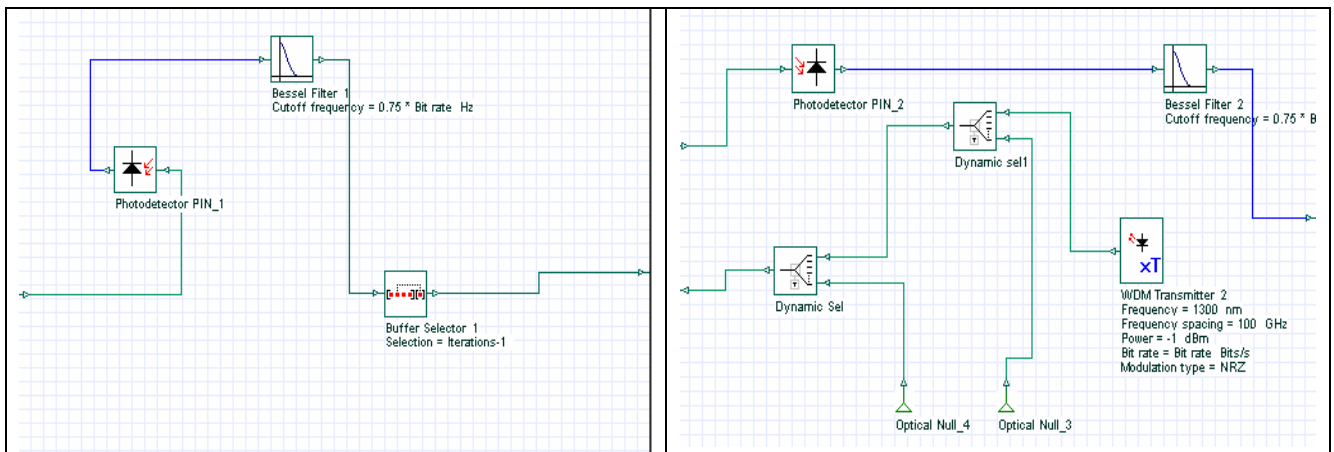
Obr. 7.1 Rozmístění



obr. 7.2 Návrh sítě BPON Bitrate=622 Mbit/s obousměrně



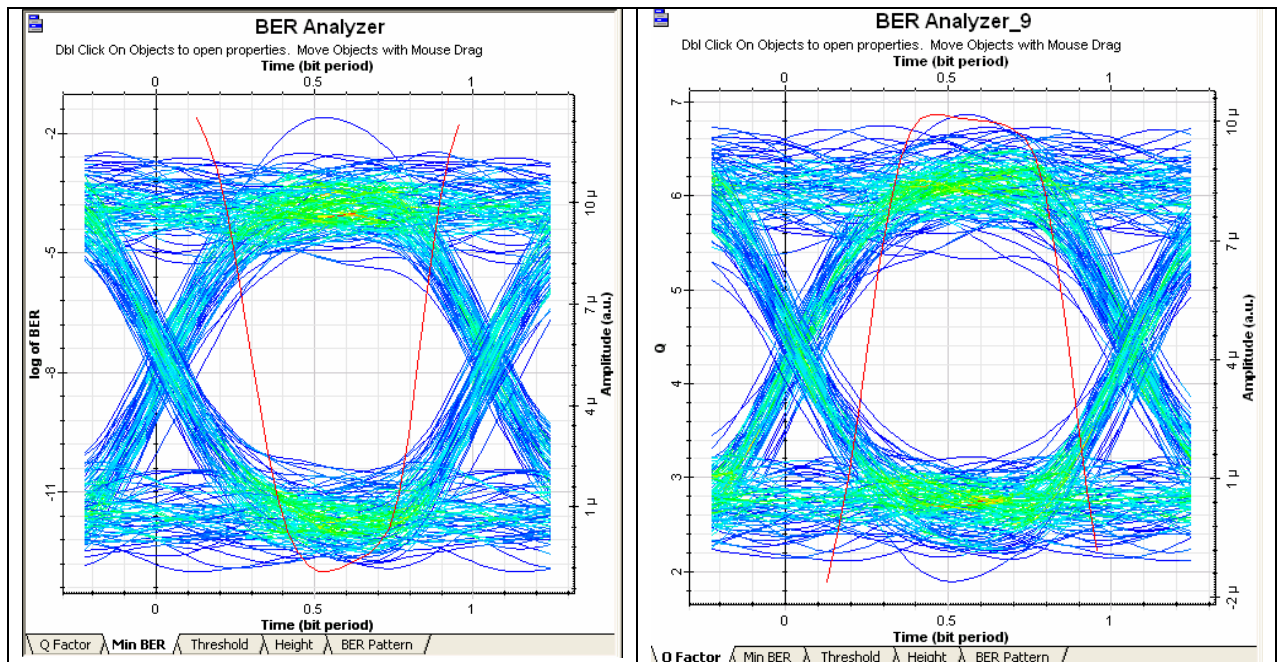
Obr 7.2 Subsystem na straně spliteru



Obr 7.3 Přijímač a vysílač

7.1 Oko rozhodnutí

Jedná se o plochu, kterou vymezuje v jednotkovém intervalu posloupnost všech možných kombinací. Rezerva oka rozhodnutí je zpravidla maximálně polovina výšky oka rozhodnutí. Na obrázku xx vlevo je znázorněno oko rozhodnutí pro příjem signálu od jednotlivých účastnických koncových zařízení (ONU) tedy downstream pro vlnovou délku 1310nm. Obrázek vpravo zobrazuje downstream pro nejdelší trasu, tedy 20 km vedení optického vedení.



Obr. 7.1.1 Oko rozhodnutí

7.2 BER (chybovost)

Je definována jako počet nesprávně přijatých (přenesených) bitů ku celkově přijatým bitům za danou dobu (většinou za vteřinu) . Chybovost pro informatiku BER je dále specifikována dle doporučení ITU G.826. Běžná chybovost optických zařízení dosahuje 10^{-9} nebo lepší, optimálně 10^{-12} . Při chybovosti 10^{-4} BER nelze již zpracovat informaci. (Nicméně pro telefonní přenos ještě postačující).

Obecně se doporučuje celková rozlehlost sítě v případě BPON maximálně do vzdálenosti 20km (G.983.1).

V tabulce č.3 je uvedena vzdálenost jednotlivých ONU od splitteru. Kdy nejkratší simulovaná vzdálenost je 100 metrů a nejvzdálenější účastník je napojen splitter ve vzdálenosti 5 km. Do chybovosti BER je započtena i vzdálenost od OLT a splitter.

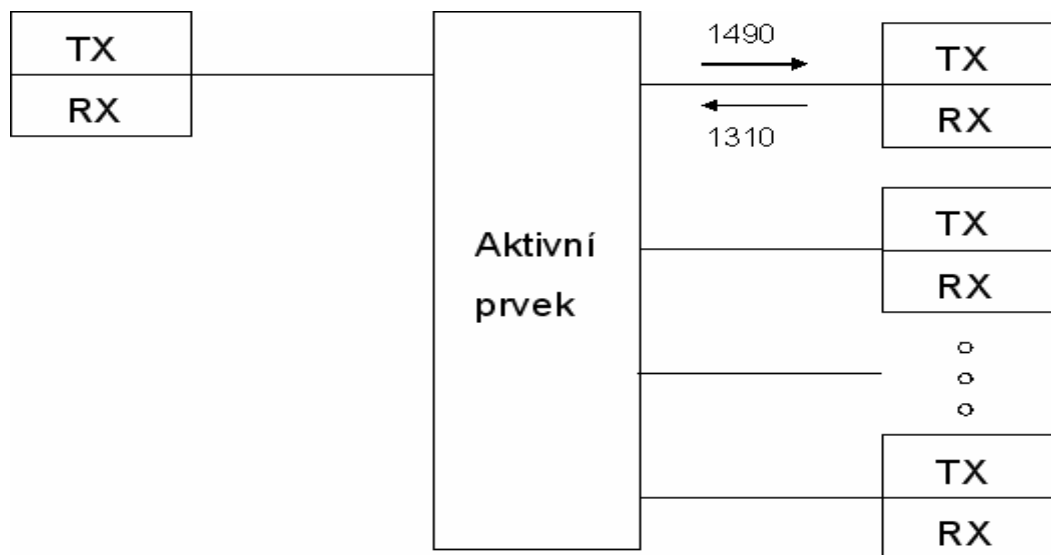
délka (m)	100	200	300	600	1000	3000	4000	5000
BER (-)	3,3171E-18	4,09E-18	6,62E-18	1,28E-17	6,80E-17	2,53E-14	3,28E-13	3,40E-12

Tab. č.3

8. Aktivní optické síť (AON)

Sítě se vyznačují tím, že obsahují více aktivních prvků, než je tomu u pasivních sítí PON. Sítě mají běžně hvězdovou architekturu kdy je každý koncový bod napojen na POP (Point Of Presence) pomocí vyhrazeného vlákna.

Architektura běžně umožňuje větší rozlehlost sítě, přibližně 80 km. Avšak za optimálních podmínek až 120km.



Obr. 4.9 Aktivní síť AON

Fungují na principu ústředny, kdy přepojují účastníka pomocí aktivního prvku. Může to být opakovač, multilexor/demultiplexor. Obecně dosahují větších vzdáleností než pasivní síť. Kdy délka vedení může atakovat hranici 100km.

Realizace AON je zpravidla pomocí jednovláknových vláken 100BASE-BX, nebo 1000BASE-BX

Klady:

- Šířka pásma
- Cenová dostupnost
- Vlastní vlákno
- „PON ready“

Zápory

- Provozní náklady
- Vyšší cena pasivu
- Složitost CO/DC

9. Zhodnocení AON vs. PON

Modifikace šířky pásma

AON - jednoduchá

Vzhledem k aktivním prvkům lze snadno regulovat šířka pásma z kontrolního střediska

PON - obtížná

Vzhledem k pasivním prvkům jako splitter nelze měnit

Hodnocení

Výhoda AON

Zpoždění, jitter a rušivé jevy

AON

Závisí na provedení sítě

PON

Závisí na provedení sítě

Hodnocení

Nelze určit

Riziko neoprávněného odposlechu

AON

Každý účastník má vyhrazený optický vodič obecně lze říci, že odposlech je nemožný

PON

Vzhledem k tomu, že účastník sdílí optický vodič je odposlech teoreticky možný, nicméně lze toto riziko omezit šifrováním

Hodnocení

Výhoda AON

Možnost rozšíření

AON

Vzhledem k aktivnímu prvku je rozšiřitelnost možná

PON

Nutno nechat volná optická vlákna

Hodnocení

Výhoda AON

Náklady na výstavbu přípojného bodu

AON

Poměrně vysoká z důvodu vyhrazeného připojení

PON

Pokud se jedná o podobnou topologii sítě jako u AON jsou náklady podobné. Ale v případě stromového větvení sítě jsou náklady na vybudování PON nižší

Hodnocení

Výhoda PON

Vyhrazené místo pro technologii

AON

Ve srovnání s ostatními technologiemi obdobná

PON

Protože ne jednom optickém portu může být připojeno až 64

Hodnocení

Výhoda PON

přípojek je velmi úsporná

Optická kabeláž

AON	PON	Hodnocení
Vysoký počet optických kabelů	Protože ne jednom optickém portu může být připojeno až 64 přípojek jedná se o úspornou technologii. Avšak vysoká koncentrace optických vodičů je v CO.	Výhoda PON

Energetická náročnost

AON	PON	Hodnocení
Vysoká – vzhledem k počtu optických rozhraní	Jedná se o pasivní hierarchii, tudíž energii vyžaduje pouze CO	Výhoda PON

Citlivost na výpadek Elektrické energie

AON	PON	Hodnocení
Vysoká – vzhledem k počtu optických rozhraní – nutno zálohovat el. energii vůdči výpadku	Jedná se o pasivní hierarchii, tudíž energii vyžaduje pouze CO	Výhoda PON

Překlenutelná vzdálenost

AON	PON	Hodnocení
Vysoká, může se jednat až o 70km bez opakovače	Nižší celková rozloha technologie PON má doporučenou rozlohu max. 20 km	Výhoda AON

10. Česká republika a síť FTTx

10.1 Současný stav

Přenos po existujících telefonních vedeních typu xDSL. Nejrozšířenější přípojka ADSL o maximální přenosové rychlosti 8Mbit/s. Reálná přenosová rychlost 4 až 6 Mbit/s. Rychlejší připojení ADSL2+ kdy teoretická rychlost se zvýšila na 25Mbit/s, avšak reálná přenosová rychlost 10 až 15 Mbit/s. Vysokorychlostní přípojka typu VDSL2 dosahuje

reálných 30Mbit/s. Kabelové televize zřídka nabízí připojení rozvodu CATV, kde se využívá pásem neobsazených TV kanálů. Dosahuje reálné rychlosti 30 Mbit/s.

Dále lze využít bezdrátového připojení, kde je limitující přenosová rychlost (pokud opomenou Wi-Fi technologii). Výhodu naopak může být naprostá mobilita uživatele. Toto jsou technologie, do kterých telekomunikační sféry investovaly nemalý peněz a svým způsobem čekají návratnost vynaložených financí.

10.2 Výhody služeb poskytovaných sítí FTTx v ČR

- nabídka služeb, poskytovaných na vynikající úrovni
- dominance sítě v místě
- investice s dobrým výhledem do budoucna
- správným návrhem a profesionální montáží je topologie nenáročná na údržbu
- možná inovace sítě výměnou komponent aktivních prvků sítě
- v současné době se objevují na trhu optické prvky, které jsou nenáročné na montáž, při zachování dobrých parametrů optického systému (existují vlákna se sníženou citlivostí na ohyb, dále speciální konektory pro spojení a ukončení optického vlákna)

10.3 Nabídka služeb FTTx

- velká šířka pásma
- multimediální služby, televize (HD, SD)
- VoIP
- hraní her on-line

10.4 Projekt FTTx a výstavba

Prostřednictvím fondů Evropské unie lze získat peněžní prostředky na realizaci projektů v rámci rozvoje komunikační a informační technologie.

Ve fázi projektu nutno zvážit

- rekonstrukce stávající metalické sítě, kam až dovést optiku ?
- jaké služby bude síť poskytovat (data, hlas, video)
- topologie sítě P2P nebo P2MP
- zvolit typ sítě pasivní PON, či aktivní AON
- volba kabeláže zda zvolit klasické optické kabely, nebo mikrotrubičky a mikrokabely technologii
- v pasivní síti PON zvolit, kde uložit splittery
- konektorování, vařit či konektorovat
- volba přenášeného TV signálu, zda IPTV nebo analogovou TV
- zvolit správnou topologii, vzhledem k lokalitě sítě
- propustnost sítě – zda je do budoucna možnost rozšířit služby sítě
- profil optického vlákna 1,2,8,12,24,48.....
- HDPE roury úložné, závěsné

Další požadavky

- volba co nejkratší trasy
- minimalizace poškození objektů jež spadá do okruhu výstavby
- koordinace pokládkových prací s ostatními rekonstrukcemi v okolí (plynová přípojka)
- projednání s vlastníky objektů a orgány státní zprávy

Fáze výstavby

- kdo provede výkopové práce
- kdo provede pokládku kabeláže – zafukování kabeláže ?
- jak provést měření sítě, zvláště přes splitterry

10.5 Možnosti využití optické infrastruktury

Z pohledu občana

Přístupová síť umožňuje uživatelům velmi komfortní a pomalu cenově dostupný internet. A to v mnoha oblastech jako je například zvyšování gramotnosti občanů pomocí informačních serverů (elearning), a sledováním zpravodajských portálů, on-line slovníků a podobně. Pomocí připojení k vysokorychlostnímu internetu se nabízí možnost telefonování zdarma. Poskytnutím televizního rozvodu zvýší komfort sledování televizních pořadů a nejen to. Lze si pomocí Interaktivního půjčování komfortně vypůjčit námi vybraný film či seriál. Ulehčí se i komunikace občana s úřady jako je Městská zpráva, pracovní úřady apod..

Městská správa

Propojením jednotlivých městských institucí vysokorychlostní sítě nabízí kvalitní a spolehlivou komunikaci propojením jednotlivých databází. Implementací služby VoIP sníží provozní náklady hovorného. Zavedením kamerového systému lze sondovat problémové části města a tím zvýšit bezpečnost města. Propojením kamer sledujících silniční provoz do jednoho centrálního bodu, lze efektivně zvýšit plynulost silničního provozu. Zvyšováním gramotnosti občanů v oblasti informačních technologií lze zvýšit prosperitu města. Lze očekávat nárůst nových služeb v oblasti cestovního ruchu.

Komerční sféra

Možný pronájem přenosových tras soukromým objektům.

11. Závěr

V Bakalářské práci jsem se snažil obsáhnout technologii optických sítí FTTx. A zmapovat otázky které mohou nastat při výstavbě optické sítě, alespoň v základních bodech.

12. Použitá literatura

[1] FILKA, M. Optické síte. Skripta. VUT FEKT, Brno 2007.

[2] GIRARD. A. FTTx PON Technology and Testing. EXFO, Quebec, 2005.