

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Technická Fakulta

Katedra technologických zařízení staveb

**Přenosové komunikační systémy v sítích WAN**

Bakalářská práce

Autor: **Miroslav Havel**

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Votruba

2012

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Miroslav Havel**

obor Informační a řídicí technika v agropotravinářském komplexu

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze  
čl. 16 určuje tuto bakalářskou práci.

Název práce: **Přenosové komunikační systémy v sítích WAN**

## **Osnova bakalářské práce:**

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Úvod do přenosových technologií
4. ATM technologie
5. WDM technologie
6. Jiné přenosové systémy
7. Závěr
8. Seznam literatury
9. Přílohy

Rozsah hlavní textové části: 30 - 40 stran

Doporučené zdroje:

DOSTÁLEK, L. – KABELOVÁ, A. Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS. Praha: Computer press , 2002. 542 s. ISBN 80-7226-675-6.

HUCABY, D. – McQUERY, S. Konfigurace směrovačů Cisco. Brno: Computer press, 2004. 632 s. . ISBN 80-7226-951-8.

JIROVSKÝ, V. Vademekum správce sítě. Praha: Grada publishing, s.r.o., 2001. 428 s. ISBN 80-7169-745-1.

SIEGMUND,G. - PRAGER, E. ATM technika pro širokopásmové sítě ISDN. Praha: nakladatelství Hüting & Beneš, 1997. 325 s.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Votruba**

Termín zadání diplomové práce: listopad 2009

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2011

  
.....  
Vedoucí katedry



  
.....  
Děkan

V Praze dne: 30. 11. 2009

---

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl všechny literární zdroje a prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne: 6. 4. 2012

Podpis .....

**Poděkování:**

Rád bych poděkoval vedoucímu práce panu Ing. Zdeňku Votrubovi za cenné rady při zpracování bakalářské práce a za její odbornou konzultaci.

## **Abstrakt**

Cílem této bakalářské práce bylo popsání a porovnání různých přenosových technologií a přenosového prostředí v sítích WAN. Zabývá se jak jednotlivými parametry a vlastnostmi, tak i možnostmi využití těchto technologií přímo v praxi. Úvodní část je zaměřena na přenosové prostředí a věci, které s touto problematikou souvisejí. Jsou zde popsány typy přenosových signálů a jejich multiplexace. Hlavní část práce je věnována přenosovým technologiím, zejména pak ATM a DWDM. Kromě detailního popisu funkčnosti těchto systémů je zde popsána správa sítě, její management a diagnostika při výpadku služeb nebo hardwaru. Závěrem práce je teoretický návrh zcela nové sítě včetně uvedení případných rizik, které s realizací souvisejí.

**Klíčová slova:** Přenosové prostředí WAN, Multiplex, Crossconnect, ATM technologie, DWDM technologie.

## **Transfer communication systems in WAN**

### **Abstract**

The focus of my Bachelor study is description and comparison of various transmissions (broadcast) technologies and transmission areas in WAN networks. This Bachelor study not even explores particular parameters and characteristics but also solving eventuality for using these technologies in practice. The first part of my bachelor study is description of transmission (Broadcasts) areas and facts related with those issues. It is clarify different types of broadcast signals and their multiplex. The focus of main part of my Bachelor study describing ATM and DWDM broadcast technologies, minutely functions of these systems and also describing Networks, Management and Diagnostics in case of failure of services and hardware's. The last part of my study suggests the total new network project solving potential risks (problems) related with this realization.

**Key words:** Transmission areas WAN, Multiplex, Crossconnect, ATM technology, DWDM technology.

## Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>2. Cíl práce a metodika.....</b>	<b>10</b>
<b>3. Úvod do přenosových technologií.....</b>	<b>11</b>
3.1. Topologie sítí.....	11
3.1.1. Základní typy topologií.....	11
3.1.2. Prvky sítě .....	12
3.2. Přenosové médium .....	13
3.2.1. Metalické .....	13
3.2.2. Optické.....	15
3.2.3. Bezdrátové .....	22
3.3. Uspořádání kabeláže .....	24
3.3.1. Path panel.....	24
3.3.2. ODF .....	25
3.4. Přenos hlasových a datových signálů.....	25
3.5. Operace se signály.....	26
3.5.1. Multiplex.....	26
3.5.2. Crossconnect.....	27
3.5.3. Digitální hierarchie .....	27
<b>4. ATM (Asynchronous Transfer Mode).....</b>	<b>30</b>
4.1. Princip přenosu ATM .....	30
4.1.1. ATM multiplex.....	31
4.2. ATM switch Xpress 36140.....	31
4.2.1. Typy klientských karet.....	32
4.2.2. Přenosové karty.....	32
4.2.3. Vytváření přenosových služeb .....	33
4.2.4. Dohled a diagnostika systému .....	34
4.2.5. Shrnutí vlastností ATM switche Xpress 36140.....	34
<b>5. WDM (Wavelength Division Multiplexing).....</b>	<b>35</b>
5.1. Typy WDM multiplexů .....	35
5.2. Princip přenosu DWDM .....	36
5.3. DWDM switch ONS 15530 .....	37
5.3.1. Dohled a správa systému .....	38
5.3.2. Shrnutí vlastností DWDM switche ONS 15530.....	39

<b>6. Návrh přenosové sítě .....</b>	<b>40</b>
6.1. Zadání projektu .....	40
6.2. Technické řešení.....	40
6.3. Vytvoření topologie .....	41
6.4. Přenosový systém.....	42
6.5. Technologické prostory .....	44
6.6. Dohled a správa sítě .....	46
6.7. Finanční náklady na přenosovou technologii.....	47
<b>7. Závěr .....</b>	<b>48</b>
Seznam použitých zdrojů.....	I
Seznam obrázků.....	III
Použité zkratky .....	IV
Příloha č. 1 Fyzické propojení technologií v rámci jednoho uzlu .....	VI
Příloha č. 2 Konfigurace karty muxponder v lokalitě Praha směr Plzeň.....	VII
Příloha č 3 Soupis a cena potřebného hardwaru .....	VIII
Příloha č. 4 Ceník karet a příslušenství.....	IX



# 1. Úvod

Dnešní doba je bezesporu dobou informačních a komunikačních technologií. Obklopují nás na každém kroku a už jen velmi těžko se dá představit, že by tomu i v budoucnu mělo být jinak. Tento obor se stále více rozšiřuje a ať už chceme nebo ne, zasahuje do našeho života a stává se jeho nedílnou součástí. Mnohdy úspěch, v soukromém i profesním životě, závisí právě na rychlosti a objemu informací, které máme k dispozici a které naopak prezentujeme.

I když si to mnozí z nás neuvědomují, možnost zavolat si z mobilního telefonu, poslat email nebo přečíst si aktuální zprávy online na internetu bylo donedávna něčím nepředstavitelným. Dnes jsou pro nás tyto služby již běžné a bereme je jako samozřejmost. Když se ohlédneme zpět do minulosti, lidé měli vždy potřebu mezi sebou komunikovat a sdílet společně informace. První takové komunikace byly velice primitivní, avšak postupem času se zdokonalovaly a vyvíjely až do dnešní podoby. Dnes se setkáme s obrovskými toky dat napříč nejen státy, ale i kontinentů. Datová komunikace se stala hlavním zdrojem informací a komunikace a téměř úplně nahradila klasickou tištěnou formu, jak jí známe ještě z nedávných let.

Běžný koncový uživatel si jen těžko může představit, co všechno se pod pojmem informační a komunikační technologie skrývá. Z pohledu velkých přenosových sítí WAN je celá správa sítě rozdělena na jednotlivé problematiky a řešena každá zvlášť. Nejlepší způsob, jak se ve světě přenosových systémů zorientovat, je na základě průběžně doplňovaných teoretických znalostí praktická zkušenost získaná přímo praxí.

## 2. Cíl práce a metodika

Cílem práce je na základě praktických a teoretických znalostí porovnat parametry a vlastnosti přenosových technologií a po jejich celkové analýze zhodnotit jejich využití při návrhu nové přenosové sítě WAN.

Bakalářská práce bude rozdělena do tří částí. Úvodní část bude zaměřena na komunikační prostředí a přenosové signály. Budou zde popsána přenosová média, logická zapojení WAN sítí, typy přenosových signálů a operace s nimi. Zvláštní pozornost bude věnována optickým přenosovým prostředím, včetně popisu bezpečnosti práce s nimi.

Hlavní část práce se bude zabývat popisem přenosových technologií, zejména pak technologiemi ATM a DWDM. Budou zde uvedeny konkrétní systémy, které tyto technologie využívají a na základě praktických zkušeností proveden jejich podrobný popis. Dále zde bude nastíněna problematika dohledového managementu a diagnostika hardwaru v případě poruchy, princip přenosu a vytváření přenosových služeb. U každé z těchto problematik budou uvedeny výhody a nevýhody.

V závěru práce budou všechny získané poznatky z předchozích částí zhodnoceny a uplatněny při návrhu nové přenosové sítě WAN. Budou zde popsány možnosti a možná rizika spojená s realizací, výběrem vhodné technologie, přípravou technologických prostor a celkového zázemí potřebného pro provoz.

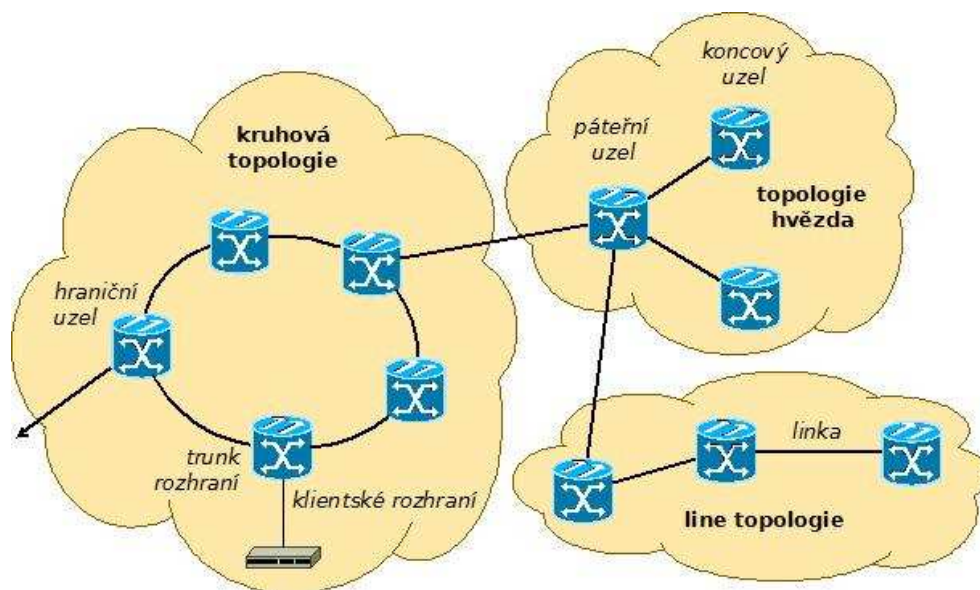
## 3. Úvod do přenosových technologií

### 3.1. Topologie sítí

Pojem topologie sítě je označení pro vzájemné logické propojení jednotlivých lokalit nebo uzlů mezi sebou. Složitě rozsáhlé topologie se dělí podle velikosti na WAN (Wide Area Network) a MAN (Metropolitan Area Network). Jak už z názvu vyplývá, označení WAN se používá pro ty největší celostátní a celosvětové sítě. Většinou zde není jediný provozovatel a nemají centrální dohledový systém. Nejlepším příkladem takové sítě je síť internet. Oproti tomu MAN sítě jsou spravovány většinou jedním vlastníkem a řízeny centrálně z jednoho místa. Jde o nejrůznější podnikové sítě v rámci jednoho města nebo kraje.

#### 3.1.1. Základní typy topologií

Obr. 1 Topologie a prvky sítě



[Zdroj: (Vlastní)]

- **Kruhová (Ring)** – jde o logické zapojení, kdy je každý uzel propojen do dvou sousedních uzlů a tvoří tak společně uzavřený kruh. Při vhodném výběru a použití přenosové technologie lze dosáhnout zálohování jednotlivých uzlů, a tím předcházet výpadkům přenášených služeb. Tohoto zapojení se nejvíce využívá u hlavních páteřních přenosových tras.

- **Hvězda (Star)** – už podle názvu jde o logické zapojení více uzlů paprskovitě do jednoho centrálního. Tohoto zapojení se využívá v nižších úrovních sítě, kde není požadavek na zálohování jednotlivých uzlů a počítá se s tím, že výpadek koncových lokalit neovlivní stabilitu celé sítě. Velkým rizikem této topologie je výpadek centrálního uzlu, kdy dojde k výpadku všech koncových.
- **Line** – logické zapojení jednotlivých uzlů v řadě za sebou. Jde o nejhorší možný případ zapojení v uvažované přenosové síti a v praxi je lépe se takové topologii vyhnout. V případě vypadnutí jednoho z uzlů je síť za předpokladu dobře použitého nastavení rozdělena na dvě podsítě. Použití je pouze tam, kde není jiná možnost. [1]

V praxi se většinou nesetkáme se sítí, která by byla tvořena pouze jedním typem topologie, ale jejich různými kombinacemi.

### 3.1.2. Prvky sítě

- **Uzel** – obecné označení komunikačního bodu (lokality, ústředny, technologických prostor), kde je uložena přenosová a datová technologie, zajišťuje připojení a distribuci klientských signálů, podle funkčnosti se rozlišuje na páteřní, hraniční a koncový;
- **Linka** – označení přenosové cesty mezi dvěma uzli, každá linka je ohodnocena podle typu přenosového média, přenosové kapacity a délky, více linek může být zakončena na jednom fyzickém portu uzlu (multipoint);
- **Páteřní uzel** – označuje uzel sítě, který je důležitý pro její provoz, realizuje hlavní přenos větších toků dat do ostatních uzlů, zálohovaný více linkami;
- **Hraniční uzel** – v případě propojení sítě s jinou sítí nebo externím poskytovatelem služeb představuje hraniční uzel rozhraní mezi těmito subjekty, může být propojen více linkami do vlastní sítě;
- **Koncový uzel** – jde o uzel, který je do sítě připojen pouze jednou linkou, v případě výpadku linky je celý uzel nedostupný a funguje pouze lokální komunikace mezi uživateli;
- **Trunk rozhraní** – je označení fyzického portu na přenosovém zařízení, kde je zakončena linka ze sousedního uzlu, většinou je přes trunk rozhraní přiveden

kompozitní (multiplexovaný) signál, který je v uzlu dále zpracován nebo přeposlán do jiného uzlu,

- **Klientské rozhraní** – je označení fyzického portu na přenosovém zařízení, kde je zakončen klientský lokální signál (zdroj dat).

## 3.2. Přenosové médium

Rozumíme tím fyzické vedení, které realizuje propojení dvou nebo více prvků sítě a umožňuje tak přenos signálu. Každé vedení můžeme ohodnotit podle možnosti instalace, maximální délky spoje bez použití některého z aktivních prvků a samotných přenosových vlastností. Mezi důležité vlastnosti patří spolehlivost, princip přenosu skrz vedení a velikost přenosové kapacity vedení. Základní dělení je podle typu použitého materiálu.

### 3.2.1. Metalické

#### Koaxiální kabel

Dnes se již u přenosové technologie téměř nepoužívá. Výjimkou jsou radiové systémy či přenos analogového videa. Obecně rozlišujeme dva základní typy koaxiálních kabelů a to podle průměru udávaného v palcích. Tenký koaxiální kabel má průměr 0,25 ″, tlustý má průměr 0,5 ″. Je tvořen ze čtyř částí, z nichž každá část představuje jednu vrstvu. Hlavní část je označována jako vnitřní vodič nebo také jádro. Je tvořené z měděného drátu nebo více drátků splétaných do jednoho lanka. Další část je označována jako vnější vodič nebo také stínění. Tato část je tvořena z hliníkové nebo měděné fólie. Mezi těmito vodiči je vrstva dielektrika tvořená polyetylenem, vzduchem, nebo jiným izolačním materiálem. Poslední částí je obal, který slouží k ochraně všech jednotlivých vrstev. Vzdálenost, kterou je tlustý koaxiální kabel schopen překlenout dosahuje až 500 metrů, přičemž platí, že čím větší je průměr vnitřního jádra, tím je delší přenosová vzdálenost. Výhodou koaxiálního kabelu je možnost vytváření vícebodových spojů. [2]

#### Kroucená dvojlanka

Je v přenosové technologii hojně používána. Hlavní využití je v rámci lokální ústředny pro připojení a propojení jednotlivých klientských signálů s přenosovou

technologií. Výhodou je jednoduchá manipulace a dobré přenosové vlastnosti. Klasická kroucená dvojlinka je tvořena jedním nebo několika samostatnými páry. Ve většině případů se setkáme s čtyřpárovým provedením, tedy celkem osmi samostatnými izolovanými vodiči. Jako vodič je použit buď měděný drátek, nebo více samostatných drátků splétaných do jednoho lanka. Jednotlivé vodiče jsou pravidelně zakrouceny jak samostatně v páru, tak i párově mezi sebou. Je to z důvodu omezení vzájemného rušení vodičů vlivem elektromagnetické indukce vytvářené přenosem. Pro další omezení rušení se používá stínění vodičů nebo celého kabelu. [2]

### **Rozdělení kroucené dvojlinky podle stínění:**

- **UTP (Unshielded Twisted Pair)** - u takto označených kabelů není použito žádného stínění, jediné omezení rušení je vlastní zakroucení vodičů a párů v kabelu;
- **STP (Shielded Twisted Pair)** - u tohoto označení je každý vodič samostatně stíněn fólií nebo opletením;
- **FTP (Foiled Twisted Pair)** - označení kabelu, kdy jsou samostatně stíněny jak jednotlivé vodiče, tak i celý kabel.

Můžeme se setkat i s označením S-STP a S-FTP, kde S označuje měď jako použitý materiál ke stínění. Při použití kroucené dvojlinky se může realizovat pouze dvoubodové spojení do vzdálenosti cca 100 m.

Existuje několik kategorií, do kterých se podle přenosových vlastností kroucená dvojlinka rozděluje:

- **Kategorie 1** - realizace telefonních rozvodů, tato kategorie není vhodná pro přenos datového signálu;
- **Kategorie 2** - již použitelná na datové rozvody, šířka přenášeného pásma se pohybuje do 1,5 MHz, což umožňuje přenosovou rychlost až 4 Mbit/s;
- **Kategorie 3** - použití na datové a telefonní rozvody, šířka přenosového pásma až 16 MHz, přenos rychlostí 10 Mbit/s;

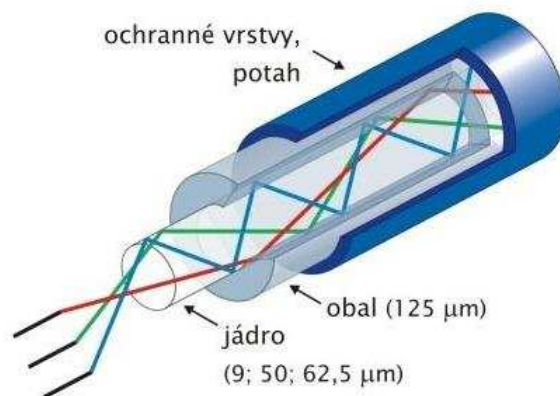
- **Kategorie 4** - použití na datové a telefonní rozvody, šířka přenosového pásma až 20 MHz, přenos rychlostí 16 Mbit/s;
- **Kategorie 5** - použití na datové a telefonní rozvody, šířka přenosového pásma do 100 MHz, přenos rychlostí 100 Mbit/s a s využitím všech osmi vodičů až 1 Gbit/s;
- **Kategorie 5e** - stejné jako u předchozí kategorie pouze přísnější parametry, primárně určen k přenosu 1 Gbit/s;
- **Kategorie 6** - použití na datové a telefonní rozvody, šířka přenosového pásma do 250 MHz, v dnešní době nejpoužívanější typ;
- **Kategorie 6a** - stejné jako u předchozí kategorie pouze přísnější parametry vyhovující přenosu pásma do 500 MHz, přenosová rychlost 10 Gbit/s;
- **Kategorie 7** - tato kategorie se v současné době teprve zavádí, plně stíněný kabel, což má za následek větší hmotnost a rozměry, šířka přenosového pásma je 600 – 700 MHz.

### 3.2.2. Optické

Optické vlákno je v dnešní době nejrychlejší a nejpoužívanější známé přenosové médium. Díky velkému přenosovému spektru umožňuje přenosy v řádech 100 Gbit/s, což nenabízí žádné jiné dosud známé přenosové prostředí. Běžně požadované rychlosti, které dnes optické přenosové technologie typu WDM (Wavelength Division Multiplexing) vyžadují, jsou 10 Gbit/s a 40 Gbit/s, k čemuž je optické vlákno dostačující. Základní struktura optického vlákna:

- **jádro (core)** – v této vrstvě se šíří signál;
- **obal (cladding)** – ochrana a zpevnění jádra;
- **ochranný plášť (buffer)** – celková ochrana vlákna proti vlhkosti a fyzickému namáhání.

Obr. 2 Optické vlákno



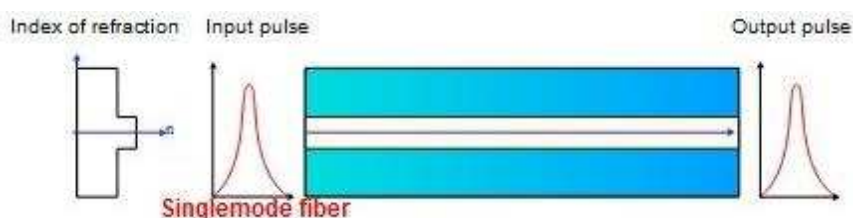
[Zdroj: (3)]

Pro optické vlákno se v praxi používá výraz jumper, nebo optický path cord. Jedná se o dielektrický vlnovod, ve kterém se šíří elektromagnetické světelné vlny. Jeden přenosový signál se nazývá vid. Vid je monochromatický paprsek charakterizovaný určitou fázovou rychlostí označovanou jako vlnová délka. Vlnová délka se udává v nanometrech. Zdrojem optického signálu je buď LED dioda, nebo laser.

### Typy optických vláken:

**Singlemode (SM) vlákna** – u SM vláken se světelný signál šíří pouze středem vlákna a neodráží se od pláště. Průměr jádra je pouhých 9  $\mu\text{m}$ , což je z pohledu výroby velice náročné a odpovídá tomu i jeho cena. Průměr obalu je 125  $\mu\text{m}$ . Protože nedochází ke zbytečným odrazům v jádru a nezvyšuje se tak zbytečně útlum, jsou SM vlákna vhodná k přenosu na dlouhé vzdálenosti. Při využití WDM technologie je možné bez opakovače překlenout vzdálenost až 100 km. SM vlákna jsou vyráběna dle standartu Mezinárodní telekomunikační unie (ITU - International Telecommunication Union) G.652, G.653, G.655 a G.657.

Obr. 3 SM vlákno



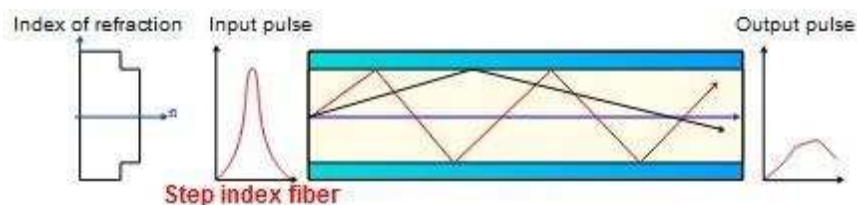
[Zdroj: (4)]

**Multimode (MM) vlákna** – průměr obalu je stejný jako u SM vlákna 125  $\mu\text{m}$ . V čem se však zásadně liší, je průměr jádra, který je ve dvou variantách a to 50  $\mu\text{m}$  (ITU G.651) a průměr 62,5  $\mu\text{m}$  používaný především v USA. Jak je již z názvu patrné, dokáže přenášet více vidů zároveň. Každý z vidů je do vlákna vyslán pod jiným úhlem. Díky tomu nemůže dojít k jejich promíchání a záměně na straně přijímače. Tento typ vlákna je vhodnější pro realizaci krátkých spojů v rámci ústředny. Udávaná maximální délka vedení je okolo 500 m. MM vlákna se rozdělují na dva typy a to podle způsobu šíření vidů v jádru.



- **step-index** – jádro je vyrobeno z jednoho typu materiálu a tedy s jedním indexem lomu. Jednotlivé vidy se skokově pod přesným úhlem odrážejí od obalu. Nevýhodou je nárůst útlumu vlivem ztrát při odrazech.

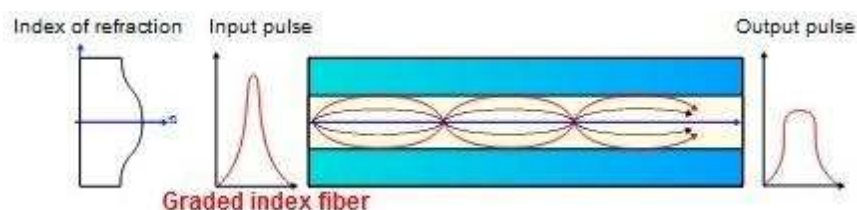
Obr. 4 Step index vlákno



[Zdroj: (4)]

- **gradient** – u tohoto typu vlákna je jádro složeno z více vrstev, z nichž každá má jiný index lomu. Přenášený vid je směrem od středu k obalu plynule ohýbán a opisuje v podélné ose vlákna sinusovku.

Obr. 5 Gradient vlákno



[Zdroj: (4)]

Aby se optický signál šířil pouze v jádru vlákna a nevyzařoval ven, musí splňovat podmínku totálního odrazu signálu od obalu. To je zajištěno větší hodnotou indexu lomu jádra vůči obalu a omezením maximálního úhlu, pod kterým je signál do vlákna vyslán. Index lomu je hodnota, která vyjadřuje podíl rychlosti světla ve vakuu (cca 300 000 000 m/s) vůči rychlosti světla v jádra nebo obalu. Typická hodnota indexu lomu pro obal je 1,46 pro jádra pak 1,48. Přehled maximálních a mezních úhlů pro různé typy vláken:

- SM vlákno – mezní úhly:  $4,6^\circ$  –  $5,75^\circ$ ;
- MM step-index vlákno:  $17,45^\circ$  –  $23,6^\circ$ ;
- MM gradient vlákno ( $50 \mu\text{m}$ ):  $11,5^\circ$ ;
- MM gradient vlákno ( $62,5 \mu\text{m}$ ):  $15,1^\circ$  –  $15,7^\circ$ .

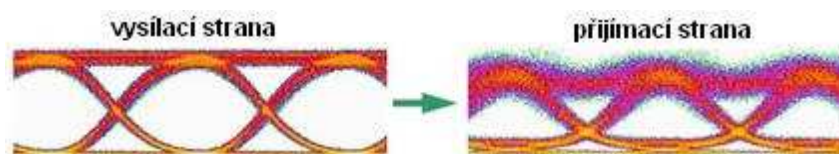
Optická vlákna jsou vyráběny ze skla, plastu nebo kombinací obou materiálů. Díky tomuto složení a využití světla k přenosu signálu mají optická vlákna oproti jiným druhům přenosových médií dvě důležité výhody. Tou první je odolnost proti elektromagnetickému rušení. Druhá, nezanedbatelná výhoda, je nemožnost odposlechu průchozího signálu, což je v dnešní době z pohledu bezpečnosti zásadní vlastnost. Obdobně, jako u kroucené dvojlinky, můžeme vytvářet pouze dvoubodové spoje. Musíme počítat s tím, že přenos je jednosměrný. Pro obousměrnou komunikaci musíme použít dvě vlákna, jedno pro příjem a druhé pro vysílání.

Limitujícím faktorem u optických vláken je útlum a disperze. Obecně můžeme říct, že útlum označuje sílu signálu a disperze jeho kvalitu.

**Útlum** – vyjadřuje velikost ztráty přenášeného signálu vlivem průchodu vláknem. Ovlivňuje ho několik faktorů. Tím nejdůležitějším je typ a kvalita vlákna. Menší ztráty signálu docílíme použitím SM vlákna, kdy se signál šíří pouze jeho úzkým středem a neodráží se od obalu jako u vlákna MM. Co se týče kvality vlákna, tak žádné vlákno nelze vyrobit zcela homogenní. Tím, že jsou ve vlákně obsaženy nečistoty, dochází k omezování prostupu světla směrem k přijímači. Tato vlastnost má však i své výhody. Část světla je vlivem nečistot odraženo i zpět k vysílači. Speciální měřicí přístroje umí tento odražený signál zachytávat a celkem přesně, řádově v metrech, pak zjistit, kde je kabel při poruše přerušen. Dalším faktorem ovlivňující výsledný útlum je zvolená vlnová délka. Například při vlnové délce 1300 nm se udává ztráta signálu 0,3 dB/km. U větší vlnové délky 1550 nm je ztráta signálu menší a to 0,2 dB/km.

**Disperze (rozptyl)** – vyjadřuje, jak se zkreslí přenášený signál po průchodu vláknem. Na vysílací straně je do vlákna vysílán časově přesně taktovaný signál. Na přijímací straně je však tento tvar signálu zkreslený. Není přesně časově ohraničený. Jednotlivé impulzy se začínají překrývat a jsou hůře rozpoznatelné.

Obr. 6 Disperze



[Zdroj: (5)]

## **Rozlišujeme několik druhů disperze**

- **Chromatická disperze** – způsobena rozdílnou rychlostí šíření jednotlivých frekvenčních složek signálu. Typická hodnota chromatické disperze se uvádí 17 ps/nm/km pro vlákno ITU-T G.652 a vlnovou délku 1550 nm. Na větší vzdálenosti se kompenzace disperze provádí speciálním kompenzačním vláknem, které se v určitém poměru vůči délce přenosového vlákna vkládá před přijímač.
- **Vidová disperze** - způsobena rozdílnou rychlostí šíření jednotlivých vidů. Tento jev vzniká pouze u MM vláken.
- **PMD (Polarization Mode Dispersion)** - způsobena rozdílnou rychlostí šíření dvou polarizovaných vidů, vlivem nesymetričnosti vlákna. Jde o geometrické nepřesnosti, nečistoty, namáhání vlákna, teplotní působení.

## **Shrnutí vlastností optických vláken:**

- **výhody:** široké přenosové spektrum, vysoké přenosové rychlosti, nemožnost odposlechu signálu, odolnost vůči elektromagnetickému rušení;
- **nevýhody:** náchylnost na poškození, nebezpečné záření pro zrak, vysoká pořizovací cena.

## **Bezpečnost práce s optickými systémy:**

Při manipulaci s optickými systémy musí být zajištěna odpovídající bezpečnost práce dle normy ČSN EN 60 825-1. Zanedbáním této bezpečnosti a špatnou manipulací mohou tyto systémy způsobit nenávratné poranění pokožky a v nejhorším případě i ztrátu zraku. Platí to pro aktivní i pasivní součásti. Mezi aktivní prvky řadíme zdroje, které generují vysoce koherentní optické záření s malou rozbíhavostí svazku. Jde o různé laserové a LED vysílače nebo zesilovače. Tím, že tyto zdroje dosahují velkých výkonů, musí být dodržena bezpečnost práce ve všech přístupných místech, kde může dojít ke kontaktu s jejich zářeními. Jde o všechny pasivní prvky sítě, přes které optický signál prochází. Patří sem optická vlákna, spojky, rozvaděče a jiné součásti.

## **Klasifikace laserů**

U klasifikace laserů jsou důležité dva parametry. Tím prvním je limit přístupu energie AEL (Accessible Emission Limit) který vyjadřuje maximální úroveň emise povolenou pro danou třídu laseru. Druhým je maximální přípustná dávka ozáření MPE (Maximum Permissible Exposure). Tento parametr vyjadřuje maximální úroveň laserového záření, kterému mohou být vystaveny osoby, aniž by došlo k poškození kůže či zraku.

### **Rozdělení laserů:**

- **Třída 1** – lasery s malým výkonem, za běžných podmínek jsou zcela bezpečné, není zde riziko překročení MPE;
- **Třída 2** – lasery s nízkým výkonem a viditelným zářením, bezpečnost je zajištěna reflexem oka tedy mrkáním, nebezpečný je přímý pohled do svazku po dobu delší než 0,25 s;
- **Třída 3A** – lasery se středním výkonem, nebezpečné při přímém pohledu do svazku;
- **Třída 3B** – stejné jako u třídy 3A, nebezpečí hrozí i při pohledu do zrcadlového odrazu;
- **Třída 4** – lasery s velkým výkonem, tyto lasery jsou nebezpečné nejen pro oko, ale i kůži, nebezpečné je jak přímé sledování tak i zrcadlový a difuzní odraz.

### **Klasifikace prostor**

Jak již bylo řečeno, potenciální nebezpečí hrozí na všech přístupných místech, kde můžeme přijít do kontaktu s optickými systémy, nebo jeho součástmi. Úroveň nebezpečí je přímo odvozena od třídy optického záření, které by mohlo být za přiměřeně předvídatelných okolností přístupné. Kromě již definovaných tříd laseru se při určování úrovně nebezpečí zavedla i nová úroveň k x 3A. Je to z důvodů nepředvídatelných okolností, které by mohly nastat. Pro hodnocení této úrovně se vychází z třídy 3A, která je však více přísněna.

Abychom co nejvíce předešli ohrožení zdraví při manipulaci s optickými systémy, měly by být dodrženy tyto základní opatření.

- Nebezpečné prostory a jednotlivé součásti optických systémů, které spadají do třídy 3A a výš, musí být viditelně označeny štítkem s varováním.
- Nikdy se nedívat přímo do konce optického vlákna. Existují speciální brýle, které mají vysoký útlum a zamezí případnému poškození zraku. Jednoduchý trik, jak zjistit přítomnost signálu bez složitých přístrojů, je pozorovat konec optického vlákna přes digitální fotoaparát. Pokud je signál přítomen bude na displeji zřetelně vidět.

Obr. 7 Štítek s varováním



[Zdroj: (6)]

- Označovat a rozlišovat od sebe optické vlákna od jiných kabeláží.
- Pokud to podmínky dovolí, provádět manipulaci s optickými systémy s vypnutým laserem.
- Obsluha, která s optickými přístroji bude manipulovat, musí být proškolená a poučena o nebezpečí.

### **Limity výkonů**

Dnešní WDM systémy generují signál o velkém výkonu. Aby při přerušení optického vlákna bylo co nejvíce omezeno nebezpečí úrazu, disponují tyto systémy možností automatického vypnutí laseru. Při ztrátě signálu na přijímači se automaticky vypne laser na vysílači. V určitých intervalech pak vysílá pouze testovací signál a v případě detekce se laser opět automaticky zapne.

### 3.2.3. Bezdrátové

I když jsme v kapitole přenosových médií, u vzduchu jako druhu přenosového média nás nezajímají tolik vlastnosti a parametry, jako spíš použitá přenosová technologie. Celkově můžeme říct, že se jedná o ideální přenosové prostředí všude tam, kde je špatná dostupnost mezi lokalitami nebo jinak omezena možnost instalace fyzického média. V mnoha případech je instalace fyzického přenosového média nemožná, nebo značně komplikovaná. Jde například o městské zástavby, vodní plochy nebo horské lokality. V takových případech je nejlepším řešením využít některou z bezdrátových technologií. Odpadá tak vyřízení nejrůznějších povolení a samotná instalace kabeláže. Šetříme tím jak nemalé náklady, tak i potřebný čas při realizaci. Další důvod pro využití některé z technologie využívající vzduch jako přenosové médium je požadavek na mobilitu koncových uživatelů. Jde například o mobilní datová centra, nebo přenos hlasových služeb. Nezastupitelné postavení mají bezdrátové sítě v podobě WiFi (Wireless Fidelity). Hlavně z pohledu mobilního připojení většího počtu koncových uživatelů, v malé uzavřené lokalitě jak to známe např. z obchodních center. Limitujícím faktorem u přenosu vzduchem jsou atmosférické podmínky. Největší potíže způsobuje mlha, dále pak sníh, déšť a námraza. Abychom docílili spolehlivosti přenosu, nesmí být vzdálenost mezi lokalitami příliš dlouhá. Zejména u optických bezdrátových technologií platí, že čím kratší je vzdálenost, tím větší je spolehlivost přenosu.

#### **Bezdrátový radiový spoj**

Nejčastěji se pro přenos využívá v licencovaném pásmu vlnový rozsah 3,5 GHz. Jednotlivá frekvenční pásma jsou přidělována českým telekomunikačním úřadem, který garantuje jejich pásmo a ochranu. U bezdrátových radiových spojů se k přenosu využívá směrový paprsek o vysokém frekvenčním kmitočtu. Mikrovlnné systémy jsou složeny z vnitřní a venkovní jednotky. Venkovní jednotku tvoří parabolická anténa, která je směřována na přímou viditelnost do protějšího přijímače. Vzdálenost, kterou lze tímto způsobem překlenout se udává okolo 50 km. Při potřebě překlenout větší vzdálenost se využívají tzv. RRL (Radio Relay Links) technologie. Jde v podstatě o soustavu mikrovlnných opakovačů. Přijímaný signál je zesílen a směřován na další lokalitu. Tímto způsobem lze vytvořit přenosové okruhy na velké vzdálenosti. Vnitřní jednotka je s venkovní propojena koaxiálním kabelem (svodem) a obstarává převod přenosového

signálu na klientské rozhraní. Přenosové signály, které lze realizovat pomocí této technologie jsou od základních E1 toků, až po STM1 a STM4.

Jako zástupce této technologie bych uvedl zařízení CERAGON FibeAir. Toto zařízení pracuje v pásmech 7.5, 13, 15, 18, 23, 26, 28, 31 a 38 Ghz. Umožňuje obousměrný přenos s kapacitou 155 Mbps. Nabízí klientské rozhraní STM1, ATM, Fast Ethernet, E1 a E3. Z vlastní praxe mohu konstatovat velkou spolehlivost a uživatelsky velice přívětivý management celého systému.

### **Bezdrátový optický spoj**

Princip přenosu je jako u optických vláken založen na šíření světla. Jako zdroj signálu se používají vysoce výkonné LED diody nebo polovodičové lasery. Ve srovnání s optickými vlákny zde odpadá útlum tvořený průchodem signálu skrz fyzické médium, tedy sklo nebo plast. Díky tomu je přenos dokonce rychlejší než u optického vlákna. Vysílací a přijímací část tvoří samostatné jednotky. Signál je vyslán z optického vysílače, který je směřován na přímou viditelnost k protější přijímací jednotce. Zde je pomocí optiky zaostřen do přijímače a zpracován. Jde o širokopásmový přenos. Přenosové rychlosti, které mohou být touto technologií realizovány, jsou řádově v jednotkách Gbit/s. Jelikož v sobě tyto technologie spojují výhody přenosu optických vláken a bezdrátového přenosu, jsou vhodné k připojení koncových lokalit do páteřní sítě. Naopak použití těchto technologií pro vytvoření páteřní linky bychom se měli vyvarovat.

Jako zástupce této technologie bych uvedl zařízení LASER LINK 155. Pro zdroj paprsku využívá VCSEL laser. Velikost průměru paprsku je 40 mm. Nabízí klientské rozhraní STM1, které dokáže přenést na vzdálenost až 2 000 m.

Kombinací optických a mikrovlákných bezdrátových spojů je zařízení Air LASER IP 100. Toto zařízení primárně využívá optický přenos. Při zhor-

**Obr. 8 Air LASER IP 100**



[Zdroj: (7)]

šení klimatických podmínek však automaticky začne vysílat přes mikrovlnný spoj, pracující v bezlicenčním pásmu 2,4 Ghz.

### **Shrnutí vlastností bezdrátových technologií:**

- **výhody:** malé pořizovací náklady, rychlost instalace, u některých typů možnost vícebodových spojů;
- **nevýhody:** výpadky vlivem špatného počasí, vzájemné rušení v nelicenčním pásmu, malá přenosová vzdálenost.

### **3.3. Uspořádání kabeláže**

V rámci ústředny je vhodné od sebe oddělit jednotlivé technologie podle účelu na přenosovou a datovou část. Je to z důvodu odlišných nároků na provoz a údržbu obou druhů technologií a celkově lepší přehlednosti, zejména u velkých páteřních ústředen. Dobrá organizace technologických prostor a kabeláže je základem pro spolehlivou síť. Celý systém organizace kabeláže by ve finále měl být co nejvíce přehledný a logicky popsáný. Všechny potřebné spoje by mezi sebou měly být realizovány pomocí krátkých optických nebo metalických propojek na path panelech nebo ODF (Optical Distributor Fiber) boxech. Při pozdější úpravě pak nemusí být vytvořen celý nový spoj, ale je pouze upraven propoj na path nebo ODF panelu. Jakékoli změny a nové propoje je důležité průběžně zaznamenávat a upravovat do dokumentace. [8]

#### **3.3.1. Path panel**

U metalických spojů se propojování jednotlivých datových a přenosových technologií neprovádí napevno, ale pomocí tzv. path panelů. Jde o soustavu spínačů, kde ze zadní strany jsou napevno vyšity zakončení jednotlivých metalických rozhraní z přenosových a datových technologií. Z přední strany jsou spínače, které realizují propojení těchto rozhraní do průběhu a opačně. Dále jsou zde konektory s rozhraním RJ-45, které umožňují propojení sousedních portů path panelu, nebo např. připojení měřicího přístroje pro diagnostiku. Při instalaci nového zařízení se tedy jednotlivé metalické rozhraní zakončí na path panelu a propojují se až zde. Každé pozdější změny v zapojení jsou pak snadné a přehledné.



### 3.3.2. ODF

Obdobně jako u path panelů je potřeba organizace i optických spojů. Optické kabely jsou navíc náchylnější na poškození. Aby byl zajištěn dobrý přehled a nedocházelo ke zbytečné manipulaci a namáhání zejména u přírodních optických kabelů ze sousedních uzlů, zakončují se v ODF panelech. Ze zadní strany je do ODF přiveden optický kabel. Ten je standardně složen z 32 vláken. V boxu je pak na každé vlákno navařen optický konektor ústící do přední části boxu. Je důležité, aby pořadí jednotlivých vláken bylo na obou koncích stejné a nedošlo k prohození. ODF panely se používají i v rámci ústředny pro propojení technologických místností nebo řad stojanů mezi sebou.

### 3.4. Přenos hlasových a datových signálů

Aby bylo možné přenášet různé typy signálů mezi různými datovými a přenosovými technologiemi od různých výrobců, musely být vytvořeny standardy a normy, které tyto signály a rozhraní mezi nimi přesně definují a sjednocují. Základní potřebou je přenos dat a hlasů. Mezi nejpoužívanější patří hlasový standard E1 a datová norma Ethernet.

**E1** - klientské a přenosové rozhraní definované standardem G.703. E1 tok představuje synchronní rámeček určený především pro přenos hlasových služeb. Je složen z 32 TS (Time Slots) označených TS0 až TS31. Každý z TS obsahuje 8 bitů a tvoří jeden komunikační kanál o přenosové rychlosti 64 kbit/s. Opakovací frekvence rámce E1 je 8 kHz, celková délka je 125  $\mu$ s. Přenosová rychlost vyplývající z těchto parametrů je 2048 kbit/s (8 bit x 32 TS x 8000 Hz). Signál E1 představuje první řád v plesyochronní digitální hierarchii a je základem pro TDM (Time Division Multiplex) multiplexaci.

**Ethernet** - dnes nejpoužívanější prostředí pro datovou komunikaci hlavně z pohledu klientských přenosů v rámci lokální sítě. Je normalizován normou IEEE 802.3. Existuje v několika variantách podle přenosové rychlosti – Fast Ethernet (100 Mbit/s), Gigabit Ethernet (1 Gbit/s) a TenGigabit Ethernet (10 Gbit/s). Princip přenosu je jednoduchý a umožňuje vzájemné propojení a komunikaci více uživatelů vzájemně mezi sebou. Stanice se ve vysílání střídají podle aktuální potřeby. Každá stanice nejdříve otestuje pomocí CSMA (Carrier Sense Multiple Access), zda nevysílá některá z jiných stanic. Pokud nedetekuje žádný cizí signál, začne sama vysílat. Může se však stát, že tato kontrola selže

a dojde k vysílání více stanic zároveň. Stanice, která pomocí CD (Collision Detection) zjistí kolizi, vygeneruje speciální signál (jam), který donutí všechny stanice ukončit vysílání a opakovat jej až po náhodně zvoleném čase. Přes Ethernet se dají realizovat i hlasové služby. Jde o VoIP (Voice over Internet Protokol) technologii, kdy garancí přenosového pásma na lince zajistíme potřebný přenos hlasových paketů.

### 3.5. Operace se signály

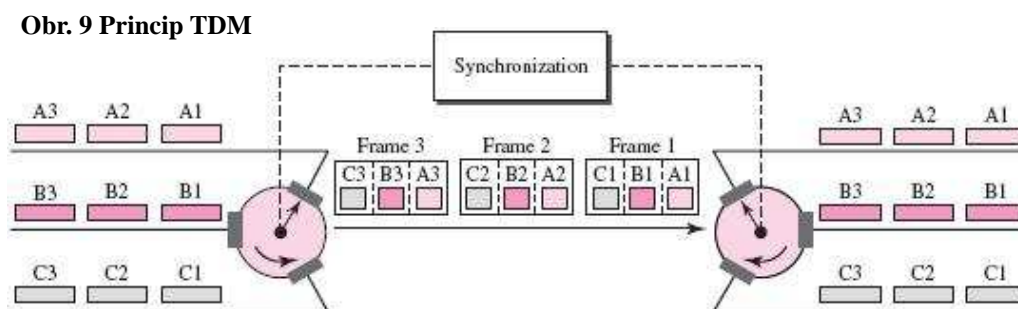
Vytvořit pro každou požadovanou službu vlastní cestu je neefektivní a hlavně neekonomické. S nárůstem přenášených služeb vznikla potřeba sdružovat více signálů dohromady a směřovat je pomocí logiky sítě do cílových lokalit. To je i hlavním úkolem přenosových technologií, které tyto operace realizují.

#### 3.5.1. Multiplex

Multiplexy jsou nedílnou součástí přenosové techniky. Umožňují skládání více samostatných signálů do jednoho kompozitního. Díky této schopnosti můžeme po jednom fyzickém vedení přenášet zároveň více samostatných klientských signálů a více tak využít jeho kapacitu. Existuje více typů multiplexů. Rozdělují se podle principu skládání jednotlivých signálů.

#### TDM (Time Division Multiplex)

Princip skládání signálů je založen na rozložení přenosového pásma na jednotlivé přesně časově vymezené kanály TS (timesloty). Využívá se E1 toku o kapacitě 32 TS. Každý z přenášených signálů má tedy přiřazený jeden TS a ten je pak pravidelně vyslán vždy ve stejném čase. [9]



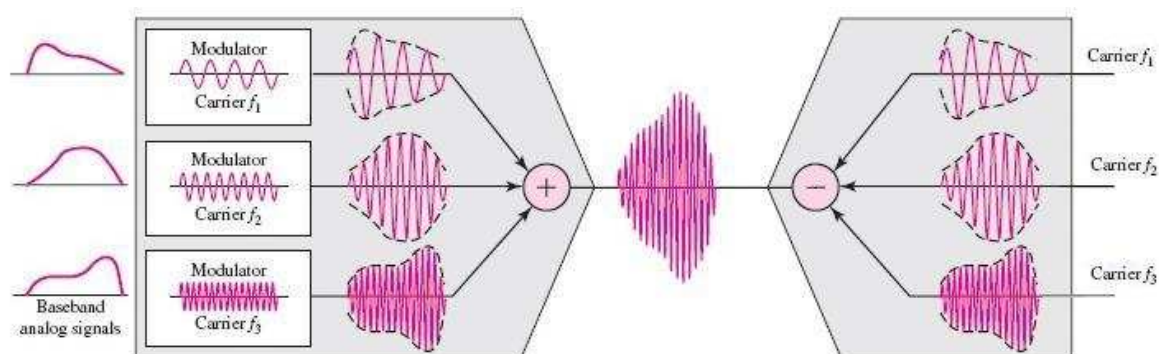
[Zdroj: (10)]

Aby vysílací a přijímací strana přesně věděla, který TS zrovna přijímá je důležitá synchronizace multiplexů. Ta se provádí obsazením prvního TS, ve kterém se přenese informace o začátku rámce. Tento typ multiplexace se využívá hlavně v telefonii, kdy hlasové služby vyžadují reálný přenos dat.

### FDM (Frequency Division Multiplex)

Princip skládání signálů je v převedení jednotlivých nízkofrekvenčních příspěvkových signálů do přesně vyhrazeného kmitočtového pásma. Výsledkem je vysokofrekvenční tok dat. [9]

Obr. 10 Princip FDM



[Zdroj: (11)]

### 3.5.2. Crossconnect

Obecně je účelem crossconnectu propojit jakékoliv vstupní vedení na jakékoliv výstupní vedení. Díky této vlastnosti můžeme jednotlivé signály (služby) směřovat do potřebných lokalit a na určené porty skrz celou přenosovou síť. Z příchozí linky je nejdříve vyčleněn potřebný signál (demultiplexace) a pomocí spojovacího pole přeposlán na potřebnou odchozí linku. Všechny signály, které jsou na tuto linku směřovány, jsou před odesláním opět sloučeny do kompozitního signálu (multiplexace). Nastavení crossconnectu provádí správcem sítě buď manuálně pro každý switch zvlášť, nebo automaticky pomocí vlastní logiky sítě.

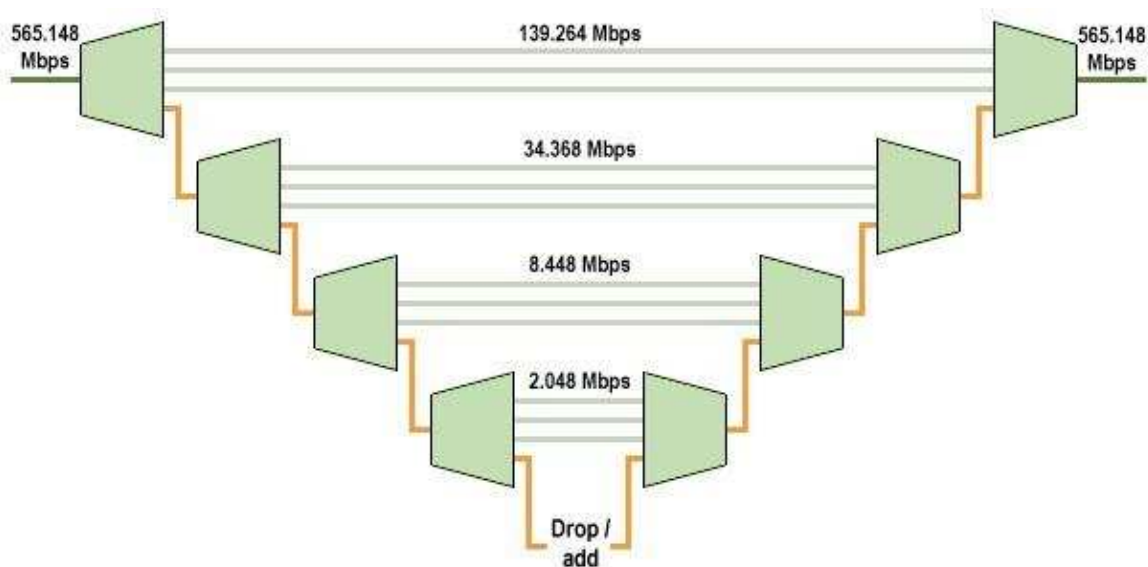
### 3.5.3. Digitální hierarchie

Z potřeby přenosu velkých toků dat a ještě lepšího využití přenosového prostředí byly definovány signály vyšších řádů. Účelem je multiplexace různých typů klientských signálů (audio, video) do jednoho vysokorychlostního digitálního toku.

## PDH (Plesyochronní Digitální Hierarchie)

Princip PDH je v prokládání jednotlivých digitálních signálů po bitech do signálu vyššího řádu. U této hierarchie nemají jednotlivé signály přesně definovaný vztah oproti signálu vyššího řádu. Jelikož je přenos asynchronní, dochází ke kolísání taktu. Pro vyrovnání přenosové rychlosti signálu slouží Stuffing. Ve vyšším řádu je vždy bitová rezerva pro pokrytí případných odchylek v přenosových rychlostech nižších řádů.

Obr. 11 Tvorba PDH řádů



[Zdroj: (12)]

Výchozím signálem pro skládání vyšších řádů je signál E1 s přenosovou rychlostí 2048 kbit/s. Každý vyšší řád je vždy čtyřnásobkem řádu nižšího.

- **1. řád (E1)** – 2 048 bit/s;
- **2. řád (E2)** – 8 448 bit/s;
- **3. řád (E3)** – 34 368 bit/s;
- **4. řád (E4)** – 139 264 bit/s;
- **5. řád (E5)** – 565 148 bit/s.

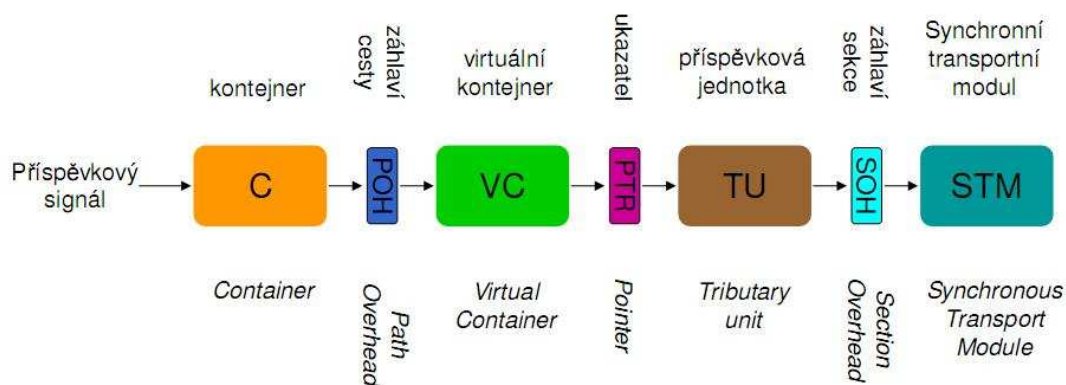
Bohužel u PDH je hned několik nevýhod. Není standardizován ITU-T a z dnešního pohledu disponuje malou přenosovou rychlostí. Dále pak nemožnost vyčlenění jednotli-

vých toků u signálů vyšších řádů. Při vyčleňování jednotlivých signálů musí být demultiplexován celý sdružený tok, což vede k degeneraci signálu. [9]

### SDH – (Synchronní Digitální Hierarchie)

Jelikož tvorba vyšších řádů u PDH již nebyla technicky možná, musel být vytvořen nový, oproti PDH synchronní, systém pro skládání signálů do vyšších řádů. Předlohou nové hierarchie byl americký systém SONET (Synchronous Optical Network). SDH je celosvětově standardizována ITU-T a splňuje požadavky na přenosy s kapacitou do 40 Gbit/s. Byl navrhnut primárně pro přenos po optickém vláknu.

Obr. 12 SDH



[Zdroj: (13)]

U SDH systémů hovoříme o přenosových stupních nikoli o řádech. Základní hierarchický stupeň tvoří signál STM1 (Synchronní Transportní modul). Následující stupně jsou vždy čtyřnásobkem předchozího. [9]

Obr. 13 SDH přenosové stupně

úroveň:	STM-0	STM-1	STM-4	STM-16	STM-64	STM-256
označení v systému SONET	STS-1 (OC-1)	STS-3 (OC-3)	STS-12 (OC-12)	STS-48 (OC-48)	STS-192 (OC-192)	STS-768 (OC-768)
přenosová rychlost [Mbit/s]	51,84	155,52	622,08	2 488,32	9 953,28	39 813,12

Stupeň STM-0 byl vytvořen, aby byla zajištěna kompatibilita se systémem SONET.

[Zdroj: (14)]

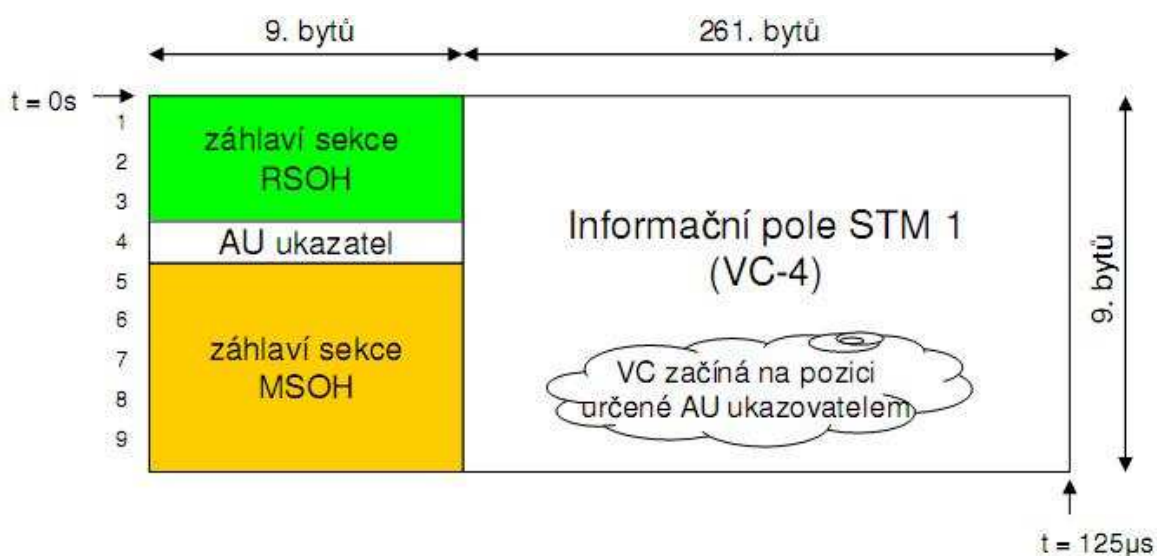
## 4. ATM (Asynchrony Transfer Mode)

Tato technologie představuje ideální nástroj pro vytváření páteřních sítí. Je vhodná pro přenos, vytváření a směrování různých druhů klientských služeb. Hodí se jak do metropolitních sítí, tak i do rozsáhlejších celostátních sítí. V minulosti měla být tato technologie výchozím standardem pro přenos dat. Později se od ní však ustoupilo a do popředí se dostaly optické technologie typu WDM. Z dnešního pohledu je již tato technologie morálně zastaralá a dále se více nevyvíjí. I přes tento fakt je však stále hojně využívána. V ČR je na technologii ATM postavena síť státní správy, kde realizuje přenos služeb pro policejní a hasičské útvary.

### 4.1. Princip přenosu ATM

Princip přenosu je založený na vytváření permanentních kanálů, ve kterých se přenáší data z koncových zdrojů. Tyto data jsou rozdělena a zařazena do buněk (Cell) s omezenou délkou 53 bajtů. Každá buňka se skládá ze záhlaví a informačního pole. Informační pole má velikost 48 bajtů a slouží pro přenos všech užitečných informací a signalizačních zpráv. Záhlaví má velikost 5 bajtů a je zde uložena např. kontrolní skupina bitů pro detekci chyb v záhlaví nebo provozní informace důležitá pro směrování buňky k cíli. [14]

Obr. 14 STM-1



[Zdroj: (13)]

Směrování je určeno pomocí dvou parametrů VP (Virtual Path) a VC (Virtual Chanel). Jde o číselné hodnoty, které jednoznačně identifikují přenášenou službu a její směrování v rámci switche a sítě. Tyto hodnoty se mohou v průběhu spoje měnit, ale vždy platí, že každá kombinace hodnot VP/VC může být ve switchi na jednu linku použita pouze jednou.

#### 4.1.1. ATM multiplex

Protože jednotlivé zdroje generují data nezávisle na sobě, nemají ATM buňky přesnou polohu v časovém rastru multiplexu. Šířka pásma je tedy závislá na požadavku zdroje o přidělení buněk. Přenosová rychlost se pak určí z počtu přiřazených buněk v určitém časovém rozmezí. Na každé připojené trunk lince se vždy přenáší kontinuální (kompozitní) tok buněk. Pokud není požadavek od zdroje dat, generují se v multiplexu prázdné buňky, aby byl zachován přenosový tok linky. Začleňování jednotlivých buněk do multiplexu probíhá přes vyrovnávací paměť. Pokud dojde k zaplnění této paměti jsou další příchozí buňky zahozeny.

## 4.2. ATM switch Xpress 36140

Zástupcem ATM technologie je zařízení Xpress 36140 se kterým mám vlastní praktické zkušenosti. Tento typ switche je založen na modulární výstavbě a jeho osazení je až na výjimky libovolné. Instalace a výměny karet mohou být prováděny za provozu. Podle potřeby se switch osadí klientskými a přenosovými kartami. Existují dva druhy boxů podle počtu volných slotů (7,13). Aby mohl být celý systém spravován, jsou ve dvou

slotech zleva umístěny řídicí karty MCP. Jedna z nich je vždy aktivní a druhá záložní ve stand-bay režimu. Přes aktivní kartu je realizován dohled switche, konfigurace

Obr. 15 ATM switch Xpress 36140



[Zdroj: (Vlastní)]

jednotlivých parametrů systému a vytváření crossconnectu pro jednotlivé přenosové služby. Celý systém si můžeme představit jako sběrnici, kdy na jedné straně switch posbírání různé klientské signály (data, hlasy) a přepošle je zabalené do sebe na druhou přenosovou stranu. Jde o kombinaci de-multiplexu a crossconnectu.

Po stranách switche jsou umístěny zdroje napájení. Kvůli záloze jsou opět zdvojeny a umožňují tedy výměnu za provozu. Jako u většiny přenosových technologií vyžaduje systém napájení -48 V. Celkový odběr ATM switche závisí na osazení a dosahuje až 300 W.

#### 4.2.1. Typy klientských karet

- **CEB** – podle typu karty umožňuje připojení až 32 klientských toků s rozhraním E1. Port může být nastaven ve více režimech podle typu datového toku. Každý z toků může být libovolně crossován až do úrovně TS a to na kteroukoliv přenosovou kartu nebo jiný E1 port switche. Hlavní využití je pro připojení hlasových služeb. Dále lze využít v režimu unframed (bez TS) pro přenos dat s negarantovanou kapacitou 2048 bit/s.
- **DAB** – tato karta je osazena až osmi porty se sériovým rozhraním. Může být nastavena ve dvou režimech přenosu a to buď X.21 nebo V.35. Nejvíce se využívá v konfiguraci X.21 pro přenos frame relay datových služeb. Variabilně lze nastavit rychlost portu s maximální možnou rychlostí 2048 bit/s.
- **LAN** – karta určena pro připojení datového rozhraní Ethernet. Je osazena čtyřmi porty, z nichž dva jsou v módu 10 Mbit/s a dva v módu 100 Mbit/s. Umožňuje zvolit režim přenosu full-duplex nebo half-duplex. Je vhodná k připojení směrovačů a prepínačů. Výhodou je tvorba multipoint spojů. [14]

#### 4.2.2. Přenosové karty

- **IMA** – tato karta je osazena až 8 porty s rozhraním E1. Umožňuje sloučit více portů dohromady a vytvořit tak tzv. portgrupu s přenosovou rychlostí až 16 Mbit/s. Velkou výhodou je fyzické oddělení jednotlivých E1 linek. Při výpadku některé z nich se přenosové pásmo pouze poníží, ale provoz zůstane zachovaný. Kvůli omezené přenosové kapacitě není příliš vhodná pro páteřní linky.



- **STM1** – karta osazena až 4 porty s přenosovým signálem STM1. Primárně je určena jako přenosová karta, ale konfiguračně lze přepnout i do režimu karty klientské. Existuje více typů podle výkonu laseru a typu optického konektoru. Nejvýkonnější typ používaného laseru dokáže překlenout vzdálenost až 70 km. [14]
- **STM4** – stejný typ karty jako STM1 s tím rozdílem, že disponuje přenosovým signálem STM4.

#### 4.2.3. Vytváření přenosových služeb

Systém umožňuje vytvářet garantované a negarantované služby. Vytváření služeb může být realizováno dvěma způsoby. Buď vytvořením permanentního spoje PVC (Permanent Virtual Circuits), nebo virtuálním spojením PtP (Point to Point). U PVC spojů se předem určí požadovaná cesta, přes které switche má spoj procházet. Pak je postupně v každém switchi správcem sítě vytvořen crossconnect. U PtP spojů se využívá vlastní logiky sítě. Správce sítě pouze určí koncové klientské porty a vlastní sestavení služby provede systém sám. Výběr cesty je určen podle předem nastavených parametrů linek. Velkou výhodou je přeliv služeb PtP v případě výpadku přenosové trasy. Systém velmi rychle zareaguje a řádově v sekundách přeloží provoz na obchodní linky.

Při vytváření přenosových služeb umožňuje systém nastavit QoS (Quality of Service) pro garanci přenosové pásma. U hlasových služeb je pásmo garantováno automaticky, ale u datových služeb můžeme zvolit podle potřeby některou z následujících možností.

- **UBR (Unspecified Bit Rate)** – jde o základní nastavení pro datový přenos, kdy není garantována přenosová rychlost. Šířka zabraného pásma závisí na propustnosti linky;
- **CBR (Constant Bit Rate)** – základní nastavení pro přenos hlasů. Podle počtu přenášených TS je automaticky nastaven konstantní bitový tok s přesně definovaným maximálním zpožděním;
- **nrt-VBR (non real time Variable Bit Rate)** – umožňuje nastavit variabilní bitový tok s přesně definovanou maximální ztrátou buněk;
- **rt-VBR (real time Variable Bit Rate)** – umožňuje nastavit variabilní bitový tok s přesně definovaným maximálním zpožděním buněk;

- **ABR (Available Bit Rate)** – umožňuje nastavit maximální dostupný bitový tok;
- **GFR (Guaranteed Frame Rate)** – umožňuje nastavit garantovanou propustnost rámců.

#### 4.2.4. Dohled a diagnostika systému

Pro každý switch je vytvořen speciální dohledový kanál tzv. In-band, který je z centra pomocí IP adresy směrován na řídicí kartu MCP. Přístup do switche je umožněn i lokálně přes tzv. Out-band rozhraní. Dohled a správa probíhá přes centrální grafický dohledový systém (viever). Jednotlivé switche jsou v tomto systému přehledně seřazeny do stromové struktury a barevně rozlišeny podle alarmových stavů. V případě výpadku portu nebo některé ze součástí hardwaru je tento stav signalizován změnou barvy switche. Obsluha tak vidí typ a rozsah problému a může okamžitě reagovat. Pro fyzické otestování portu se nejčastěji používá smyčka. Princip smyčky je v propojení vysílací části portu na krátko do přijímací. Pokud je port v pořádku změní se jeho stav v dohledovém systému z hodnoty down na up a barva switche se změní na zelenou, což signalizuje bezalarmový stav. Pro testování samotných karet je vhodné mít zvlášť vyčleněný testovací switch. Pokud je funkčnost karty nejistá provede se vždy její výměna a diagnostika se provádí až v testovacím switchi, aby výpadky měly co nejmenší dopad na provoz.

Testovat funkčnost služeb můžeme dvěma způsoby. Nejlepší variantou je fyzické změření měřicím přístrojem na klientských portech sítě. Výstupem je měřicí protokol, ze kterého je zřetelně vidět dostupnost a kvalita služby. Druhou variantou jsou statistiky dostupné v dohledovém systému. Lze z nich vyčíst pohyb buněk, ztrátovost či celkovou nedostupnost služby bez jejího přerušení. Systém umožňuje vyslat i testovací buňku do požadovaného kanálu a sledovat průchod sítí.

#### 4.2.5. Shrnutí vlastností ATM switche Xpress 36140

- **výhody:** mezi hlavní výhody patří nízké pořizovací náklady, jednoduchost vytváření, měnění a diagnostiky přenášených služeb, spolehlivost a jednoduchá výměna hardwaru, přenos různých typů klientských signálů;
- **nevýhody:** omezená maximální přenosová rychlost tokem STM-4, končící podpora ze strany výrobce.

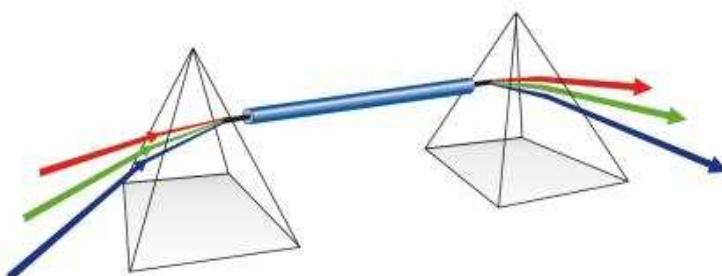
## 5. WDM (Wavelength Division Multiplexing)

Pojem WDM je označení pro optický vlnový multiplex, který navazuje na digitální hierarchie SDH a SONET. Představuje transparentní způsob přenosu více optických signálů na velké vzdálenosti pomocí jednoho fyzického vlákna. Princip multiplexu je ve frekvenčním oddělení jednotlivých kanálů. Klientské signály jsou nejprve převedeny na určitou vlnovou délku, kterou si můžeme představit jako jednu určitou barvu z barevného spektra. Skládáním těchto barev neboli frekvencí, vzniká jeden kompozitní signál v podobě celkového barevného spektra tedy vysokofrekvenčního toku. [15]

### 5.1. Typy WDM multiplexů

Vlnové multiplexy se podle závislosti na napájení člení na aktivní a pasivní. Pasivní vlnové multiplexy nejsou napájeny a chovají se pouze jako transparentní přenosové prostředí mezi dvěma uzly sítě. Vysílaný kompozitní signál není zesílený, a tím je omezena i délka přenosové vzdálenosti. Pro vkládání a vyčleňování vlnových délek využívají rozklad barevného spektra pomocí krystalu. Průchodem kompozitního signálu krystalem jsou jednotlivé vlnové délky vyčleněny bez potřeby napájení. Nevýhodou je nemožnost konfigurace a vzdáleného dohledu systému.

Obr. 16 Průchod signálu krystalem



[Zdroj: (3)]

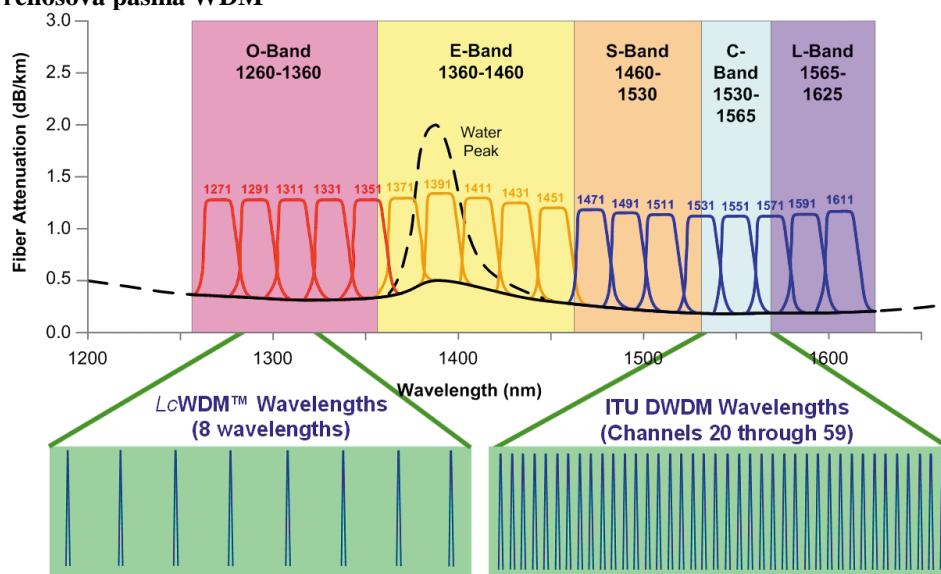
Aktivní vlnové multiplexy používají pro vydělování a začleňování Add/Drop filtry. Výhodou je možnost vydělit pouze požadované vlnové délky a zbytek kompozitního signálu přenášet do dalších lokalit. Díky této vlastnosti se hodí na rozsáhlejší WAN sítě, kde umožňují přenášet jednotlivé vlnové délky napříč celou sítí. Existuje několik kategorií aktivních WDM multiplexů. Princip vkládání a vyčleňování příspěvkových signálů je u všech typů stejný. Rozdíly jsou v odstupě mezi vlnovými délkami, šířkou a možnostmi využití přenosového pásma a vzdáleností, kterou jsou schopny překlenout. Tyto parametry velice ovlivňují pořizovací cenu technologie.

- **WDM (Wide Wavelength Division Multiplexing)** – u této technologie je velký odstup mezi jednotlivými vlnovými délkami (minimálně 25 nm). Díky větším odstupům nevyžaduje příliš citlivé součásti pro příjem a vysílání signálu. Pro přenos se většinou dají využít čtyři vlnové délky. Výhodou jsou nízké pořizovací náklady a malá náročnost na instalaci a obsluhu. Tato technologie se využívá pro kratší vzdálenosti, kde není kladen velký nárok na počet klientských signálů.
- **CWDM – (Coarse Wavelength Division Multiplexing)** – technologie vhodná na delší přenosové vzdálenosti. Jde o levnější variantu DWDM technologie. Odstupy mezi vlnovými délkami jsou 20 nm, což je dostatečně velké na to, aby bylo možno použít méně citlivé laserové diody bez chlazení. Standardizováno ITU-T G.694.2.
- **DWDM – (Dense Wavelength Division Multiplexing)** – tato technologii představuje vrchol ve vlnových multiplexech. Je určena pro přenos velkého počtu klientských signálů na velké vzdálenosti. Využívá kvalitní výkonné a citlivé optické součásti jako jsou lasery s chlazením nebo EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) zesilovače. Standardizováno ITU-T G.694.1. [16]

## 5.2. Princip přenosu DWDM

Každý z klientských signálů, ať už jde o optický nebo elektrický, je převeden na určitou vlnovou délku. DWDM technologie využívají pro přenos rozsah vlnových délek v C-Band pásmu.

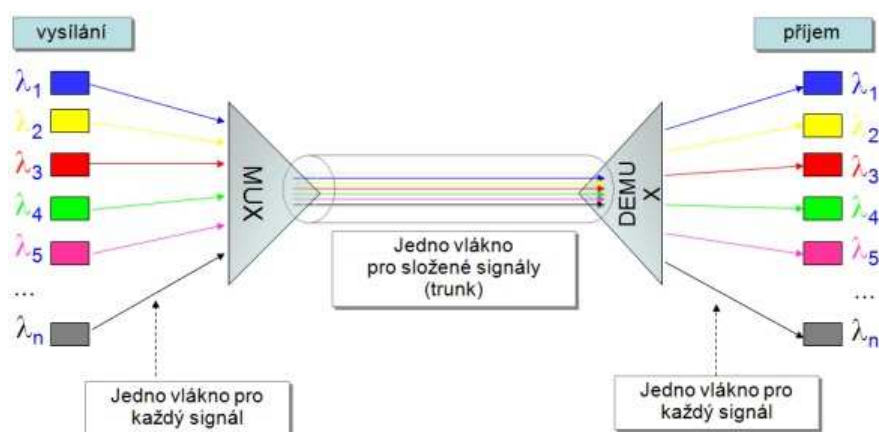
Obr. 17 Přenosová pásma WDM



[Zdroj: (17)]

Každá vlnová délka může být využita pouze pro jeden klientský signál. Podle typu hardwaru je tato vlnová délka buď dána napevno klientskou kartou, nebo se volí a ladí softwarově. Jednotlivé vlnové délky jsou pomocí Add/Drop filtrů sloučeny do kompozitního signálu a vysílány k vzdálenému přijímači. [16]

Obr. 18 WDM multiplex

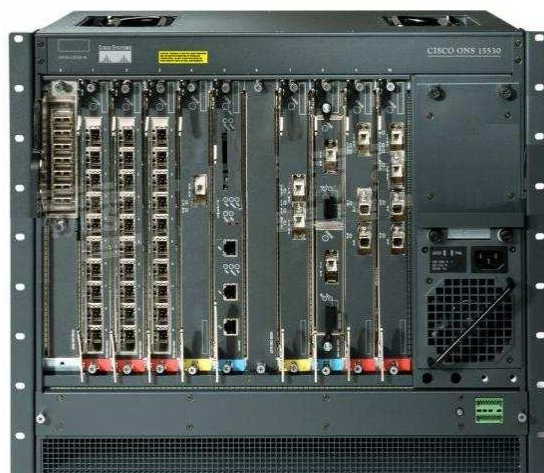


[Zdroj: (5)]

### 5.3. DWDM switch ONS 15530

Obdobně jako u ATM switche je ONS 15530 založen na modulární výstavbě. K dispozici je 11 slotů. Dvě redundantní řídicí karty jsou uloženy v 6. a 7. pozici. Ostatní pozice je možno osadit libovolně některou z klientských karet. U ONS 15530 představuje klientská karta zároveň i jeden odchozí směr do linky. To znamená, že karty nejsou rozděleny na přenosové a klientské, ale jsou kombinací obou. Každá karta pracuje samostatně nezávisle na ostatních a představuje jeden samostatný multiplex. Pokud chceme některou z vlnových délek přenášet skrz více switchů, musíme fyzicky propojit klientské porty mezi kartami optickým vláknem. Napájení je typické

Obr. 19 DWDM switch ONS 15530



[Zdroj: (18)]

pro přenosové systémy -48 V a je opět zdvojeno pro zachování redundance. Celkový odběr při kompletním osazení switche dosahuje 600 W.

- **Muxponder** – karta je osazena osmi klientskými porty a jedním portem trunkovým. Rozhraní a rychlosti klientských portů jsou volitelné a určují se podle zásuvného modulu SFP (Small Form-Factor Pluggable). Přenosová kapacita trunk portu je 2,5 Gbit/s. Z toho vyplývá i omezení klientských portů, které v součtu nesmějí přesáhnout tuto kapacitu. Např. můžeme zvolit dva porty s optickým rozhraním a přenosovou kapacitou 1 Gbit/s a zbytek kapacity 500 Mbit/s rozdělit na 5 portů s metalickým rozhraním FastEthernet 100 Mbit/s. Všechny signály jsou multiplexovány a přes trunk port odesílány do linky.
- **Transponder** – karta je osazena pouze jedním klientským a jedním trunkovým portem. Je určen především pro převedení klientského signálu na určitou vlnovou délku, aby mohla být přenášena skrz síť. Přenosová kapacita trunk portu je opět 2,5 Gbit/s.

### 5.3.1. Dohled a správa systému

Switch ONS 15530 je spravován pomocí operačního systému IOS (Internetwork Operating System). Zadávání konfiguračních příkazů probíhá přes příkazový řádek command line a provádí se pro každý switch zvlášť. Existují i různé nastavby, které umožňují grafické zobrazení a správu všech switchů zároveň, ale standardně se využívá pouze command line.

#### Příkazy pro základní diagnostiku switche

- **show facility-alarm status** – výpis aktuálních alarmů switche;
- **show performance current** – výpis chybovosti na rozhraní;
- **show log** – výpis uplynulých událostí;
- **show optical interface brief** – jeden z nejužitečnějších příkazů pro zobrazení celkového stavu trunk a klientských portů.

Pro otestování trunk portů lze v systému nastavit softwarová smyčka. Nastavení je možné ve dvou variantách. První způsob je facility loopback. Trunk port se přepne do

režimu, kdy se příchozí signál bez změny vysílá zpět do linky. Vytvoří se v podstatě vzdálená smyčka, která ověří funkčnost celé linky. Druhý způsob je terminal loopback. Tato smyčka se dá vytvořit i fyzicky optickým vláknem propojením vysílací části trunk portu s přijímací.

### **5.3.2. Shrnutí vlastností DWDM switche ONS 15530**

- **výhody:** široké přenosové pásmo, přenos na velké vzdálenosti, podpora ze strany výrobce;
- **nevýhody:** vysoké náklady, náchylné na čistotu prostředí.

## 6. Návrh přenosové sítě

Při návrhu přenosové sítě je potřeba zohlednit spoustu nejrůznějších faktorů. Abychom předešli zbytečným komplikacím při pozdější realizaci, je důležité vytvořit důkladnou rozvahu a vše si pečlivě připravit nanečisto. Rozvahu můžeme rozdělit na dvě základní části. První se bude zabývat samotnou přenosovou sítí. Patří sem výběr přenosové technologie, konfigurace switchů, rozhodnutí o nákupu či pronájmu přenosových okruhů či potřeba kabeláže. Druhá část bude zaměřena na zázemí potřebné pro provoz, tedy technologické prostory a jejich fyzické zabezpečení.

Ať už budeme připravovat jednu nebo druhou část je důležité myslet do budoucna. V dnešní době, kdy nároky na přenosové rychlosti a objemy přenášených dat stále více rostou, musíme počítat s tím, že se síť bude v budoucnu měnit a rozvíjet.

### 6.1. Zadání projektu

Vytvořit návrh uzavřené firemní sítě WAN v rámci České republiky a provést kalkulaci nákladů přenosové technologie. Počet lokalit odpovídá krajským městům s celkovým počtem 13 uzlů. Základní požadavek je na přenos hlasových a datových služeb vzájemně mezi všemi uzly. Centrální uzel bude umístěn v Praze. Seznam lokalit a označení uzlů:

*Brno (ONS131), České Budějovice (ONS141), Hradec Králové (ONS151), Jihlava (ONS161), Karlovy Vary (ONS171), Liberec (ONS181), Olomouc (ONS191), Ostrava (ONS201), Pardubice (ONS211), Plzeň (ONS221), Praha (ONS121), Ústí nad Labem (ONS231), Zlín (ONS241).*

### 6.2. Technické řešení

Přenos hlasových signálů E1 je komplikací, která navyšuje celkový rozpočet a zvyšuje složitost přenosové sítě. Při investici do technologie VoIP stačí síť přenášet pouze datové pakety Ethernet. Pro přenos dat mezi jednotlivými uzly se vytvoří transparentní přenosová síť WAN. Vlastní směrování a celkovou logiku sítě přebírá datová část, tedy routery. Toto rozdělení má několik výhod. Ta největší je úspora investic.

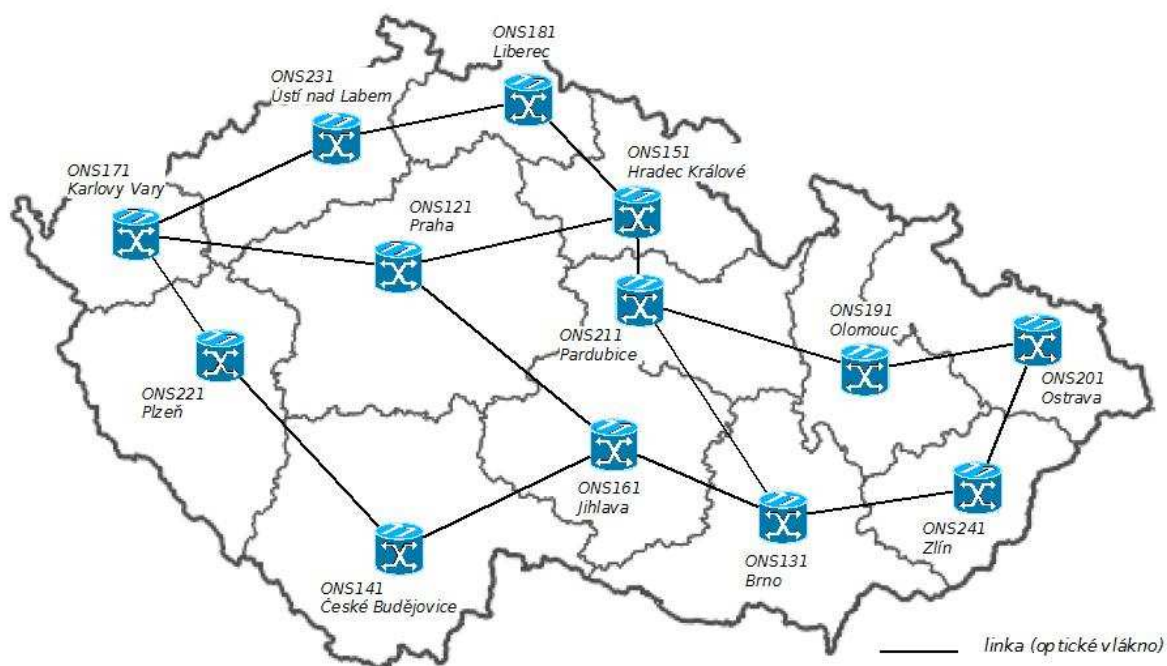


Odpadají náklady na crossconnect technologii, která směřuje služby v rámci WAN sítě. Uspodňuje se i diagnostika a správa služeb při výpadku. [19]

### 6.3. Vytvoření topologie

Načrtneme si jednotlivé uzly a určíme logickou topologii. Je důležité počítat se zálohou páteřních a jinak důležitých uzlů. V ideálním případě by páteřní síť měla mít podobu menších kruhových topologií vzájemně propojených do sebe s využitím optického vlákna jako přenosového média.

Obr. 20 Návrh topologie



[Zdroj: (Vlastní)]

Centrální uzel v Praze je dostatečně zálohován díky hvězdicové topologii. V síti není žádný uzel koncový, všechny uzly jsou zálohovány minimálně pomocí menších kruhových topologií. Mezi lokalitami Praha a Jihlava je přepokládán velký útlum vzhledem k velké vzdálenosti. Pro zachování kvality přenosu budou na této lince instalovány zesilovače kompozitního signálu EDFA v obou směrech. Jelikož jde o uzavřenou firemní síť, neobsahuje síť žádný hraniční uzel.

Pokud neplánujeme výstavbu vlastních linek, což je velmi nákladné a pouze pro vlastní využití nerentabilní, musíme se obrátit na některého z poskytovatelů. V České

republiky je situace velmi dobrá. Poskytovatelů s kvalitně vybudovaným přenosovým prostředím nabídnutým k prodeji či pronájmu stále více přibývá. Téměř všechna větší města jsou dnes již zasíťována a propojena optickými kabely. Například firma ČD Telematika má vybudovanou podél železničních tras mohutnou optickou síť, kterou nabízí po jednotlivých vláknech k odprodeji. U páteřních linek, po kterých bude přenášeno nejvíce dat, je vyžadována velká spolehlivost a dostupnost. Pokud možno bychom se měli vyvarovat použití více médií a převodů mezi nimi v rámci jedné linky. Různé převodníky optického signálu na elektrický a opačně jsou velmi často zdrojem výpadku celého okruhu nebo ponížení přenosové kapacity linky. Pokud nám to finance dovolí je lepší linky, které budou tvořit páteř a jiné důležité spoje vlastnit a spravovat si je sami. U pronajatých linek je výhodou servis přenosového média v případě poruchy. Obě možnosti mají své klady a zápory, vždy záleží na aktuálních podmínkách a možnostech investora.

#### **6.4. Přenosový systém**

Jako páteřní přenosový switch využijí vlnový multiplex DWDM ONS15530. Tento systém splňuje požadavky na přenosovou kapacitu a potřebnou přenosovou vzdálenost. Osazen bude klientskými kartami typu Muxponder. Přenosová kapacita trunk portu je 2,5 Gbit/s což je dostačující i s případným budoucím požadavkem na navýšení kapacity. Pro každou odchozí linku bude použita jedna karta pro zachování redundance provozu. Datový a hlasový přenos bude fyzicky oddělen odlišnými porty. Osazení portů na kartě Muxponder:

- 0. port** – Gigabit Ethernet pro přenos datového provozu mezi uzly
- 1. port** – Fast Ethernet pro přenos hlasového provozu
- 2. port** – Gigabit Ethernet pro posílení datového provozu
- 7. port** – Fast Ethernet pro přenos dohledového provozu

Fyzické propojení technologií v rámci jednoho uzlu viz **příloha č. 1**

Konfigurace karty Muxponder viz **příloha č. 2**

Hlasová síť VoIP bude fyzicky kopírovat topologii přenosové sítě. Pro posílení a zrychlení datové sítě budou vytvořeny navíc přímé datové okruhy mezi vybranými uzly



## 6.5. Technologické prostory

Základním předpokladem je vybrat prostor, kde nehrozí zatopení nebo jiná živelná pohroma. Znamenalo by to vyřazení páteřního uzlu na delší dobu ze sítě a hlavně zničení samotné technologie. Samozřejmostí je dostatečná přípojka elektrického proudu do objektu. Pokud je možnost více přípojek je vhodné rozdělit napájení do dvou samostatných větví. Jelikož může dojít k výpadku sítě, je důležité myslet na záložní zdroj např. v podobě diesela agregátu. Samotná technologie by ještě navíc měla být zálohována přes UPS (Uninterruptible Power supply). Tato kombinace nám zajistí udržení nepřetržitého napájení jak datové tak přenosové technologie.

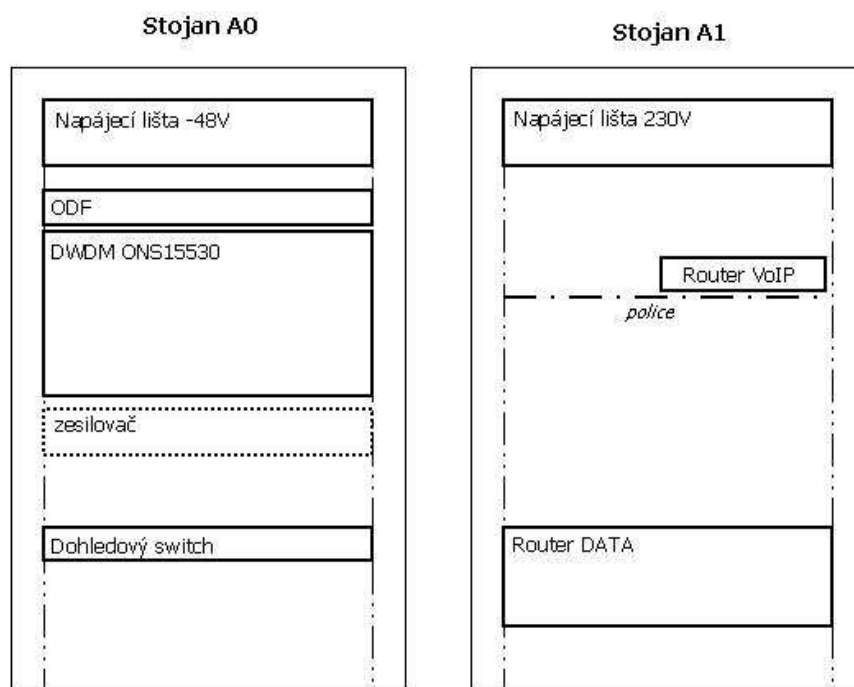
Technologické prostory s ohledem na budoucí rozšiřování musí být dostatečně rozměrné. U velkých uzlů je samozřejmostí dvojité podlahy pro uložení strukturované kabeláže a kabelů s napájením. Samotná technologie bude uložena do technologických stojanů. Tyto stojany musí být kvůli manipulaci s technologií dobře přístupné. Zpravidla se staví do řad vedle sebe s volným přístupem z přední a zadní strany. Vybavení stojanu je variabilní, ale standardně bývá osazen napájecí lištou s jističi pro 230 V a -48 V, ventilátorem usnadňujícím cirkulaci vzduchu a čidlem pro kontrolu teploty ve stojanu.

Klimatizace je nedílnou součástí a nevyplácí se na ní šetřit. Datová a přenosová technologie vyzařuje velké množství tepla, čímž se může sama poničit. Potřebná kapacita chlazení přímo odpovídá spotřebě elektrické energie technologií. Variant jak chladit technologii je hned několik. Nejlepší variantou je centrální klimatizační jednotka, která zajišťuje cirkulaci a chlazení vzduchu pro celou technologickou místnost. Studený vzduch je spodní částí vháněn skrz podlahu do stojanů a ohřátý nasáván vrchní částí zpět do chladicí jednotky. Další variantou je uzavřený klimatizovaný stojan. Tento způsob chlazení se hodí do uzlů s menším počtem stojanů, nebo do prostor, které zcela nevyhovují technickým požadavkům pro uložení.

### Podmínky pro instalaci ONS15530:

- technologický stojan 19 U (rozměr chassis switche 510 x 440 x 257 mm);
- napájení -48 VDC (spotřeba max. 600 W, jistič ve stojanu 25A);
- rozsah provozních teplot 0 – 40 °C;
- relativní vlhkost okolí 5 – 95 %.

Obr. 22 Rozložení technologie ve stojanech



[Zdroj: (Vlastní)]

Technologické prostory by měli být vedeny jako režimové pracoviště s omezeným přístupem osob. Ideálně by měli být bez oken. Zaprvé je to z bezpečnostních důvodů a zadruhé jsou okna v letních obdobích zdrojem nežádoucího tepla a nečistot. Samozřejmostí je aktivní zabezpečení pomocí EZS (Elektronické Zabezpečovací Systémy). Kombinace omezeného přístupu osob a EZS v podobě např. kamerového systému, dveřních kontaktů a čidel zabrání vniknutí neoprávněných osob.

Další možností jak uložit a ochránit technologii je pronájem prostor v některém z datových center. Náklady na pronájem jsou sice vysoké, ale odpadá starost s bezpečností objektu, napájením či klimatizací. Datová centra mají navíc tu výhodu, že jsou zde zakončeny přenosové linky poskytovatelů, které je možno si pronajmout.

## 6.6. Dohled a správa sítě

Velké sítě WAN nelze spravovat centrálně z jednoho místa. Proto se rozdělují do menších lokalit, které sice podléhají centru, ale jsou spravovány samostatně místními správci. Podle počtu prvků v dané lokalitě je potřeba mít vytvořenou i odpovídající zásobu náhradních dílů. V případě poruchy hardwaru musí být výměna co nejrychlejší. To platí i v případě diagnostiky závad. Sít vyžadují každodenní pozornost a údržbu. Sledování a vyhodnocování logů a alarmů je nezbytnou činností pro nepřetržité zachování provozu.

Pro správu sítě bude využit operační systém IOS verze 12.2.(29)SV3 nainstalovaný v řídicích kartách. Přístup do jednotlivých switchů bude umožněn třemi způsoby:

- **vzdáleně pomocí inband kanálu sdcc** – tento kanál je nastaven na každé kartě muxponder a umožňuje proskakovat mezi dvěma sousedními switchi;
- **vzdáleně pomocí Ethernet dohledového rozhraní** - umístěno na řídicích kartách, přístup pomocí IP adresy nastavené ve switchi;
- **lokálně pomocí seriového rozhraní** – pro fyzický přístup do switche přímo na ústředně pomocí konzolového portu umístěného na řídicí kartě.

Z důvodů bezpečnosti bude přístup do jednotlivých zařízení omezen na základě uživatelských účtů vytvořených hlavním správcem technologie. Jelikož jde o transparentní síť bez nutnosti vytvářet služby, není potřeba investovat náklady do speciálního dohledového management systému. Případný výpadek bude detekován a signalizován na datové technologii. Diagnostika a případná konfigurace switchů bude probíhat pouze vzdáleným přístupem.

Do tohoto oboru stále více proniká styl spravování sítě cizí firmou tzv. Outsourcing. Pokud se jedná o menší síť, kterou má spravovat jedna firma, jde o nejlepší variantu. Vlastní personál zkušených správců stojí nemalé náklady. U velkých sítí však z vlastních zkušeností vím, že je tento způsob řízení neefektivní a spíše na škodu. Je to z důvodu větších nákladů, horší komunikace mezi firmami a jejich neznalosti celkového stavu sítě.

## 6.7. Finanční náklady na přenosovou technologii

Finance jsou nejkritičtějším faktorem, který nás bude při návrhu přenosové sítě limitovat. Od této položky se odvíjí výsledná struktura sítě a dostupnost přenášených služeb. Celkové náklady na přenosovou technologii dle navrženého projektu činí **28 588 920 Kč** (viz příloha č. 3).

Navržený projekt představuje optimální variantu realizace. Přenosová síť je dostatečně zálohována pro případ výpadku přenosových linek nebo celého uzlu. Důraz je kladen hlavně na omezení dopadu výpadku na datovou a hlasovou síť. V případě požadavku investora na snížení nákladů, při dodržení zadání projektu, máme následující možnosti:

- **nerealizovat přenosovou linku mezi lokalitami Praha a Jihlava** – úspora nákladů 2 624 790 Kč viz příloha č. 4 (2 x Muxponder, 2 x zesilovač EDFA, 2 x SFP GE/1G).
- **nerealizovat posilující datové okruhy** - úspora nákladů 283 500 Kč viz příloha č. 4 (27 x SFP GE/1G);

Tato úspora však bude znamenat výrazné snížení prostupnosti datové sítě a omezení provozu v případě výpadku některé z přenosových linek. Aby nebyly okamžité náklady pro investora tak vysoké doporučuji rozdělit fyzickou realizaci přenosové sítě do několika etap.

## 7. Závěr

Pojem přenosové komunikační systémy je širokým oborem. Cílem práce bylo zhodnotit využití přenosových technologií a přenosového prostředí přímo v praxi. Obecně můžeme říct, že současně dostupné a využívané přenosové technologie plně splňují požadavky na přenášené objemy dat. Trendem posledních let je sjednotit jak přenášené signály, tak i způsob jejich multiplexace. Pozvolna se upouští od přenosu analogových signálů, jako jsou např. hlasové služby a jejich multiplexace pomocí TDM a dochází k jejich digitalizaci. Sjednocení signálů usnadňuje a zrychluje jejich přenos a zvyšuje prostupnost služeb hlavně u rozsáhlých sítí WAN.

Po zhodnocení parametrů a možností uvedených v této práci vyplývá, že nejlepší variantou při návrhu nové sítě WAN je vytvořit transparentní přenosové prostředí pomocí vlnového multiplexu DWDM s přenosem pouze datových paketů. Vzniklá přenosová síť bude zajišťovat pouze přenos mezi jednotlivými uzly. Směrování a vytváření služeb je realizováno datovou technologií. V případě výpadku služby je díky této koncepci výrazně usnadněna správa celé sítě a diagnostika přenášených služeb. S ohledem na vlastnosti přenosových médií doporučuji realizovat páteřní linky pomocí optických vláken zálohovaných kruhovou topologií s minimální přenosovou kapacitou 1 Gbit/s.

Hlavním úkolem přenosových systémů je garance kvality a dostupnosti přenášených služeb. Jak efektivně a spolehlivě bude síť fungovat, závisí jak na dobré komunikaci mezi správci jednotlivých systémů tak na neustálém monitorování a optimalizaci služeb.

Do budoucna se počítá s nárůstem objemu přenášených dat hlavně díky nárůstu přenosu videa. Peníze, které se investují do vývoje nových přenosových technologií, jsou obrovské a posouvají dnešní možnosti stále dál. Nové typy optických multiplexů, které se dnes již testují, umožňují přenos rychlostí 100 Gbit/s po jednom optickém vlákně a dávají tak předvídat dostatečnou přenosovou kapacitu i do budoucích let.



## Seznam použitých zdrojů

- [1] JIROVSKÝ, V. *Vademekum správce sítě*. Praha: Grada publishing, s.r.o., 2001. 428 s. ISBN 80-7169-745-1.
- [2] NAUMANN, F. *Dějiny Informatiky. Od abaku k internetu*. Praha: Academia 2009. 424 s. ISBN 978-80-200-1730-7.
- [3] Optika. In: *Optický internet* [online]. 2012. Dostupné z: <http://www.grepnet.cz/cs/sluzby/internet/opticky/>
- [4] Optical fiber types. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001. Dostupné z: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0e/Optical\\_fiber\\_types.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0e/Optical_fiber_types.svg)
- [5] Cisco090824a. In: *Architektury a technologie v moderních optických DWDM sítích* [online]. 2009. Dostupné z: <http://www.netguru.cz/09091-man/architektury-a-technologie-v-modernich-optickych-dwdm-sitich-12.html>
- [6] Pozor laserové záření. In: *Bezpečnostní-tabulky* [online]. 2012. Dostupné z: <http://xn--bezpenostn-tabulky-qyb84d.eu/0299c-pozor-laserove-zareni-samolepici-folie-105x148mm.htm>
- [7] AirLaser IP 100. In: *Optický bezdrátový spoj AirLaser IP 100* [online]. 2012. Dostupné z: <http://www.cbl.cz/opticke-bezdratove-spoje-airlaser-ip-100.php>
- [8] FANTA, P. KVĚTOŇ, V. *Efektivní využívání informačních a komunikačních technologií nejen pro projektové manažery*. Praha: IREAS. Institut pro strukturální politiku, o. p. s. 2008. 225 s. ISBN 978-80-86684-51-2.
- [9] ŠÍCHA, M. TICHÝ, M. *Elektronické zpracování signálů Základy analogové, digitální techniky*. Praha: 1998. 136 s. ISBN 80-7184-455-1.
- [10] Interleaving. In: *Chapter 6.1.8 - Interleaving On GlobalSpec* [online]. 2007. Dostupné z: <http://beta.globalspec.com/reference/10502/121073/chapter-6-1-8-interleaving>

- [11] FDM process. In: *Chapter 6.1.3 - Multiplexing and Demultiplexing Processes On GlobalSpec* [online]. 2007. Dostupné z: <http://beta.globalspec.com/reference/10497/121073/chapter-6-1-3-multiplexing-and-demultiplexing-processes>
- [12] The full multiplexer hierarchy must be used to drop or add a 64kbps channel. In: *TechnologyUK - Communications Technologies - The Plesiochronous Digital Hierarchy* [online]. 2012. Dostupné z: <http://www.stealth.net/service/wave>
- [13] PDH, SDH. In: *Katedra telekomunikační techniky, ČVUT-FEL* [online]. 2012. Dostupné z: [www.comtel.cz/files/download.php?id=2594](http://www.comtel.cz/files/download.php?id=2594)
- [14] IEGMUND, G. PRAGER, E. *ATM technika pro širokopásmové sítě ISDN*. Praha: Hüting & Beneš, 1997. 325 s.
- [15] VELTE, T. J, VELTE A. T. *Síťové technologie Cisto*. Brno: Computer press, 2003. 759 s. ISBN 80-7226-857-0.
- [16] ZELINKA, Tomáš a Miroslav SVÍTEK. *Telekomunikační řešení pro informační systémy síťových odvětví* [online]. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 218 s.. ISBN 978-80-247-3232-9 (BROŽ.). Dostupné z: [http://books.google.cz/books?id=bqT8umrdiMYC&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.cz/books?id=bqT8umrdiMYC&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- [17] Representation of the ITU wavelength grid. In: *O Band WDM :: Communications Technology* [online]. 2008. Dostupné z: <http://www.cable360.net/ct/strategy/businesscases/30007.html>
- [18] Řada ONS 15530. In: *INTERCOM SYSTEMS a.s. - Nabídka &gt;&gt; Řešení optických sítí* [online]. 2008. Dostupné z: <http://www.intercomsys.cz/showDetails.php?id=10&page=Profil&file=/>
- [19] RAAB, S. CHANDRA, M. W. *Cisco Mobilní IP technologie a aplikace*. Praha: Grada Publishing, a. s. 2007. 300 s. ISBN 978-80-247-1611-4.

## **Seznam obrázků**

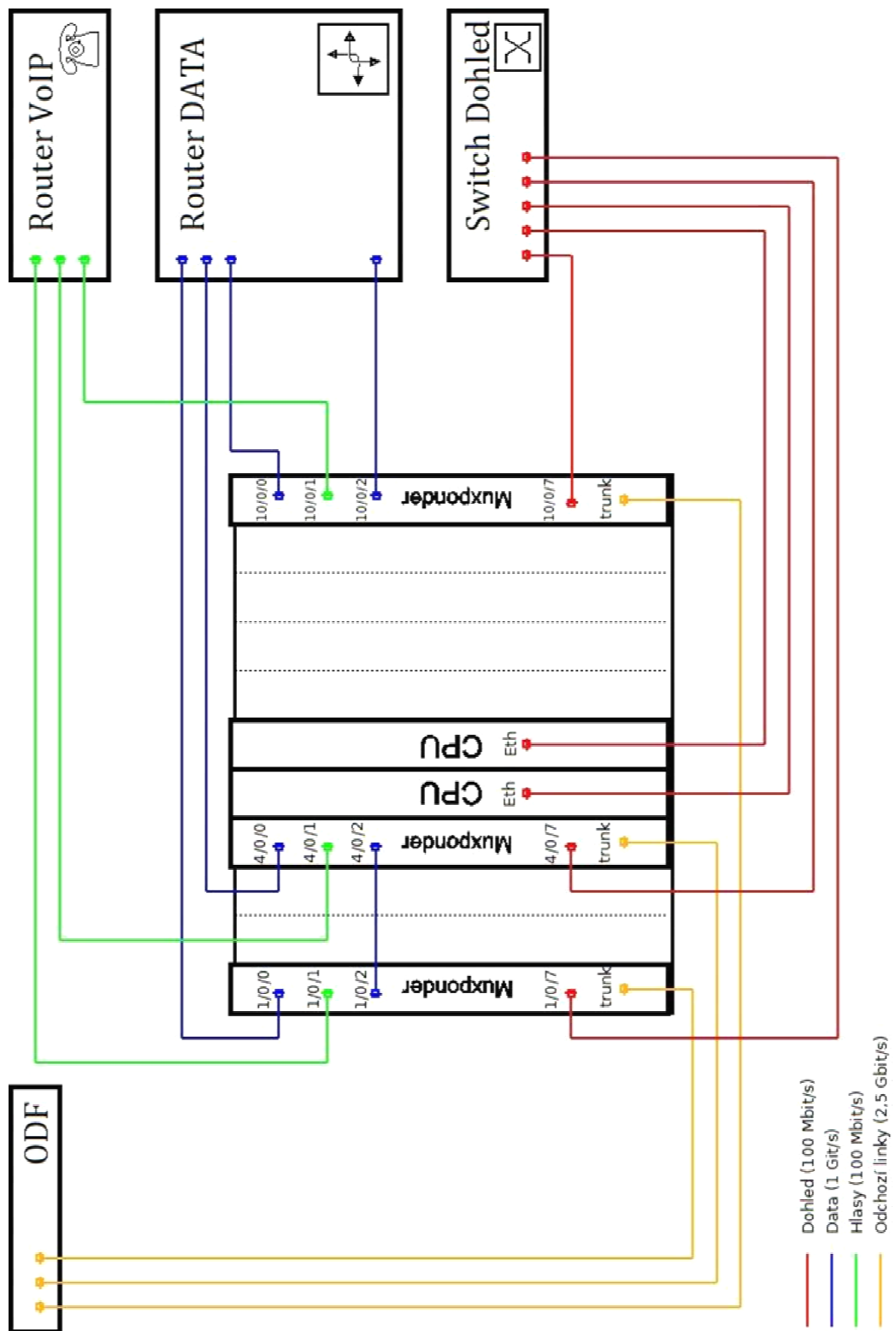
- Obr. 1 Topologie a prvky sítě
- Obr. 2 Optické vlákno
- Obr. 3 SM vlákno
- Obr. 4 Step index vlákno
- Obr. 5 Gradient vlákno
- Obr. 6 Disperze
- Obr. 7 Štítek s varováním
- Obr. 8 Air LASER IP 100
- Obr. 9 Princip TDM
- Obr. 10 Princip FDM
- Obr. 11 Tvorba PDH řádů
- Obr. 12 SDH
- Obr. 13 SDH přenosové stupně
- Obr. 14 STM-1
- Obr. 15 ATM switch Xpress 36140
- Obr. 16 Průchod signálu krystalem
- Obr. 17 Přenosová pásma WDM
- Obr. 18 WDM multiplex
- Obr. 19 DWDM switch ONS 15530
- Obr. 20 Návrh topologie
- Obr. 21 Datová topologie
- Obr. 22 Rozložení technologie ve stojanech

## Použité zkratky

ABR (Available Bit Rate)	Použitelná přenosová rychlost
AEL (Accessible Emission Limit)	Přípustný limit záření
ATM (Asynchrony Transfer Mode)	Asynchronní přenos
CBR (Constant Bit Rate)	Konstantní přenosová rychlost
CD (Collision Detection)	Detekce kolizí
CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing)	Hrubý vlnový multiplex
DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)	Hustý vlnový multiplex
EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier)	Erbium dotovaný zesilovač
EZS	Elektronické Zabezpečovací Systémy
FDM (Frequency Division Multiplex)	Frekvenční multiplex
FTP (Foiled Twisted Pair)	Kroucený pár stíněný fólií
GFR (Guaranteed Frame Rate)	Garantovaný rámcový přenos
IOS (Internetwork Operating System)	Síťový operační systém
ITU (International Telecommunication Union)	Mezinárodní telekomunikační unie
LED (Light emitting diode)	Světlo emitující zdroj
MAN (Metropolitan Area Network)	Metropolitní přenosová síť
MM (Multimode)	Vícevidové vlákno
MPE (Maximum Permissible Exposure)	Maximální povolené ozáření
nrt-VBR (non real time Variable Bit Rate)	Stálá přenosová rychlost
ODF (Optical Distributor Fiber)	Rozvaděč optických vláken
PDH	Plesyochronní Digitální Hierarchie
PMD (Polarization Mode Dispersion)	Disperze polarizací
PtP (Point to Point)	Z bodu do bodu
PVC (Permanent Virtual Circuits)	Permanentní virtuální okruh

QoS (Quality of Service)	Kvalita služeb
RRL (Radio Relay Links)	Radiové spoje
rt-VBR (real time Variable Bit Rate)	Proměnná přenosová rychlost
SDH	Synchronní Digitální Hierarchie
SFP (Small Form-Factor Pluggable)	Zásuvný přípojný modul
SM (Singlemode)	Jednovidové vlákno
SONET (Synchronous Optical NETWORK)	Synchronní optická síť
STM1	Synchronní Transportní modul
STP (Shielded Twisted Pair)	Stíněný kroucený pár
TDM (Time Division Multiplex)	Časový multiplex
TS (Timeslot)	Časový úsek
UBR (Unspecified Bit Rate)	Negarantovaná přenosová rychlost
UPS (Uninterruptible Power supply)	Zálohovaný zdroj napájení
UTP (Unshielded Twisted Pair)	Nestíněný kroucený pár
VC (Virtual Chanel)	Virtuální kanál
VoIP (Voice over Internet Protokol)	Přenos hlasu pomocí IP
VP (Virtual Path)	Virtuální cesta
WAN (Wide Area Network)	Rozsáhlá přenosová síť
WDM (Wavelength Division Multiplexing)	Vlnový multiplex
WiFi (Wireless Fidelity)	Bezdrátový přenos
WWDM (Wide Wavelength Division Multiplexing)	Široký vlnový multiplex

**Příloha č. 1 Fyzické propojení technologií v rámci jednoho uzlu**



## Příloha č. 2 Konfigurace karty muxponder v lokalitě Praha směr Plzeň

### Klientské porty:

ONS122#

```
interface Multirate1/0/0
description Data DPRA1
no ip address
encapsulation gigabitethernet optical
topology neighbor name DPLZ1
!
interface Multirate1/0/1
description Hlasy HPRA1
no ip address
encapsulation fastethernet copper
topology neighbor name HPLZ1
!
interface Multirate1/0/2
description Data DPRA1 posileni
no ip address
encapsulation gigabitethernet optical
topology neighbor name DPLZ1
!
interface Multirate1/0/7
description Dohled MPRA1
no ip address
encapsulation fastethernet copper
topology neighbor name MPLZ1
```

- označení 1. karty, 0. portu  
- popis zakončení lokálního dat. routeru  
- název vzdáleného datového routeru  
- popis zakončení lokálního hlas. routeru  
- název vzdáleného hlasového routeru  
- popis zakončení dohledového routeru  
- název vzdáleného dohledového routeru

### Trunk portu:

```
interface SDCC1/0/0
ip address 19.100.120.226 255.255.255.252
!
interface Wavepatch1/0/0
no ip address
topology neighbor name ONS166_Plzen
topology neighbor agent ip-address 19.100.120.225
!
interface waveSonetPhy1/0
description Trunk_to_ONS166_Plzen
no ip address
threshold-group muxponder
```

- IP adresa trunk portu v Praze  
- název DWDM switche v Plzni  
- adresa trunk portu v Plzni  
- popis cílového switche

**Konfigurace všech karet v síti je stejná, liší se pouze v adresaci a popiskách.**

**Příloha č 3 Soupis a cena potřebného hardwaru**

kód:	popis:	uzel:													ks	cena:												
		Brno	ONS131	České Buděj.	ONS141	Hradec Králové	ONS151	Jihlava	ONS161	Karlovy Vary	ONS171	Liberec	ONS181	Olomouc			ONS191	Ostrava	ONS201	Pardubice	ONS211	Píseň	ONS221	Praha	ONS121	Ústí nad Labem	ONS231	Zlín
15530-CHAS-E	Chassis, 11 Slots	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	409 500 Kč
15530-CPU	CPU Module	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	26	4 092 270 Kč
15530-PWR-DC	Power Supply -48 V	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	26	346 710 Kč
15530-MSMP-0122	MUXPONDER	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	32	15 452 640 Kč
15454-SFP-GEFC-SX	SFP - GE/1G	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	58	609 000 Kč
15500-XVRA-10A2	VAR Rate SFP	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	64	6 040 800 Kč
15216-EDFA3=	Metro EDFA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1 638 000 Kč
15216-FLB-2-60.6=	ITU-100 GHz 2-Ch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 Kč
15216-FL-SA=	FlexLayer 4 Slot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 Kč
15216-FLA-8-60.6=	ITU-100 GHz 8-Ch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 Kč
15530-TSP1-0122	Transponder	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 Kč

**Cena za přenosovou technologii: 28 588 920 Kč**



## Příloha č. 4 Ceník karet a příslušenství

### Cena karet a komponentů DWDM switche ONS15530 ke dni 9.3.2011:

kód	Název dílu	cena/ks (bez DPH)
15530-CHAS-E	ONS 15530 Chassis, ETSI Version, 19 inch RM, 9U, 11 Slots	31 500,00
15530-CPU	ONS 15530 CPU/Switch Module	157 395,00
15530-PWR-DC	ONS 15530 -48 VDC Power Supply	13 335,00
15530-MSMP-0122	MULTI SERVICE MUXPONDER NSPLITTER CH 1/2	482 895,00
15454-SFP-GEFC-SX	SFP - GE/1G-FC/2G-FC - 850nm - MM - LC	10 500,00
15500-XVRA-10A2	Hi Temp LB MM VAR Rate SFP	9 450,00
15216-EDFA3=	Metro EDFA, Mid Stage Access, Variable Gain 17 dBm	819 000,00
15216-FLB-2-60.6=	ITU-100 GHz 2-Ch, FlexMod-1560.61, 1559.79	53 907,00
15216-FL-SA=	FlexLayer 4 Slot Shelf Assembly	30 807,00
15216-FLA-8-60.6=	ITU-100 GHz 8-Ch, FlexMod-1560.61 to 1554.13	198 324,00
15530-TSP1-0122	ONS 15530 Transponder Ch 1/2 - 1310nm SM SC w/o splitter	272 895,00