

**ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE**

**Elektrotechnická fakulta**

**Katedra telekomunikací**

# **DIPLOMOVÁ PRÁCA**

**2002**

**Miroslav BAHLEDA**

Žilinská univerzita v Žiline, Elektrotechnická fakulta,  
Katedra telekomunikácií

## A n o t a č n ý z á z n a m

**Priezvisko a meno :** Miroslav BAHLEDA                      **rok :** 2002  
**Názov práce:** Riešenie prístupovej siete Priechod- Baláže v primárnej oblasti  
Banská Bystrica

**Elektrotechnická fakulta**    **Katedra Telekomunikácií**

**Počet strán:** 43                      **Počet obrázkov :** 28                      **Počet tabuliek:** 14  
**Počet grafov:** 0                      **Počet príloh:** 5                      **Počet použ.lit.:** 10

**Anotácia v slovenskom (českom) jazyku :** Diplomová práca rieši problematiku prístupových sietí, zaoberá sa ich základnými vlastnosťami, perspektívnymi technológiami, rozdelením a prenosovými prostriedkami.

Jadrom práce je návrh optickej prístupovej siete systémom HYTAS 1575 v oblasti Priechod- Baláže, analýza existujúcej rádiovkej prístupovej siete IRT 2000 a miestnej metalickej siete v obci Baláže. Prináša technickú a ekonomickú analýzu budovania siete pre obec s malým počtom obyvateľov.

**Anotácia v cudzom jazyku ( angl. resp. nemecký):** The diploma work solve question about access networks, describes their main attribute, perspective technologies, type of access networks and transmission medium.

Mainly part of this work is projection optical access networks realized by system HYTAS 1575 in locality Priechod- Balaze, analyze exist radio access networks realized by IRT 2000 and local metallic networks in village Balaze. .It describes technical and economic analyses building access network for village with few villager.

**Kľúčové slová:** prístupová sieť, xDSL, FITL, RLL, HYTAS 1575, IRT 2000

**Vedúci práce:** Ing. J. Hrončiak, Sekcia výstavby RTSS, B. Bystrica

**Recenzent:** Ing. I. Zliechovec, Odd. prípravy investícií RTSS, B. Bystrica

**Dátum:** 29.5.2000

-----  
Pri vyplňovaní nepoužívajte skratky! Formulár vypisujte strojom alebo paličkovým písmom!

## Zoznam použitých skratiek

| <b>Skratky</b> | <b>Anglický význam</b>              | <b>Slovenský význam</b>                            |
|----------------|-------------------------------------|--|
| ADSL           | Asymmetrical DSL                    | Asymetrická účastnícka prípojka                    |
| AM             | Amplitude Modulation                | Amplitúdová modulácia                              |
| AN             | Access Network                      | Prístupová sieť                                    |
| AON            | Active Optical Network              | Aktívna optická sieť                               |
| APON           | ATM PON                             | ATM sieť budovaná pomocou PON                      |
| ATM            | Asynchronous Transfer Mode          | Asynchrónny prenosový mód                          |
| AU             | Auxiliary unit                      | Pomocná jednotka rozširujúca funkcie               |
| BC             | Basic Container                     | Základný kontajner                                 |
| BCP            | Basic Container Packet              | Blok základných kontajnerov                        |
| BDSL           | Broadcast DSL                       | Distribučná účastnícka prípojka                    |
| BRA            | Basic Rate Access                   | Základný prístup ISDN                              |
| BS             | Base Station                        | Základňová rádiová stanica                         |
| BSC            | Base Station Controller             | Riadiaca jednotka základňových staníc              |
| CAP            | Carrierless AM/PM                   | Modulačná metóda, obdoba QAM bez použitia nosnej   |
| CBS            | Central BS                          | Centrálne základňová stanica                       |
| CDMA           | Code Division Multiple Access       | Kódovo delený viacnásobný prístup                  |
| CLR            | Circuit Loudness Rating             | Obvodová miera hlasitosti vedenia                  |
| CS             | Central Station                     | Centrálne stanica                                  |
| CT             | Cordless Terminal                   | Bezdrôtový telefón                                 |
| DECT           | Digital Enhanced Cordless Telephony | Digitálny systém bezdrôtových telefónov            |
| DMT            | Discrete Multi Tone                 | Diskrétna multitónová modulácia                    |
| DP             | Distribution Point                  | Distribučný bod prístupovej siete                  |
| DS             | Distant Station                     | Vzdialená rádiová stanica                          |
| DSL            | Digital Subscriber Loop             | Digitálna účastnícka prípojka po metalickom vedení |

|        |  |   |
|--------|--|---|
| ENT    | Electrical Network Termination         | Elektrické sieťové zakončenie                                 |
| FDD    | Frequency Division Duplexing           | Frekvenčne delený duplex                                      |
| FDMA   | Frequency Division Multiple Access     | Frekvenčne delený viacnásobný prístup                         |
| FITL   | Fibre in the Loop                      | Optické vlákno v slučke                                       |
| FTTB   | Fibre to the Building                  | Optické vlákno po dom   |
| FTTC   | Fibre to the Curb                      | Optické vlákno po chodník                                     |
| FTTCab | Fibre to the Cabinet                   | Optické vlákno po rozvádzač                                   |
| FTTH   | Fibre to the Home                      | Optické vlákno po dom   |
| FWA    | Fixed Wireless Access                  | Pevný bezdrôtový prístup                                      |
| GSM    | Group Switched Mobile System           | Digitálna mobilná rádiotelefónna sieť                         |
| GSM    | Global System for Mobile Communication | Globálny systém pre mobilnú rádiovú komunikáciu               |
| HDB3   | High Density Bipolar                   | Trojstavový linkový kód                                       |
| HDSL   | High-bitrate DSL                       | Vysokorýchlostná účastnícka prípojka                          |
| HFC    | Hybrid Fibre-Coax                      | Opticko-metalický hybridný systém                             |
| HR     |  | Hlavný rozvádzač  |
| HÚ     |  | Hlavná ústredňa   |
| HYTAS  | Hybrid Access Telecommunication System | Hybridný prístupový systém firmy Alcatel                      |
| CHB    | Channel Bank                           | Banka kanálov   |
| IDSL   | ISDN DSL                               | Digitálna prípojka ISDN                                       |
| IRT    | Integrated Rural Telephony             | Integrovaný vidiecky telefónny systém                         |
| ISDN   | Integrated Services Digital Network    | Digitálna sieť integrovaných služieb                          |
| KBSP   |  | Koncový bod prístupovej siete                                 |
| KU     |  | Komutačný uzol  |
| KZ     |  | Koncové zariadenie  |
| LPS    | Local Power Supply                     | Miestny napájací zdroj  |
| LT     | Line Termination                       | Linkové zakončenie na strane ústredne                         |
| MPEG   | Motion Pictures Expert Group           | Expertná skupina zaoberajúca sa digitalizáciou obrazu a zvuku |

|      |   |   |
|------|---|---|
| NMA  | Network Management Agent                  | Agent sieťového manažmentu                        |
| NT   | Network Termination                       | Sieťové zakončenie                                |
| OAM  | Operation, Administration and Maintenance | Prevádzkové, administratívne a údržbové funkcie   |
| ODN  | Optical Distribution Network              | Optická distribučná sieť                          |
| OLD  | Optical Line Distributor                  | Aktívny optický distribučný bod                   |
| OLT  | Optical Line Termination                  | Optické linkové zakončenie                        |
| ONU  | Optical Network Unit                      | Optické sieťové zakončenie                        |
| PCM  | Pulse Code Modulation                     | Pulzne kódová modulácia                           |
| PM   | Phase Modulation                          | Fázová modulácia                                  |
| PM   |   | Prenosové médium                                  |
| PON  | Passive Optical Network                   | Pasívna optická sieť                              |
| PÚ   |   | Podústredňa                                       |
| PV   |   | Prípojné vedenie                                  |
| QAM  | Quadrature Amplitude Modulation           | Kvadrátúrna amplitúdová modulácia                 |
| RFS  | Remote Power Supply                       | Vzdialený napájací zdroj                          |
| RITL | Radio in the Loop                         | Rádio v slučke                                    |
| RLL  | Radio Local Loop                          | Rádiová lokálna slučka                            |
| RRS  | Remoted Radio Station                     | Diaľková rádiová stanica                          |
| RSU  | Remote Subscriber Unit                    | Vzdialená účastnícka jednotka                     |
| RT   | Radio Termination                         | Zakončenie rádiovkej siete                        |
| SCMA | SubCarrier Multiple Access                | Viacnásobný prístup cez pomocné nosné vlny        |
| SDH  | Synchronous Digital Hierarchy             | Synchrónna digitálna hierarchia                   |
| SDSL | Single (line) DSL                         | Digitálna účastnícka prípojka ISDN po jednom páre |
| SMU  | System Management Unit                    | Systémová riadiaca jednotka                       |
| SNI  | Service-Network Interface                 | Rozhranie medzi prístupovou a spojovacou sieťou   |
| SR   |   | Sieťový rozvádzač                                 |
| STM  | Synchronous Transport Module              | Synchrónny prenosový mód                          |

|      |                                      |  |
|------|--------------------------------------|--|
| SU   | Service Unit                         | Jednotka zabezpečujúca prístup k službe    |
| TDD  | Time Division Duplexing              | Časovo delený duplex                       |
| TDM  | Time Division Multiplex              | Časovo delený multiplex                    |
| TDMA | Time Division Multiple Access        | Časovo delený viacnásobný prístup          |
| TE   | Terminal Equipment                   | Koncové zariadenie                         |
| TMN  | Telecommunication Management Network | Telekomunikačná riadiaca sieť (manažment)  |
| TR   |                                      | Trat'ový rozvádzač                         |
| TS   | Terminal Station                     | Rádiová koncová stanica                    |
| TÚ   |                                      | Tranzitná ústredňa                         |
| TV   | Television                           | Televízia                                  |
| TVP  |                                      | Televízny prevádzač                        |
| UMTS | Universal Mobile Telecom System      | Univerzálny mobilný telekomunikačný systém |
| UNI  | User Network Unit                    | Účastnícke rozhranie                       |
| UR   |                                      | Účastnícky rozvádzač                       |
| UÚ   |                                      | Uzlová ústredňa                            |
| VDSL | Very high-bitrate DSL                | Veľmi vysokorýchlostná prípojka            |
| VRN  |                                      | Vedľajšie rozpočtové náklady               |
| VTS  |                                      | Verejná telekomunikačná sieť               |
| VÚ   |                                      | Vedľajšia ústredňa                         |
| WDM  | Wavelength Division Multiplex        | Vlnovo delený multiplex                    |
| WDMA | Wavelength Division Multiple Access  | Vlnovo delený viacnásobný prístup          |
| WLL  | Wireless Local Loop                  | Bezdrôtová lokálna slučka                  |
| 2B1Q | 2 Binary, 1 Quaternary               | Štvorstavový linkový kód                   |
| 4B3T | 4 Binary, 3 Ternary                  | Trojstavový linkový kód                    |

**ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE**

**Elektrotechnická fakulta**

**Katedra telekomunikací**

**DIPLOMOVÁ PRÁCA**

**(Textová část)**

**2002**

**Miroslav BAHLEDA**

## Obsah

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Úvod.....   | 1  |
| 2     | Prístupová sieť.....  | 3  |
| 2.1   | Štruktúra telekomunikačnej siete.....   | 3  |
| 2.2   | Definícia prístupovej siete.....  | 4  |
| 2.2.1 | Funkčná architektúra prístupovej siete.....                                     | 5  |
| 2.2.2 | Fyzická architektúra prístupovej siete.....                                     | 6  |
| 2.3   | Viacnásobné prístupové metódy.....  | 7  |
| 2.3.1 | Prístupová metóda TDMA.....   | 7  |
| 2.3.2 | Prístupová metóda FDMA.....   | 8  |
| 2.3.3 | Prístupová metóda WDMA.....   | 8  |
| 2.3.4 | Prístupová metóda SCMA.....   | 9  |
| 2.3.5 | Prístupová metóda CDMA.....   | 10 |
| 3     | Prístupové technológie.....   | 12 |
| 3.1   | Metalické prístupové siete.....   | 12 |
| 3.1.1 | Digitálna účastnícka prípojka IDSL.....   | 13 |
| 3.1.2 | Digitálna účastnícka prípojka HDSL.....   | 13 |
| 3.1.3 | Digitálna účastnícka prípojka SDSL.....   | 14 |
| 3.1.4 | Digitálna účastnícka prípojka ADSL.....   | 14 |
| 3.1.5 | Digitálna účastnícka prípojka VDSL.....   | 15 |
| 3.1.6 | Digitálna účastnícka prípojka BDSL.....   | 16 |
| 3.2   | Optické prístupové siete.....   | 16 |
| 3.2.1 | Pasívna optická prístupová sieť.....  | 18 |
| 3.2.2 | Aktívna optická prístupová sieť.....  | 19 |
| 3.3   | Bezdrôtové prístupové siete.....  | 20 |
| 3.3.1 | Využitie rádiového prístupu RLL v transportnej časti prístupovej siete.....     | 21 |
| 3.3.2 | Využitie rádiového prístupu RLL v sekundárnej časti prístupovej siete.....      | 22 |
| 4     | Riešenie prístupovej siete v oblasti Priechod- Baláže.....                      | 25 |
| 4.1   | Analýza účastníkov.....   | 25 |
| 4.2   | Analýza vybudovanej metalickej sekundárnej časti prístupovej siete (mts Baláže) |    |
|       | 25  |    |
| 4.2.1 | Technické riešenie.....   | 25 |
| 4.2.2 | Priebeh trasy.....  | 26 |
| 4.2.3 | Prenosové pomery.....   | 27 |



|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.2.4 | Ekonomické náklady .....  | 27 |
| 4.3   | Návrh optickej prístupovej siete v oblasti Priechod- Baláže .....   | 28 |
| 4.3.1 | Analýza stavu .....   | 28 |
| 4.3.2 | Popis systému HYTAS 1575 .....                                      | 29 |
| 4.3.3 | Technické riešenie .....  | 30 |
| 4.3.4 | Priebeh trasy .....   | 31 |
| 4.3.5 | Ekonomické náklady .....  | 32 |
| 4.4   | Návrh bezdrôtovej prístupovej siete v oblasti Priechod-Baláže ..... | 33 |
| 4.4.1 | Analýza stavu .....   | 33 |
| 4.4.2 | Popis systému IRT 2000 .....  | 34 |
| 4.4.3 | Technické riešenie .....  | 35 |
| 4.4.4 | Ekonomické náklady .....  | 36 |
| 5     | Porovnanie jednotlivých riešení .....                               | 37 |
| 5.1   | Porovnanie z hľadiska technickej realizácie .....                   | 37 |
| 5.1.1 | Primárna časť prístupovej siete .....                               | 37 |
| 5.1.2 | Sekundárna časť prístupovej siete .....                             | 38 |
| 5.2   | Porovnanie z hľadiska ekonomickej realizácie .....                  | 38 |
| 5.3   | Porovnanie z hľadiska možností poskytovaných služieb .....          | 39 |
| 5.4   | Legislatívna realizácia prístupovej siete .....                     | 39 |
| 6     | Záver .....   | 42 |
|       | POĎAKOVANIE .....   | 46 |

## 1 Úvod

Dynamický rozvoj vedy, a tým aj spoločnosti, majú za následok výrazné zvýšenie potreby prenosu informácií. Úlohou telekomunikácií je preto predovšetkým zvyšovanie prenosovej rýchlosti a poskytovanie služieb, o ktoré prejaví záujem zákazníkov.

Donedávna vývoj nových technológií v telekomunikáciách smeroval predovšetkým do oblasti spojovacej a transportnej siete. Nové technológie v oblasti prístupových sietí výrazne zaostávali. Avšak prudký rozvoj nových služieb, ktoré môže dnes operátor poskytnúť zákazníkovi, donútili operátorov k budovaniu nových prístupových sietí. Snaha operátorov o najlepšie využitie už vybudovaných, ale i nových prístupových sietí viedla k rozvoju výskumu i v tejto oblasti. Musíme si uvedomiť, že pokiaľ chceme zákazníkovi poskytnúť maximum z oblasti služieb, musí byť vybudovaná vhodná prístupová sieť, ktorá zabezpečuje prístup k službám.

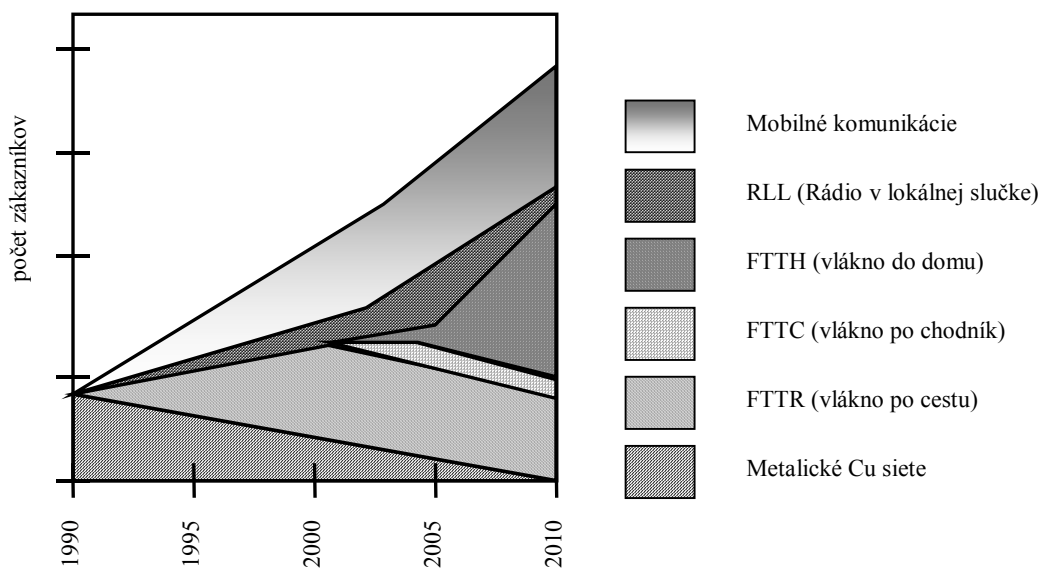
Budovanie moderných sietí s použitím nových technológií menia charakter telekomunikačných sietí. Telekomunikačné siete sú charakterizované rozsiahlou digitalizáciou. Práve tá umožňuje poskytovanie rôznych služieb (prenos dát, statického a dynamického obrazu a pod.), zvyšuje ekonomickejšie využitie prenosových a spojovacích prostriedkov. Digitalizácia umožňuje dosiahnuť lepšiu kvalitu služieb.

Prístupová sieť je z hľadiska budovania najnáročnejšia na investície zo strany operátora. Z ekonomického hľadiska preto nie je možné s prichádzajúcimi novými technológiami okamžite vybudovať novú prístupovú sieť.

Ako prenosové médium prístupovej siete sa používajú predovšetkým medené káble, optické káble a rádiové spoje. I keď je dnes snaha o budovanie optických prístupových sietí, len málo účastníkov má dnes samostatné optické vlákno vybudované až po dom. Dnes je ešte stále prístupová sieť realizovaná predovšetkým dvojdrôtovými medenými párami. Technológie xDSL však umožňujú po medenom páre zabezpečiť vysokorýchlostný prenos. Zvyčajným riešením je potom použitie optického vlákna po optické sieťové zakončenie (umiestnené napr. vo vzdialenej ústredni alebo v budove), od ktorého sú účastníci pripojení metalickými párami. V niektorých oblastiach vzhľadom na geografické pomery je však výhodnejšie použitie rádiových prístupových sietí. Ide najmä o oblasti s

veľkou plochou a malou prevádzkovou hustotou. Veľkou výhodou je hlavne časová náročnosť budovania takejto siete. Rádiová prístupová sieť však neumožňuje prenos širokopásmových služieb ako umožňuje pevná prístupová sieť. Predpokladaný vývoj prístupových sietí vo svete, s ktorým sa do istej miery môžeme stotožniť, zobrazuje nasledovný obrázok (obr. 1.1).

Obr. 1.1 Vývoj prístupových sietí



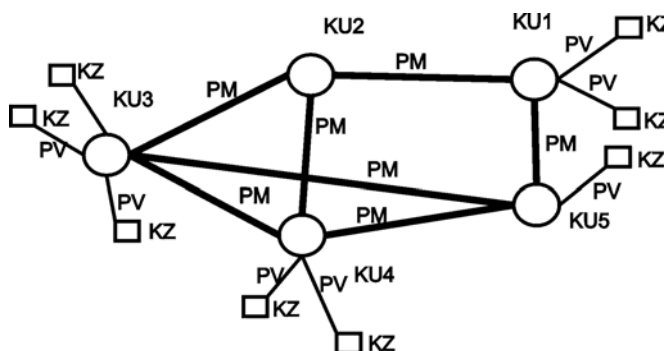
Cieľom operátorov je však zabezpečiť všetky dostupné služby pre zákazníka, úzkopásmové aj širokopásmové. Vývojovým trendom je integrovaný prístup s ohľadom na ekonomicky výhodnú prevádzku pre účastníka.

## 2 Prístupová sieť

### 2.1 Štruktúra telekomunikačnej siete

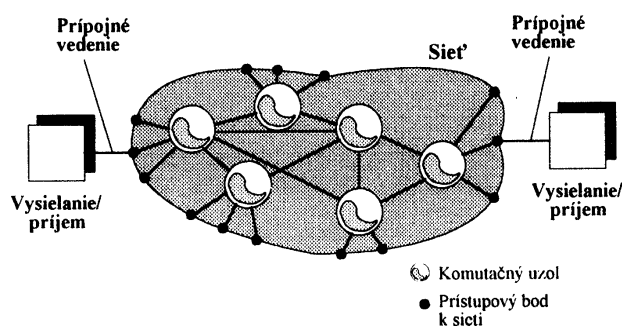
Telekomunikačná sieť je podsystem informáčného systému, ktorý slúži na prenos informácií z miesta vyslania (zdroja) do miesta príjmu (cieľa) [1]. Telekomunikačná sieť je realizovaná technickými a programovými prostriedkami. Technické prostriedky telekomunikačnej siete rozdeľujeme z funkčného hľadiska na (obr. 2.1):

- koncové zariadenia KZ
- prípojné vedenia PV
- komutačné uzly KU
- prenosové média PM



Obr. 2.1 Telekomunikačná sieť

Najdôležitejšou funkciou telekomunikačnej siete je umožniť výmenu správ medzi sieťovými prístupovými bodmi. Na prístupové body sú pripojené jednotlivé účastnícke koncové zariadenia (obr. 2.2).

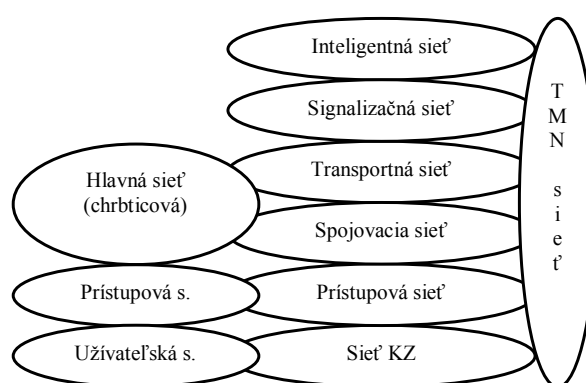


Obr. 2.2 Prístupové body k telekomunikačnej sieti

Telekomunikačné siete z technického hľadiska sú schopné prenášať elektrické, optické a rádiové signály, k čomu sa využívajú metalické, optické prenosové média a voľný priestor. V dnešnej dobe sa s prevahou využívajú digitálne prenosové systémy.

Telekomunikačnú sieť môžeme považovať za sieť, ktorá sa skladá z troch hlavných častí: hlavná (chrbticová) sieť, užívateľská sieť a prístupová sieť. Globálnu architektúru telekomunikačnej siete tvorí (obr. 2.3):

- Sieť koncových zariadení: je tvorená koncovými zariadeniami a prenosovou sieťou pripájajúcou terminály ku koncovému bodu prístupovej siete
- Prístupová sieť: zabezpečuje spojenie terminálov k spojovacej sieti. Dnes sa používajú všetky druhy prenosových médií (metalické, optické a rádiové).
- Spojovacia sieť: zabezpečuje prepojovacie funkcie. Je tvorená spojovacími uzlami, ktoré slúžia na smerovanie a prepojenie.



Obr. 2.3 Architektúra telekomunikačnej siete

- Transportná sieť: prepojuje navzájom všetky spojovacie uzly, ku ktorým je pripojená.
- Signalizačná sieť: slúži na výmenu riadiacich informácií. Fyzicky využíva prostredie transportnej siete, logicky však tvorí samostatnú sieť.
- Inteligentná sieť: je funkčné rozšírenie telekomunikačnej siete, ktorá dopĺňa existujúce technológie o nové užívateľsky orientované funkcie.
- Telekomunikačná riadiaca sieť: slúži na riadenie telekomunikačných sietí, predstavuje manažmentové funkcie sietí.

## 2.2 Definícia prístupovej siete

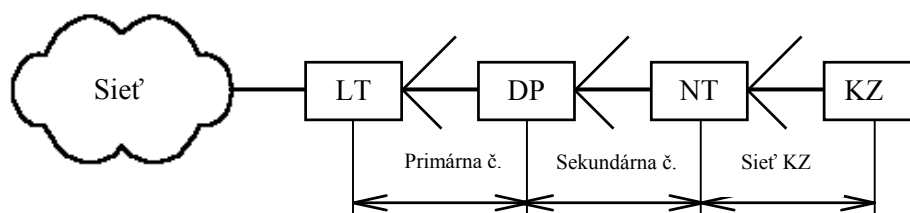
Prístupová sieť AN (*Access Network*) je časť telekomunikačnej siete, ktorá zabezpečuje prenos signálov medzi koncovými bodmi účastníckych vedení a spojovacou sieťou, resp. prepája základnú sieť s účastníckymi sieťami. Prístupová

sieť zabezpečuje užívateľom prístup k službám, ktoré sú poskytované vyššími sieťovými úrovňami [3].

Voľnejšia definícia prístupovej siete definuje prístupovú sieť ako časť telekomunikačnej siete, ktorá smeruje od účastníckej oblasti k prvej lokálnej ústredni.

Prístupová sieť z funkčného hľadiska je rozdelená distribučným bodom DP (*Distribution Point*) na primárnu a sekundárnu časť. Primárna časť zabezpečuje prenos informačných tokov spoločným prenosovým prostredím medzi jednotkou zakončenia LT (*Line Termination*) a distribučným bodom DP (vnútorné rozhranie prístupovej siete). Sekundárna časť siete zabezpečuje transport tokov k zakončeniam prístupovej siete NT (*Network Termination*), ku ktorým sú cez účastnícke rozhranie pripojené koncové zariadenia (obr. 2.4).

Obr. 2.4 Všeobecná architektúra prístupovej siete



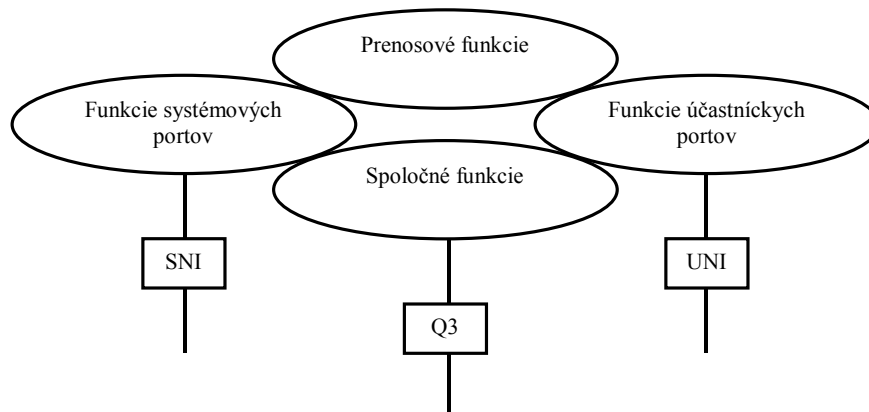
### 2.2.1 Funkčná architektúra prístupovej siete

Funkcie vykonávané v prístupovej sieti je možné rozdeliť na tieto (obr. 2.5):

- prenosové funkcie: prenos informačných tokov medzi spojovacou sieťou a sieťou koncových účastníckych zariadení, multiplexovanie a demultiplexovanie
- funkcie systémových portov (adaptácia sieťového rozhrania) vytvárajúcich štandardizované rozhranie medzi prístupovou sieťou a spojovacou sieťou, ktoré sa označuje SNI (*Service Network Interface*)
- funkcie účastníckych portov (adaptácia účastníckeho rozhrania) zabezpečujú prispôsobenie signálov na rozhraní účastník - prístupová sieť, ktoré sa označuje UNI (*User Network Interface*)
- spoločné funkcie zabezpečujú vykonávanie riadiacich, dohľadových a konfiguračných funkcií všetkých častí prístupovej siete s prechodom ku

riadiacej telekomunikačnej siete TMN (*Telecommunication Management Network*) s rozhraním Q3.

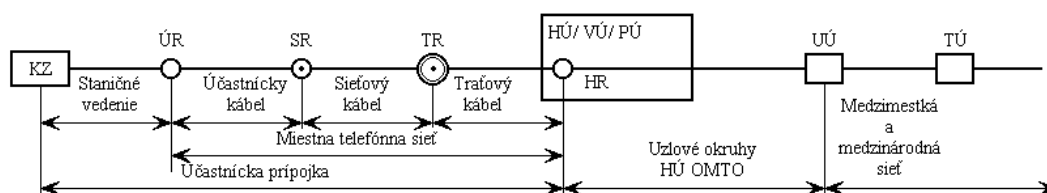
Obr. 2.5 Funkčná architektúra prístupovej siete



## 2.2.2 Fyzická architektúra prístupovej siete

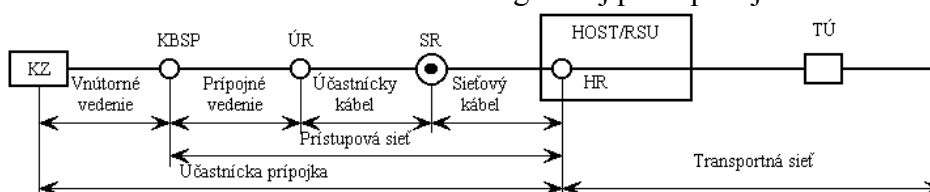
Analogová prístupová sieť je tvorená metalickými prenosovými médiami prevažne symetrickými medenými párami, ktoré sa prepojujú v traťovom TR, sieťovom SR a účastníckom rozvádzači UR (obr. 2.6).

Obr. 2.6 Architektúra analogovej prístupovej siete



Digitálne prístupové siete majú analogickú architektúru. Definuje sa však koncový bod prístupovej siete KBSP ako fyzicky prepojovací bod so štandardným rozhraním medzi VTS a účastníckym koncovým zariadením. Dnes je obvyčajne koncový bod prístupovej siete realizovaný účastníckou zásuvkou. (obr. 2.7)

Obr. 2.7 Architektúra digitálnej prístupovej siete



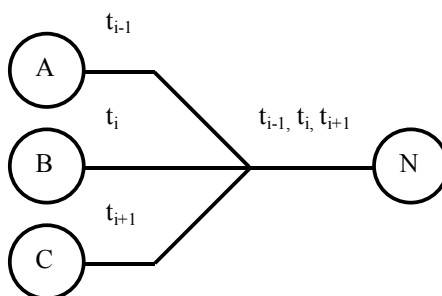
## 2.3 Viacnásobné prístupové metódy

Prenosová kapacita používaných médií je veľká a je snaha využiť efektívne túto prenosovú kapacitu. Viacnásobné prístupové metódy sa používajú na rozdelenie prenosovej kapacity média medzi viac užívateľov.

### 2.3.1 Prístupová metóda TDMA

Časovo delený viacnásobný prístup TDMA (*Time Division Multiple Access*) prideluje prenosovú kapacitu média v presných časových okamžikoch na určitú dobu (obr. 2.8). Každý účastník má pre seba vyhradený časový interval, počas ktorého môže vysielat' informácie, pričom môže využiť celé frekvenčné pásmo prenosového média.

Obr. 2.8 Princíp TDMA



Multiplexovanie údajov od zdrojov môže byť bitovo alebo blokovo orientované:

- Bitovo orientované multiplexovanie vytvára súvislý dátový tok od terminálov, ktoré musia byť vzájomne synchronizované- synchronný prenosový mód STM (*Synchronous Transfer Mode*). Oneskorenie prenosového média musí byť malé, preto tento spôsob sa dá použiť len pre malé prenosové rýchlosti.
- Pri blokovo orientovanom multiplexovaní sa dáta zoskupujú do blokov, medzi ktorými je časová medzera. V tomto prípade rozlišujeme spôsob multiplexovania s pevným pridelovaním kapacity STM alebo s dynamickým pridelovaním kapacity- asynchronný prenosový mód ATM (*Asynchronous Transfer Mode*).



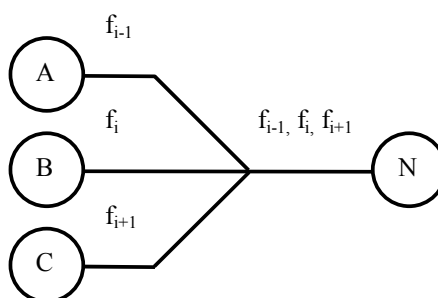
Prístupová metóda TDMA je najrozšírenejšia z prístupových metód. Používa sa pre rozdelenie šírky pásma a je použiteľná takmer vo všetkých prenosových sieťach.

### 2.3.2 Prístupová metóda FDMA

Frekvenčne delený viacnásobný prístup FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) prideluje frekvenčnú šírku prenosového média počas celej doby prenosu. Frekvenčné pásmo média je rozdelené na niekoľko frekvenčných kanálov oddelených medzerou, ktoré sú pridelované jednotlivým koncovým zariadeniam (obr. 2.9).

Táto metóda sa dnes prevažne využíva v rádiových prístupových sieťach. Používa sa často aj v kombinácii s niektorou z iných prístupových metód.

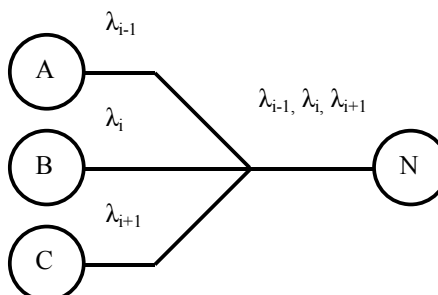
Obr. 2.9 Princíp FDMA



### 2.3.3 Prístupová metóda WDMA

Vlnovo delený viacnásobný prístup WDMA (*Wavelength Division Multiple Access*) využíva na prenos jednotlivých kanálov rôzne optické vlnové dĺžky (obr. 2.10). Dnes je snaha využívať optické okná v okolí vlnovej dĺžky 1550 nm, kde je teoreticky možné umiestniť až 100 optických nosných, čo znamená 100 kanálov.

Obr. 2.10 Princíp WDMA



Pri WDMA sa jednotlivým kanálom pridelujú optické vlnové frekvencie multiplexne, pričom sa využíva jedna z troch koncepcií:

- preladiteľný vysielač a pevne naladené prijímače (pre smer sieť- terminál)
- preladiteľný prijímač a pevne nastavené vysielače (pre smer terminál- sieť)
- laditeľné prijímače a vysielače

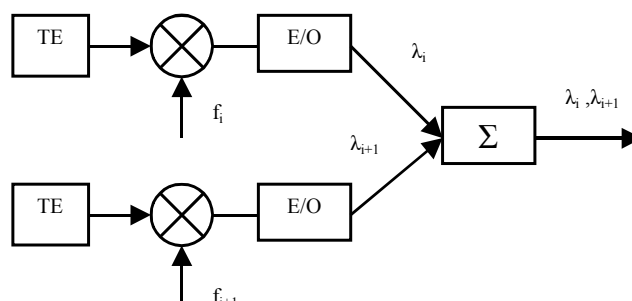
Využitie optického vlnového multiplexu sa javí byť veľmi perspektívne. Jeho využitie závisí od dosiahnuteľného odstupe signálu od šumu, pričom hlavné zložky rušenia sú šumy komponentov a ich tmenie a presluchy susedných kanálov.

### 2.3.4 Prístupová metóda SCMA

Viacnásobný prístup cez pomocné nosné vlny SCMA (*SubCarrier Multiple Access*), označovaný aj ako frekvenčný viacnásobný prístup, využíva princíp frekvenčne deleného viacnásobného prístupu v elektrickej aj optickej oblasti signálu (obr. 2.11). Využíva sa elektrické multiplexovanie a demultiplexovanie dátových tokov na jednotlivé nosné frekvencie. Tie sú potom modulované na nosné frekvencie optických vln.

Výhoda tejto metódy oproti WDMA je v tom, že rozdelenie kanálov prebieha v elektrickej oblasti, čo umožňuje použitie jednoduchších a lacnejších preladiteľných optických prijímačov a vysielačov. Zároveň táto metóda poskytuje efektívnejšie využitie prenosových kapacít médií, využitím viacstavových modulácií. Nevýhodou je zvýšená citlivosť na nelinearity prenosového traktu a odstup signál šum.

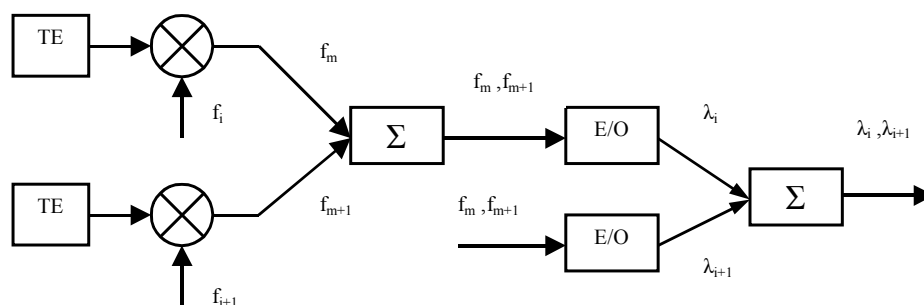
Obr. 2.11 Princíp SCMA



Túto metódu delíme na:

- jednokanálový SCMA, kde každý kanálový tok dát oddelene moduluje frekvenciu elektrickej nosnej vlny (obr. 2.11). Každá frekvencia nosnej vlny sa potom namoduluje na jednotlivé optické nosné. Optické nosné môžu byť väzobnými členmi vzájomne zlúčené.
- viackanálový SCMA, kde každý dátový tok sa moduluje osobitnou pomocnou nosnou. Pomocné nosné vlny sú potom zlučované v elektrickej oblasti a až potom nasleduje modulácia samotnej optickej nosnej vlny (obr. 2.12).

Obr. 2.12 Princíp viackanálového SCMA



### 2.3.5 Prístupová metóda CDMA

Kódovo delený viacnásobný prístup CDMA (*Code Division Multiple Access*) je metóda využívajúca rozprestretie spektra signálu. Pri tejto metóde všetky terminály využívajú rovnakú frekvenčnú a časovú oblasť. CDMA je metóda s rozšíreným frekvenčným spektrom, ktorá umožňuje súčasný prenos informácií (ako pri FDMA) na tej istej frekvencii nosnej (ako pri TDMA) s použitím toho istého média. Rozdelenie jednotlivých kanálov sa dosiahne priradením rôznych kódových slov.

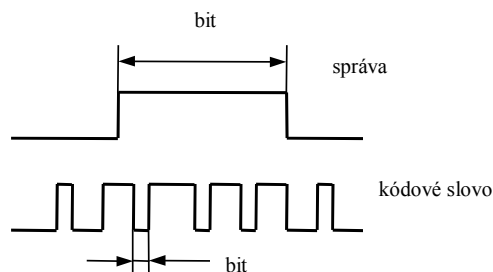
Dáta od terminálu sú kódované dáta, čo si vyžaduje podstatne širšiu šírku pásma. Kódovanie umožňuje ochranu pred neoprávneným príjmom, čo predurčuje použitie tejto metódy na rádiový prenos. Na kódovaný signál pôsobí prídavný šum.

Existuje množstvo metód s rozprestretým spektrom, ktoré môžeme podľa použitej modulačnej metódy rozdeliť do dvoch skupín:

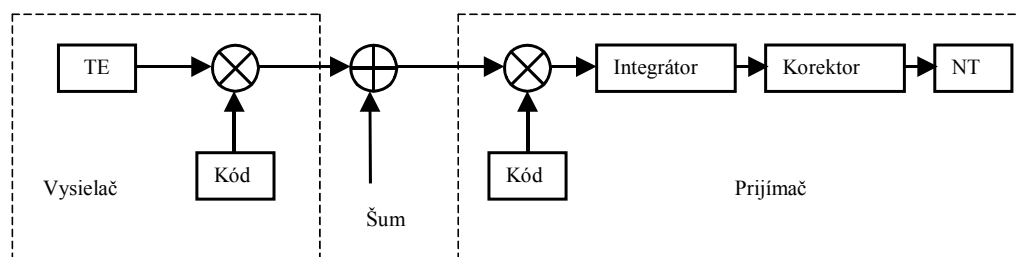
- systémy s priamym vytváraním pseudonáhodnej postupnosti, kde výstupný signál sa tvorí tak, že každý bit prenášanej správy sa vynásobí kódovacou

sekvenciou s dĺžkou  $n$  bitov (obr. 2.13 a 2.14). Tým však prenosová rýchlosť výstupného toku dát je  $n$  násobne vyššia ako rýchlosť vstupného toku.

Obr. 2.13 Princíp CDMA s priamym vytváraním postupnosti



Obr. 2.14 Princíp činnosti



- systémy pracujúce so zmenou spektra:
  - vo frekvenčnej oblasti, kde prebieha zmena nosnej frekvencie kanálu podľa postupnosti vyjadrenej kódovacou sekvenciou. Podľa rýchlosti frekvenčných zmien rozlišujeme systémy s pomalými zmenami, kedy rýchlosť frekvenčných zmien je nižšia ako bitová rýchlosť. U systémov s rýchlym skákaním počas jedného bitu sa vykoná viac frekvenčných skokov.
  - v časovej oblasti, kde je prenos organizovaný v rámcoch delených na kanálové intervaly. Priradenie kanálového intervalu k určitému terminálu sa mení od jedného rámca k druhému podľa kódovacej sekvencie.

CDMA metóda je vhodná pre relatívne vysoký počet spojení s malou prenosovou rýchlosťou oproti TDMA, ktorá je vhodná pre relatívne málo spojení s vysokou prenosovou rýchlosťou. CDMA má nižšiu chybovosť oproti TDMA.

### 3 Prístupové technológie

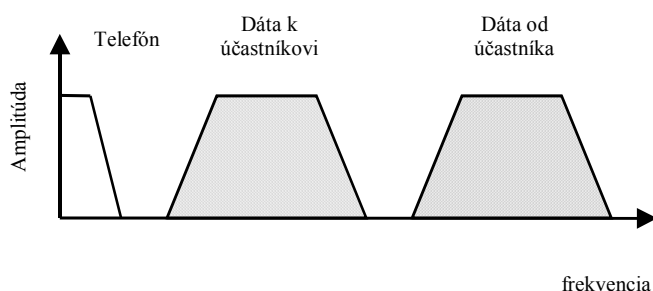
#### 3.1 Metalické prístupové siete

Metalické vedenie je stále najrozšírenejším prístupovým médiom napriek tomu, že dnes sa do popredia dostávajú optické prenosové média. Použitie metalického vedenia v prístupovej sieti je stále ekonomickejšie oproti optickým médiám. Najväčšou výhodou medených vedení je v tom, že sú už vybudované. Nové digitálne technológie umožňujú už po vybudovaných telefónnych linkách prenášať rýchlosťou rádovo Mbit/s.

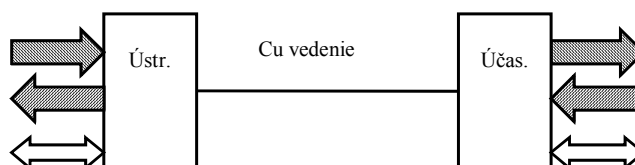
Digitálny účastnícky linkový systém DSL (*Digital Subscriber Line Systems*) je technológia prístupu umožňujúca prenos po krátkych metalických vedeniach (telefónnych linkách) s vysokou prenosovou rýchlosťou [2]. Existuje viacero štandardov, ktoré pracujú na princípoch technológie DSL, ktoré sa spoločne označujú ako xDSL. Technológie xDSL používajú širšie frekvenčné spektrum ako ostatné technológie.

Spoločnou charakteristikou xDSL systémov je ich koexistencia s telefónnou prevádzkou na existujúcom telefónnom prístupe. Je to realizované oddelením frekvenčných pásiem (obr. 3.1 a obr. 3.2).

Obr. 3.1 Rozdelenie frekvenčných pásiem pri xDSL



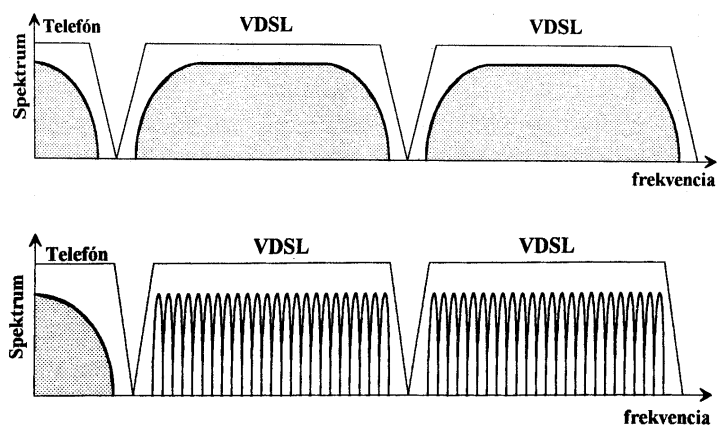
Obr. 3.2 Princíp činnosti technológií xDSL



Tieto technológie využívajú dva prenosové postupy (obr. 3.3):

- jednonosičové postupy: CAP (*Carrierless Amplitude and Phase Modulation*) alebo QAM (*Quadratur Amplituden Modulation*)
- viacnosičové postupy: DMT (*Discrete Multitone*)

Obr. 3.3 Frekvenčné spektrum CAP (QAM) a DMT



### 3.1.1 Digitálna účastnícka prípojka IDSL

Základným typom DSL prípojky je prípojka základného prístupu ISDN BRA (*Basic Rate Access*), ktorá sa označuje IDSL (*ISDN DSL*). Umožňuje prístup po dvoch informačných kanáloch B s prenosovou rýchlosťou 2x64 kbit/s a jednom signalizačnom kanále s rýchlosťou 16 kbit/s. Vlastnosti IDSL technológie sú:

- typicky sa využíva modulácia 2B1Q (*2 Binary, 1 Quaternary*), čo si vyžaduje 80 kHz šírku pásma, poprípade 4B3T (*4 Binary, 3 Ternary*) so šírkou 120 kHz
- používa sa dvojdrôtové Cu prípojné vedenie s digitálnou kompenzáciou ozveny
- prenosová rýchlosť 160 kbit/s v plnom duplexe
- maximálna vzdialenosť 10 až 12 km po bežnom účastníckom vedení

### 3.1.2 Digitálna účastnícka prípojka HDSL

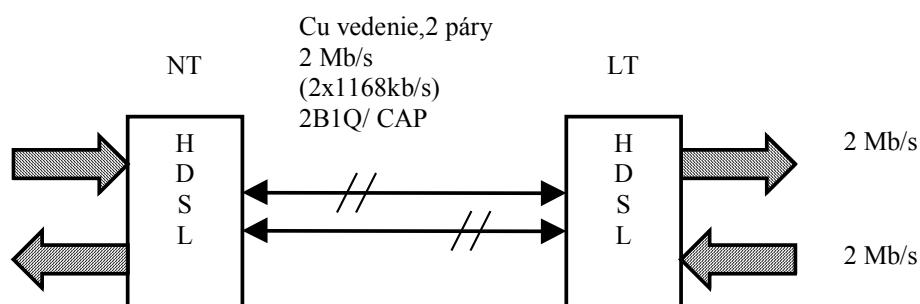
Digitálny účastnícky linkový systém s vysokou bitovou rýchlosťou HDSL (*High bitrate DSL*) slúži k symetrickému prenosu s rýchlosťou až do 2 Mbit/s po každom metalickom páre (obr. 3.4). Umožňuje vytvorenie plne duplexného prenosu po dvojdrôtovom okruhu s použitím vidlice, digitálnej kompenzácie ozveny a vyrovnaním prenosových vlastností vedenia adaptívnym kompenzátorom. Modem HDSL rozdeľuje dva jednosmerné dátové toky 2 Mbit/s do dvoch (troch)

obojsmerných tokov s polovičnou  $2 \times 1,1168$  Mbit/s (tretinovou) rýchlosťou.

Základné vlastnosti HDSL technológie sú:

- využíva sa štvorstavová modulácia 2B1Q so šírkou prenášaného pásma 250 kHz pre prenosovú rýchlosť 2 Mbit/s, poprípade CAP
- prenos po 2 alebo 3 metalických pároch účastníckeho vedenia
- dosah do 2,5 až 4 km
- dnes existujú verzie HDSL technológie s vyššou prenosovou rýchlosťou

Obr. 3.4 Princíp systému HDSL



### 3.1.3 Digitálna účastnícka prípojka SDSL

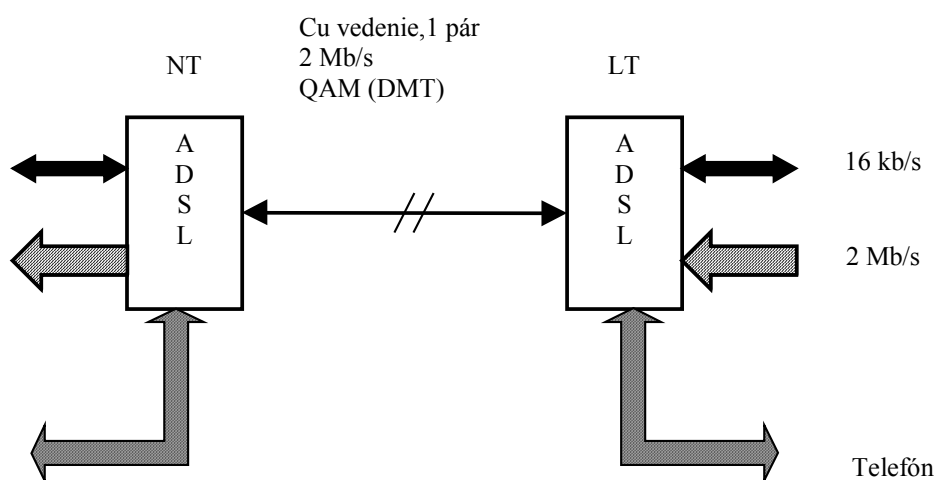
SDSL (*Single line DSL*) je v podstate systém HDSL pri použití len jedného metalického páru. Po jednom medenom páre sa prenáša plne symetrický tok 2 Mbit/s. Dosah prípojky zvyčajne býva do 3 km. Výhodou tohto prístupu je použitie len jedného účastníckeho páru.

### 3.1.4 Digitálna účastnícka prípojka ADSL

Asymetrická prípojka ADSL (*Asymetrical DSL*) umožňuje prístup k službám s výrazne nerovnomernou prenosovou kapacitou smerom k účastníkovi alebo od neho s prenosovou rýchlosťou až 2 Mbit/s (obr. 3.5). Využitie tohto systému je hlavne pre multimedialne aplikácie, ktoré si vyžadujú veľkú prenosovú kapacitu smerom k účastníkovi a malú od účastníka (video na požiadanie, sťahovanie súborov).

Prípojka ADSL je však transparentná, čo znamená že podporuje synchronný STM aj asynchronný prenosový mód ATM. Táto technológia využíva mnohoúrovňové modulácie. Typické vlastnosti ADSL sú:

- modulácia s použitím jednej nosnej (QAM 256 až QAM 1024) alebo multitónové modulácie (DMT)
- prenosová rýchlosť k účastníkovi 2 až 8 Mbit/s, od účastníka 16 až 640 kbit/s
- dosah 4 km pre tok 2 Mbit/s a 3 km pre tok 8 Mbit/s
- súčasť prenos širokopásmových služieb a hlasovej služby (analogový účastník, alebo ISDN BRA)
- šírka pásma 1,1 MHz
- plný duplex sa realizuje frekvenčným delením dopredného a spätného smeru alebo použitím jedného pásma s použitím vidlice a kompenzácie echa



Obr. 3.5 Princíp ADSL

### 3.1.5 Digitálna účastnícka prípojka VDSL

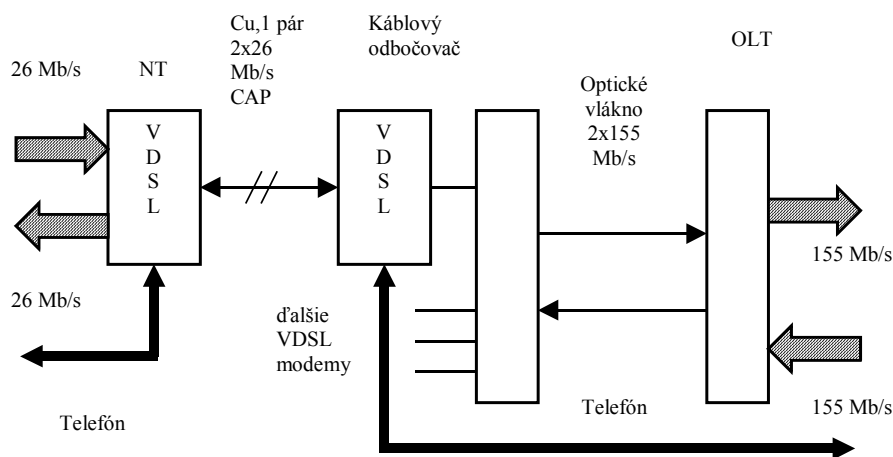
Prípojka s vysokou prenosovou rýchlosťou VDSL (*Very high bitrate DSL*) umožňuje symetrický aj asymetrický prenos dát s rýchlosťou až 50 Mbit/s po metalickom médiu. Systém VDSL na rozdiel od predchádzajúcich systémov, ktoré zabezpečujú prenos od ústredne až po účastníka, prepojuje len úsek prípojného vedenia medzi káblovým odbočovačom a účastníkom (obr. 3.6). Vlastnosti VDSL technológie sú:

- prenosová rýchlosť 6 až 52 Mbit/s
- symetrický aj nesymetrický mód prenosu
- využívajú sa modulácie DMT a CAP
- využíva sa frekvenčné pásmo od 300 kHz do 30 MHz
- dosah je veľmi malý, typicky do 300 m



- súčasť prenos širokopásmových služieb a hlasovej služby (analogový účastník alebo ISDN BRA)

Obr. 3.6 Princíp VDSL systému



### 3.1.6 Digitálna účastnícka prípojka BDSL

Distribučná digitálna účastnícka prípojka BDSL (*Broadcast DSL*) slúži na distribúciu televízneho signálu po bežnom metalickom páre spolu s analogovou účastníckou prípojkou, poprípade inými xDSL technológiami. Pre kompresiu video signálu sa využíva štandard MPEG (*Motion Pictures Expert Group*). Využíva sa modulácia QAM 64, ktorá umožňuje prenos až 8 TV programov na jednej nosnej. Typický dosah tejto prípojky je 500 m.

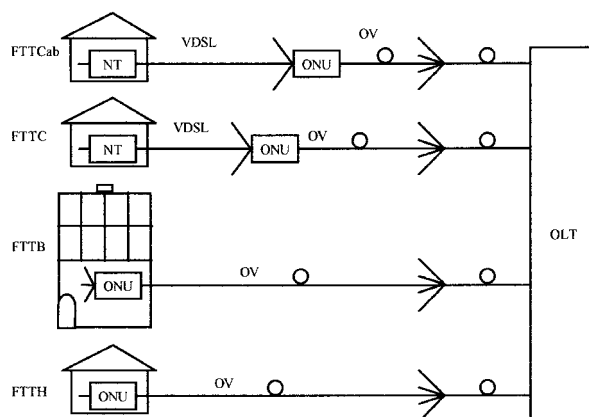
## 3.2 Optické prístupové siete

Dôvodom využitia optických vlákien na budovanie prístupových sietí je schopnosť poskytnúť operátorom všetky služby požadované účastníkmi, to znamená úzkopásmové aj širokopásmové služby. Základným faktorom pre budovanie optických prístupových sietí je kompromis medzi cenou systému a využitím prenosových možností systému. Dnes je štandardným riešením postupná výstavba optickej siete FITL (*Fiber In The Loop*) od miestnej ústredni po bod rozhrania smerom k účastníkovi (obr. 3.7) [3]:

- optické vlákno po rozvádzač FTTCap (*Fiber To The Cabinet*)
- optické vlákno po chodník FTTC (*Fiber To The Curb*)

- optické vlákno po budovu FTTB (*Fiber To The Building*)
- optické vlákno po dom FTTH (*Fiber To The Home*)

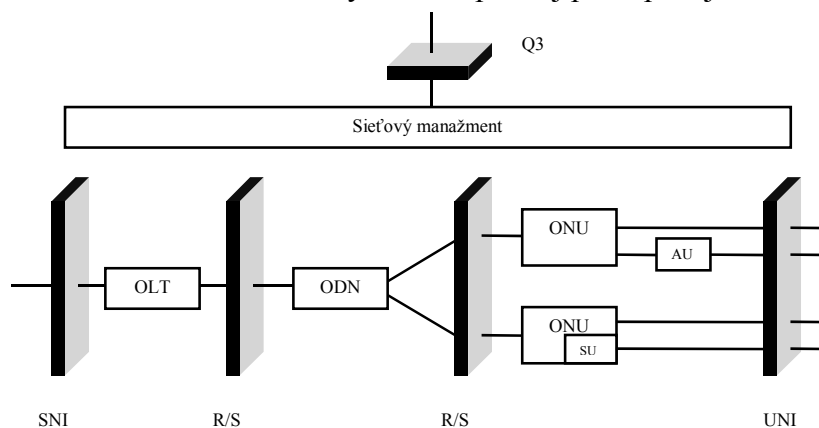
Obr. 3.7 Architektúra budovania FITL optických prístupových sietí



Optickou prístupovou sieťou rozumieme súbor technologických zariadení medzi koncovými bodmi spojovacej siete a siete účastníckeho rozvodu, v ktorej sa ako dominantné médium používa optické vlákno (obr. 3.8) [3]. Optická sieť obsahuje nasledovné funkčné bloky:

- OLT (*Optical Line Termination*)- optické linkové zakončenie
- ODN (*Optical Distribution Network*)- optickú distribučnú sieť
- ONU (*Optical Network Unit*)- optické sieťové zakončenie
- SU (*Service Unit*)- servisná jednotka
- AU (*Auxiliary Unit*)- pomocná jednotka
- sieťový manažment

Obr. 3.8 Referenčný model optickej prístupovej siete



Optické linkové zakončenie OLT je cez systémové rozhranie SNI pripojené k digitálnej ústredni a cez optické rozhranie R/S k optickej distribučnej sieti. Jednotka OLT zabezpečuje tieto funkcie:

- zoskupenie, resp. rozdeľovanie prenosových kanálov z SNI rozhrania do jedného alebo viacerých transportných tokov
- komutáciu jednotlivých kanálov do výstupných tokov s plnou dostupnosťou
- konverziu signalizácie a riadiace funkcie

Optické sieťové zakončenie ONU ukončuje optickú distribučnú sieť, pričom k optickej distribučnej sieti je ONU pripojené cez rozhranie R/S a k účastníckym terminálom cez UNI rozhranie. ONU zabezpečuje tieto funkcie:

- optoelektronickú konverziu signálu
- rozdeľovanie (demultiplexovanie) toku dát v smere k účastníkovi, resp. multiplexovanie smerom od účastníka

Servisná jednotka SU zabezpečuje adaptačné funkcie rozhrania z hľadiska rôznych poskytovaných služieb. Pomocná jednotka AU zabezpečuje neštandardné typy rozhrania.

Optická distribučná sieť ODN je prenosový systém medzi OLT a jednotlivými ONU. Skladá sa z primárnej (transportnej) časti a sekundárnej (distribučnej) časti, vzájomne oddelených distribučným bodom DP. Podľa realizácie distribučného bodu DP optickej distribučnej siete delíme optické prístupové siete na:

- pasívnu optickú prístupovú sieť PON (*Passive Optical Network*)
- aktívnu optickú prístupovú sieť AON (*Active Optical Network*)

Vo všeobecnosti fyzická architektúra prístupovej siete môže byť stromová, hviezdicová a kruhová. Logická architektúra je takmer výlučne stromová.

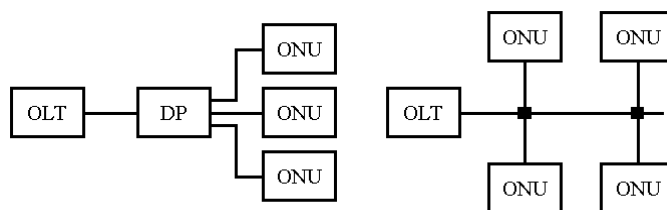
### **3.2.1 Pasívna optická prístupová sieť**

Pasívna optická prístupová sieť PON je sieť bez prídavných elektronických alebo optoelektronických zariadení, pričom daný distribučný bod je pasívny optický delič. Daná sieť je preto charakterizovaná ako plne optická sieť.

Dnes sa takmer výlučne ako prenosové médium v PON sieti využívajú jednoividové vlákna. Bežne sa využíva len stromová a zbernicová architektúra (obr. 3.9). Na prenos signálu sa využívajú vlnové okná v oblasti 1300 nm a 1550 nm.

Najvhodnejšími prístupovými metódami sú TDMA a WDMA, pričom plný duplex je zabezpečený použitím TDM (*Time Division Multiplex*), resp. WDM (*Wavelength Division Multiplex*).

Obr. 3.9 Stromová a zbernicová architektúra



Distribučný bod je realizovaný jednoduchým neselektívnym recipročným väzobným členom, ktorý rozdeľuje optický tok do jednotlivých smerov a v opačnom smere zlučuje prichádzajúce toky do jedného. Pri návrhu optickej siete je dôležitým parametrom celkové tlmenie trasy, ktoré je dané súčtom tlmení vlákna, spojok, konektorov a distribučného bodu. Najvýraznejšie sa však na celkovom tlmení trasy prejavuje tlmenie distribučného bodu.

Pasívny DP pri TDM rozdeľuje a zlučuje len optické výkony. Preto i keď primárna a sekundárna časť ODN majú výrazne rozdielne nároky na prenosovú kapacitu, musia obe časti siete pri použití pasívneho DP pracovať s rovnakou prenosovou rýchlosťou. To znamená, že každé ONU musí mať vysieláč a prijímač s rovnakým optickým výkonom a modulačnou rýchlosťou ako OLT.

Toto riešenie je vhodné pre veľký počet zákazníkov s nie príliš vysokými nárokmi na rýchlosť s budovaním FTTC až FTTH. Veľmi perspektívnym je využívanie PON na budovanie širokopásmových ATM sietí označovaných ako APON (*ATM PON*).

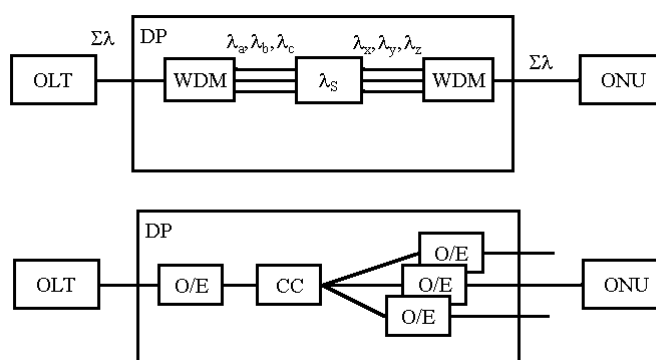
### 3.2.2 Aktívna optická prístupová sieť

Aktívna optická prístupová AON sieť obsahuje aktívny distribučný bod, ktorý umožňuje aj spojovacie funkcie. Spojovacie pole rozdeľuje celkový tok do čiastkových tokov pre jednotlivé ONU. Preto primárna a sekundárna časť ODN siete môže pracovať s rôznymi prenosovými rýchlosťami, podľa vlastných nárokov.

V DP sa môže vykonávať konverzia v optickej oblasti (plne optická sieť) s použitím WDM, alebo optoelektronická konverzia (obr. 3.10). Optoelektronická

konverzia umožňuje zvýšiť prekľukatelné tlmenie, resp. pracovať s nižšími výkonmi optických vysielateľov a používať menej kvalitné optické vlákna. Tým sa podstatne znižujú nároky na budovanie takejto siete. Na druhej strane je potreba napájania elektrických zariadení. Táto technológia umožňuje integrovať aj metalické média a budovať hybridné siete HFC (*Hybrid Fibre Coax*) pre transportné systémy SDH. Zároveň použitie metalického vedenia umožňuje napájanie zariadení.

Obr. 3.10 Princíp AON s použitím WDM alebo optoelektronickou konverziou



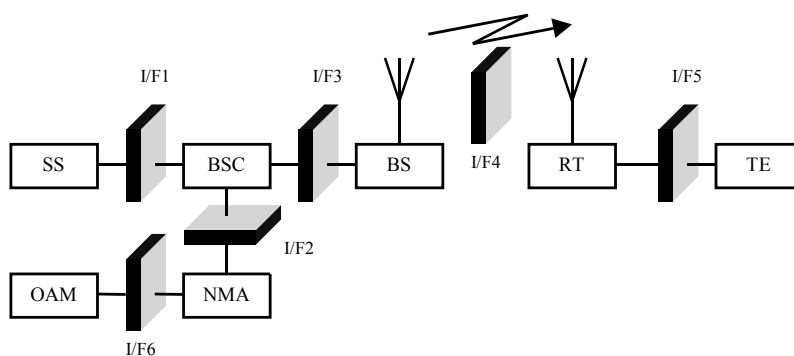
Dnes sa s prevahou využíva hviezdicová alebo kruhovo-hviezdicová topológia AON siete. Táto technológia umožňuje väčší dosah ako PON. Ukazuje sa byť veľmi perspektívnou metódou umožňujúcou prechod od metalických prístupových sietí k optickým sieťam [2].

### 3.3 Bezdrôtové prístupové siete

Dnes sa perspektívne využívajú aj bezdrôtové prístupové technológie označované ako RITL (*Radio In The Loop*), RLL (*Radio Local Loop*), FWA (*Fixed Wireless Access*) alebo WLL (*Wireless Local Loop*) [4].

Rádiovou (bezdrôtovou) prístupovou sieťou RLL rozumieme súbor zariadení medzi koncovými bodmi spojovacej siete a siete účastníckeho rozvodu, v ktorej sa signál prevažne prenáša elektromagnetickým vlnením voľným priestorom [3]. Rádiová sieť obsahuje nasledovné funkčné bloky podľa obrázka (obr. 3.11):

Obr. 3.11 Bezdrôtová prístupová sieť



Blok SS je miestna ústredňa, ktorá predstavuje prostredie pevnej siete. Cez rozhranie I/F1 je pripojená k jednotke riadenia základňovej stanice BSC (*Base Station Controller*), ktorá riadi cez rozhranie I/F3 jednu alebo viac základňových staníc BS (*Base Station*). Základňová stanica vysiela a prijíma rádiové signály. Medzi základňovou stanicou BS a zakončením rádiovkej siete RT (*Radio Termination*) sa uskutočňuje rádiový prenos cez rozhranie I/F4. Jednotka RT prijíma rádiový signál a poskytuje štandardné účastnícke rozhranie na svojom výstupe I/F5, ku ktorému sa pripájajú účastnícke terminály TE. Riadiace funkcie OAM (*Operation, Administration and Maintenance*) sú implementované prostredníctvom NMA (*Network Management Agent*) cez rozhranie I/F6. Cez systémové rozhranie I/F2 zabezpečuje NMA prístup riadiacich funkcií pre BSC.

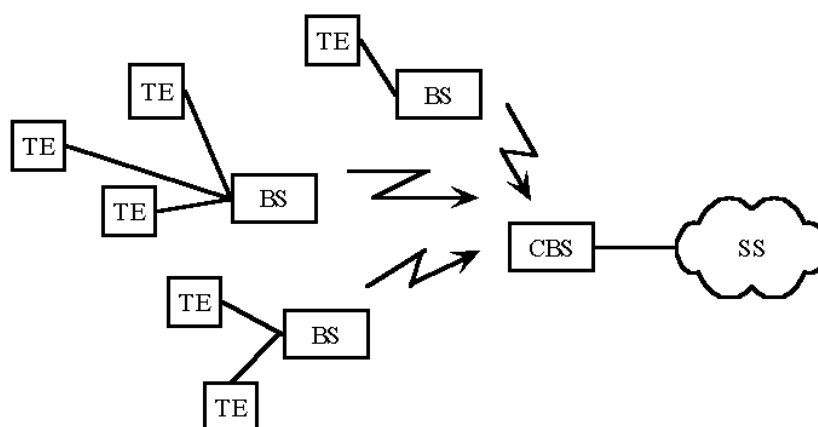
Využitie RRL sa môže uskutočniť v primárnej aj sekundárnej časti prístupovej siete, resp. i pre celé spojenie od účastníka až po miestnu ústredňu. Využitie v primárnej transportnej časti prístupovej siete sa využíva na pokrytie rozsiahleho územia s nízkou hustotou prevádzky. Naopak, využitie RLL v sekundárnej časti je vhodné pre pokrytie malých území s vysokou hustotou prevádzky. Takýto systém riešenia sa často označuje ako WLL. Dnes je snaha integrovať prístup účastníka do pevnej a mobilnej siete.

### 3.3.1 Využitie rádiového prístupu RLL v transportnej časti prístupovej siete

Vidiecke lokality, lazy a osady sú prevažne veľké územia s malou prevádzkovou hustotou, kde budovanie optickej prístupovej siete by nebolo ekonomicky výhodné. V takomto prípade je vhodným riešením využitie RLL, ktorá zabezpečuje koncentráciu prevádzky smerom k spojovacej sieti.

Takýto systém sa skladá z jednej centrálnej základňovej stanice CBS (*Central BS*) a viacerých podriadených základňových BS staníc s funkciou rádiových terminálov (obr. 3.12). Stanica BS okrem zakončenia rádiovkej siete vytvára rozhranie účastníckych prípojok a koncentračnú funkciu. Rádiové ukončenie RT realizované stanicou BS obsluhuje viac účastníkov, ktorí môžu byť prepojení metalickým, optickým vedením, alebo inou bezdrôtovou sieťou.

Obr. 3.12 Princíp RLL v transportnej časti prístupovej siete



Je vhodné, keď základňová stanica BS umožňuje vnútornú prevádzku medzi účastníkmi patriacich k jednej základňovej stanici BS. Tým sa neobsadzuje rádiová sieť pri hovoroch v rámci oblasti pokrytej príslušnou základňovou stanicou BS.

Najčastejšie sa využíva prístupová metóda TDM/TDMA vo frekvenčnom pásme 1 až 14 GHz s pevne pridelenými kanálmi v plnom duplexe. Základňové stanice používajú aj smerové antény ( $90^\circ, 120^\circ, 180^\circ$ ) na zníženie počtu nosných frekvencií.

Na zvýšenie rádiového dosahu, alebo v prípade potreby je možné použiť aj opakovač. Pri použití týchto systémov sa nepredpokladá vyššia prenosová kapacita ako 64 Mbit/s v tomto frekvenčnom pásme. Nevylučuje sa však použitie aj iných frekvenčných pásiem pre prevádzku týchto systémov.

### 3.3.2 Využitie rádiového prístupu RLL v sekundárnej časti prístupovej siete

Na pokrytie malých oblastí so stredne vysokou a vysokou hustotou prevádzky je vhodné použiť RLL v sekundárnej časti prístupovej siete. Architektúra týchto sietí je bunková a používajú sa nasledovné technológie:

- analógové bunkové systémy
- digitálne bezšnúrové rádiové systémy

### Analógové bunkové rádiové systémy

Bezšnúrové telefóny CT (*Cordless Telephony*) umožňujú vytvoriť spojenie v okruhu približne 50 m vo vnútri a 300 m mimo budovy, medzi pevným stanovišťom terminálu a mobilnou časťou. Terminál s pevným stanovišťom je vybavený ako pevná stanica a každá mobilná časť obsahuje prijímacie a vysielacie zariadenie.

Dopredný a spätný smer je zabezpečený pomocou FDD (*Frequency Division Duplexing*), kedy každý smer prenosu používa inú frekvenciu, alebo pomocou TDD (*Time Division Duplexing*). Pri TDD je stanovený čas na vysielanie a čas na odpoveď.

Vyvinulo sa niekoľko štandardov bezšnúrových telefónov s označením CT, ktoré sú v nasledovnej tabuľke (tab.3.1).

| Tab. 3.1 Vlastností štandardu CT-0, CT-1 a CT-1+ |      |               |           |           |
|--|------|---------------|-----------|-----------|
|  |      | CT-0          | CT-1      | CT-1+     |
| Frek. rozsah<br>MHz                              | DOWN | 1,6           | 914-915   | 885-887   |
|  | UP   | 4,7           | 959-961   | 930-932   |
| Počet kanálov                                    |      | 1             | 8         | 80        |
| Odstup kanálov                                   |      | jednokanálový | 25 kHz    | 12,5 kHz  |
| Prístupová metóda                                |      | FDMA          | FDMA      | FDMA      |
| Duplexný postup                                  |      | FDD           | FDD       | FDD       |
| Max. vys. výkon                                  |      |               | 10 mW     | 10 mW     |
| Bunková sieť                                     |      | nie           | obmedzená | obmedzená |
| Handover   |      | nie           | nie       | nie       |
| Pridelovanie kanálov                             |      | pevné         | dynamické | dynamické |
| Dosah  |      | do 1 km       | do 300 m  | do 300 m  |

### Digitálne bezšnúrové rádiové systémy

V tejto oblasti boli vyvinuté a štandardizované predovšetkým dva systémy CT-2 a DECT (*Digital Enhanced Cordless Telephony*).

Systém CT-2 využíva FDMA prístupovú metódu s plným duplexom použitím časového delenia dopredného a spätného smeru TDD. Rečový signál je kódovaný s rýchlosťou 32 kbit/s a spolu s riadiacimi signálmi s bitovou rýchlosťou



72 kbit/s je prenášaných v rámcoch s dĺžkou 2 ms. Systém pozostáva zo 40 kanálov s odstupom 100 kHz vo frekvenčnom pásme 864 až 868 Mhz. Základné vlastnosti systému CT-2 sú uvedené v tabuľke (tab. 3.2).

DECT je určený pre flexibilné, nekoordinované nasadzovanie pre veľkú prevádzkovú hustotu. Predstavuje bunkový systém so zabezpečením spojenie bod-viac bodov. Využíva frekvenčné pásmo 1880 až 1900 MHz. Predpokladá sa však zmena tohto pásma na pásmo 1900 až 1920 MHz, keďže pásmo 1880 až 1900 MHz je určené pre UMTS (*Universal Mobile Telecommunications Systém*). Tento systém využíva časovo delený prístup TDMA s plným duplexom s použitím TDD. Zákazníkovi sa dynamicky prideluje šírka pásma, resp. toľko 32 kbit/s kanálov o koľko požiada.

Datová rýchlosť rádiového rozhrania je 1152 kbit/s. Maximálny polomer pokrytej oblasti základňovou stanicou je 5 km. Základné vlastnosti systému DECT sú uvedené v nasledovnej tabuľke (tab. 3.2).

| Tab. 3.2 Vlastnosti štandardu CT-2 a DECT |                        |               |
|---|------------------------|---------------|
| Systém                                    | CT-2                   | DECT          |
| Mobilita                                  | podmienená             | áno           |
| Dosah                                     | 3 km                   | 3 km          |
| Frekvenčné pásmo v MHz                    | 864 až 868             | 1880 až 1900  |
| Počet kanálov                             | 40                     | 10            |
| Odstup kanálov                            | 100 kHz                | 1728 kHz      |
| Počet kanálov jednej nosnej               | 1                      | 12            |
| Prístupová metóda                         | FDMA / TDD             | TDMA / TDD    |
| Typ modulácia                             | GFSK                   | GFSK          |
| Maximálny vysielač výkon RT               | 10 mW                  | 250 mW        |
| Dĺžka rámca                               | 2 ms                   | 10 ms         |
| Bitový rýchlosť kanála                    | 32 kbit/s              | 32 kbit/s     |
| Dynamické pridelovanie frek.              | áno                    | áno           |
| Handover                                  | nie je štandardizované | vnútrobunkové |

## **4 Riešenie prístupovej siete v oblasti Priechod- Baláže**

### **4.1 Analýza účastníkov**

Obec Baláže je dedina s pomerne malým počtom obyvateľov takmer 11 km severne od mesta Banská Bystrica (príloha č.1). Počet obyvateľov je približne 200. Počet zákazníkov s už zriadenou telefónnou prípojkou je 88. Budovanie samostatnej miestnej telefónnej ústredni v obci pre taký malý počet obyvateľov nie je potrebné. Doterajšie riešenie je pripojenie k miestnej ústredni v Banskej Bystrici rádiovým spojením z obce Baláže cez retranslačnú stanicu umiestnenú na TVP Baláže a Pankom Diele.

Miestna prístupová sieť, ktorá je vybudovaná v obci, umožňuje zatiaľ len prenos hlasovej služby. S použitím nových technológií xDSL by bolo možné zaviesť zákazníkom aj základnú ISDN prípojku. Vzhľadom na charakter zákazníkov v obci, nepredpokladá sa v dohľadnej dobe využitie širokopásmových služieb. Predpokladá sa len záujem o telefónnu službu a základný ISDN prístup.

### **4.2 Analýza vybudovanej metalickej sekundárnej časti prístupovej siete (mts Baláže)**

#### **4.2.1 Technické riešenie**

V budove na konci obce (bývala škola, dnes pamätná izba SNP) je umiestnený sieťový rozvádzač SR určený pre 200 párov Cu vedenia [7]. Je umiestnený na stene v skrinke BOX A 200. Zo SR vychádzajú 4 telefónne káble (príloha č.2):

- kábel č.1 typu PFLE 25XN 0,4 napája účastnícke rozvádzače UR1 až UR5
- kábel č.2 typu PFLE 25XN 0,4 napája účastnícke rozvádzače UR6 až UR10
- kábel č.3 typu PFLE 5XN 0,4 napája účastnícky rozvádzač UR13
- kábel č.4 typu PFLE 10XN 0,4 napája UR11 a UR12

Kabelizácia je riešená káblami typu TCEPKPFLE a TCEKES. Vnútorňú sieťový rozvádzač je vybudovaný na kovovej konštrukcii. Ukončenie káblov v rozvádzači je na LSA pásikoch osadených v montážnych plechových vaniach.

Účastnícke rozvádzače sú umiestnené na stĺpoch Dp, do ktorých sú zaústené samonosné káble. Skrine sú vystrojené zariadením KRONE, ktoré obsahujú pásiky LSA 2/10 a bleskoisky. Všetky sieťové a účastnícke rozvádzače sú uzemnené dvoma zemniami tyčami ZT2 tak, aby bol dosiahnutý zemný odpor uzemnenia menší ako  $15 \Omega$ . Prístupová sieť je realizovaná predovšetkým káblami typu TCEPKPFLE XN 0,4, ktoré sú uložené v zemi. Koniec niektorých vetiev je realizovaný samonosným káblom TCEPKES XN 0,4. Priebeh vybudovanej prístupovej siete a schéma účastníckeho rozvodu je na výkrese (príloha č.2).

#### 4.2.2 Priebeh trasy

Trasa SR Baláže-UR1 začína pri budove pamätnej izby v obci Baláže, kde je vybudovaný vnútorný sieťový rozvádzač skriňou BOX A 200. Odkiaľ pokračuje popri plote v zelenom páse až k domu s p.č. 97. Trasa pokračuje v nespevnenej ploche vedľa komunikácie po jej pravej strane až k miestnemu kostolu. Od kostola (UR4) trasa pokračuje v krajnici komunikácie.

Trasa SR Baláže-UR6 taktiež vychádza zo sieťového rozvádzača SR Baláže. Trasa pokračuje v zelenom páse k vodnému toku Marková, ktorý križuje, pričom kábel je umiestnený v ocelevej rúre. Ďalej je sieť budovaná popri pravej strane komunikácie až po UR12. Odtiaľ trasa pokračuje stále v krajnici miestnej komunikácie smerom k Obecnému úradu. Pri UR8 je ďalšie križovanie vodného toku a následne trasa prechádza na ľavú stranu komunikácie, kde je celá trasa vedená v komunikácii až po UR7 pri Obecnom úrade. Od UR7 bude samonosným káblom TCEPKES XN 0,4 s použitím dvoch jednoduchých pätkových stĺpov Jp napojený UR6.

Telefónne káble pri prechode cez miestnu komunikáciu sa pretláčali bez porušenia vozovky v hĺbke 0,9 m, v prípade križovania s inými inžinierskymi miestami 1,8 m. Kábel je umiestnený v PVC chráničke. Pri pretláčaní popod štátnu cestu sa dodržala hĺbka 1,2 m.

Križovanie vodného toku Marková je realizované použitím ocelevej chráničky ponad vodný tok. Tie sú osadené v betónových pätkách min. 1m od mostu. Betónová pätká je umiestnená min. 1 m od brehovej čiary. Križovanie a súbeh s inými inžinierskymi sieťami je realizované v zmysle priestorovej normy

#### 4.2.3 Prenosové pomery

Trasa je budovaná káblami typu TCEPKPFLE a TCEKES. Priemery žíl sú stanovené v zmysle technického predpisu TA 47. Maximálna prípustná miera hlasitosti  $CLR_v$  (*Circuit Loudness Rating*) je 7 dB. Maximálny prípustný slučkový prúd  $R_s$  je 1200  $\Omega$ . Obvodová miera hlasitosti kábla so žilami 0,4 mm je 1,75 dB/km. Slučkový odpor páru s danými žilami je 300  $\Omega$ /km.

#### 4.2.4 Ekonomické náklady

Náklady na vybudovanie danej miestnej prístupovej siete, i keď bola budovaná v roku 1997, sme prepočítali na dnešné cenové podmienky. Sú uvedené v nasledujúcich tabuľkách (tab. 4.1 až 4.4):

| Tab. 4.1: Káble |           |       |        |            |                     |
|-----------------|-----------|-------|--------|------------|---------------------|
| Druh            |           | KM    | KMP    | Cena za 1m | Cena                |
| TCEPKPFLE       | 5 XN 0,4  | 0,730 | 7,300  | 14,12      | 10307,60            |
| TCEPKPFLE       | 10 XN 0,4 | 0,197 | 3,970  | 21,52      | 4239,44             |
| TCEPKPFLE       | 25 XN 0,4 | 1,080 | 54,000 | 40,71      | 43966,80            |
| TCEKES          | 5 XN 0,4  | 0,128 | 1,280  | 25,42      | 3253,76             |
| <b>Spolu:</b>   |           |       |        |            | <b>61 767,60 Sk</b> |

| Tab. 4.2: Spojky:      |          |             |                    |
|------------------------|----------|-------------|--------------------|
| Druh                   | Počet ks | Cena za 1ks | Cena               |
| ASC 43/8-150           | 1        | 423,00      | 423,00             |
| ASC 43/8-300           | 6        | 553,00      | 3318,00            |
| Odbočná súprava typu A | 9        | 291,50      | 2623,50            |
| Marker pre mts         | 6        | 235,00      | 1410,00            |
| <b>Spolu:</b>          |          |             | <b>7 774,50 Sk</b> |

| Tab. 4.3: Skrine, ostatný montážny materiál, materiál pre zemné práce: |          |             |           |
|--|----------|-------------|-----------|
| Druh   | Počet ks | Cena za 1ks | Cena      |
| BOX A-200, 200 párov   | 1        | 4253,00     | 4253,00   |
| BOX A-100 ST pre 10 párov  | 12       | 3397,00     | 40764,00  |
| BOX A-100 ST pre 20 párov  | 1        | 3397,00     | 3397,00   |
| Montážny plech 10 modulový   | 2        | 246,00      | 492,00    |
| LSA pásik 2/10 (sada 10ks)   | 3        | 1120,00     | 3360,00   |
| Puzdro bleskoistiek 2/10   | 13       | 156,00      | 2028,00   |
| Bleskoisky   | 260      | 19,40       | 5044,00   |
| Ostatný materiál:  |          |             | 72313,80  |
| Materiál pre zemné práce   |          |             | 241977,26 |

|               |                      |
|---------------|----------------------|
| <b>Spolu:</b> | <b>373 629,06 Sk</b> |
|---------------|----------------------|

| Tab. 4.4 Montážne a zemné práce: |                        |            |            |
|----------------------------------|------------------------|------------|------------|
| Druh                             | Cena                   | VRN        | Cena s VRN |
| Zemné práce                      | 456197,00              | 4,50%      | 20528,00   |
| Pokládka káblov                  | 33638,00               | 4,50%      | 1513,00    |
| Montáž kábelových súborov        | 20823,00               | 4,50%      | 937,00     |
| Stavba rozvodov                  | 63177,00               | 4,50%      | 2843,00    |
| Ostatné montážne práce           | 437795,00              | 0%         | 0,00       |
| Digitálne zameranie              | 46125,00               | 0%         | 0,00       |
| Spolu montáž:                    | 1057755,00             | Spolu VRN: | 25821,00   |
| <b>Spolu:</b>                    | <b>1 083 576,00 Sk</b> |            |            |

Celková cena je daná súčtom ceny za káble, spojky, skrine, ostatný montážny materiál (napr. drevený stĺp, zemniace prostriedky, chráničky.), materiál pre zemné práce (napr. piesok, betón) spolu s dovozom na pracovisko, ceny za montážne a zemné práce spolu. K celkovej cene sa pripočítava 5% rezerva a inžinierska činnosť. Výsledná suma je uvedená v nasledujúcej tabuľke (tab. 4.5).

| Tab. 4.5 Rekapitulácia:    |                     |
|----------------------------|---------------------|
| Druh                       | Cena                |
| Káble                      | 61767,60            |
| Spojky                     | 7774,50             |
| Skrine, ostatný mat, zemný | 373638,06           |
| Dovoz                      | 15954,48            |
| Montážne práce             | 1083576,00          |
| Rezerva 5%                 | 77135,70            |
| Inžinierska činnosť        | 163590,00           |
| <b>Spolu cca:</b>          | <b>1 784 000 Sk</b> |

## 4.3 Návrh optickej prístupovej siete v oblasti Priechod- Baláže

### 4.3.1 Analýza stavu

Pri návrhu optickej primárnej časti prístupovej siete pre obec Baláže budeme vychádzať z existujúceho stavu. Medzi obcou Priechod a miestnou telefónnou ústredňou v B. Bystricou je už položený optický kábel v PVC rúre s voľnými optickými vláknami. V miestnej automatickej telefónnej ústredni v Banskej Bystrici, Horná 79 sa nachádza systém HYTAS. Výhodou pri navrhovaní optickej

prístupovej siete bude využitie optického linkového zakončenia v miestnej ústredni v B. Bystrici, existencia optického sieťového manažmentu a použitie už položeného optického vlákna v úseku od B. Bystrice po obec Priechod.

#### 4.3.2 Popis systému HYTAS 1575

Systém HYTAS 1575 od firmy Alcatel [8], vytvára aktívnu optickú prístupovú sieť a umožňuje začleniť do optických prenosových trás aj metalické okruhy (príloha č.3). Umožňuje prenos všetkých typov služieb vyžadujúcich na účastníckom porte prenosovú rýchlosť do 2 Mbit/s. Celková kapacita prístupovej siete je 1664 kanálov 64 kbit/s. Systém tvoria nasledovné jednotky (príloha č.3):

- optické linkové zakončenie OLT doplnené o banku kanálov CHB (*Channel Bank*)
- aktívny distribučný bod OLD (*Optical Line Distributor*)
- jednotky sieťového zakončenia ONT a ONU
- sieťový manažment OAM

Jednotka OLT zabezpečuje spoluprácu prístupovej siete so spojovacím systémom. Umožňuje pripojiť pevné analógové dvoj alebo štvordrôtové okruhy a digitálne toky  $n \times 64$  kbit/s s rozhraním G.703. Prenos informácií v prístupovej sieti prebieha pomocou transportných jednotiek kontajnerov BC (*Basic Container*) s kapacitou 2B+D plus interný signalizačný kanál. Paket BCP (*Basic Container Packet*) tvorí 52 kontajnerov a vyžaduje prenosovú rýchlosť 8,192 Mbit/s. Tento systém takto vytvára 16 paketov. Jednotka OLT umožňuje pripojenie 9 distribučných optických sietí ODN priamo k OLT, priamo a v kaskáde môže byť v prístupovej sieti použitých až 16 ODN. OLT zabezpečuje pripojenie ODN s rýchlosťou 140 Mbit/s s optickým výstupom s použitím vlnovej dĺžky 1310 nm. Najvyššie prekenuateľné tlmenie je 30 dB a typickým dosahom ODN je 46 km. Jednotka OLT obsahuje aj elektrické rozhranie.

Banka kanálov CHB umožňuje pripojiť do prístupovej siete pevné analógové dvoj alebo štvordrôtové okruhy a digitálne toky  $n \times 64$  kbit/s.

Distribučnú sieť ODN tvorí optické prenosové prostredie a aktívny distribučný bod OLD, ktorý rozdeľuje prevádzku do jednotlivých sieťových zakončení ONT. Prenos prebieha v simplexnom móde, pričom na zabezpečenie obojsmerného prenosu sa používajú dve vlákna. OLD uskutočňuje opticko-

elektrickú konverziu prijímaného signálu a jeho rozdelenie do požadovaných smerov (max. 32). OLD poskytuje výstupné toky 10 a 40 Mbit/s. Využívajú sa lasery na dvoch vlnových dĺžkach, 780 nm s dosahom 2,5 km a 1300 nm s dosahom 40 km. Jednotka OLD obsahuje aj elektrické rozhranie.

Optickú distribučnú sieť zakončuje optická sieťová jednotka ONU alebo optické sieťové zakončenie ONT. Optické sieťové zakončenie ONT využíva vzdialenú servisnú jednotku SU, pričom optická sieťová jednotka ONU integruje servisnú jednotku SU. Jednotka ONT obsahuje optoelektronický prevodník a systémovú zbernicu, na ktorú sú pripojené maximálne 4 obvody systémových rozhraní. Každý obvod rozhrania vytvára štyri multiplexné zbernice s prenosovou rýchlosťou 2,56 Mbit/s. Do každej zbernice je možno maximálne priradiť 15 kontajnerov BC. Na zbernicu sú pripojené systémové jednotky SU. Servisná jednotka SU sa pripája štvorvodičovo k ONT. Integrovaním servisnej jednotky SU do ONT cez vnútornú zbernicu vzniká optická sieťová jednotka ONU.

Všetky technologické celky okrem jednotiek SU, majú systémovú riadiacu jednotku SMU (*System management unit*). Komunikácia medzi jednotlivými SMU prebieha po interných riadiacich kanáloch. Systém Hytas využíva sieťový riadiací systém Kenos, ktorý vykonáva chybový manažment, lokalizáciu a typ vzniknutej chyby, konfiguráciu systému, zber údajov na spoplatnenie prevádzky operátorom, testovanie a meranie účastníckych prípojok, a zabezpečenie prístupu do rôznych úrovní operačného systému.

Systém Kenos využíva operačný systém UNIX, prevádzkovaný na dvoch počítačoch systémom horúcej zálohy.

Aktívne systémové komponenty sú napájané z miestneho napájacieho zdroja LPS (*Local Power Supply*) alebo zo vzdialeného napájacieho zdroja RFS (*Remote Feeding Supply*). Systém Hytas prednostne využíva diaľkové napájanie jednotiek ONU, ONT, ENT a SU z jednotky OLD. Na napájanie sa používa metalické vedenie, ktoré môže byť vedené paralelne s optickým vláknom. Pre zálohovanie systému sa používajú batériové bloky.

### 4.3.3 Technické riešenie

V miestnej digitálnej ústredni B. Bystrica, Horná 79 je už vybudovaný stojan pre dosky OLT, do ktorého umiestnime:

- etáž BGTR OLT2 s dvoma vysielačmi a prijímačmi
- 2x dosku OMTR 40 SH-LT (40 Mbit/s pre ONU-V)
- Cross Conector CC (II)
- dosku sieťového manažmentu SMU-LT (II)
- 3x dosku TU-2M (8 rozhraní 2 Mbit/s)
- 2 x dosku TU-SIG V.51
- banku kanálov CHB

Medzi digitálnou ústredňou a obcou Priechod sa využijú dve vlákna položeného 12 vláknového optického kábla v HDPE rúre. Od obce Priechod bude položený 8 vláknový optický kábel v HDPE rúre. Ukončenie optického kábla bude v pamätnej izbe v obci Baláže, kde je umiestnený sieťový rozvádzač. Tu sa vybuduje jednotka ONU-V, ktorá môže byť pripojená priamo k jednotke OLT. Podľa umiestnenia a počtu účastníkov využijeme verziu ONU-VC do 376 účastníkov s umiestnením "pod chodníkom". Existujú 3 kapacitné možnosti prevedenia ONU-VC, pričom my využijeme verziu č.1 pre 120 účastníkov, kedy sa namontuje len jeden modul ONU-VC. Do stojanu pre ONU ADBL VC, bude potrebné osadiť nasledujúce dosky:

- etáž BGTR ONU-VC, ktorá má 17 pozícií
- dosku sieťového manažmentu SMU-NU
- LI40H-NU- vykonávajúca opticko-elektrickú konverziu
- 12 x SU8A-V pre 12 x 8 (96) analógových telefónnych liniek
- 5 x SU4UKO-V pre 5 x 4 (20) základný prístup ISDN
- lokálny zdroj LPS

Montážna skriňa je odolná proti vode a prachu. Prípojné pásiky sú typu LSA- Plus. Batérie umožňujú zálohu na 4 hodiny prevádzky. Napájanie ONU je lokálne 60 V. K LSA pásikom je pripojená miestna telefónna sieť Baláže pomocou medených párov.

#### **4.3.4 Priebek trasy**

Trasa bude budovaná len od ústredne v obci Priechod po sieťový rozvádzač v obci Baláže. Trasa bude budovaná prevažne v zelenom páse (voľnom teréne) popri štátnej ceste v dĺžke približne 5000 m, tak ako je naznačené v prílohe č.4.



V úložnej ryhe 35 x 70 cm na voľnom priestranstve bude v pieskovom lôžku uložená HDPE rúra, do ktorej sa zavedie 8 vláknový optický kábel. Pokiaľ terénne podmienky neumožnia vedenie trasy v nespevnených plochách, bude trasa vedená v spevnených plochách (pod cestou a chodníkmi). Pod chodníkmi bude úložná ryha 35 x 50 cm. Križovanie so štátnou cestou sa bude realizovať v hĺbke min. 0,9 m v chráničke.

#### 4.3.5 Ekonomické náklady

Náklady na vybudovanie optickej prístupovej siete sú dané súčtom zakúpených nových zariadení a položením optického kábla v úseku Priechod - Baláže (tab. 4.6 až 4.8).

| Tab. 4.6 Jednotka OLT  |    |            |                     |
|------------------------|----|------------|---------------------|
| Druh                   | Ks | Cena za ks | Cena                |
| etáž BGTR OLT 2        | 1  | 5293,39    | 5293,39             |
| doska OMTR40 SH-LT     | 1  | 2001,97    | 2001,97             |
| doska CC (II)          | 1  | 6686,00    | 6686,00             |
| doska SMU-LT (II)      | 1  | 3247,00    | 3247,00             |
| doska TU-2M            | 3  | 1516,35    | 4549,05             |
| doska TU-SIG V.51      | 2  | 1581,36    | 3162,72             |
| CHB                    | 1  | 7946,00    | 7946,00             |
| ostaný inštalačný mat. |    | cca        | 1100,00             |
| <b>Spolu:</b>          |    |            | <b>33 986,13 Sk</b> |

| Tab. 4.7 Jednotka ONU-VC    |    |            |                     |
|-----------------------------|----|------------|---------------------|
| Druh                        | Ks | Cena za ks | Cena                |
| stojan                      | 1  | 1893,70    | 1893,70             |
| skrinka                     | 1  | 1965,25    | 1965,25             |
| etáž BGTR ONU-VC            | 1  | 1795,26    | 1795,26             |
| doska LI40H-NU              | 1  | 1960,00    | 1960,00             |
| doska SU8A-V                | 12 | 1196,67    | 14360,04            |
| doska SU4UK0-V              | 5  | 1161,78    | 5808,90             |
| zdroj LPS                   | 1  | 2734,37    | 2734,37             |
| náhradný zdroj BAT 12V/13Ah | 5  | 239,20     | 1196,00             |
| doska SMU-NU                | 1  | 2870,00    | 2870,00             |
| ostatný inštalačný mat.     |    | cca        | 2700,00             |
| <b>Spolu:</b>               |    |            | <b>71 269,65 Sk</b> |

| Tab. 4.8 Položenie optického kábla |                 |                 |                     |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| Druha                              | Počet jednotiek | Jednotková cena | Cena                |
| Optický kábel 12 vlákňový          | 5000            | 43,6            | 218000              |
| Výkopy a zemné práce               | 5000            | 960             | 4800000             |
| Rezonančné markery                 | 15              | 235             | 3525                |
| Ostatné práce                      | cca             | 150000          | 150000              |
| <b>Spolu:</b>                      |                 |                 | <b>5 171 525 Sk</b> |

Celková cena budovania optickej prístupovej siete je daná súčtom jednotlivých položiek a je vyčíslená v nasledujúcej tabuľke (tab. 4.9).

| Tab. 4.9 Rekapitulácia |                     |
|------------------------|---------------------|
| Druh                   | Cena                |
| Celkom                 | 5276780,78          |
| Dovoz 3,6%             | 189964,108          |
| Rezerva 5%             | 273337,244          |
| Inžinierska činnosť    | 240000              |
| <b>Celkom cca</b>      | <b>5 990 000 Sk</b> |

#### 4.4 Návrh bezdrôtovej prístupovej siete v oblasti Priechod-Baláže

##### 4.4.1 Analýza stavu

V roku 1998 bola vybudovaná primárna časť prístupovej siete v obci Baláže použitím rádiového prístupu RLL v transportnej časti. Budovanie rádiovkej prístupovej siete pre obec Baláže spočívala v zrušení existujúcej stanice Donovaly. Tá sa potom inštalovala v obci Baláže. Spojenie z obce Baláže je realizované cez stanicu umiestnenú na TVP Baláže, a stanicu na Panskom Diele smerom do ústredne v B. Bystrici. Pričom pri realizácii samotného projektu výstavby prístupovej siete bol už vybudovaný vysielač na Panskom Diele a v B. Bystrici [9].

My sa zameriame na technickú analýzu daného projektu. Náklady na realizáciu prístupovej siete však vyhodnotíme ako budovanie novej siete. Teda budeme predpokladať nákup nových technológií a nie použitie starej stanice z obce Donovaly.

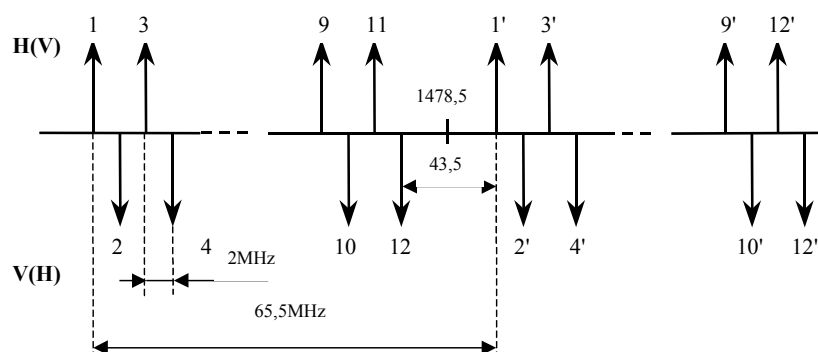
#### 4.4.2 Popis systému IRT 2000

Systém IRT 2000 (*Integrated Rural Telephony*) je systém pre výstavbu rádiovkej siete pre pripojenie telefónnych účastníkov k verejnej telefónnej sieti. Systém má k dispozícii 30 PCM (*Pulse Code Modulation*) kanálov s rýchlosťou 64 kbit/s. Umožňuje pripojiť maximálne 480 účastníkov. Sieť IRT sa skladá z centrálnej stanice CS (*Central Station*), diaľkovej rádiovkej stanice RRS (*Remoted Radio Station*) a vzdialených staníc DS (*Distant Station*). Vzdialená stanica môže byť realizovaná koncovou stanicou TS (*Terminal Station*) alebo opakovacou stanicou RS (*Relay Station*).

Tento systém je veľmi flexibilný. Umožňuje vytvoriť stromovú hviezdicovú a lineárne vetvenú štruktúru siete, v rovnom a kopcovitom teréne, mestských alebo predmestských častiach. Výhodou systému je, že spojenie účastníkov pripojených na spoločnú vzdialenú stanicu DS sa uskutočňuje priamo, bez použitia rádiového prenosu.

Centrálna stanica CS komunikuje so vzdialenými stanicami a riadi činnosť celého systému pomocou riadiaceho kanála. Nachádza sa v mieste telefónnej ústredni. Zabezpečuje rozhranie medzi verejnou sieťou a rádiovou sieťou. Obsahuje moduly rozhraní, riadenia a napájania. Diaľková rádiová stanica RRS môže byť pripojená k centrálnej stanici pomocou metalického, optického alebo rádiového spojenia s kapacitou 2048 kbit/s. Rádiová stanica RRS nemusí byť štandardne v mieste centrálnej stanici CS. Rádiovú sieť zakončuje terminálová stanica TS, na ktorú v závislosti od typu môže byť pripojených 48 až 128 účastníkov. Na zvýšenie dosahu sa používajú retranslačné stanice RS, na ktoré môžu byť pripojení aj účastníci. Retranslačná stanica umožňuje pripojenie 32 až 128 účastníkov podľa potreby.

Obr. 4.1 Frekvenčný plán systému IRT 2000



Rádiová prevádzka prebieha po jednom duplexnom páre frekvencií. Smerom k účastníkovi sa využíva TDM a od účastníka TDMA. Frekvenčný plán je načrtnutý na obrázku (obr. 4.1). Frekvencie kanálov zobrazuje tabuľka (tab. 4.10). Využíva sa modulácia 4 QAM.

| Tab. 4.10 Frekvenčný plán systému IRT 2000 |         |       |         |       |         |       |         |
|--|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|
| Down                                       |         |       |         | Up    |         |       |         |
| Kanál                                      | f [MHz] | Kanál | f [MHz] | Kanál | f [MHz] | Kanál | f [MHz] |
| 1  | 1428    | 7     | 1440    | 1'    | 1493,5  | 7'    | 1505,5  |
| 2  | 1430    | 8     | 1442    | 2'    | 1495,5  | 8'    | 1507,5  |
| 3  | 1432    | 9     | 1444    | 3'    | 1497,5  | 9'    | 1509,5  |
| 4  | 1434    | 10    | 1446    | 4'    | 1499,5  | 10'   | 1511,5  |
| 5  | 1436    | 11    | 1448    | 5'    | 1501,5  | 11'   | 1513,5  |
| 6  | 1438    | 12    | 1450    | 6'    | 1503,5  | 12'   | 1515,5  |

Sieť IRT je riadená programovým vybavením. Riadenie zabezpečuje konfiguráciu siete, sledovanie prevádzky, testovanie celkových parametrov systému, analýzu a lokalizáciu porúch.

Systém IRT 2000 využíva viacero typov antén. Vo všeobecnosti sa používajú smerové, všesmerové, sektorové, yagi antény a mriežkové parabolické antény.

#### 4.4.3 Technické riešenie

Pri realizácii tohto projektu bolo treba vychádzať z polohy hlavných bodov (príloha č.5), kde budú umiestnené antény a rádiové stanice (tab. 4.11) [10].

| Tab. 4.11 Poloha vysielateľov |                 |                 |                 |             |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|
|                               | Zemepisná šírka | Zemepisná dĺžka | Nadmorská výška | Vzdialenosť |
| Banská Bystrica CS            | 48°44'19"       | 19°09'28"       | 352             |             |
| Panský Diel                   | 48°48'04"       | 19°08'54"       | 1100            | 6,98        |
| Baláže TVP                    | 48°49'00"       | 19°12'03"       | 650             | 4,22        |
| Baláže                        | 48°49'06"       | 19°11'49"       | 570             | 0,34        |

V Banskej Bystrici v ústredni je umiestnená rádiová stanica CS 480, umožňujúca 480 účastníckych spojení. Stanica v B. Bystrici využíva anténu TA1406, ktorá zabezpečuje prenos na pracovnej frekvencii 1493,5 MHz s

horizontálnou polarizáciou. Smerom k Panskému Dielu je kapacita spojenia 2Mbit/s.

Vysielacia veža na Panskom Diele bola vybudovaná už pred realizáciou tohto projektu. Slúži pre umiestnenie rozhlasovej antény a viacerých telekomunikačných antén. Na Panskom Diele je umiestnená retranslačná rádiová stanica Mini RS, ktorá zabezpečovala rádiové spojenie staníc s obcami Ortuť, Králiky, Kordíky, Mólča a Donovaly. Stanica v obci Donovaly sa rušila. Pri realizácii tohto projektu bolo potrebné umiestniť novú smerovú anténu TA1406 na zabezpečenie spojenia smerom na Baláže. Vysielanie smerom do B. Bystrice sa dnes uskutočňuje na pracovnej frekvencii 1428 s horizontálnou polarizáciou. Spojenie smerom k TVP Baláže je uskutočnené pomocou frekvencie 1432 MHz s vertikálnou polarizáciou.

Na vybudovanom TVP Baláže bolo potrebné umiestniť retranslačnú stanicu Mini RS s dvoma anténami TA1407. Smerom na Panský Diel sa dnes využíva frekvencia 1497,5 MHz a smerom k stanici Baláže sa využíva 1493,5 MHz, pričom sa využíva vertikálna polarizácia.

V obci Baláže sa pri realizácii projektu umiestnila stanica TS 128 s použitím antény TA1407. Pričom pracovná frekvencia spojenia smerom k TVP Baláže je dnes 1428 MHz s vertikálnou polarizáciou.

#### 4.4.4 Ekonomické náklady

Ekonomické náklady budovania danej prístupovej siete systémom IRT 2000 sme vyhodnotili vzhľadom na dnešné ceny, napriek tomu, že daná sieť bola vybudovaná v roku 1999 (tab. 4.12).

| Tab. 4.12 Cenové náklady |                   |                     |                                   |
|--------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Miesto                   | Baláže            | TVP Baláže          | Panský Diel                       |
| Popis                    | Pamätná miestnosť | Televízny prevádzač | Telekomunikačný stožiarový objekt |
| Typ stanice              | TS 128            | Mini RS             | Mini RS                           |
| Náklady na zariadenie    | 1 750 000,00 Sk   | 1 050 000,00 Sk     | -                                 |
| Predmontážne úpravy      | 170 000,00 Sk     | 10 000,00 Sk        | -                                 |
| Montáž                   | 65 000,00 Sk      | 28 000,00 Sk        | 2 000,00 Sk                       |
| Spolu                    | 1 985 000,00 Sk   | 1 088 000,00 Sk     | 2 000,00 Sk                       |
| Inžinierska činnosť      | 175 000,00 Sk     |                     |                                   |
| Spolu celkom             | 3 250 000,00 Sk   |                     |                                   |

## 5 Porovnanie jednotlivých riešení

### 5.1 Porovnanie z hľadiska technickej realizácie

#### 5.1.1 Primárna časť prístupovej siete

V našom projekte porovnáme navzájom navrhovanú optickú sieť s vybudovanou rádiovou prístupovou sieťou v primárnej časti prístupovej siete.

Budovanie rádiovkej prístupovej siete spočívalo v nainštalovaní smerovej antény na Panskom Diele a vybudovaní Mini RS stanice s dvoma smerovými anténami na TVP Baláže a stanice TS 128 so smerovou antény v obci Baláže. Budovanie optickej prístupovej siete si vyžadovalo polozenie optického kábla v dĺžke takmer 5 km z obce Priechod do obce Baláže, rozšírenie jednotky OLT v ústrední v B. Bystrici a vybudovanie jednotky ONU-VC v obci Baláže. Z tohto pohľadu je samozrejme, že technické riešenie prístupovej siete rádiovým spojením je oveľa výhodnejšie. Vybudovanie rádiovkej siete je oveľa rýchlejšie ako budovanie optickej siete, vzhľadom na to, že nie sú potrebné žiadne zdĺhavé terénne práce.

Výhodou rádiovkej siete oproti optickej siete je vyhnutie sa terénnych prác v geograficky problémovom prostredí. Nevýhodou rádiovkej siete je však značná závislosť tlmenia od atmosferických vplyvov. Taktiež bolo potrebné zabezpečiť priamu viditeľnosť medzi vysielačom a prijímačom. Dosiahnutie tejto podmienky si vyžadovalo vybudovať retranslačnú stanicu na TVP Baláže.

Ďalšou a najvýznamnejšou nevýhodou použitia rádiovkej prístupovej siete je nízka prenosová kapacita siete. Vzhľadom na charakter účastníkov však v našom prípade nie je tento faktor až tak výrazný. Nepredpokladá sa totiž využívanie širokopásmových služieb.

Dosah optického systému HYTAS bez použitia opakovacej stanice od jednotky OLT po OLD alebo ONU-V je 46 km, použitím kaskády OLD je možný dosah maximálne do vzdialenosti 354 km. V našom prípade je vzdialenosť menšia ako 46 km, čo vyhovuje z hľadiska dosahu systému. Účastnícky terminál môže byť vo vzdialenosti do 4,2 km. Rádiový dosah systému IRT 2000 je približne 1600 km s použitím retranslačných staníc. Použitie retranslačnej stanice je potrebné približne po 50 km. Účastnícka prípojka môže byť od terminálovej stanice až 10 km.

System IRT 2000 umožňuje pripojiť maximálne 480 účastníkov, resp. 30 kanálov s rýchlosťou 64 kbit/s (2 Mbit/s). Pričom spojenie účastníkov pripojených na spoločnú vzdialenú stanicu sa uskutočňuje priamo, bez použitia rádiového spojenia. Hlavnou úlohou je pripojenie účastníkov do verejnej telefónnej siete. System IRT 2000 koncentruje účastníkov. Kapacita systému HYTAS je až 1664 účastníkov, resp. 1664 kanálov s rýchlosťou 64 kbit/s (140 Mbit/s). HYTAS je výlučne distribučný systém a neumožňuje spojovacie funkcie len v miestnej ústredni. To znamená, že sa obsadzujú kanály aj pri spojení účastníkov, ktorí sú pripojení k tomu istému ONU, resp. ONT.

### **5.1.2 Sekundárna časť prístupovej siete**

Vzhľadom na charakter účastníkov je zjavné, že neprichádza do úvahy iný spôsob budovania sekundárnej časti prístupovej siete, ako je použitie medených párov od sieťového rozvádzača, ktorý bol výhodne umiestnený na kraji obce. Použitie optického vlákna až do domu je nereálne. Pokiaľ bolo možné káblová trasa po účastníckej rozvádzači bola realizovaná úložnými káblami. Útlmový plán umožňoval použitie páru s priemerom 0,4.

Sekundárna časť siete umožňuje, aby primárna časť siete bola realizovaná ako aj optickým systémom HYTAS tak aj rádiovým systémom IRT 2000.

## **5.2 Porovnanie z hľadiska ekonomickej realizácie**

Vybudovanie primárnej časti prístupovej siete optickým systémom HYTAS by si vyžadovalo celkové náklady približne vo výške 6 miliónov Sk. Výrazné ušetrenie, minimálne o polovičku ceny, sa dosiahlo využitím už položeného optického kábla v úseku B. Bystrica - Priechod a využitím už systémového riadenia v ústredni B. Bystrica. Inak by cena navrhovanej optickej siete presiahla hodnotu takmer 12 miliónov Sk. Vybudovanie rádiovkej prístupovej siete je oveľa lacnejšie. Náklady na realizáciu primárnej časti prístupovej siete použitím systému IRT 2000 je približne 3,3 milióna Sk.

Pri budovaní optickej prístupovej siete najväčšie náklady pripadajú na výkopy a zemné práce. Samotné zariadenia optickej siete sú výrazne lacnejšie. Náklady na budovanie optickej siete rastú úmerne zo vzdialenosťou od ústredne.

Náklady na budovanie rádiovkej siete sú dané predovšetkým cenou zariadení. Montáž zariadení je výraznejšie lacnejšia. Pri výstavbe rádiovkej siete z ekonomického hľadiska nezáleží na vzdialenosti.

Pri realizácii prístupovej siete z ekonomického hľadiska na zabezpečenie pokrytia vidieckych oblastí z malým počtom účastníkov, ktorí nevyžadujú širokopásmové služby je výhodnejšie použitie rádiovkej siete.

Náklady na vybudovanie sekundárnej časti prístupovej siete v obci Baláže sú vo výške takmer 1,8 milióna Sk. Je zrejme, že náklady na budovanie miestnej siete sú pomerne veľmi vysoké.

### **5.3 Porovnanie z hľadiska možností poskytovaných služieb**

Analýza účastníkov naznačuje, že účastníci v obci Baláže nebudú v blízkej budúcnosti vyžadovať doplnkové úzkopásmové služby a taktiež širokopásmové služby. Účastníci budú využívať iba hlasovú telefónnu službu, poprípade základný prístup ISDN. Vybudovaná sekundárna časť prístupovej siete umožňuje prenášať obe spomínané služby. Použitím DSL technológií by bolo možné prenášať aj iné služby.

Navrhnutá optická prístupová sieť systémom HYTAS 1575 umožňuje poskytovanie všetkých úzkopásmových služieb (analogová, digitálna telefónna prípojka, základný a primárny prístup ISDN a prepojenie prenajatých okruhov do 2Mbit/s) s rýchlosťou až do 2 Mbit/s pre účastníka. Realizovaná rádiová prístupová sieť umožňuje prenos max. 2 Mbit/s metódou TDM/TDMA na jednej nosnej. Systém využíva 30 kanálov na jednej nosnej pričom základný kanál má prenosovú rýchlosť 64 kbit/s. Umožňuje teda len koncentráciu telefónnych účastníkov vo vidieckych oblastiach.

### **5.4 Legislatívna realizácia prístupovej siete**

Nutnosťou pre zriaďovanie a prevádzkovanie verejnej telekomunikačnej siete a teda aj prístupovej siete je udelenie licencie, ktorú udeľuje Telekomunikačný úrad Slovenskej republiky [11]. Telekomunikačný úrad SR na základe žiadosti o



licenciu podanej ST, a. s., podľa § 54 ods.1 zákona č. 195/2000 Z.z. o telekomunikáciách a po splnení zákonom stanovených podmienok vydal dňa 19. júla 2000 podľa ustanovenia § 11 ods. 1 a 2 písm. c) a § 15 až 17 citovaného zákona, licenciu spoločnosti Slovenské telekomunikácie, a. s.

Licencia bola vydaná s platnosťou 20 rokov odo dňa právoplatnosti, ktorá ich oprávňuje na:

- možnosť zriaďovať, prevádzkovať a udržiavať pevnú verejnú telekomunikačnú sieť;
- možnosť poskytovať všetky druhy telekomunikačných služieb prostredníctvom pevnej verejnej telekomunikačnej siete;
- prostredníctvom rádiových telekomunikačných zariadení (vrátane satelitných zariadení) poskytovať tie telekomunikačné služby, ktoré oprávnené poskytoval pred dňom vydania tejto licencie.

Všetky vybrané telekomunikačné zariadenia a technológie, ktoré sa využívajú na budovanie sietí, musí schváliť Telekomunikačný úrad SR [11]. Prevádzkovať a uvádzať na trh telekomunikačné zariadenia, možno len po schválení ich technickej spôsobilosti. Vybranými telekomunikačnými zariadeniami sú:

- telekomunikačné zariadenia, ktoré sú súčasťou verejnej telekomunikačnej siete,
- koncové telekomunikačné zariadenia, ktoré sa priamo alebo nepriamo pripájajú na koncové body verejnej telekomunikačnej siete,
- rádiové zariadenia a antény, okrem zariadení amatérskej rádiokomunikačnej služby.

Pri realizácii optickej siete je potrebné vykonať terénne práce, ktoré musia byť povolené. Je preto potrebné zabezpečiť:

- Vyjadrenie o existencii podzemných telekomunikačných vedení a zariadení od Oblastného strediska prenosovej techniky Zvolen
- Povolenie Odboru životného prostredia, oddelenie ochrany prírody a krajiny Okresného úradu B. Bystrica
- Povolenie Odboru životného prostredia, oddelenie odpadového hospodárstva Okresného úradu B. Bystrica
- Súhlas Odboru dopravy a cestného hospodárstva Okresného úradu B. Bystrica

- Súhlas štátneho okresného hygienika Okresného úradu B. Bystrica
- Súhlas Obecného úradu Baláže
- Vyjadrenie investorského útvaru mesta B. Bystrica
- Vyjadrenie Stredoslovenských vodární a kanalizácií š.p., Odštepny závod B. Bystrica
- Vyjadrenie Stredoslovenských energetických závodov, Rozvodný závod B. Bystrica
- Stanovisko Slovenského plynárenského priemyslu, Odštepny závod Zvolen
- Stanovisko Odboru civilnej ochrany obyvateľstva Okresného úradu B. Bystrica
- Stanovisko Odboru požiarnej ochrany Okresného úradu B. Bystrica
- Vyjadrenie Slovenskej správy ciest, Správa a údržba B. Bystrica
- Vyjadrenie Slovenskej správy ciest, Investorský útvar B. Bystrica
- Vyjadrenie Slovenského vodohospodárskeho podniku, Odštepny závod povodie Hrona, B. Bystrica

Pri budovaní rádiovkej siete základnou právnou normou v Slovenskej republike v odbore telekomunikácií je zákon č. 195/2000 Z.z. o telekomunikáciách. Tento zákon stanovuje, že rádiové zariadenie, na ktorého prevádzkovanie je potrebné pridelit' frekvencie alebo určit' obmedzujúce podmienky prevádzky, možno prevádzkovať len na základe povolenia.

To znamená, že pri budovaní rádiovkej siete je potrebné získať povolenie na prevádzkovanie rádiových zariadení od Telekomunikačného úradu SR.

Pri navrhovaní riešenia siete, pri realizácii všetkých montážnych prác a inštalovaní zariadení, je potrebné dodržiavať platné normy Slovenskej republiky.

## 6 Záver

Mojou snahou v tejto diplomovej práci bolo analyzovať súčasné možnosti budovania prístupových sietí, jednotlivé technológie, navrhnúť prístupovú sieť pre obec Baláže a porovnať toto riešenie s inými riešeniami.

V prvej kapitole Prístupová sieť som definoval prístupovú sieť, popísal som jej základné vlastnosti, funkčnú a fyzickú architektúru. Stručne som vysvetlil princíp a základné vlastnosti jednotlivých metód viacnásobného prístupu na spoločné médium.

V ďalšej kapitole som analyzoval jednotlivé typy prístupových sietí, ktoré sú momentálne perspektívne. Mojou snahou bolo podať stručný obraz o jednotlivých prístupových technológiách, v závislosti od druhu použitého média. Pochopenie jednotlivých vlastností daných technológií umožňuje vybrať tú najvhodnejšiu pri návrhu prístupovej siete pre konkrétnu oblasť.

V predposlednej kapitole sa zaoberám riešením prístupovej siete. Skutočnému návrhu siete predchádza analýza zákazníkov, požadovaných služieb a analýza aktuálneho stavu. Sekundárna časť prístupovej siete v obci Baláže je už navrhnutá. Mojou úlohou bola technická a ekonomická analýza tejto siete a reálne vyhodnotenie ekonomických nákladov vzhľadom na aktuálne ceny.

Konkrétne riešenie primárnej časti prístupovej siete som navrhol využitím optického systému HYTAS 1575. Výhodou realizácie tohto systému by bola ekonomická úspora vzhľadom na už čiastočné vybudovanie trasy medzi ústredňou v B. Bystrici a obcou Priechod. Avšak ekonomickou analýzou už vybudovanej primárnej časti prístupovej siete rádiovým systémom IRT 2000, je zjavné, že optická prístupová sieť je oveľa nákladnejšia. Taktiež popisujem technickú realizáciu rádiovkej prístupovej siete, ktorá je už vybudovaná a dnes sa používa.

V poslednej kapitole sa venujem porovnaniu jednotlivých riešení z hľadiska technickej a ekonomickej realizácie. Porovnávam tak navrhovanú optickú prístupovú sieť realizovanú systémom HYTAS 1575 s už vybudovanou rádiovou

prístupovou sieťou, realizovanou systémom IRT 2000 v primárnej časti prístupovej siete. Rádiová prístupová sieť je výhodnejšia na zabezpečenie prístupu k VTS ako optická sieť. Výhodou rádiovej siete sú nie len nižšie náklady na budovanie, ale aj výraznejšia flexibilita a samotné rýchlejšie budovanie siete. Výhodou optickej siete je však väčšia kapacita siete.

Optická sieť však umožňuje poskytnutie vyšších služieb ako rádiová sieť. Rádiová sieť umožňuje len základné služby. Analýza zákazníkov však nepredpokladá využívanie iných služieb.

Miestna sieť je budovaná použitím metalických vedení. V dnešnej dobe je pre daných zákazníkov takáto sieť najvhodnejším riešením. Realizácia optického vlákna po dom nie je reálna.

Z legislatívneho hľadiska budovanie optickej siete je náročnejšie ako budovanie rádiovej siete. Pri budovaní optickej siete zemnými prácami je potrebné zabezpečiť množstvo povolení, čo je dnes pomerne zdĺhavé.

## Zoznam použitej literatúry

- [1] Blunár, K., Diviš, Z., Telekomunikačné siete, časť I, učebný text, EDIS vydavateľstvo Žilinskej univerzity v Žiline, 2000
- [2] Blunár, K., Diviš, Z., Telekomunikačné siete, časť IV, učebný text, EDIS vydavateľstvo Žilinskej univerzity v Žiline, 2000
- [3] Vaculík, M., Prístupové siete, EDIS vydavateľstvo Žilinskej univerzity v Žiline, 2000
- [4] Zásady výstavby telekomunikačných sietí- výstavba prístupových sietí, Slovenské telekomunikácie, š.p., Bratislava, 1998
- [5] Klimo, M., a kol., Širokopásmové siete, EDIS vydavateľstvo Žilinskej univerzity v Žiline, 1999
- [6] 4. medzinárodná vedecká konferencia TELEKOMUNIKÁCIE '98, Dom techniky ZSVTS Bratislava s.r.o., 1998
- [7] Projekt Baláže, rozšírenie mts, Slovenské telekomunikácie, š.p., OZ RTSS Banská Bystrica, arch. č. 66/97, 1998
- [8] Hybridný prístupový systém Hytas Alcatel 1575 AN, texty školenia, Tesla Liptovský Hrádok, a.s., 1998
- [9] Technical Project, Balaže Extension, Banská Bystrica Network, Slovak Telecom, 1998
- [10] Survey Report, Balaže Extension, Banská Bystrica Network, Slovak Telecom, 1999

### Internet

- [11] [www.teleoff.gov.sk/index.htm](http://www.teleoff.gov.sk/index.htm)
- [12] [www.telecom.sk](http://www.telecom.sk)
- [13] [www.stonline.sk](http://www.stonline.sk)
- [14] [www.svetsiti.cz](http://www.svetsiti.cz)

## Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že som zadanú diplomovú prácu vypracoval samostatne, pod odborným vedením vedúceho diplomovej práce Ing. Jána Hrončiaka a použil som len literatúru uvedenú v práci.

Súhlasím so zapožičiavaním diplomovej práce.

V Žiline dňa:

.....

podpis diplomanta

## **POĎAKOVANIE**

Touto cestou ďakujem vedúcemu záverečnej práce Ing. Jánovi Hrončiakovi za cenné rady , odborné vedenie a pomoc pri vypracovaní záverečnej práce.