

## ČASŤ 3

# B-ISDN - ŠIROKOPÁSMOVÁ DIGITÁLNA SIEŤ INTEGROVANÝCH SLUŽIEB NA BÁZE ATM

### 3.1 POŽIADAVKY NA B-ISDN

Zavedením ISDN sa realizovala prvá univerzálna sieť, ktorá dokáže prenášať a prepájať väčšinu súčasných služieb. ISDN však nie je rovnako vhodná pre všetky služby a tak niektoré signály prenáša neefektívne. Akonáhle sa v ISDN zriadi prenosový kanál, nie je možná jeho zmena počas trvania spojenia. V prípade, že sa v takom kanále prenáša signál s variabilnou rýchlosťou prenosu, musí byť šírka kanála nastavená na maximálnu rýchlosť signálu a tak je vlastne kanál väčšinu času nevyužitý. Základný B-kanál v ISDN je 64 kbit/s, čo nie je dostatočné pre veľmi rýchle signály ako počítačové dáta, alebo video. Je možné spájať viacero kanálov paralelne, ale pri veľkom počte paralelných kanálov sa musí udržiavať synchronizácia medzi kanálmi, čo spôsobuje problémy pri prenose aj spojovaní. Preto sa rýchle a dátové signály prenášajú odlišnými sieťami (distribúcia televízneho signálu, alebo počítačové siete).

Dátové siete umožňujú vysokú rýchlosť prenosu, ktorá dnes pri sieťach MAN (Metropolitan Area Network) dosahuje viac ako 100 Mbit/s. Dátové siete majú paketový charakter a bez zvláštnych opatrení nezaručujú konštantné oneskorenie signálu v sieti. To je nežiaduce pre synchronne (izochronne) signály a signály v reálnom čase, ktoré vyžadujú časovo transparentný prenos.

Skutočne univerzálna sieť musí preto zohľadňovať asynchrónny aj synchronný charakter signálu, rôzne (aj variabilné) prenosové rýchlosti a heterogénnosť koncových terminálov. Požiadavky na univerzálnu sieť môžeme definovať nasledovne:

**1. Nezávislosť na službe.** Sieť musí prenášať a prepájať všetky služby rovnako efektívne. Znamená to, že musí byť nezávislá na type koncového terminálu. Je preto potrebné definovať univerzálne účastnícke rozhranie UNI s protokolovou štruktúrou a prístupovými bodmi pre všetky dnešné, aj v budúcnosti očakávané služby.

**2. Nezávislosť na rýchlosti.** Sieť musí akceptovať všetky rýchlosti koncových terminálov, včítane variabilných prenosových rýchlostí. Z toho vyplýva, že aj prenosový kanál musí mať variabilnú šírku pásma, pretože v prípade konštantnej šírky pásma prenosového kanála je sieť pre signály s variabilnou rýchlosťou neefektívna. Súčasná požiadavka na dátové prenosy a distribúciu televízneho signálu sa pohybujú okolo 150 Mbit/s. V porovnaní s ISDN (2B+D kanál, t.j. 144 kbit/s) je pre B-ISDN už dnes požadovaná rýchlosť kanála minimálne 1000 krát vyššia.

**3. Prenos dátových signálov.** Asynchrónny dátový prenos je základom počítačovej komunikácie. B-ISDN by mala byť chrbtovou kosťou pre vzájomné prepojenie počítačových sietí LAN a dátových sietí MAN. Dátový prenos je preto nevyhnutnou podmienkou činnosti B-ISDN.

**4. Prenos synchronných (izochronných) signálov.** Najrozšírenejšou telekomunikačnou službou je dnes sprostredkovanie hlasovej komunikácie prostredníctvom telefónneho spojenia. Telefónny hovor je synchronný signál v reálnom čase a požaduje transparentný prenos. Distribúcia video signálu musí mať tiež definované časové vzťahy medzi vysielačom a prijímačom. Telefónne spojenie aj šírenie televíznych programov tiež budú dôležitou súčasťou B-ISDN a tak sieť musí spoľahlivo prenášať aj synchronne signály.

**5. Spojovo orientovaná prevádzka (connection-oriented)** - je prevádzka, ktorá predpokladá pred informačnou výmenou nadviazanie spojenia. Všetky interaktívne služby, spojenia s bankami dát a tiež niektoré počítačové komunikácie s distribuovaným processingom požadujú tento druh prevádzky.

**6. Prevádzka bez spojovej orientácie (connectionless).** Pri málo frekventovanej dátovej komunikácii nie je vždy účelné nadviazovať spojenie. Každý paket nesie dostatočnú informáciu na prechod sieťou. Typický príklad je datagramová služba. B-ISDN ako dátová sieť musí podporovať aj takéto služby.

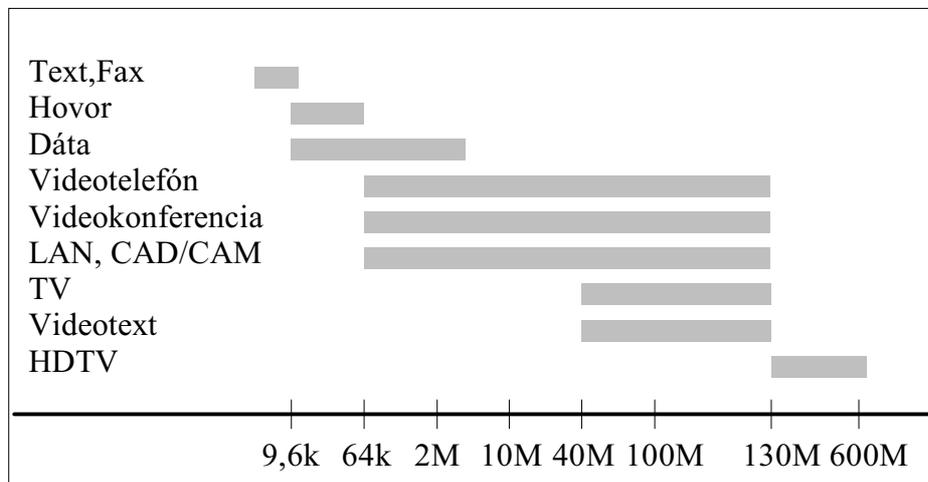
**7. Spoločný a bezchybný prenos.** To je jedna zo základných požiadaviek na komunikačnú sieť. Nie všetky signály sú rovnako citlivé na poruchy počas prenosu. Sieť preto musí poskytovať prenos odpovedajúci službe s najprísnejšími požiadavkami, alebo musí pri prenose rozlišovať požiadavky na kvalitu prenosu daného signálu.

**8. Spolupráca so súčasnými sieťami.** Je pravdepodobné, že ako pri ISDN, aj pri B-ISDN budú vznikať najprv izolované ostrovy, ktoré sa budú postupne prepájať a rozširovať. Spolupráca s existujúcimi sieťami je preto nutnou podmienkou komplexného fungovania národných sietí.

**9. Bezpečnosť do budúcnosti.** Univerzálnosť siete by sa mala prejaviť aj v tom, že dokáže v budúcnosti akceptovať služby, ktoré dnes ešte neexistujú. To si vyžaduje flexibilný prenosový mód a spôsob prepájania signálu v sieti.

**10 Štandarizácia.** Pre úspešné zavedenie B-ISDN je nutná štandarizácia v celosvetovom meradle. Koncové terminály sa tak stanú prenosné v národnom aj medzinárodnom meradle.

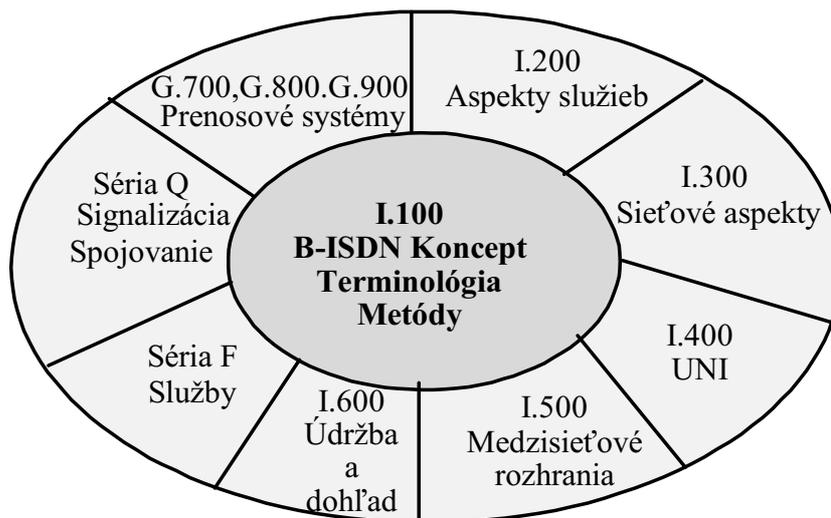
Na Obr.3.1.1 sú naznačené požadované služby a ich rýchlosti, ktoré sú aktuálne pri zavedení B-ISDN.



Obr.3.1.1

### 3.2 ODPORÚČANIA CCITT PRE B-ISDN

V roku 1983 začal intenzívny výskum v oblasti transfer módu pre B-ISDN. Roku 1985 sa inicializoval šandarizačný proces na pôde CCITT (Study Group VIII) a v ETSI NA5. Zo začiatku bol nový transfer mód pre B-ISDN nazývaný ako *New Transfer Mode* a následne bol prijatý názov *PTM - Packet Transfer Mode*. Na stretnutí CCITT v Soule v roku 1988 bol vybratý jeden z navrhovaných variantov a nazvaný *ATM - Asynchronous Transfer Mode*. V júni 1990 CCITT Study Group VIII odsúhlasila názvy základných odporúčaní pre B-ISDN. Prehľad Odporúčaní pre B-ISDN je na [Obr.3.2.1](#).



Obr.3.2.1

Všeobecné aspekty, terminológiu a všeobecné metódy v B-ISDN popisujú Odporúčania série *I.100*.

Odporúčania série *I.200* sa zaoberajú aspektami služieb. Klasifikujú a definujú služby v B-ISDN a požiadavky na ich kvalitu.

Sieťovými aspektami sa zaoberajú Odporúčania *I.300*. Definujú referenčný protokolový model B-ISDN, popisujú vrstvy modelu a riadenie prevádzky v sieti.

Obsahom Odporúčaní série *I.400* je používateľské rozhranie UNI - User Network Interface.

Princípy spolupráce B-ISDN s inými sieťami definujú Odporúčania série *I.500*.

Dohľad a údržba siete je predmetom Odporúčaní série *I.600*.

Odporúčania *Série Q* sa zaoberajú signalizáciou a spojovaním v B-ISDN. Spojovanie aj signalizácia v B-ISDN má odlišný charakter ako v doterajších sieťach (ISDN).

Všeobecnými aspektami digitálnych prenosových systémov pre B-ISDN sa zaoberajú odporúčania *G.700*. Je v nich aj popis prenosu B-ISDN signálu cez súčasné prenosové systémy.

Odporúčania *G.800* a *G.900* sa týkajú tiež prenosových systémov, hlavne transportom B-ISDN signálu cez SDH - Synchronous Digital Hierarchy.

Odporúčania *Série F* sú venované širokopásmovým službám. Sú to hlavne širokopásmové transportné služby spojovo orientované a bez spojovej orientácie.

ATM je založené na Odporúčaní CCITT, ktorých základná časť je súčasťou Modrých kníh (Blue Books) z roku 1988. CCITT bolo potom premenované na ITU - International Telecommunications Union, ktorého telekomunikačná šandarizačná sekcia

ITU-T (alebo ITU-TS, ITU-TSS, t.j. ITU Telecommunications Standardization Sector), prebrala štandardizačné aktivity CCITT. Často sa však do dnešného dňa Odporúčania označujú ako CCITT.

Jedným zo základných problémov štandardizácie na pôde CCITT (ITU) je malá pružnosť. CCITT zasadalo každé 4 roky. Po tomto zasadaní boli vydané Odporúčania ako súbor kníh označovaných aj farbou (Žlté knihy z roku 1984, Modré knihy z roku 1988, atď.). Štvorročný cyklus sa stal neprijateľne dlhý pre súčasný rýchly rozvoj techniky, navyše vznikol problém pri hlasovaní o prijatí štandardov. Postačovalo, ak jeden z členov CCITT nesúhlasil s navrhovaným štandardom, ten bol vrátený na prerokovanie. To ešte predlžovalo cyklus prijatia štandardu.

Najmä technika ATM poukázala na spomínanú nepružnosť. Technikou ATM sa začali zaoberať aj výrobcovia počítačovej techniky, ktorí požadovali zjednotenie štandardov v rýchlejších ako štvorročných cykloch. Preto sa skupina výrobcov a prevádzkovateľov ATM techniky rozhodla zriadiť orgán, ktorý by mal napomáhať rozvoju a rýchlejšej štandardizácii ATM techniky.

### 3.2.1. ATM Forum

V októbri 1991 sa z iniciatívy štyroch amerických spoločností - Adaptive, Cisco, NTI a US Sprint - založila nezisková organizácia pre rozvoj a štandardizáciu ATM techniky - ATM Forum. ATM Forum pracuje na princípe väčšiny, to znamená, že nesúhlas jedného člena pri odsúhlasovaní štandardu nespôsobí jeho oneskorenie, ak väčšina ostatných členov je za jeho prijatie. ATM Forum nie je štandardizačný orgán v pravom slova zmysle. Má slúžiť na akceleráciu vývoja a hlavne zavedenia ATM techniky. Záujem je aj na tom, aby štandardy prijaté na pôde ATM Forum, boli neskôr prijaté aj na pôde ITU-T, ktoré je skutočne štandardizačným subjektom.

ATM Fórum zaznamenalo v posledných rokoch nebyvalý rozvoj a dnes sú jeho členom prakticky všetci výrobcovia ATM techniky, prevádzkovatelia ATM sietí a mnohí používatelia ATM techniky a služieb. K členom patria tiež vedecké ustanovizne, školy a výskumné centrá. Hoci ATM Fórum vzniklo v USA, má dnes celosvetový charakter. Počet členov je dnes viac ako 900.

Členovia ATM Forum sa delia na principiálnych (principal), poradných (auditing) a používateľov (user). Principiálni členovia sú tvorení z najvýznamnejších výrobcov a ako takí sú najviac viazaní k prijatým štandardom. Iba oni môžu hlasovať pri prijímaní dôležitých dokumentov ATM Forum. Ostatní členovia majú menšie právomoci v rámci organizácie. O postavení člena (principal, auditing, alebo user) rozhoduje výška členského v organizácii. Základné informácie o organizácii je možné nájsť v Internete na verejne prístupnej domácej stránke <http://www.atmforum.com>, pre členov ATM Forum je určená neverejná adresa <http://www=mo.atmforum.com>.

ATM Forum riadi sedemčlenná riaditeľská rada (Board of Directors). Tá ma pod sebou tri sekcie a to:

- Market Awareness Commitee,
- . User Commitee,
- Technical Commitee.

#### *Market Awareness Commitee*

Táto sekcia má marketingovú a vzdelávaciu funkciu a jej úlohou je rozširovať vedomosti a zabezpečovať akceptanciu ATM techniky. Zabezpečuje výmenu informácií medzi Technical Commitee a User Commitee, vydáva pravidelné publikácie ATM Forum *53 Bytes* a *ATM*

*Forum newsletter*, koordinuje verejné aktivity ATM Forum, demonštrácie a výstavy. Táto sekcia má lokálne podsekcie v jednotlivých častiach sveta a to:

- Asia-Pacific (APMAC)
- Europe (EMAC)
- North America (NAMAC)

#### *User Committee*

Táto sekcia vznikla v roku 1993 a tvoria ju koncoví používatelia ATM techniky. Úzko spolupracuje s Market Awareness and Education Committee, aby špecifikácie ATM Forum skutočne odrážali potreby používateľov ATM techniky.

#### *Technical Committee*

Z technického hľadiska a z hľadiska špecifikácií je podstatnou sekciou Technical Committee, ktorá má niekoľko pracovných skupín. Jednotlivé pracovné skupiny definujú technické špecifikácie, ktoré sú potom zverejňované ako Approved Specifications ATM Forum. Prijaté špecifikácie sú k dispozícii na verejne prístupnom ftp serveri s adresou <ftp://ftp.atmforum.com/pub/approved-specs/>.

Špeciálnou aktivitou ATM Forum je tzv. *Ambassador Program*. Táto aktivita slúži na propagovanie ATM Forum na báze osobných misí ambasádorov. V prípade konania konferencie, seminára, výstavy je možné požiadať o vystúpenie ambasádora, ktorý pripraví prezentáciu v súlade s obsahom podujatia. Ambasádorom sa môže stať zástupca člena ATM Forum, podmienkou je však, že člen musí byť principiálny a kandidát (ambasádor) sa musí pravidelne zúčastňovať jednaní sekcie Technical Committee.

### **3.2.1.1. Technické špecifikácie ATM Forum**

Sekcia Technical Committee sa stretáva každé 2 mesiace na rôznych miestach po celom svete. Približne 500 ľudí sa zúčastňuje týchto jednaní, čo je zárukou širokého spektra záujmov a poznatkov. Technické príspevky sú zasielané účastníkom dopredu elektronicky, čo umožňuje štúdium materiálov pred jednaním. Po diskusii a hlasovaní sú odporúčané dokumenty zasielané členom ATM Forum na prehladnutie a schválenie. Ďalej sú uvedené názvy jednotlivých pracovných skupín v rámci Technical Committee a špecifikácie, ktoré skupiny vypracovali a sú v súčasnosti schválené (do októbra 1999). Niektoré skupiny postupne zanikli a vznikali nové skupiny. Za každou špecifikáciou je uvedený v zátvorke aj názov súboru, pod ktorým sa špecifikácia nachádza na serveri <ftp://ftp.atmforum.com/pub/approved-specs/> a rok, kedy bola špecifikácia vydaná.

**Physical Layer (PHY) Group** - sa zaoberá prenosom ATM signálu na všetkých druhoch fyzického média (optické vlákno, krútený pár a pod.).

Špecifikácie:

- 44.736 DS3 Mbps Physical Layer 100 Mbps Multimode Fiber Interface, Physical Layer 155.52 Mbps SONET STS-3c, Physical Layer 155.52 Mbps Physical Layer (*af-uni-0010.002*), - vydané ako časť UNI 3.1,
- ATM Physical Medium Dependent Interface, Specification for 155 Mbit/s over Twisted Pair Cable (*af-phy-0015.000*), 1994
- DS1 Physical Layer Specification (*af-phy-0016.000*), 1994
- Utopia - Universal Test and Operations Physical Layer Interface for ATM - level 1 v2.01 (*af-phy-0017.000*), 1994

- Mid-range Physical Layer Specification for Category 5 Unshielded Twisted Pair (*af-phy-0018.000*), 1994
- 6,312 Kbit/s UNI Specification (*af-phy-0029.000*), 1995
- E3 UNI (*af-phy-0034.000*), 1995
- Utopia Level 2 v1.0 (*af-phy-0039.000*), 1995
- Physical Interface Specification for 25,6 Mbit/s over Twisted Pair (*af-phy-0040.000*), 1995
- A Cell-based Transmission Convergence Sublayer for Clear Channel Interfaces (*af-phy-0043.000*), 1996
- 622,08 Mbit/s Physical Layer (*af-phy-0046.000*), 1996
- 155,52 Mbit/s Physical Layer Specification for Category 3 UTP (*af-phy-0047.000*), 1995
- 120 Ohm Addendum to ATM PMD Interface Specification for 155 Mb/s over TP (*af-phy-0053.000*), 1996
- DS3 Physical Layer Interface Specification (*af-phy-0054.000*), 1996
- 155 Mb/s over MMF Short Wave Length Lasers, Addendum to UNI 3.1 (*af-phy-0062.000*), 1996
- WIRE (PMD to TC Layers) (*af-phy-0063.000*), 1996
- E1 (*af-phy-0064.000*), 1996
- 155 Mbps over Plastic Optical Fiber (POF) Version 1.0 (*af-phy-0079.000*), 1997
- 155 Mbps over Plastic Optical Fiber and Hard Polymer Clad Fiber PMD Specification Version 1.1 (*af-phy-0079.001*), 1999
- Inverse ATM Mux Version 1.0 (*af-phy-0086.000*), 1997
- Inverse Multiplexing for ATM (IMA) Specification Version 1.1 (*af-phy-0086.001*), 1999
- Physical Layer High Density Glass Optical Fiber Annex (*af-phy-0110.000*), 1999
- 622 and 2488 Mbit/s Cell Based Physical Layer (*af-phy-0128.000*), 1999
- ATM on Fractional E1/T1 (*af-phy-0130.000*), 1999
- 2,4 Gbps Physical Layer Specification (*af-phy-0133.000*), 1999
- Physical Layer Control (*af-phy-0134.000*), 1999

**Service Aspects and Application (SAA) Group** - sa zaoberá službami, ktoré používateľovi poskytuje ATM sieť.

Špecifikácie:

- Frame UNI (*af-saa-0031.000*), 1995
- Circuit Emulation (*af-saa-0032.000*), 1995
- Native ATM Services: Semantic Description (*af-saa-0048.000*), 1996
- Audio/Video Multimedia Services: Video on Demand Specification (*af-saa-0049.000*), 1996
- ATM Names Service (*af-saa-0069.000*), 1996
- FUNI 2.0 (*af-saa-0088.000*), 1997
- Native ATM Services DLPI Addendum Version 1.0 (*af-saa-0091.000*), 1998
- API Semantics for Native ATM Services (*af-saa-0108.000*), 1999
- FUNI Extensions for Multimedia (*af-saa-0109.000*), 1999
- H.323 Media Transport over ATM (*af-saa-0124.000*), 1999

**Private Network Node Interface (P-NNI) Group** - sa zaoberá špecifikáciami pre ATM siete, ktoré nemajú rozhranie k verejnej sieti. V súčasnosti už nie je vedená ako pracovná skupina.

Špecifikácie:

- Interim Inter-Switch Signaling Protocol (*af-pnni-0026.000*), 1994
- P-NNI V1.0 (*af-pnni-0055.000*), 1996
- P-NNI V1.0 Addendum (*af-pnni-0066.000*), 1996
- PNNI ABR Addendum (*af-pnni-0075.000*), 1997
- PNNI v1.0 Errata and PICs (*af-pnni-0081.000*), 1997

**Network Management (NM) Group** - sa zaoberá špecifikáciami pre hardware a software pre prostriedky managementu ATM sietí.

Špecifikácie:

- Customer Network Management (CNM) for ATM Public Network Services (*af-nm-0019.000*), 1994
- M4 Interface Requirements and Logical MIB (*af-nm-0020.000*), 1994
- M4 Interface Requirements and Logical MIB: ATM Network Element View (*af-nm-0020.001*), 1998
- CMIP Specification for the M4 Interface (*af-nm-0027.000*), 1995
- CMIP Specification for the M4 Interface: ATM Network Element View, Version 2 (*af-nm-0027.001*), 1999
- M4 Public Network View (*af-nm-0058.000*), 1996
- M4 Interface Requirements and Logical MIB: ATM Network Element View, Version 2 (*af-nm-0058.001*), 1999
- M4 „NE View“ (*af-nm-0071.000*), 1997
- Circuit Emulation Service Interworking Requirements, Logical and CMIP MIB (*af-nm-0072.000*), 1997
- M4 Network View CMIP MIB Spec v1.0 (*af-nm-0073.000*), 1997
- M4 Network View Requirements and Logical MIB Addendum (*af-nm-0074.000*), 1997
- ATM Remote Monitoring SNMP MIB (*af-nm-0080.000*), 1997
- SNMP M4 Network Element View MIB (*af-nm-0095.001*), 1998
- Network Management M4 Security Requirements and Logical MIB (*af-nm-0103.000*), 1999
- Auto-configuration of PVCs (*af-nm-0122.000*), 1999

**Traffic Management (TRAFFIC) Group** - sa zaoberá prevádzkou a riadením zaťaženia v ATM sieti.

Špecifikácie:

- Traffic Management 4.0 (Uvádzané ako špecifikácie pri UNI skupine, (*af-uni-0010.002*))
- Traffic Management 4.0 (*af-tm-0056.000*), 1996
- Traffic Management ABR Addendum (*af-tm-0077.000*). 1997
- Traffic Management 4.1 (*af-tm-0121.000*). 1999

**Data Exchange Interface (DXI) Group** - sa zaoberá rozhraním pre výmenu dát a delením úloh pre jednotlivé zariadenia pri spojení v sieti ATM. V súčasnosti už nie je vedená ako pracovná skupina.

Špecifikácie:

- Data Exchange Interface v 1.0 (*af-dxi-0014.000*), 1993

**Signaling (SIG) Group** - sa zaoberá signalizáciou pre všetky typy ATM zariadení.

Špecifikácie:

- UNI Signaling 4.0 (*af-sig-0061.000*), 1996
- Signaling ABR Addendum (*af-sig-0076.000*), 1997

Uvádzané tiež v UNI skupine - (*af-uni-0010.002*),

**Control Signaling Group** – nahradila skupinu Signaling po roku 1998

Špecifikácie:

- PNNI Addendum on PNNI/B-QSIG Interworking and Generic Functional Protocol for the Support of Supplementary Services (*af-cs-0102.000*), 1998
- Addressing Addendum for UNI Signaling 4.0 (*af-cs-0107.000*), 1999
- PNNI Transported Address Stack, Version 1.0 (*af-cs-0115.000*), 1999
- PNNI Version 1.0 Security Signaling Addendum (*af-cs-0116.000*), 1999
- UNI Signaling 4.0 Security Addendum (*af-cs-0117.000*), 1999
- ATM Inter-Network Interface (AINI) Specification (*af-cs-0125.000*), 1999
- PNNI Addendum for Generic Application Transport Version 1.0 (*af-cs-0126.000*), 1999
- PNNI SPVC Addendum Version 1.0 (*af-cs-0127.000*), 1999

**Testing (TEST) Group** - sa zaoberá zhodou zariadení jednotlivých výrobcov s prijatými štandardami a kompatibilitou zariadení rôznych výrobcov.

Špecifikácie:

- Introduction to ATM Forum Test Specifications (*af-test-0022.000*), 1994
- PICS Proforma for the DS3 Physical Layer Interface (*af-test-0023.000*), 1994
- PICS Proforma for the SONET STS-3c Physical Layer Interface (*af-test-0024.000*), 1994
- PICS Proforma for the 100 Mbit/s Multimode Fibre Physical Layer Interface (*af-test-0025.000*), 1994
- PICS Proforma for the ATM Layer (UNI 3.0) (*af-test-0028.000*), 1995
- Conformance Abstract Test Suite for ATM Layer for Intermediate Systems (*af-test-0030.000*), 1995
- Interoperability Test Suite for the ATM Layer (UNI 3.0) (*af-test-0035.000*), 1995
- Interoperability Test Suites for Physical Layer: DS-3, STS-3c, 100 Mb/s NMF (*af-test-0036.000*), 1995
- PICS for DS1 Physical Layer (*af-test-0037.000*), 1995
- Conformance Abstract Tests Suite for the ATM Layer (End Systems) UNI 3.0 (*af-test-0041.000*), 1996
- PICS for AALS (ITU Specifications) (*af-test-0042.000*), 1996
- PICS Proforma for the 51.84 Mbit/s Mid-range Physical Layer Interface (*af-test-0044.000*), 1996
- Conformance Abstract Test Suite for the ATM Layer of Intermediate Systems (UNI 3.1) (*af-test-0045.000*), 1996
- PICS for the 25.6 Mbit/s over Twisted Pair Cable (UTP-3) Physical Layer (*af-test-0051.000*), 1996
- PICS for ATM Layer (UNI 3.1) (*af-test-0059.000*), 1996
- Conformance Abstract Test Suite for the UNI 3.1 ATM Layer of End Systems (*af-test-0060.000*), 1996

- Conformance Abstract Test Suite of the SSCOP for UNI 3.1 (*af-test-0067.000*), 1996
- SSCOP Conformance Abstract Test Suite, Version 1.1 (*af-test-0067.001*), 1996
- PICS for the 155 Mbit/s over Twisted Pair Cable (UTP-5/STP-5) Physical Layer (*af-test-0070.000*), 1996
- PICS for Direct Mapped DS3 (*af-test-0082.000*), 1997
- Conformance Abstract Test Suite for Signaling (UNI 3.1) for the Network Side (*af-test-0090.000*), 1997
- ATM Test Access Function (ATAP) Specification Version 1.0 (*af-test-0094.000*),
- PICS for Signaling (UNI v3.1) – User Side (*af-test-0097.000*), 1998
- Interoperability Test for PNNI Version 1.0 (*af-test-0111.000*), 1999
- PICS Platforma for UNI 3.1 Signalling (Network Side) (*af-test-0118.000*), 1999
- ATM Forum Performance Testing Specification (*af-test-0131.000*), 1999

**Broadband ISDN Inter-Carrier (B-ICI) Group** - sa zaoberá vzájomnou kompatibilitou rôznych verejných ISDN sietí. V súčasnosti nie je vedená ako pracovná skupina.

Špecifikácie:

- B-ICI 1.0 (*af-bici-0013.000*), 1993
- B-ICI 1.1 (*af-bici-0013.001*), 1993
- B-ICI 2.0 (delta pec to B-ICI 1.1) (*af-bici-0013.002*), 1994
- B-ICI 2.0 (integrated specification) (*af-bici-0013.003*), 1995
- B-ICI 2.0 (Addendum or 2.1) (*af-bici-0068.000*), 1996

**Local Area Network Emulation Services (LES) Group** - sa zaoberá konektivitou lokálnych počítačových sietí LAN s verejnými a privátnymi sieťami ATM.

Špecifikácie:

- LAN Emulation over ATM 1.0 (*af-lane-0021.000*), 1995
- LAN Emulation Client Management Specification (*af-lane-0038.000*), 1995
- LANE 1.0 Addendum (*af-lane-0050.000*), 1995
- LANE Servers Management Specification v 1.0 (*af-lane-0057.000*), 1996
- LANE v2.0 LUNI Interface (*af-lane-0084.000*), 1997
- LAN Emulation Client Management Specification, Version 2 (*af-lane-0093.000*), 1998
- LAN Emulation over ATM Version LNNI Specification (*af-lane-0112.000*), 1998
- Multi-Protocol over ATM Specification v1.0 (*af-mpoa-0087.000*), 1997
- Multi-Protocol over ATM Version 1.0 MIB (*af-mpoa-0092.000*), 1998
- Multi-Protocol over ATM Specification v1.1 (*af-mpoa-0114.000*), 1999
- MPOA v 1:1 Addendum on VPN Support (*af-mpoa-0129.000*), 1999

**User Network Interface (UNI) Group** - sa zaoberá rozhraním používateľ- sietí, ktoré je základným rozhraním pre používateľa ATM siete. V súčasnosti nie je vedená ako pracovná skupina.

Špecifikácie:

- ATM User Network Interface Specification V2.0 (*af-uni-0010.000*), 1992
- ATM User Network Interface Specification V3.0 (*af-uni-0010.001*), 1993
- ATM User Network Interface Specification V3.1 (*af-uni-0010.002*), 1994
- ILMI MIB for UNI 3.0 (*af-uni-0011.000*),
- ILMI MIB for UNI 3.1 (*af-uni-0011.001*),
- Traffic Management (*af-uni-0056.000*).

**Integrated Layer Management Interface (ILMI) Group.** V súčasnosti nie je vedená ako pracovná skupina.

Špecifikácie:

- ILMI 4.0 (*af-ilm-0065.000*).1996

**Security Group.** Nová skupina, ktorá vznikla v roku 1998 a zaoberá sa bezpečnosťou v ATM sieti.

Špecifikácie:

- ATM Security Framework Version 1.0 (*af-sec-0096.000*).1998
- ATM Security Specification Version 1.0 (*af-sec-0100.000*).1999

**Residential Broadband Group.** Nová skupina, ktorá vznikla v roku 1998.

Špecifikácie:

- Residential Broadband Architectural Framework (*af-rbb-0099.000*).1998
- RBB Physical Interfaces Specification (*af-rbb-0101.000*).1999

**Routing a Addressing Group.** Nová skupina, ktorá vznikla v roku 1998 a zaoberá sa smerovaním a adresáciou v ATM sieti.

Špecifikácie:

- PNNI Augmented Routing (PAR) Version 1.0 (*af-ra-0104.000*).1999
- ATM Forum Addressing: User Guide Version 1.0 (*af-ra-0105.000*).1999
- ATM Forum Addressing: Reference Guide (*af-ra-0106.000*).1999
- PNNI Addendum for Mobility Extensions Version 1.0 (*af-ra-0123.000*).1999

**Voice and Telephony over ATM Group.** Nová skupina, ktorá vznikla v roku 1997 a zaoberá sa prenosom hlasových signálov (najmä v telefónnom tvare) v ATM sieti.

Špecifikácie:

- Circuit Emulation Service 2.0 (*af-vtoa-0078.000*).1997
- Voice and Telephony over ATM to the Desktop (*af-vtoa-0083.000*).1997
- Voice and Telephony over ATM to the Desktop (*af-vtoa-0083.001*).1999
- (DBCES) Dynamic Bandwith Utilization in 64 Kbps Time Slot Trunking over ATM – Using CES (*af-vtoa-0085.000*).1997
- ATM Trunking Using AAL1 for Narrow Band Services v1.0 (*af-vtoa-0089.000*).1997
- ATM Trunking Using AAL2 for Narrow Band Services (*af-vtoa-0113.000*).1999
- Low Speed Circuit Emulation Service (*af-vtoa-0119.000*).1999
- ICS for ATM Trunking Using AAL2 for Narrowband Services (*af-vtoa-0120.000*).1999
- Low Speed Circuit Emulation Service (LSCES) Implementation Conformance Statement Proformance (*af-vtoa-0132.000*).1999

Okrem hore uvedených pracovných skupín sú v Technical Commitee uvedené pracovné skupiny:

**ATM-IP Collaboration Group** – zaoberá sa v dnešnej dobe kľúčovou otázkou vzťahu internetovského protokolu IP a ATM,

**Frame based ATM Group,**

**Wireless ATM** – zaoberá sa moderným a čoraz viac žiadaným bezdrôtovým prenosom vo formáte ATM.

Akonáhle budú schválené špecifikácie týchto skupín budú uvedené na www domácej stránke ATM Forum

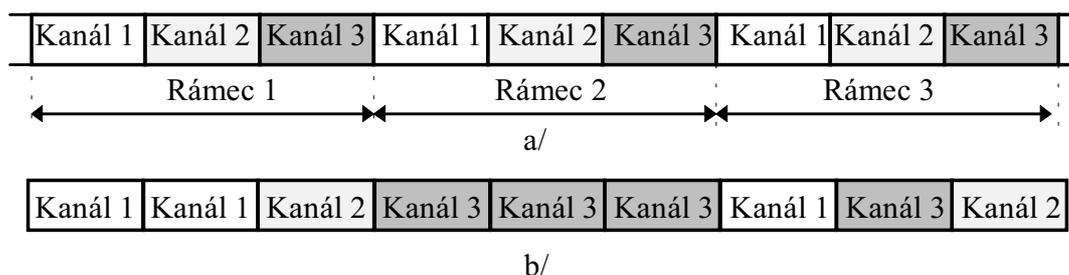
Ešte raz je potrebné pripomenúť, že ATM Forum nie je oficiálny štandardizačný subjekt. Je to združenie z veľkej časti výrobcov ATM techniky a prijaté špecifikácie sú v skutočnosti záväzné len pre členov ATM Forum. Z toho vzniká veľmi komplikovaná situácia, pretože špecifikácia prijatá na pôde ATM Forum nemusí byť prijatá na pôde skutočných štandardizačných orgánov (ITU, ETSI, ANSI a pod.). Táto neistota sa prejavuje hlavne u prevádzkovateľov veľkých verejných, ale aj privátnych sietí, ktorí váhajú s razantným nástupom ATM techniky. Vzájomná spolupráca viacerých sietí, alebo aj činnosť jednej siete v ktorej budú zariadenia od rôznych výrobcov, môže byť problematická, ak sa nevyjasní problém štandardizácie.

Vzhľadom na vzniknutú situáciu a prakticky dve štandardizačné subjekty pre ATM, bude v ďalšom texte niekedy odlišené, či sa špecifikácia definuje podľa ITU, alebo podľa ATM Forum.

### 3.3 PRINCÍP ATM

Ako už bolo naznačené, transfer mód s prepájaním okruhov, ani transfer mód s prepájaním paketov nie sú vo svojej čistej podobe vhodné ako mód pre univerzálnu sieť. Pri hľadaní riešenia, ktoré by kombinovalo výhody prepájania paketov aj prepájania okruhov, bol v roku 1983 inicializovaný výskum v oblasti rýchleho paketového prepájania FPS (Fast Packet Switching) a asynchrónneho časového delenia ATD (Asynchronous Time Division).

**Asynchrónne časové delenie ATD** vychádza zo synchronného časového delenia STD (Synchronous Time Division), pridaním inteligencie do multiplexorov. V STD sú kanály pre jednotlivé zdroje ukladané do multiplexu pravidelne. Každý kanál je presne definovaný svojou časovou polohou. Multiplex tak vytvára pravidelné rámce, ako je to znázornené na Obr.3.3.1a.



Obr.3.3.1

Je zrejmé, že takéto delenie multiplexu nie je vhodné pre signály, ktoré majú navzájom rôzne bitové rýchlosti, ani pre signály s variabilnou rýchlosťou prenosu.

ATD (Obr.3.3.1b) ukladá signály do kanálov nepravidelne, podľa potreby zdrojov. To znamená, že signály s vyššou bitovou rýchlosťou budú v multiplexe častejšie (kanál 3), pomalé signály budú zastúpené menej často. To si vyžaduje inteligenciu vo vstupných multiplexoroch, ktoré potom nazývame *štatistické multiplexory*. Štatistický multiplexor rozoznáva bitovú rýchlosť vstupujúceho signálu a podľa toho mu rezervuje miesto v

multiplexe. ATD využíva multiplex efektívnejšie a je vhodný pre signály s nerovnakými bitovými rýchlosťami, alebo pre signály s variabilnou rýchlosťou prenosu.

Použitie ATD však vnáša neurčitú v identifikácii signálu. V STD mal každý signál presne určený kanál v rámci a tak bol v prijímači pri správnom rozoznaní hraníc rámca presne lokalizovaný. V ATD je signál multiplexovaný štatisticky a prijímač nemá žiadnu informáciu, kde v multiplexe sú jednotlivé komponenty signálu. Každý komponent (paket) musí preto niesť v sebe identifikačnú adresovú informáciu. Spojenie už tak nie je určené časovou polohou v multiplexe, ale adresou v hlavičke paketu, ktorá definuje logické (virtuálne) spojenie.

**Rýchle paketové prepájanie FPS** vychádza z paketového prepájania, ale podstatne redukuje jeho zložitosť. Paketové prepájanie, ktorého typický príklad je systém X.25, vzniklo v čase, keď vysoká chybovosť prenosových liniek nezaručovala bezchybnú prevádzku. Pre spoľahlivú link-by-link prevádzku bol v sieťových smerovacích uzloch použitý zložitý procesing, ktorý sledoval sekvenciu a chybovosť paketov (linková vrstva s HDLC protokolom). Spoľahlivosť prevádzky sa zvýšila, ale operácie v uzloch spomaľovali prenos. Sieť nebola vhodná pre rýchly prenos dát a kvôli časovej netransparentnosti neumožňovala ani transport izochrónnych signálov.

FPS na rozdiel od klasického paketového prepájania spolieha na kvalitné optické prenosové linky a odstraňuje processing zo smerovacích uzlov. Nevykonáva žiadnu kontrolu chýb a riadenie toku v sieti. Ak sú tieto funkcie potrebné, sú presunuté k vyšším vrstvám protokolového modelu a tým sú vytlačené von zo siete smerom ku koncovým zariadeniam. Kontrola chýb a riadenie toku nadobúda end-to-end charakter.

Ako základný mód pre B-ISDN bol zvolený ATM - Asynchronous Transfer Mode. ATM spája výhody ATD a FPS a vytvára prenosové a prepájacie prostredie pre synchronne aj asynchronne signály. Je to paketovo orientovaný mód prenosu, ale dokáže zabezpečiť časovú transparentnosť. Základné vlastnosti ATM sú zhrnuté v nasledujúcej časti.

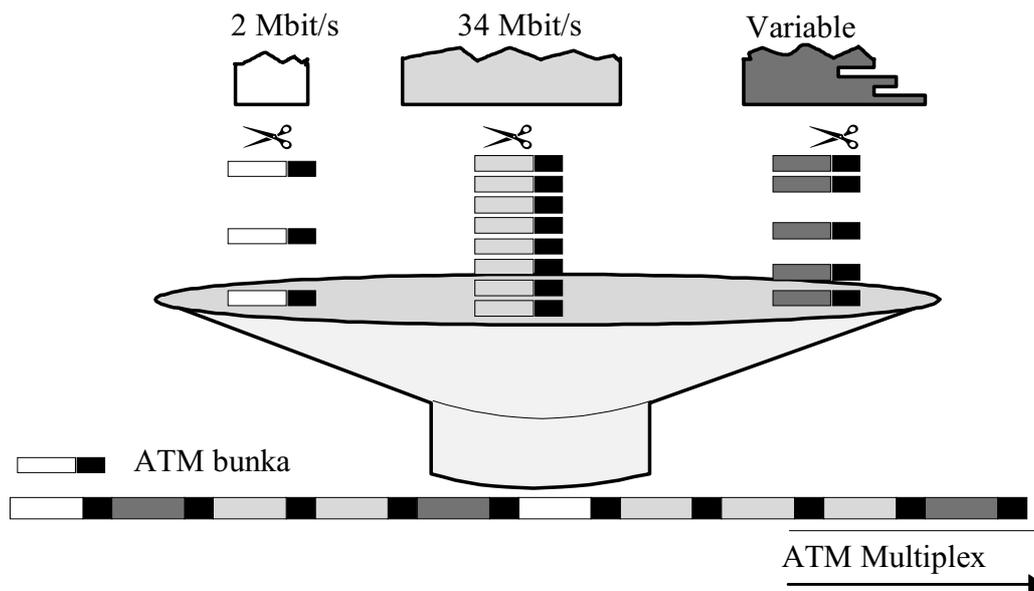
### 3.3.1 Vlastnosti ATM

#### *Paket konštantnej dĺžky*

Paket pre ATM sieť má 53 byte (oktetov) a je nazývaný bunka (cell), aby bol odlišený od paketu vo formáte X.25. Konštantná dĺžka bunky podstatne uľahčuje smerovanie v spojovacích uzloch. Bunka sa delí na hlavičku (header), ktorá má 5 byte a informačné pole (payload), ktoré má 48 byte. Detailnejší popis ATM bunky je v časti popisujúcej B-ISDN protokolový referenčný model (3.4).

Bunky nie sú ukladané do multiplexu pravidelne, ale štatistickým multiplexovaním podľa princípu ATD. Náorne je to zobrazené na Obr.3.3.2.

Ako je vidieť z obrázku, všetky signály sú delené do rovnakých paketov a ukladané do spoločného multiplexu. V prípade, že neexistujú bunky od žiadneho zdroja, do multiplexu sa ukladajú prázdne (unassigned) bunky.



Obr.3.3.2

### *Spojovo orientovaný prenos*

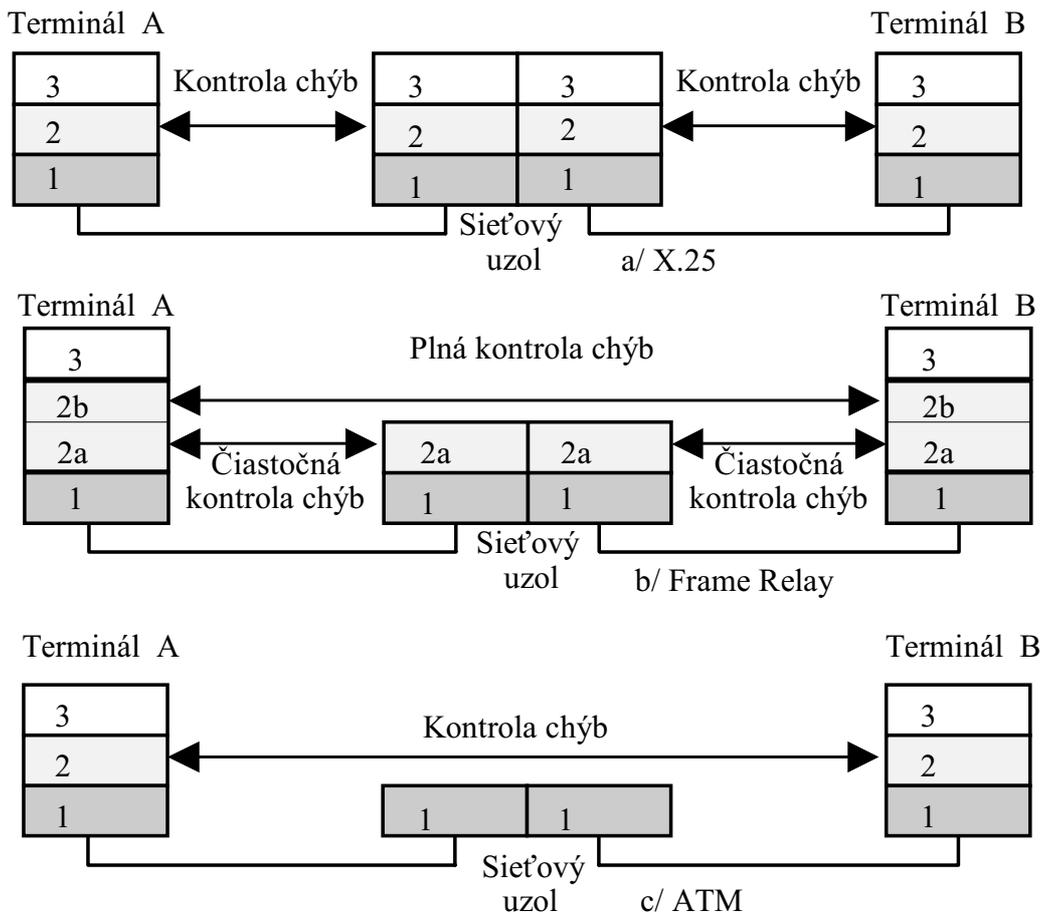
ATM je spojovo orientovaný mód, takže pred používateľskou komunikáciou je vykonávaná fáza zostavenia spojenia. Adresovanie a smerovanie je realizované pomocou konceptu virtuálnych kanálov a virtuálnych ciest. Procesom zostavenia spojenia sa zostaví tzv. *virtual circuit* (*virtuálny okruh*), ktorý predstavuje virtuálne kanály na postupnosti sieťových liniek, čím sa dohromady vytvorí end-to-end spojenie. Po vytvorení virtuálneho spojenia budú všetky bunky prislúchajúce jednému spojeniu prepravované tou istou cestou. Zostavenie spojenia je riadené signalizáciou a meta-signalizáciou. ATM môže pomocou adaptačnej vrstvy protokolového modelu podporovať aj služby bez spojovej orientácie (connectionless).

Výhody spojovo orientovaného prenosu sú najmä:

- zabezpečenie QoS (kvality služby),
- nie je potrebná kontrola toku buniek (všetky prechádzajú sieťou tou istou cestou),
- menšie nároky na adresovú informáciu v hlavičke, pretože cestu buduje signalizácia a v hlavičke nemusí byť kompletná adresová informácia o cieľovom bode.

### *Žiadna kontrola chýb v sieťových uzloch*

Pre zabezpečenie časovej transparentnosti nie je v sieťových uzloch vykonávaná kontrola bezchybnosti prenosu informačného poľa buniek. Kontroluje sa len hlavička, pretože tá nesie smerovaciu informáciu. ATM spolieha na prenos po optických vláknach, ktoré zabezpečujú transfer s nízkou chybovosťou. Na [Obr.3.3.3](#) je zakreslené, ako sa kontrola chýb presúva zo sieťových uzlov ku koncovým zariadeniam.



Obr.3.3.3

V klasickej X.25 sieti aj pri Frame Relay je v sieťovom smerovacom uzle spracovávaná aj informácia z linkovej vrstvy protokolového modelu. ATM prenáša protokoly linkovej vrstvy (ktorým v ATM odpovedajú protokoly v spodnej časti adaptačnej vrstvy) transparentne.

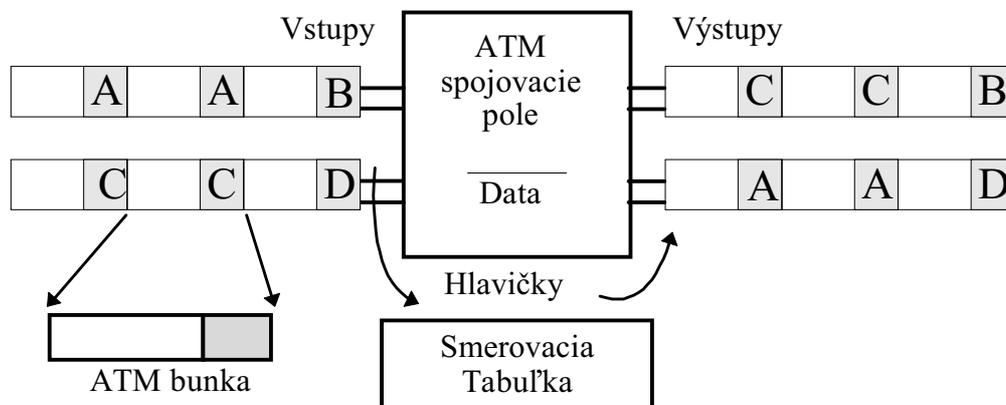
*Žiadna kontrola toku dát a prevádzky v sieťových uzloch*

V prípade preťaženia multiplexu, alebo iných chybových stavoch, zvýši sa v ATM sieti počet zavrnutých (stratených) buniek. Neuskutočňujú sa však žiadne opatrenia (ako žiadosť o opakovanie vysielania paketov a pod.) inicializované v sieťových uzloch. Takáto kontrola prevádzky je v ATM sieti robená na účastníckom rozhraní UNI. Používa sa tu preventívne riadenie prevádzky pri vstupe zdroja do multiplexu.

Spojovo orientovaný prenos uľahčuje preventívne riadenie prevádzky, pretože už pri žiadosti o spojenie sa môže posúdiť, či je pravdepodobné, že signál preťaží multiplex (Resource allocation). Ak áno, spojenie je odmietnuté. Keďže ATM koncové zariadenia môžu mať variabilnú bitovú rýchlosť prenosu, aj pri povolení spojenia sa v niektorých prípadoch dá očakávať, že nastane preťaženie multiplexu. Preto sú na UNI realizované opatrenia (Police function), ktoré dozerajú na prevádzku v multiplexe.

*Transparentné prepájanie buniek v smerovacích uzloch*

ATM bunky sú smerované v smerovacích (spojovacích) uzloch. Spojovacie ATM uzly využívajú paralelné spojovacie polia podobne ako v ISDN sieti. Spojovacie uzly tak môžu dosiahnuť veľké kapacity, až 100 000 vstupov a výstupov.



Obr.3.3.4

Spojovanie v ATM však musí zohľadňovať paketový charakter siete. Keďže bunky sú umiestnené v multiplexe nepravidelne, každá bunka je prepájaná zvlášť. Na [Obr.3.3.4](#) je princíp spojovania v ATM spojovacom poli.

Informácia o smerovaní bunky je umiestnená v hlavičke. V spojovacom poli sa preto musí hlavička oddeliť od bunky, rozkóduje sa smerovacia informácia a podľa nej sa smeruje bunka z určitého vstupu na žiadaný výstup z poľa. Kvôli ďalšiemu smerovaniu môže byť hlavička v spojovacom uzle modifikovaná.

Je potrebné si uvedomiť, že bunky na prenosových trasách majú veľkú prenosovú rýchlosť (až do 2,5 Gbit/s). Spojovanie nesmie spomaľovať chod buniek v sieti. Smerovanie (spracovanie hlavičky) je preto realizované hardwarovo. Softwarové spracovanie hlavičky by oneskorovalo bunky pri ich prechode spojovacím poľom. Smerovanie sa deje čítaním smerovacích tabuliek. Smerovacie tabuľky sú nastavované počas fázy zostavenia spojenia. Vďaka smerovacím tabuľkám v spojovacích uzloch hlavička bunky nemusí niesť kompletnú smerovaciu informáciu pre bunku. Zostavenie spojenia realizuje signalizačný proces, ktorý disponuje kompletnou smerovacou informáciou pre dané spojenie. Informačné ATM bunky majú potom v hlavičke len identifikátory VPI a VCI (Virtual Path Identifier a Virtual Channel Identifier), ktoré smerujú bunku v spolupráci so smerovacími tabuľkami v sieťových uzloch.

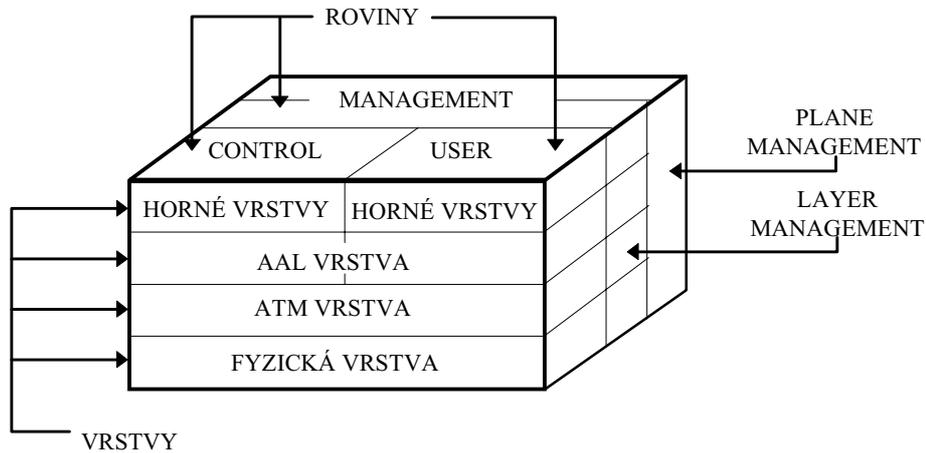
*Zaručená kvalita služby – Quality of Services - QoS*

ATM je spojovo orientovaný mód a preto dokáže zaručiť požadovanú úroveň kvality služby. Je to možné, pretože pred zostavením spojenia sa realizuje tzv. *prevádzkový kontrakt*. Účastník a sieť musia dodržiavať podmienky prevádzkového kontraktu - sieť súhlasí podporovať prevádzku na dohodnutej úrovni a účastník súhlasí neprekročiť dohodnuté výkonnostné obmedzenia. Kontrolu tohto kontraktu zabezpečuje proces pre riadenie záťaže multiplexu, ktorý je popísaný v [kapitole 3.9](#).

Prevádzkový kontrakt pozostáva z prevádzkového deskriptora spojenia (connection traffic descriptor), a QoS triedy alebo sady QoS parametrov. Požiadavky ATM používateľov sú vyjadrené pomocou cieľových hodnôt QoS parametrov, prevádzkový deskriptor spojenia špecifikuje prevádzkové charakteristiky ATM spojenia.

### 3.4 ATM PROTOKOLOVÝ REFERENČNÝ MODEL

Referenčný vrstvomý model B-ISDN (výraz má ten istý význam ako referenčný vrstvomý model ATM) je navrhovaný v súlade s referenčným modelom OSI (Open System Interconnection). Definície služieb jednotlivých vrstiev, modularita a service primitives budú mať podobný charakter. Na rozdiel od OSI modelu nie je zachovaná plná nezávislosť vrstiev. Model je znázornený na Obr.3.4.1.



Obr.3.4.1

Model je logicky členený na vrstvy a roviny. Každá z rovín má svoju špecifickú funkciu.

**Management rovina** zabezpečuje monitorovanie a dohľad nad sieťou a je delená na dve časti:

- Plane Management podrovina riadi systém ako celok a určuje koordináciu medzi všetkými rovinami. Táto rovina nemá vrstvomý štruktúru,
- Layer Management podrovina riadi tok servisných OAM (Operation and Maintenance) informácií a meta-signalizáciu.

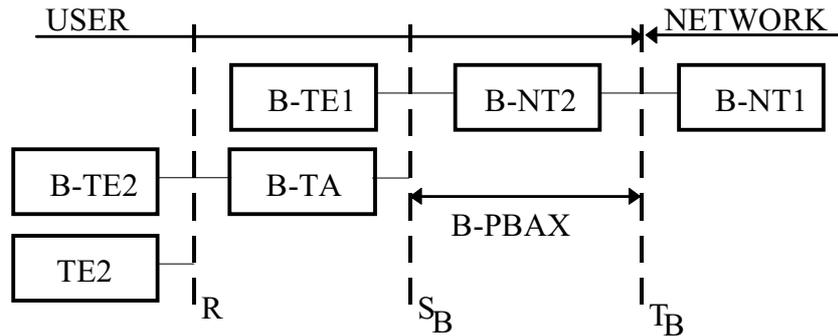
**Používateľská rovina** (User Plane) riadi informačný tok medzi používateľmi.

**Riadiaca rovina** (Control Plane) riadi zostavenie, zrušenie spojenia a priebeh komunikácie.

#### 3.4.1 Fyzická vrstva

V čase písania tejto publikácie nebolo v návrhoch CCITT (ITU-TS) zahrnuté rozhranie NNI (*Network-Node Interface*). Preto bude v ďalšom texte vždy uvažované rozhranie UNI (*User-Network Interface*). Je však snahou, aby sa charakteristiky na rozhraní NNI podstatne nelíšili od charakteristík na UNI.

Základné funkčné skupiny a referenčné body na rozhraní UNI sú zobrazené na Obr.3.4.2. Referenčné body  $T_B$ ,  $S_B$  a R majú podobný význam ako v N-ISDN, na odlíšenie sú označené indexom B. Referenčný bod R nemusí mať nutne širokopásmový charakter, závisí to od použitého terminálu. Referenčný bod  $T_B$  oddeľuje verejnú B-ISDN sieť od používateľskej oblasti, referenčný bod  $S_B$  oddeľuje prípadnú B-ISDN privátnu sieť (napr. širokopásmovú pobočkovú ústredňu B-PBAX) od používateľského terminálu.



Obr.3.4.2

Funkčná skupina B-NT1 (Broadband Network Termination) je ukončenie siete v používateľskej oblasti, B-NT2 predstavuje nejakú formu privátnej širokopásmovej siete (kde bude najčastejšie použitá B-PABX), B-TE1 (Broadband Terminal Equipment) je používateľský širokopásmový terminál prispôbený na rozhranie  $S_B$ . TE2 a B-TE2 sú úzkopásmové, alebo širokopásmové účastnícke terminály, ktoré nemajú rozhranie  $S_B$  a preto musia používať terminálový adaptér B-TA (Broadband Terminal Adaptor). Nasledujúce charakteristiky fyzickej vrstvy sa vzťahujú na rozhranie  $T_B$ , ale charakteristiky na  $S_B$  nemusia byť odlišné.

Funkcie fyzickej vrstvy sú nezávislé od služieb v horných vrstvách a jej hlavnou úlohou je vytvoriť pre ne transportný mechanizmus. Mechanizmus prenosu môže byť dvojaký.

#### A. Prenos multiplexom ATM

Na prenos sa využívajú priamo v multiplexe zoradené bunky ATM. Princíp ATM dovoľuje aj prenosové funkcie a nepotrebuje pre transport žiadne ďalšie prídavné funkcie.

#### B. Prenos pomocou SDH.

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) je synchronný prenosový systém odvodený z amerického systému SONET (Synchronous Optical Network). V súčasnosti je správami spojov intenzívne zavádzaný a tak bude použitý aj pre prenos ATM signálu. Prenos ATM buniek pomocou SDH predpokladá proces mapovania ATM multiplexu do prenosových modulov SDH.

**Poznámka:** Existuje aj možnosť prenosu ATM signálu pomocou dnešných PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) prenosových trás. Prenos je však neefektívny kvôli samotnému princípu PDH (Bližšie informácie sú v návrhoch odporúčaní G.700, Study Group XVIII).

Charakteristiky prenosov sú rozdielne. Aby fyzická vrstva zachovávala rovnaké rozhranie smerom k vyššej ATM vrstve, je delená do dvoch častí.

### 3.4.1.1 Physical Media Sublayer (PM)

1. podvrstva fyzického média zabezpečuje vysielanie a príjem bitov a fyzický prístup na prenosové médium. Akceptuje prenos pomocou SDH aj multiplexom ATM. Podľa ITU-T (CCITT) sú predpokladané dve rýchlosti prenosu a to 155,520 Mbit/s a 622,080 Mbit/s.

Rýchlosť 155,520 Mbit/s je hodnota platná pre transportný modul 1 v SDH (alebo ekvivalentný OC-3 v SONET). UNI rozhranie s touto rýchlosťou sa predpokladá symetrické, t.j. s rovnakou rýchlosťou v oboch smeroch.

Rýchlosť 622,080 Mbit/s je hodnota platná pre transportný modul 3 v SDH (OC-12 v SONET). UNI rozhranie s touto rýchlosťou môže byť symetrické, alebo nesymetrické. V prípade nesymetrického rozhrania bude smerom do siete rýchlosť 155,520 Mbit/s a smerom k používateľovi rýchlosť 622,080 Mbit/s. Asymetrické rozhranie bude výhodné v prípade distribúcie televíznych programov smerom k účastníkom.

Rýchlosti uvažované podľa ITU-T (CCITT) a médium na ktorom bude prenos realizovaný sú predpokladané pre verejné siete. Ako médium pre verejné siete je odporúčané optické vlákno, alebo koaxiálny medený kábel. V súkromných sieťach sú však tieto rýchlosti zbytočne vysoké a tiež médium je niekedy iné, hlavne v rozvodoch po budovách kde sa vo väčšine prípadov nachádza netienený, alebo tienенý krútený pár (UTP - Unshielded Twisted Pair, STP - Shielded Twisted Pair). Preto na sú pôde ATM Forum uvažované aj ďalšie rýchlosti prenosu a ďalšie fyzické médiá. ATM Forum preto definovalo nasledovné rýchlosti a médiá:

- 155,520 Mbit/s prevádzkovaných na monomódovom, alebo multimódovom optickom vlákne,
  - 155,520 Mbit/s prevádzkovaných na multimódovom vlákne, alebo na tienenom krútenom páre STP s kódovaním 8B/10B,
  - 100 Mbit/s prevádzkovaných na multimódovom kábli s kódovaním 4B/5B na základe štandardu IEEE a ANSI FDDI, označovanom tiež ako TAXI (Transparent Asynchronous Exchange Interface),
  - 44,736 Mbit/s prevádzkovaných na koaxiálnom kábli
- Najnovšie sú podľa štandardu UNI 3.1 odporúčané aj nasledovné rýchlosti:
- 155,520 Mbit/s prevádzkovaných na netienenom krútenom páre UTP novej kategórie 5,
  - 51,480 Mbit/s prevádzkovaných na netienenom krútenom páre UTP staršej kategórie 3,
  - 139,264 Mbit/s podľa európskej multiplexnej hierarchie (E4),
  - 34,368 Mbit/s podľa európskej multiplexnej hierarchie (E3),
  - 1,544 Mbit/s podľa americkej multiplexnej hierarchie (T1),
  - 2,048 Mbit/s podľa európskej multiplexnej hierarchie (E1).

Niekedy sa namiesto bitovej rýchlosti môžeme stretnúť s označením E1, E2, E3, resp. T1, T2, T3 atď. Týmto skratkami sú označované multiplexné hierarchie definované v prenosovej technike v systéme PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy). V Európe sú to násobky hierarchie prvého rádu s rýchlosťou 2,048 Mbit/s a sú označované ako Ex a v USA sú to násobky hierarchie prvého rádu s rýchlosťou 1,544 Mbit/s a sú označované ako Tx. Hierarchie prvého rádu sú spomenuté aj v časti o ISDN a to v [kapitole 2.5.2.4](#).

### 3.4.1.2 Transmission Convergence Sublayer (TC)

Podvrstva prenosovej konvergenencie preberá bunky z ATM vrstvy a upravuje ich do odpovedajúceho formátu pre prenos pomocou PM podvrstvy. TC podvrstva má niekoľko základných funkcií:

- a/ Adaptácia prenosových rámcov. TC podvrstva štrukturalizuje tok buniek do požadovaného prenosového formátu (SDH,ATM) a naopak.
- b/ Cell delineation. TC podvrstva rozoznáva hranice bunky pomocou HEC (Header Error Control) mechanizmu a skramblovania.
- c/ Verifikácia hlavičky bunky. TC podvrstva verifikuje platnosť hlavičky pomocou HEC opravného kódu (príjem) a vypočítava odpovedajúcu HEC sekvenciu (vysielanie).
- d/ Cell decoupling - TC podvrstva vkladá a vyberá prázdne bunky (*Unassigned Cells*) kvôli zachovaniu kapacity prenosového kanála. Zaradenie funkcie Cell decoupling je podľa ITU-T (CCITT) v TC podvrstve. ATM Forum odporúča zaradiť túto funkciu do ATM vrstvy. Je to kvôli tomu, že podľa všeobecných princípov ATM nie je nutné pre prenos na fyzickom médiu rámcovanie do prenosových formátov. To bude pravdepodobné v prípadoch, že sa nejedná o verejnú sieť a pôjde o menšie prenosové rýchlosti. V tom prípade je táto funkcia lepšie realizovateľná v ATM vrstve.
- e/ Generovanie prenosových rámcov a ich obnova - vo všeobecnosti adaptácia na prenosové rámce je zložitejší proces. Prídavný processing potrebný k rámcovaniu realizuje táto funkcia.

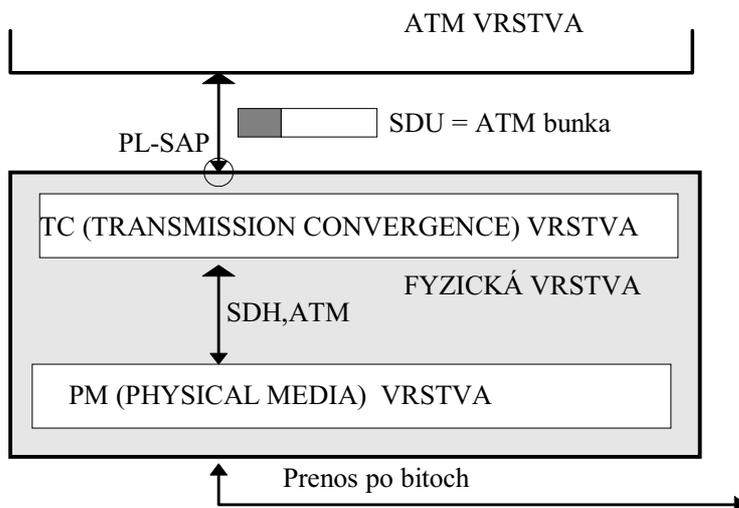
### 3.4.1.3 Layer-to-layer komunikácia vo fyzickej vrstve

Popísané funkcie PM a TC podvrstiev mali peer-to-peer charakter. (Terminológia pri tvorbe protokolov je popísaná v časti 2.3.1.) Pre layer-to-layer komunikáciu sú definované dve primitives.

**PH-DATA-REQUEST** vysiela ATM vrstva k fyzickej ako žiadosť pre vyslanie SDU (Service Data Unit) k odpovedajúcej peer entite.

**PH-DATA- INDICATION** vysiela fyzická vrstva k ATM vrstve ako oznam, že má pripravenú SDU s odpovedajúcej peer entity.

SDU, ktoré prechádzajú cez rozhranie medzi ATM a fyzickou vrstvou sú v ATM vrstve špecifikované ATM bunky. Detailnejší pohľad na fyzickú vrstvu je na Obr.3.4.3.

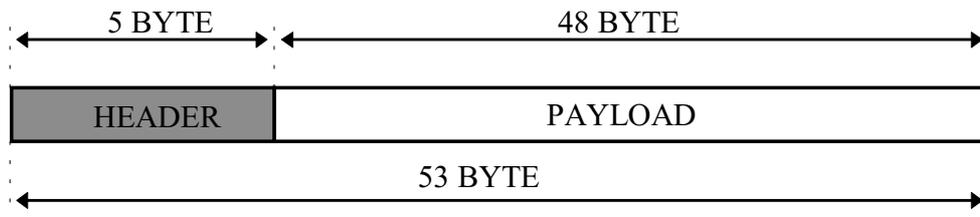


Obr.3.4.3

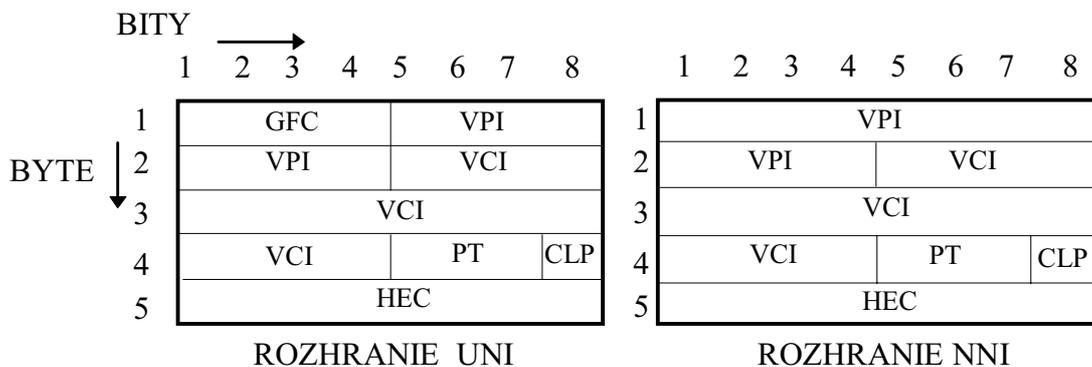
### 3.4.2 ATM vrstva

ATM vrstva spracováva všetky funkcie vzťahujúce sa k hlavičke bunky. Je nezávislá na fyzickom prenosovom médiu a spoločná pre všetky informačné toky.

ATM bunka (Obr.3.4.4.) má pevnú dĺžku 53 byte a delí sa na hlavičku (5 byte) a informačné pole (48 byte). Na Obr.3.4.5. sú znázornené významy jednotlivých bitov v hlavičke. Formáty buniek pre rozhrania UNI a NNI sú takmer zhodné, líšia sa len v prvých štyroch bitoch hlavičky.



Obr.3.4.4



Obr.3.4.5

#### Pole GFC

Pole GFC - Generic Flow Control - má dĺžku 4 bity a existuje len na rozhraní UNI. Jeho funkcia zatiaľ nie je presne špecifikovaná. Bude pravdepodobne použitý ako prístupový mechanizmus, ktorý dovoľuje implementovať rôzne úrovne priority. (Podobný mechanizmus je zavedený v protokole DQDB pre siete MAN - Metropolitan Area Network.) GFC môže byť aplikované v účastníckej oblasti vo funkčnej skupine NT2, alebo v prístupe do siete, ak viaceré UNI chcú zdieľať spoločné médium. GFC pole nie je transportované cez sieť, nemá význam na rozhraní NNI.

#### Pole VCI a VPI

Polia VPI - Virtual Path Identifier - (identifikátor virtuálnej cesty) a VCI - Virtual Channel Identifier - (identifikátor virtuálneho kanála) majú v UNI dĺžku 8 (VPI), resp. 16 (VCI) bitov a vyznačujú sa smerovacím charakterom.

Smerovacia informácia v týchto poliach nie je úplná adresa cieľového bodu, ale len návestie. Preto je pri ATM spojení potrebný najprv proces zostavenia spojenia, ktorý nastaví smerovacie tabuľky v spojovacích uzloch siete. Spojovacie uzly dekodujú smerovacie návestie v hlavičke a prepínajú bunku správnym smerom. V prípade potreby môžu

smerovacie návestie v hlavičke modifikovať. Týmto algoritmom je zabezpečené, že všetky bunky toho istého spojenia budú používať tú istú cestu v sieti.

Kvôli flexibiliti ATM siete bolo ATM spojenie rozdelené do dvoch vrstiev - spojenie pomocou virtuálnych ciest (Virtual Path Connection) a virtuálnych kanálov (Virtual Channel Connection).

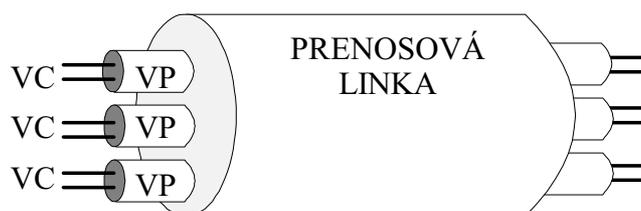
#### a/ Virtual Channel Connection

Je to základný druh spojenia v ATM sieti a vytvára virtuálny kanál medzi dvoma spojovacími bodmi. Je daný hodnotou VCI. Hodnota VCI je jedinečná len v jednej virtuálnej ceste, t.j. v spojení s určitou hodnotou VPI. VCI sa môže prechodom cez spojovacie uzly meniť.

#### b/ Virtual Path Connection

Virtuálna cesta zlučuje viacero virtuálnych kanálov ako jeden zväzok. Je daná hodnotou VPI. Rôzne virtuálne kanály v rámci jednej virtuálnej cesty musia mať rôzne VCI. Virtuálne kanály v rôznych virtuálnych cestách môžu mať rovnakú hodnotu VCI. Grafické znázornenie konceptu virtuálnych ciest a virtuálnych kanálov je na [Obr.3.4.6](#).

Vytvorenie virtuálnych ciest a virtuálnych kanálov umožňuje uvažovať dve vrstvy v ATM spojení - VP vrstvu a VC vrstvu. Nižšia vrstva - VP vrstva - bude vo svojich spínačoch (*VP Cross-connect*) prepájať len celé virtuálne cesty a nebude modifikovať virtuálne kanály. Bude teda meniť len hodnoty VPI.



Obr.3.4.6

Vyššia vrstva - VC vrstva - bude vo svojich spínačoch (*VC Switch*) prepájať virtuálne kanály, pričom môže prepájať virtuálne kanály v rámci jednej virtuálnej cesty, alebo prepnúť kanál do inej virtuálnej cesty.

ATM spojovacie uzly pracujú na princípe prepájania paketov a vyznačujú sa značnou technologickou náročnosťou. Manipulácia s bunkami vnútri spojovacieho poľa musí byť riešená hardwarovo, aby spojovací uzol nevnášal do spojenia oneskorenie, ktoré je neprípustné pre signály v reálnom čase. Spojovacie matice väčšinou používajú vlastný vnútorný prenosový mód, ktorý nie je totožný s formátom bunky ATM. Bližšie informácie ohľadom ATM spojovania je možné nájsť v [34].

Systém spojenia pomocou virtuálnych ciest a virtuálnych kanálov vytvára možnosť logického delenia siete na definované celky. Pridelenie virtuálnych ciest môže mať význam ako prenajatie pevných liniek v súčasnej telekomunikačnej sieti.

#### *Pole PT*

Pole PT - Payload Type - (typ informačného poľa) má dĺžku 3 bity a nesie informáciu, či v informačnom poli bunky je uložená používateľská, alebo sieťová informácia. V prípade, že sa jedná o sieťové OAM (Operation and Maintenance) bunky, sú spracúvané sieťou.

Jeden bit z poľa PT je transparentne prenášaný medzi používateľmi (t.j. end-to-end). Využíva ho protokol AAL typu 5 (pozri popis AAL vrstvy).

#### *Pole CLP*

Pole CLP - Cell Loss Priority - (priorita bunky v prípade straty) má dĺžku 1 bit a je určené na diferencovanie buniek v rámci jedného ATM spojenia. Pri zostavovaní spojenia žiada zdroj signálu (volajúci účastník) od siete voľné VC a VP a potrebné prenosové pásmo. Keďže väčšinou sa bude jednať o signály s meniacou sa rýchlosťou prenosu, budú definované svojou strednou hodnotou (mean) a špičkovou hodnotou (peak). Pri žiadosti o spojenie sa akceptuje stredná hodnota. V reálnej prevádzke môže dôjsť k situácii (vzhľadom na ostatné spojenia na tom istom médiu, ktoré majú tiež variabilnú rýchlosť prenosu), keď hrozí preťaženie prenosovej cesty. Vtedy sú niektoré bunky stratené, pretože monitorovacie obvody na rozhraní UNI (Source Policing) obmedzia prenosovú rýchlosť spojenia, ktoré prekročilo svoju, pri zostavovaní spojenia požadovanú hodnotu prenosovej rýchlosti. Aj keď pravdepodobnosť straty bunky je veľmi malá (navrhovaná hodnota je  $10^{-8}$  až  $10^{-11}$ ), k strate bunky môže dôjsť. Preto je vhodné označiť prioritu buniek, aby sa bunky s najdôležitejšou informáciou nestrácali.

Hlavnou oblasťou pre použitie CLP bitu je kódovaný video a audio signál. Strata buniek obsahujúcich synchronizačné riadkové, alebo snímkové impulzy je pre obraz oveľa nepríjemnejšia, ako strata ostatných buniek. Preto je možné tieto bunky označiť vyššou prioritou (CLP = 0).

Preťaženie siete a tým následné straty informácie je veľmi nežiaduce a preto je navrhnutých viacero Source Policing metód, ktoré majú zabezpečiť kvalitu služieb (Quality of Service - QOS) na definovanej úrovni. Metódy pre riadenie prevádzky (Traffic Control a Resource Management) sú dôležitou časťou návrhu ATM sietí.

#### *Pole HEC*

Pole HEC - Head Error Control - (zabezpečenie hlavičky proti chybám) má dĺžku 8 bitov a zaberá posledný byte hlavičky. V ochrannom mechanizme je použitý cyklický ochranný kód s generačným polynómom  $x^8 + x^2 + x + 1$  a slúži na zabezpečenie hlavičky proti chybám v prenose. Kód je schopný opraviť jednu chybu. Z uvedeného je zrejmé, že informačné pole nie je v tejto vrstve chránené proti chybám. ATM predpokladá ako fyzické prenosové médium optické vlákno, ktorého chybovosť je minimálna. Informačné pole je podľa návrhu odporúčaní CCITT chránené v adaptačnej vrstve a môže byť navyše chránené v používateľských protokoloch vo vyšších vrstvách.

HEC pole ďalej vytvára mechanizmus na rozoznávanie hraníc buniek v ATM multiplexe.

ATM vrstva je rovnaká pre všetky informačné toky. V princípe rozoznávame nasledovné typy buniek:

- používateľské bunky (Assigned Cells)
- prázdne bunky (Unassigned Cells, Idle Cells)
- bunky pre riadenie signalizácie (Meta-Signaling Cells)
- bunky pre management fyzickej vrstvy (PLOAM - Physical Layer Operation and Maintenance Cells).

Ako už bolo spomínané pri popise TC podvrstvy fyzickej vrstvy ATM Forum navrhuje premiestniť funkciu Cell decoupling z TC podvrstvy fyzickej vrstvy do ATM vrstvy. Dôvod bol popísaný v popise TC podvrstvy v [kapitole 3.4.1.2](#).

Jednou z najdôležitejších častí hlavičky je adresová informácia. ATM vrstva je preto zodpovedná za vytváranie spojení. V ATM sieti môžeme definovať viacero typov spojení podľa rôznych kritérií.

### 3.4.2.1 Typy spojení v ATM

ATM vrstva musí udržiavať rôzne typy spojení a tiež rôzny počet spojení v rámci komunikácie koncových zariadení. Pre vysvetlenie typov spojení je potrebné zadať pojem unicast, multicast a broadcast operáciu, čo sú termíny z oblasti spojovacej techniky a spojovacích sietí.

**Unicast spojenie** znamená že vstupný bod (spojovacej) siete je spojený súčasne s jedným výstupným bodom siete.

**Multicast spojenie** znamená, že vstupný bod siete je spojený (má dosah) s viacerými výstupnými bodmi siete súčasne.

**Broadcast spojenie** znamená, že vstupný bod siete je spojený (má dosah) so všetkými výstupnými bodmi siete súčasne.

**Spojenie pomocou virtuálnej cesty** (VPC - Virtual Path Connection) aj spojenie pomocou virtuálneho kanála (VCC - Virtual Channel Connection) môžu byť nasledovné:

a/ *Point-to-point* - je to spojenie pre priamu konektivitu koncových terminálov. Je to základný typ spojenia v ATM sieti. Je to unicast typ spojenia.

b/ *Point-to-multipoint* - je to typ spojenia pre multicast a broadcast operáciu. Tieto spojenia sú potrebné hlavne pre video komunikáciu a šírenie video (televízneho) signálu. Znamená to, že bunky z jedného vstupu siete sa musia nakopírovať na viacero výstupov. Spojenie môže prebiehať aj tak, že používateľ nadviaže point-to-point spojenie s viacerými bodmi a potom vyšle viacnásobné kópie informácie do každého bodu.

c/ *Multipoint-to-multipoint* - je spojenie určené pre vytváranie konferencií. Idea je podobná ako pri point-to-multipoint spojení s tým rozdielom, že každý bod môže vysielať informáciu všetkým ostatným bodom.

V súčasnosti sú podporované len point-to-point a point-to-multipoint spojenia. Aj point-to-multipoint spojenie je zriedkavé, vzhľadom na ťažkosti vznikajúce v spojovacích poliach.

Iné rozdelenie ATM spojení je podľa symetričnosti:

a/ *Symetrické spojenie* - znamená, že bitová rýchlosť prenosu v oboch smeroch prenosu je identická,

b/ *Asymetrické spojenie* - znamená, že bitová rýchlosť prenosu v oboch smeroch prenosu nie je identická, čo je vhodné pri klient-server aplikáciách.

Rozdelenie ATM spojení môže byť tiež podľa špecifikácie spojení:

a/ *Spojenie špecifikované podľa triedy* - znamená, že spojenie je dané podľa toho, do ktorej triedy služieb patrí (pozri ďalej popis AAL vrstvy),

b/ *Spojenie špecifikované podľa parametrov* - je spojenie, kde si koncový bod vyžaduje pri vytváraní spojení presne definované parametre, napr. maximálne end-to-end oneskorenie a pod. Parametre sú popísané v nasledujúcej časti.

### 3.4.2.2 Parametre pre ATM prevádzku

ATM Forum definovalo nasledovné parametre pre popis chovania sa ATM spojení na UNI.

**Cell Loss Ratio (CLR)** - je to pomer medzi chybnými bunkami a sumou dobrých a chybných buniek v ATM spojení. Čím je menšie CLR, tým je kvalita spojenia lepšia.

**Cell Misinsertion Ratio (CMR)** - je pomer medzi vloženými bunkami a sumou vložených a všetkých buniek v ATM spojení.

**Severely Errored Cell Block Ratio** - je pomer medzi počtom vážne (severely) poškodených bunkových blokov a celkovým počtom blokov buniek vysielaných za jednotku času. Vážne poškodená bunka (severely errored cell) je definovaná podľa ATM Forum ako stratená, alebo chybné vložená bunka, čo sa líši od definície ITU-T, ktorá definuje vážne poškodenú bunku podľa počtu chybných bitov v hlavičke. Podľa ATM Forum ak počet stratených, alebo chybné vložených buniek v bloku presiahne hodnotu M (zatiaľ nešpecifikovaná hodnota), blok je považovaný za vážne poškodený blok buniek.

**Cell Error Ratio (CER)** - je pomer medzi poškodenými bunkami a všetkými bunkami v spojení. Čo je poškodená bunka nie je presne definované a počet poškodených buniek sa získa meraním multiplexu mimo prevádzky.

**Mean Cell Transfer Delay (MCTD)** - je to aritmeticky priemerný čas od zaslania prvého bitu ATM bunky na rozhraní UNI v mieste vzniku spojenia (volajúceho) po existenciu posledného bitu bunky na UNI v mieste prijímača (volaného). Rozlišujeme dve čast oneskorenia bunky:

- propagation delay (oneskorenie prenosom) - je dané fyzickým časom potrebným pre prenesenie signálu cez médiá,
- processing delay (oneskorenie spracovaním) - je dané časom potrebným na spracovanie buniek počas prenosovej cesty.

Vo všeobecnosti ATM spojenie má fixné prenosové oneskorenie a variabilné oneskorenie dané spracovaním.

**Cell Delay Variation (CDV)** - je zmena oneskorenia bunky pri spojení. Keďže procesing nutný pri prechode bunky sieťou sa môže meniť, aj oneskorenie bunky je variabilná hodnota.

### 3.4.2.3 Layer-to-layer komunikácia v ATM vrstve

Popísaná štruktúra hlavičky bunky má peer-to-peer charakter. Layer-to-layer komunikácia s vyššou vrstvou cez ATM - SAP (Service Access Point) má definované nasledujúce primitívy. ATM-DATA-REQUEST vysiela vyššia vrstva (t.j. AAL entita) k ATM vrstve ako žiadosť o prenos SDU do odpovedajúcej peer entity cez ATM spojenie.

ATM-DATA-INDICATION vysiela ATM vrstva k vyššej vrstve ako indikáciu príchodu SDU s odpovedajúcej peer entity.

**Poznámka 1:** Z pohľadu ATM vrstvy nie je možné rozlíšiť, aká služba je prenášaná v používateľských bunkách.

**Poznámka 2:** Bunky pre riadenie signalizácie (Meta-Signaling Cells) neprenášajú signalizáciu. Slúžia len na určenie virtuálneho spojenia pre prenos signalizácie. Signalizácia je prenášaná v používateľských bunkách.

**Poznámka 3:** V ATM terminológii, podobne ako v terminológii OSI je často výraz "byte" nahrádzaný výrazom "octet" (oktet).

### 3.4.3 ATM adaptačná vrstva (AAL)

Hlavnou úlohou adaptačnej vrstvy je sprostredkovať služby ATM vrstvy vyšším, používateľským vrstvám. AAL tak izoluje vyššie vrstvy od špecifických charakteristík ATM vrstvy mapovaním PDU vyšších vrstiev do informačného poľa ATM bunky a naopak. AAL podporuje viacero protokolov a je závislá na poskytovaných službách (service-dependent).

AAL je ukončovaná v zariadeniach, ktoré predstavujú hranice siete a môžu to byť B-NT1, B-NT2, B-TE1, B-TA, alebo B-TE2.

Počet služieb, ktoré má poskytovať AAL pravdepodobne ešte nie je kompletný. Na pôde CCITT boli definované štyri základné triedy služieb.

#### Trieda A

Circuit Emulation (emulácia prepájania obvodov). Pri tejto službe sa sieť navonok javí ako sieť s prepájaním obvodov. Táto trieda je určená pre prenos audio a video signálu s konštantnou prenosovou rýchlosťou. Odpovedá jej prístupový bod SAP1 a protokol typu 1.

#### Trieda B

Prenos audio a video signálu s variabilnou bitovou rýchlosťou. Tejto službe odpovedá prístupový bod SAP2 a protokol typu 2.

#### Trieda C

Connection-oriented data transfer (spojovo orientovaný prenos dát). Služba je určená na prenos dát po vytvorenom spoji. Triede C odpovedá prístupový bod SAP3 a protokol typu 3.

#### Trieda D

Connectionless data service (prenos dát bez spojovej orientácie). Táto služba akceptuje informačné jednotky (nazývané rámce), ktoré obsahujú postačujúcu smerovaciu informáciu na to, aby dosiahli cieľový bod bez predchádzajúceho spojenia vysielača a prijímača. Službe odpovedá prístupový bod SAP4 a protokol typu 4.

Na [Obr.3.4.7](#). sú znázornené jednotlivé druhy tried a ich požiadavky na synchronizáciu, charakter bitovej rýchlosti a spojovacieho módu.

TRIEDA	A	B	C	D
POTREBA SYNCHRONIZÁCIE	ÁNO		NIE	
BITOVÁ RÝCHLOSŤ	KONŠT.	VARIABILNÁ		
MÓD SPOJOVANIA	SPOJOVO ORIENTOVANÝ			BEZ SPOJOVEJ ORIENTÁCIE

Obr.3.4.7

Okrem hore uvedených tried služieb a protokolov, ktoré boli ako prvé definované na pôde CCITT (ITU-T), je potrebné doplniť protokol typu 5, ktorý je modifikáciou protokolov 3 a 4 a bude uvedený ďalej v detailnejšom popise protokolov.

Protokol typu 5 je využívaný ďalšími triedami (presnejšie podtriedami) služieb a to hlavne signalizáciou a novými podtriedami služieb X a Y (pracovný názov v ATM Forum), ktoré budú tiež využívať SAP5 a protokol typu 5.

Na pôde ATM Forum sú skupiny služieb, ktoré môžu byť prenášané cez ATM sieť definované aj ako kategórie služieb (Service Categories). Všetky kategórie služieb je možné zaradiť do jednotlivých tried služieb definovaných podľa ITU-T. ATM Forum definuje nasledovných 5 kategórií služieb. Pre každú kategóriu je daná prevádzka, ktorou bude služba zaťažovať sieť a sú dané parametre kvality služby (QoS - Quality of Service), ktoré sú od siete vyžadované.

#### *Constant Bit Rate (CBR) Service*

Služba s konštantnou bitovou rýchlosťou požaduje konštantné (statické) prenosové pásmo počas trvania celého spojenia. Toto pásmo je dané špičkovou hodnotou rýchlosti prenosu buniek (Peak Cell Rate - PCR). CBR služby sú určené pre aplikácie v reálnom čase, ktoré vyžadujú vysokú časovú transparentnosť - hlas, video, circuit emulation všeobecne. Služba je pre používateľa obdobná prenajatému vedeniu v dnešných sieťach, pretože poplatky budú účtované za konštantné prenosové pásmo, aj keď ho používateľ nevyužije.

#### *Real-Time Variable Bit Rate (rt-VBR) Service*

Služba s premenlivou bitovou rýchlosťou v reálnom čase požaduje premenlivé prenosové pásmo, ale vyžaduje časovú transparentnosť. Je určená tiež pre hlasové a video aplikácie. rt-VBR služby sú charakterizované parametrami PCR - Peak Cell Rate, SCR - Sustainable Cell Rate a MBS - Maximum Burst Size. PCR je definované v predchádzajúcej kategórii služieb, SCR popisuje horné hranice priemernej prenosovej rýchlosti buniek a MBS určuje maximálne dĺžky zhlukov buniek. Pre používateľa je zaručená minimálna prenosová šírka pásma, daná parametrom SCR, ale môže ju prekročiť do maximálnej hodnoty PCR v určitých medziach, ktoré sú dané hodnotou MBS.

#### *Non-Real-Time Variable Bit Rate (nrt-VBR) Service*

Služba s premenlivou bitovou rýchlosťou bez potreby prenosu v reálnom čase je určená pre aplikácie bez časovej transparentnosti s premenlivou (bursty) prenosovou rýchlosťou. Služba je charakterizovaná parametrami PCR, SCR a MBS. Služby VBR sú zatiaľ najviac používanými službami u existujúcich prevádzkovateľov verejných ATM sietí.

#### *Unspecified (Unassigned) Bit Rate (UBR) Service*

Služba s nešpecifikovanou bitovou rýchlosťou je určená pre aplikácie bez časovej transparentnosti (non-real-time) bez garancie kvality služieb (QoS). Od zdroja takejto služby sa nevyžaduje, aby špecifikoval požadované prenosové pásmo. Takáto služba je niekedy nazývaná Best Effort Service. Túto kategóriu služieb môžu využívať počítače na klasickú počítačovú komunikáciu (prenos súborov), alebo na e-mail. Je to vlastne služba pre nekritické aplikácie, kde môže dôjsť k strate buniek a nie je garantované prenosové pásmo. Táto služba by mala byť cenovo najvýhodnejšia.

#### *Available Bit Rate (ABR) Service*

Služba s dostupnou bitovou rýchlosťou je určená pre dátové prenosy, ktoré môžu tolerovať zmenu prenosového pásma a tolerujú tiež neočakávané oneskorenie buniek. ABR spojenie využíva dostupné prenosové pásmo v multiplexe, ktoré by ináč bolo nevyužitú. ABR služba je charakterizovaná parametrami Peak Cell Rate (PCR) a Minimum Cell Rate (MCR). MCR určuje minimálnu rýchlosť prenosu buniek, ktorá je akceptovaná službou. Hodnota MCR

môže byť aj nula. Používateľ má právo používať hodnoty prenosovej rýchlosti medzi PCR a MCR. V prípade, že hrozí preťaženie siete, používateľ dostane pokyn na zníženie prenosovej rýchlosti, v prípade, že sa uvoľní kapacita multiplexu, prenosová rýchlosť môže byť zvýšená.

Posledné dve kategórie služieb sú intenzívne študované hlavne v spojení s dátovými a počítačovými prenosmi a majú tiež pracovné názvy ako triedy služieb X (UBR kategória) a Y (ABR kategória). V skutočnosti je ich možné zaradiť pod triedu C, pretože sú spojovo orientované, majú variabilnú rýchlosť prenosu a nevyžadujú synchronizáciu. Používajú protokol typu 5.

V hore uvedených kategóriách služieb sa uvádzajú prevádzkové parametre, ktoré sú definované nasledovne:

*Špičková rýchlosť buniek (Peak Cell Rate - PCR)* reprezentuje maximálnu rýchlosť vysielania u zdroja pre dané ATM spojenie,

*Priemerná rýchlosť buniek (Sustained Cell Rate - SCR)* reprezentuje priemernú rýchlosť vysielania meranú počas "dlhého" časového úseku (časový úsek dlhý vzhľadom k hodnote  $T$ ,  $PCR = 1/T$ ),

*Maximálna veľkosť zhľuku (Maximum Burst Size - MBS)* špecifikuje maximálny počet buniek, ktoré môžu byť vysielané rýchlosťou PCR, zatiaľčo hodnota SCR je zachovaná,

*Minimálna rýchlosť buniek (Minimum Cell Rate - MCR)* reprezentuje požadované minimálne prenosové pásmo od siete.

Uvedené parametre majú význam aj pri realizácii tzv. *prevádzkového kontraktu*. Ako už bolo spomenuté v časti 3.3.1 *Vlastnosti ATM*, účastník a sieť musia dodržiavať podmienky prevádzkového kontraktu - sieť súhlasí podporovať prevádzku na dohodnutej úrovni a účastník súhlasí neprekročiť dohodnuté výkonnostné obmedzenia. Kontrolu tohto kontraktu zabezpečuje proces pre riadenie záťaže multiplexu, ktorý je popísaný v kapitole 3.9.

Prevádzkový kontrakt pozostáva z *prevádzkového deskriptora spojenia* (connection traffic descriptor), a *QoS triedy alebo sady QoS parametrov*. Požiadavky ATM používateľov sú vyjadrené pomocou cieľových hodnôt QoS parametrov, prevádzkový deskriptor spojenia špecifikuje prevádzkové charakteristiky ATM spojenia.

Prevádzkový deskriptor spojenia špecifikuje prevádzkové charakteristiky ATM spojenia a obsahuje *prevádzkový deskriptor zdroja* (source traffic descriptor), *CDVT* a *ATM kategóriu služieb*.

**Prevádzkový deskriptor zdroja** pozostáva zo sady prevádzkových parametrov (PCR, SCR, MBS, MCR) a popisuje prevádzkové vlastnosti vlastného spojeniu, ktoré je žiadané konkrétnym zdrojom.

**Cell Delay Variation Tolerance – CDVT** - tolerancia zmeny oneskorenia buniek - je definovaná na UNI a reprezentuje ohraničenie pre odchýlky oneskorenia od referenčných hodnôt  $T$  a  $T_S$  ( $T$  je opačná hodnota PCR a  $T_S$  je opačná hodnota SCR). Je spôsobené štatistickým multiplexovaním a vkladáním OAM buniek.

QoS parametre delíme na:

a) *dohadované QoS parametre*, ktoré sú súčasťou dohadovania medzi sieťou a koncovým systémom počas fázy vytvárania spojenia a sú to:

- Pomer stratených buniek (CLR - Cell Loss Ratio) je pomer všetkých stratených buniek ku všetkým vyslaným bunkám v časovom úseku, ktorý nás zaujíma. Stratené a vyslané bunky obsiahnuté v SECB nie sú zahrnuté vo výslednej hodnote CLR.
- Maximálne prenosové oneskorenie buniek (maxCTD - Cell Transfer Delay) ako maximálne požadované oneskorenie pre dané spojenie.
- Špička-špička zmeny oneskorenia buniek (PCDV - Cell Delay Variation) je množstvo oneskorenia medzi pevným oneskorením a maxCTD.

*b) QoS parametre, ktoré nie sú predmetom dohadovania:*

- Pomer chybných buniek (CER - Cell Error Ratio) je pomer medzi celkovým počtom chybných buniek k súčtu všetkých úspešne prenesených buniek a chybných buniek v časovom úseku, ktorý nás zaujíma. Úspešne prenesené a chybné bunky obsiahnuté v SECB nie sú zahrnuté vo výslednej hodnote CER.
- Pomer závažne chybných blokov buniek (SECBR - Severly Errored Cell Block Ratio) je pomer celkového počtu SECB k počtu všetkých bunkových blokov v časovom úseku, ktorý nás zaujíma. SECBR poskytuje prostriedok, ktorý zabráni tomu, aby zhluky chýb (porúch) pri prenose buniek ovplyvnili pozorované hodnoty CER, CLR, CMR.
- Rýchlosť zle vložených buniek (CMR - Cell Misinserted Rate) je počet zle vložených buniek počas špecifického časového intervalu vydelený časom tohoto intervalu (alebo inými slovami počet zle vložených buniek za sekundu). Zle vložené bunky a pridružené časové intervaly obsiahnuté v SECB nie sú zahrnuté vo výslednej hodnote CMR. Podľa definície zle vložená bunka je prijatá bunka, ktorá nemá zodpovedajúcu vyslanú bunku. Zlé vloženie bunky v konkrétnom spojení je najčastejšie zapríčinené nedetekovanou chybou v hlavičke a zlým smerovaním bunky (t.j. priradením k inému spojeniu). Pretože mechanizmus vzniku takýchto buniek nemá nič spoločné s počtom vyslaných buniek pozorovaného spojenia, parameter nemôže byť vyjadrený ako pomer, a len ako rýchlosť. Bližšie informácie k tejto téme je možné nájsť v [74].

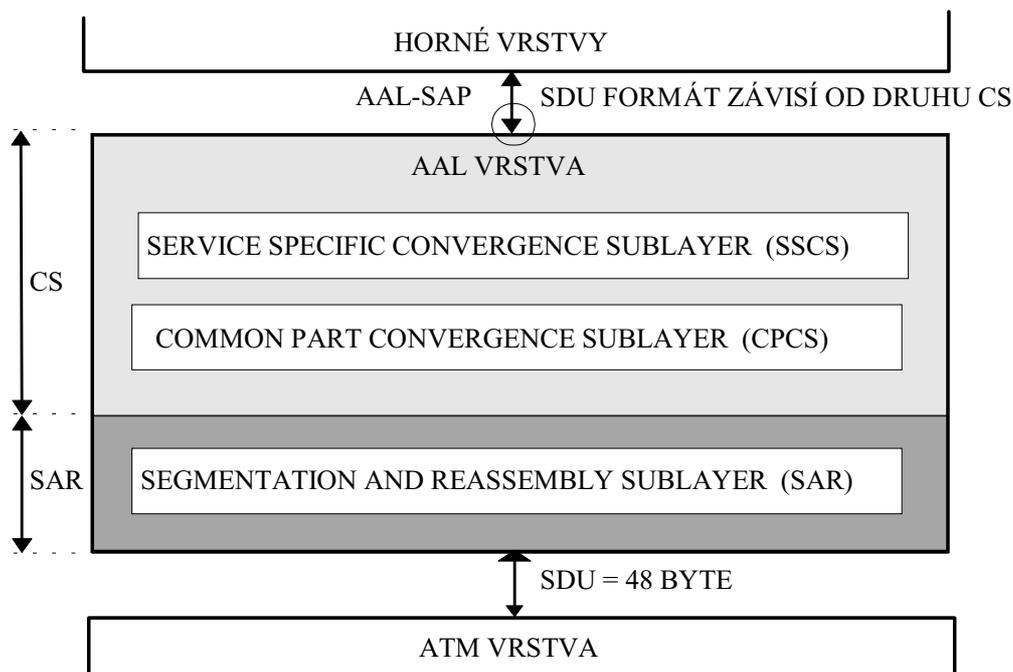
Ďalej nasleduje popis a štruktúra ATM adaptačnej vrstvy všeobecne.

Adaptačná vrstva prijíma z ATM vrstvy informáciu o dĺžke 48 byte (ATM-SDU) a poskytuje ATM vrstve informáciu o dĺžke 48 byte (AAL-PDU). AAL je logicky členená na dve subvrstvy:

Segmentation And Reassembly Sublayer - SAR podvrstva - spracováva informáciu z vyššej podvrstvy tak, aby mala formát informačného poľa ATM bunky (segmentation) a spätne rekonštruje informáciu z informačného poľa ATM bunky (reassembling).

Convergence Sublayer - CS podvrstva - vykonáva prídavné funkcie ako multiplexovanie, detekciu straty buniek, alebo obnovenie časovania. Táto podvrstva môže byť ešte členená na od služieb závislú Service Specific Convergence Sublayer (SSCS) a spoločnú časť Common Part Convergence Sublayer (CPCS).

Rôzne kombinácie SAR a CS vytvárajú rôzne prístupové body SAP a tým poskytujú rôzne služby. Sú však odporúčané určité kombinácie SAR a CS pre triedy služieb popísané vyššie. V určitých aplikáciách môže byť niektorá podvrstva nepoužitá. Nie sú definované žiadne SAP medzi podvrstvami. Grafické znázornenie rozčlenenia adaptačnej vrstvy na podvrstvy je na [Obr.3.4.8](#).



Obr.3.4.8

V ďalšom sú vysvetlené protokoly adaptačnej vrstvy pre jednotlivé triedy služieb. Triedy C a D majú spoločné rysy, a tak je popísaný spoločný protokol typu 3/4.

### 3.4.3.1 Protokol AAL typ 1

Protokol typu 1 podporuje Circuit emulation mód a bude pravdepodobne jeden z prvých módov, ktoré budú musieť byť poskytované B-ISDN sieťou. AAL prijíma (a spätne poskytuje) bitový prúd v SAP typu 1. AAL-SDU môže byť jeden bit ak sa jedná o funkcie CS podvrstvy pre circuit transport (t.j. synchronný, alebo asynchronný signál s konštantnou bitovou rýchlosťou), alebo jeden byte ak sa jedná o funkcie CS podvrstvy pre video a audio prenos (t.j. aj pre 64 kbit/s hlasový signál podľa odporúčaní CCITT G.711 a G.722).

#### A. Segmentation and Reassembly (SAR) podvrstva

SAR podvrstva prijíma od CS podvrstvy 47 byte dát, dopĺňa ich jedným byte hlavičky (header) a vytvára tak SAR-PDU pre ATM vrstvu. Protokol SAR podvrstvy je na Obr.3.4.9. Hlavička SAR-PDU sa delí na SN (Sequence Number) pole a SNP (Sequence Number Protection) pole.

SN pole slúži na indikáciu CS vrstve pre prípad straty, alebo zle vlozenej SAR-PDU. SN pole sa delí na pole počítadla sekvencií (Sequence Count Field), ktoré má tri bity a označuje za sebou idúce SAR-PDU v móde modulo 8. Bit CSI (Convergence Sublayer Indication) nesie indikáciu z CS podvrstvy. Môže byť použitý aj pre prenos synchronizačnej informácie.

SNP pole používa tri bity na CRC ochranný kód (generačný polynóm  $x^3 + x + 1$ ) pre ochranu SN poľa a jeden bit pre paritnú ochranu všetkých ostatných siedmich bitov v hlavičke.

B. Convergence Sublayer (CS) podvrstva.

CS podvrstva nie je členená a poskytuje SAR podvrstve 47 byte dát prevzatých vo forme bitov, alebo byte z AAL-SAP1. Protokol nie je špecifikovaný, sú dané len funkcie, ktoré CS môže vykonávať.

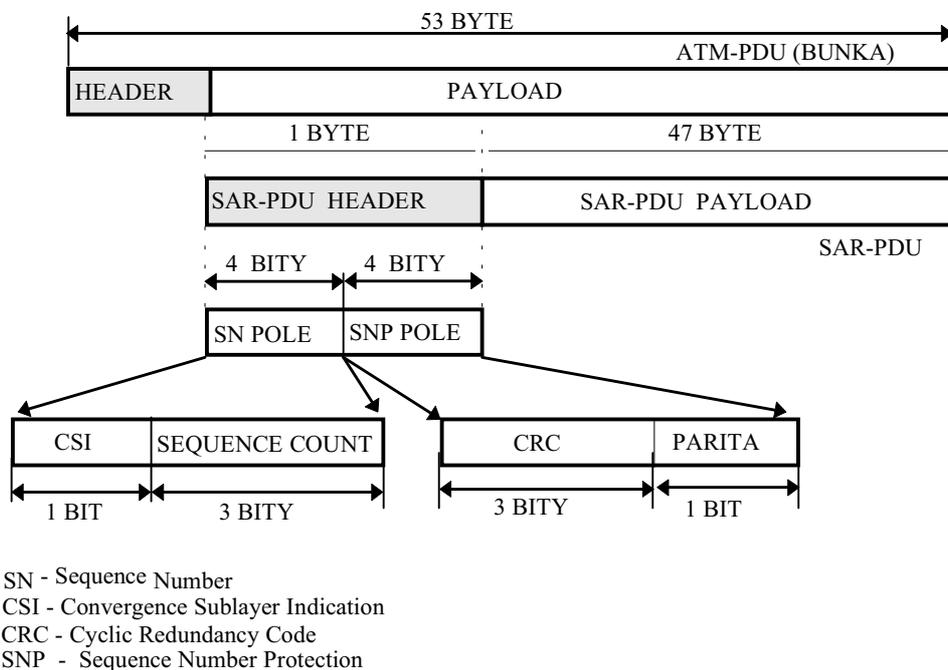
*Spracovanie oneskorenia buniek.* CS bude dodávať k používateľovi AAL-SDU s konštantnou rýchlosťou.

*Spracovanie sekvencie.* Podľa stavu čítača sekvencie v SAR podvrstve kontroluje sekvencie SAR-PDU a vyhodnocuje cykly. Zabezpečuje mechanizmus pre obnovenie taktu u používateľa.

*Prenos informácií o štruktúre (Structure Information) medzi zdrojom a cieľom informácií.*

*Korekcia chýb pomocou prekladania oktetov (Octet Interleaving) pre video a hi-fi audio prenos.*

*Generovanie správ o stave end-to-end spojenia z pohľadu AAL.*



Obr.3.4.9

C. Layer-to-layer komunikácia

Uvedený popis SAR a CS má peer-to-peer charakter. Pre layer-to-layer komunikáciu sú definované dve primitívy.

AAL-UNITDATA-REQUEST - požaduje prenos SDU t.j. obsah DATA parametra do odpovedajúcej peer entity. Parametrami pre túto primitívu sú DATA (povinný parameter) a STRUCTURE (nepovinný parameter použitý, ak používateľské dáta sú organizované do skupín po bitoch).

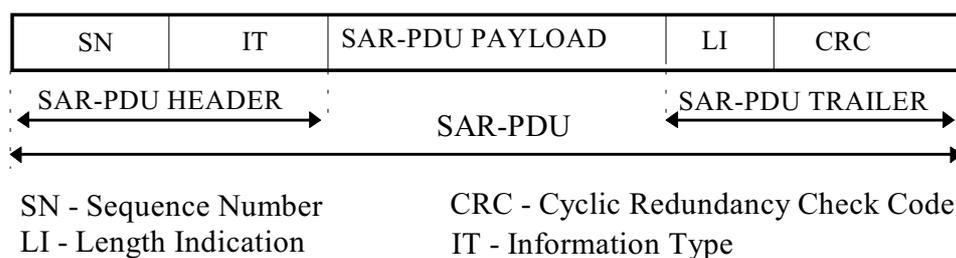
AAL-UNITDATA-INDICATION - oznamuje používateľovi že SDU t.j. obsah DATA parametra z odpovedajúcej peer entity je k dispozícii. Parametrami tejto primitívy sú DATA (povinný), STRUCTURE (nepovinný) a STATUS (nepovinný parameter, ktorý označuje chybovosť, alebo bezchybnosť dát).

### 3.4.3.2 Protokol AAL typ 2

Služby triedy B poskytujú prenos informácie s variabilnou bitovou rýchlosťou. Navyše je potrebný prenos taktovacej informácie medzi vysielateľom a prijímateľom. Keďže vysielateľ má variabilnú bitovú rýchlosť, niektoré bunky nemusia mať kompletne informačné pole.

#### A. Segmentation and Reassembly (SAR) podvrstva

ITU-T zatiaľ nešpecifikovala konečnú verziu protokolu typu 2. Je pravdepodobné, že SAR protokol bude mať tvar podľa Obr.3.4.10.



Obr.3.4.10

Pole SN (Sequence Number) indikuje stratu, alebo zlé smerovanie bunky. IT (Information Type) ukazuje, či sa jedná o začiatok prenášanej správy (BOM - Beginning of Message), pokračovanie, t.j. strednú časť správy (COM - Continuation of Message), alebo koniec správy z CS podvrstvy (EOM - End of Message). Rozlišuje tiež, či sa jedná o prenos užitočnej informácie, alebo taktovanie. LI (Length Indicator) určuje počet použitých byte v informačnom poli. CRC slúži na ochranu proti chybám počas prenosu.

#### B. Convergence Sublayer (CS) podvrstva

CS má vykonávať nasledovné funkcie:

- obnovenie taktovania prostredníctvom vkladania (vo vysielateľi) a vyberania (v prijímateľi) taktovacej informácie,
- spracovanie stavov, keď dôjde k strate, alebo chybnému smerovaniu buniek,
- zabezpečuje korekciu chýb (FEC - Forward Error Control) pre audio a video signály.

Je potrebné poznamenať, že trieda B je najproblematickejšia trieda služieb z hľadiska špecifikácií. CCITT (ITU-T) zrušilo niektoré špecifikácie, ktoré pre túto triedu navrhovalo pri prvých jednaniach. ATM Forum dokonca navrhlo zrušiť takto definovanú triedu služieb a zriadiť novú triedu a protokol AAL6. To sa nepodarilo, ale poukazuje na problémy s takto definovanou triedou služieb.

Najpravdepodobnejším signálom, ktorý bude využívať túto triedu služieb je komprimované video. Najsilnejší kandidát je video s formátom MPEG - Motion Picture Expert Group, ktorý je najčastejšie používaným formátom pre prenos a spracovanie videa s variabilnou rýchlosťou prenosu. Preto mnoho návrhov na štruktúru AAL2 priamo počíta s prenosom hlavne MPEG signálu a prispôbuje tomu aj štruktúru protokolov.

MPEG (presnejšie MPEG2) má dostatočné množstvo synchronizačnej informácie v rámci vlastného protokolu. Vzniká preto otázka, ako vytvoriť vzťah medzi časovaním MPEG signálu a časovaním ATM signálu. V čase písania tejto publikácie stále tento problém nie je

vyriešený. Existujú aj návrhy prenášať MPEG radšej ako službu triedy A vzhľadom na konštantnú dĺžku väčšiny dátových jednotiek (Data Units) MPEG signálu. V každom prípade služby triedy B a protokol AAL typu 2 je predmetom ďalšieho štúdia.

### 3.4.3.3 Protokol AAL typ 3/4

Tento protokol podporuje viacero služieb a môže pracovať v dvoch základných módoch.

**Message mode** - AAL-SDU prechádzajú cez AAL rozhranie presne vo veľkosti jednej AAL-IDU (AAL - Interface Data Unit). SDU môžu mať pevnú, alebo variabilnú veľkosť. V prípade SDU s malými veľkosťami, je v SSCS aplikovaná funkcia Blocking/Deblocking. V prípade variabilnej dĺžky SDU môže byť aplikovaná funkcia Segmentation/Reassembling.

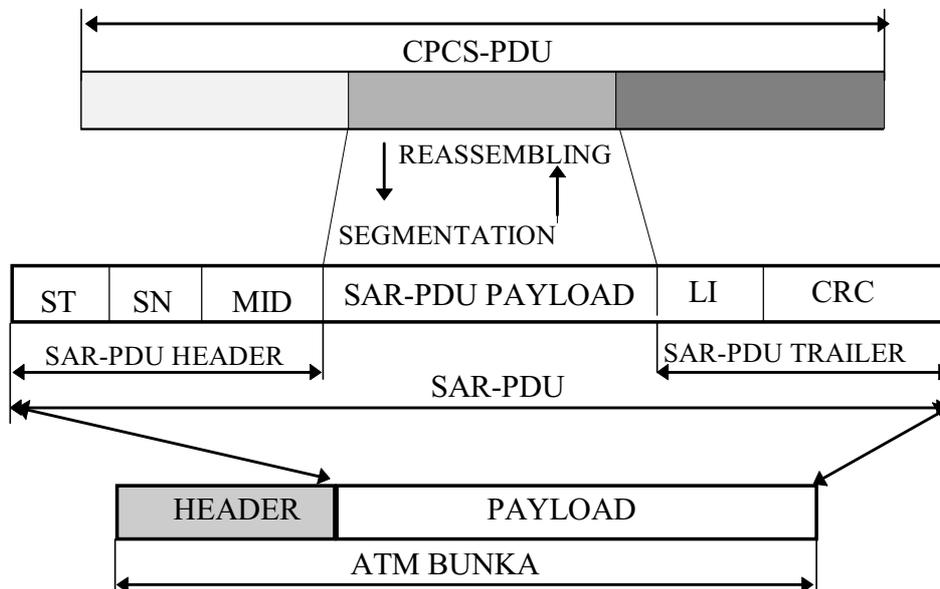
**Streaming mode** - AAL-SDU prechádza cez rozhranie AAL ako jedna, alebo viac AAL-IDU. SDU majú variabilnú veľkosť.

Obidva módy môžu pri peer-to-peer komunikácii pracovať s istenou prevádzkou (Assured operation), kedy sa prenos SDU kontroluje a s neistenou prevádzkou (Non-assured operation), kedy môže dôjsť k strate informácií.

Protokol typu 3/4 podporuje point-to-point alebo point-to-multipoint spojenie. Je možné viacnásobné AAL spojenie v rámci jedného ATM spojenia multiplexovaním v AAL.

#### A. Segmentation and Reassembly (SAR) podvrstva

SAR podvrstva akceptuje variabilnú dĺžku SDU z CS podvrstvy a segmentuje ju na 44 bytovú SAR-SDU. Zároveň pridáva 2 byte SAR-PDU header a 2 byte SAR-PDU trailer. Vytvára tým SAR-PDU o dĺžke 48 byte, čo je informačné pole ATM bunky. Formát SAR-PDU a znázornenie funkcie Segmentation/Reassembling je na Obr.3.4.11.



ST - Segment Type (2 bity)  
 SN - Sequence Number (4 bity)  
 MID - Multiplexing Identificator (10 bitov)  
 CRC - Cyclic Redundancy check Code (10 bitov)  
 LI - Length Indication (6 bitov)

Obr.3.4.11

Pole **ST (Segment Type)** určuje, či daná SAR-PDU je počiatkový, stredový, alebo konečný segment zo segmentovanej CPCS-PDU z vrchnej podvrstvy.

Pole **SN (Sequence Number)** čísluje modulo 16 po sebe idúce SAR-PDU. V prijímači je tak možná kontrola kontinuity.

Pole **MID (Multiplexing Identification)** slúži k identifikácii viacerých AAL spojení v rámci jedného ATM spojenia. Má význam aj pri aplikáciách bez spojovej orientácie (connectionless).

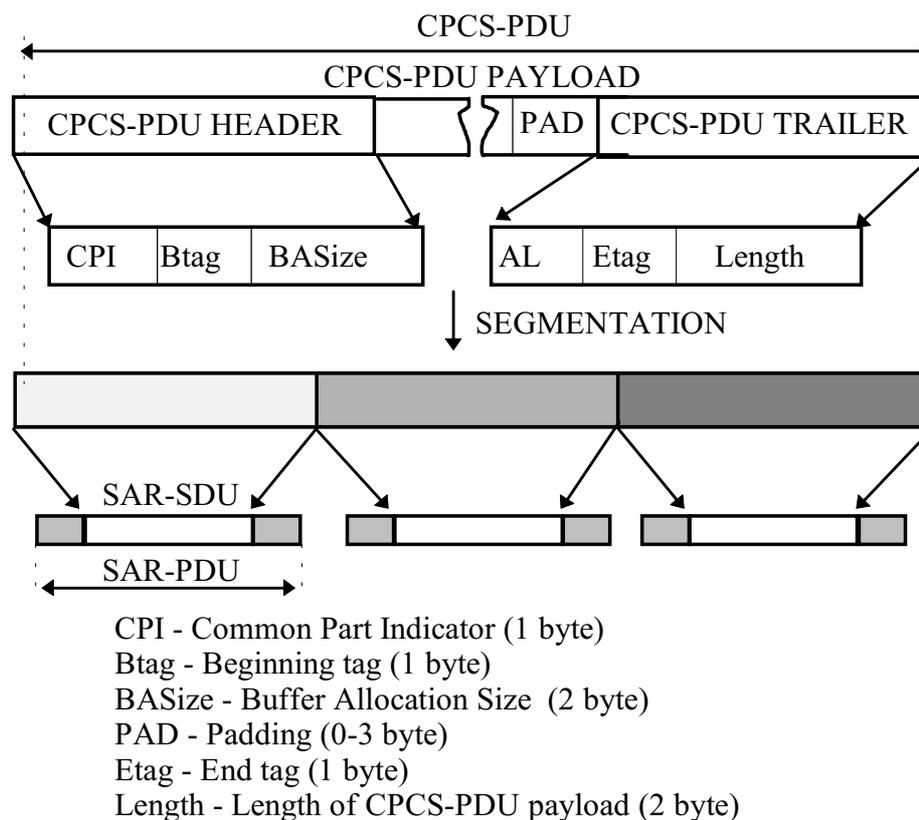
Pole **LI (Length Information)** udáva koľko byte informácie sa nachádza v informačnom poli SAR-PDU (SAR-PDU Payload).

Pole **CRC** tvorí ochranný mechanizmus proti chybám v prenose. Je použitý generačný polynóm  $x^{10} + x^9 + x^5 + x^4 + x + 1$ .

### B. Common Part Convergence Sublayer (CPCS) podvrstva

Hlavnou úlohou CPCS je podporovať služby Triedy C a Triedy D. Pre Triedu D už nie je potrebná vrchnejšia Service Specific Convergence Sublayer (SSCP).

CPCS umožňuje prenos rámcov s dĺžkou od 1 do 65 535 byte s možnosťou ďalšieho rozšírenia. Pracuje v Message móde, alebo v Streaming móde. Podobne ako SAR aj CPCS pridáva k informačnému poľu header a trailer. Navyše je tam výplňové - padding - pole. Štruktúra CPCS-PDU je na [Obr.3.4.12](#).



Obr.3.4.12

Pole **CPI (Common Part Indicator)** slúži ako počítadlo, pomocou ktorého sa dá predĺžiť v budúcnosti dĺžka CPCS-PDU. Ďalšie použitie je predmetom štúdia.

Pole **Btag a Etag (Beginning Tag a End Tag)** kontroluje spolupatričnosť header-a a trailer-a. Vysielač vloží do poľa Btag a Etag tú istú hodnotu a prijímač ju kontroluje. Pole cykluje modulo 256 a nepoužíva sa na kontrolu sekvencie za sebou idúcich CPCS-PDU.

Pole **BASize (Buffer Allocation Size Indicator)** oznamuje prijímacej peer entite, aký veľký buffer si má rezervovať pre prijatie CPCS-SDU. Maximálna dĺžka CPCS-SDU je daná hodnotou BASize poľa pre násobená hodnotou počítadla v CPI poli.

Pole **PAD (Padding)** sa vkladá medzi informačné pole a trailer tak, aby spolu s informačným poľom tvorilo celistvý násobok 4 byte.

Pole **AL (Alignment)** neprenáša žiadnu informáciu a slúži len na predĺženie trailer-a na 32 bitov.

Pole **Length** kóduje dĺžku informačného poľa. Maximálna dĺžka poľa je daná hodnotou Length poľa pre násobená hodnotou počítadla v CPI poli.

### C. Service Specific Convergence Sublayer (SSCS) podvrstva

Táto časť CS je používateľský závislá a protokol je daný druhom poskytnutej služby. Procedúry v tejto vrstve sú predmetom ďalšieho štúdia.

### D. Layer-to-layer komunikácia

Uvedený popis SAR a CS má peer-to-peer charakter. Layer-to-layer komunikácia vzhľadom k vyššej vrstve je používateľský závislá a je predmetom ďalšieho štúdia. Sú definované primitívy medzi CPSC a SSCS a medzi CPCS a SAR. Vzhľadom na to, že SSCS časť nemusí existovať sú potom prvé spomenuté primitívy použiteľné aj pre vyššie vrstvy.

Keďže medzi podvrstvami v CS neexistujú prístupové body SAP, sú primitívy miesto "request" a "indication" označené ako "invoke" a "signal". Funkčný popis layer-to-layer primitív presahuje rámec tejto publikácie, preto sa obmedzíme len na ich vymenovanie.

Primitívy medzi CPCS a SSPS:

- pre Transfer Service - CPCS-UNITDATA-invoke CPCS-UNITDATA-signal
- pre Abort Service - CPCS-U-Abort-invoke CPCS-U-Abort-signal

Primitívy medzi SAR a CPCS:

- pre Transfer Service - SAR-UNITDATA-invoke SAR-UNITDATA-signal
- pre Abort Service - SAR-U-Abort-invoke SAR-U-Abort-signal

Transport Service primitívy slúžia k výmene layer-to-layer dát medzi entitami. Abort Service primitívy spracovávajú chybové stavy a zrušenie komunikácie.

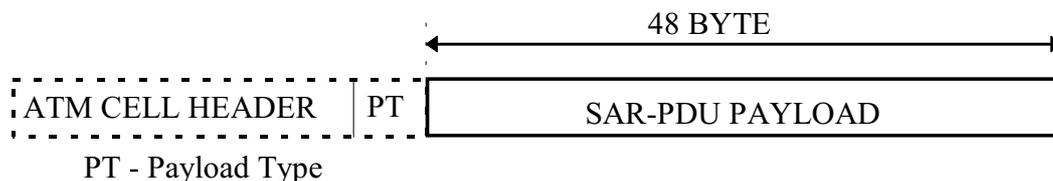
### 3.4.3.4 Protokol AAL typ 5

Protokol AAL typ 5 je modifikáciou protokolu typu 3/4. Nepodporuje multiplexovanie viacerých spojení v AAL. Ak sa multiplexovanie vyžaduje, musí byť vykonávané v používateľskej časti CS (SSCS).

Zmyslom protokolu AAL typ 5 je poskytnúť prístupový bod pre jednoduchšie a efektívnejšie spracovávanie služieb triedy C. Jedná sa hlavne o rýchlu dátovú komunikáciu, kde nie je žiaduci rozsiahly processing.

A. Segmentation and Reassembly (SAR) podvrstva

SAR podvrstva akceptuje variabilnú dĺžku SDU z CS podvrstvy. Prijíma 48 oktetov z CPCS a posieľa 48 oktetov do ATM vrstvy. Štruktúra SAR-PDU je na Obr.3.4.13.



Obr.3.4.13

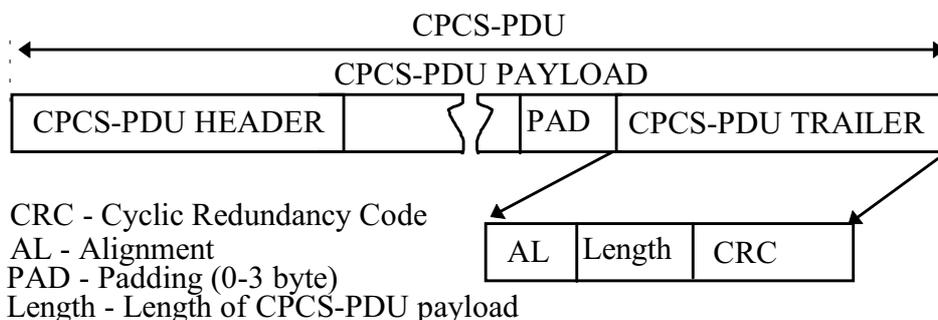
SAR-PDU má jednoduchú štruktúru bez jednotlivých polí. Keďže vykonáva segmentačnú funkciu, musí byť označené o aký segment z CPCS-PDU sa jedná. To je v poli PT (Payload Type), kde 1 znamená, že sa jedná o konečný segment a 0 označuje počiatočný, alebo stredový segment. PT indikátor má end-to-end charakter a je časťou hlavičky ATM bunky. V SAR-PDU nie je indikátor dĺžky a tak CPCS musí dodávať celistvý násobok 48 oktetov.

B. Common Part Convergence Sublayer (CPCS) podvrstva

CPCS prenáša rámce s dĺžkou od 1 do 65 535 byte a pracuje v Message, alebo v Streaming móde. Štruktúra CPCS-PDU je na Obr.3.4.14.

CPCS pridáva k informačnému poľu trailer, prípadne header. Potreba použitia header-a je ešte predmetom štúdia a nie je zatiaľ štandarizovaná.

Trailer je vždy tvorený poslednými 8 byte CPCS-PDU a tak je definované pole PAD (Padding), ktoré vyplňa informačné pole, ak nemá potrebnú dĺžku. PAD môže mať 0 až 47 byte.



Obr.3.4.14

Pole AL bolo pôvodne definované ako Alignment na doplnenie traileru na 8 oktetov. V najnovších špecifikáciách môžeme nájsť jeho rozdelenie na dve časti. Pole UU - User-to-user (1 oktet) dovoľuje prenášať transparentne informáciu medzi dvoma používateľmi, ktorí využívajú službu s protokolom 5. Niekedy sa toto pole označuje aj ako Convergence Function - CF.

Pole CPI - Common Part Indicator- si zachovalo pôvodnú funkciu AL a to doplniť trailer na 64 bitov (8 oktetov).

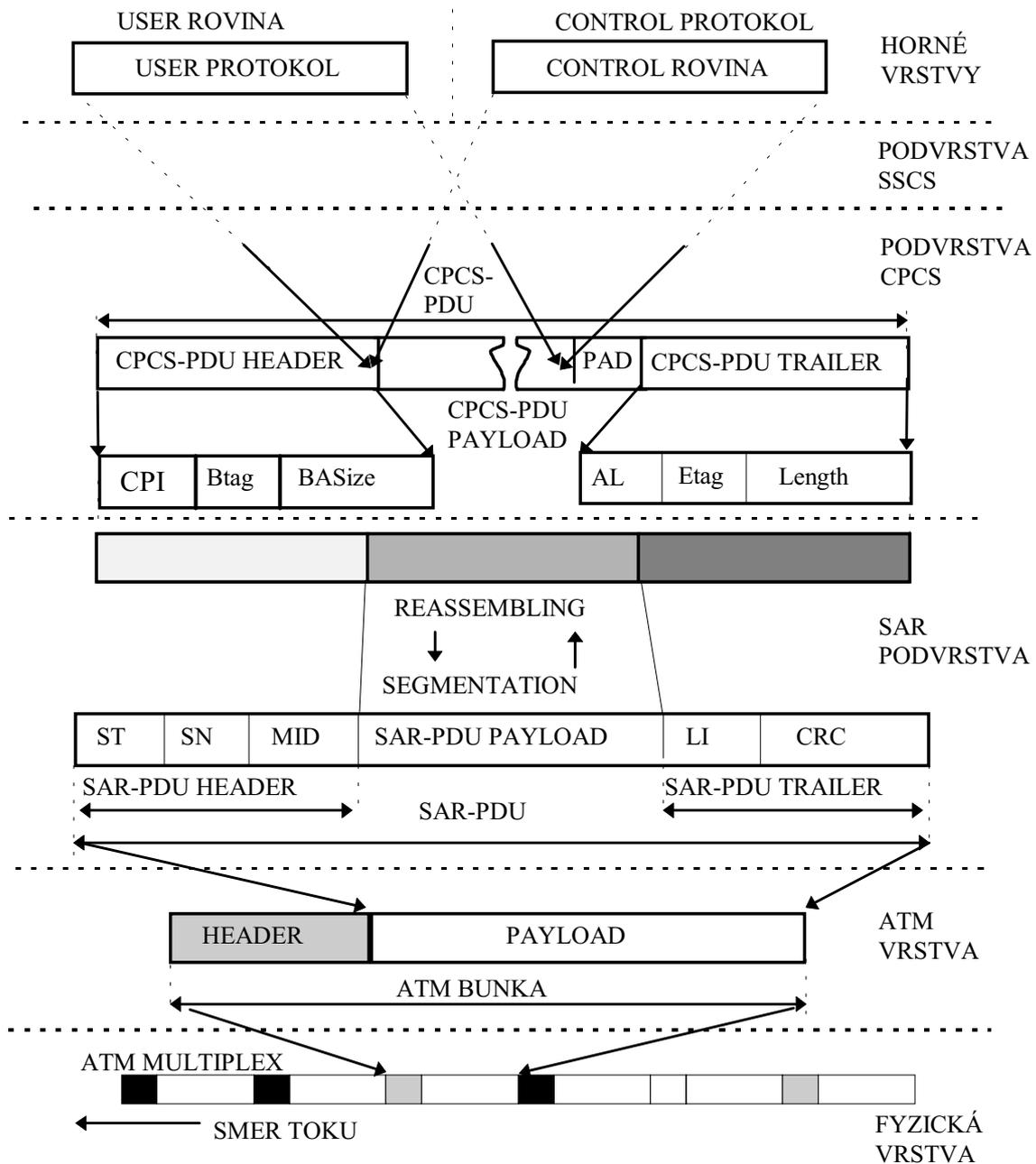
Length pole kóduje dĺžku informačného poľa. V prijímači sa pomocou neho rozoznávajú užitočné byte v informačnom poli a detekuje sa strata informácie.

CRC (Cyclic Redundancy Code) je ochranný kód, ktorý je počítaný nad obsahom celej CPCS-PDU. Ak je prítomný header, je tiež zahrnutý do kalkúácie. Generačný polynóm pre CRC je

$$x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^9 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1.$$

C. Service Specific Convergence Sublayer (SSCS) podvrstva

Táto časť CS je používateľsky závislá a protokol je daný druhom poskytovanej služby.



Obr.3.4.15

### 3.4.4 Vyššie vrstvy

Protokoly vrstiev nad AAL vrstvou sú používateľsky závislé. Spolupracujú s AAL cez niektorý z definovaných (alebo v budúcnosti zdefinovaných) prístupových bodov SAP. Vrstvy nad AAL sú už dosť zreteľne rozdelené na používateľsku rovinu (User Plane) a riadiacu rovinu (Control Plane).

Používateľská rovina je ďalej vrstvená podľa typu služby a môže využívať niektoré z vrchných vrstiev modelu OSI. Možný prístup do AAL je napríklad cez protokol LAPB (Link Access Procedure - Asynchronous Balanced Mode).

Riadiaca rovina zahŕňa procedúry pre riadenie spojení a predstavuje ju napríklad signalizácia (Call Control).

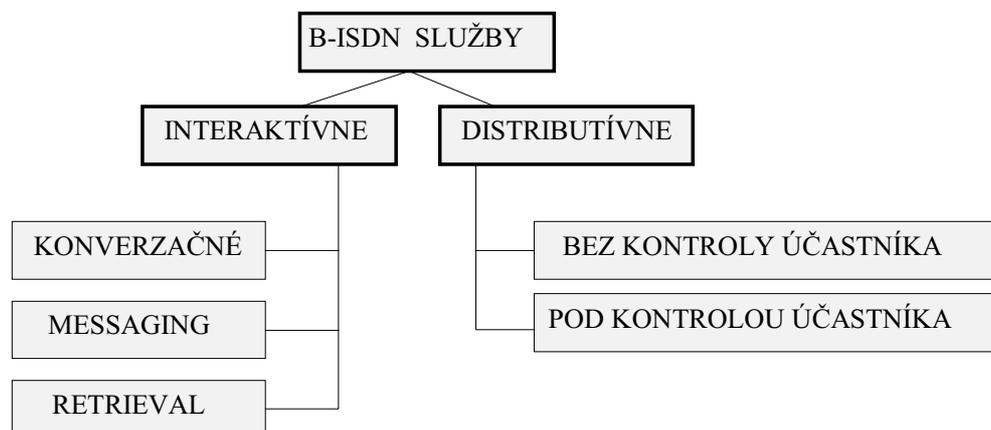
Na záver je kvôli prehľadu znázornená celková protokolová štruktúra pre protokol typu 3/4 v AAL vrstva B-ISDN protokolového referenčného modelu (Obr.3.4.15).

## 3.5 SLUŽBY V B-ISDN

Vzhľadom na rôzne formy budúcej širokopásmovej komunikácie boli definované dve základné triedy služieb - interaktívne služby a distributívne služby. Každá z týchto tried je ešte delená do niekoľkých podtried. Prehľadne je to znázornené na Obr.3.5.1. (Rozdelenie služieb z hľadiska protokolov v AAL vrstve a kategórie služieb podľa ATM Forum sú uvedené v časti 3.4.3 ATM adaptačná vrstva).

### 3.5.1 Interaktívne služby

Interaktívne služby sú rozdelené do troch podtried - konverzačné služby, výmena správ (messaging services) a retrieval služby.



Obr.3.5.1

#### 3.5.1.1 Konverzačné služby

Konverzačné služby sú prostriedkom pre obojsmernú komunikáciu v reálnom čase. Jedná sa o end-to-end informačný prenos medzi používateľmi. Informačný tok môže byť symetrický (t.j. v oboch smeroch prenosu tou istou bitovou rýchlosťou), alebo nesymetrický s rozdielnymi rýchlosťami v jednotlivých smeroch prenosu. Informácia je vysiadaná jedným, alebo viacerými používateľmi a je určená pre jedného, alebo viacerých používateľov.

Príklady konverzačných služieb sú:

- a/ pre prenos pohyblivého obrazu
  - širokopásmový videotelefón,
  - širokopásmová videokonferencia,
  - video dohľad (bezpečnosť budov, kontrola premávky),
- b/ pre prenos zvuku:
  - viackanálové zvukové signály,
- c/ pre prenos dát:
  - vysoko rýchly prenos dát (LAN, MAN, CAD/CAM),
  - prenos súborov s veľkými objemami,
  - rýchle teleakcie (kontrola v reálnom čase),
- d/ pre prenos dokumentov:
  - rýchly telefax,
  - statický obraz s vysokým rozlíšením (medicína),
  - komunikácia s dokumentami.

### 3.5.1.2 Výmena správ

Výmena správ (message services) poskytuje používateľskú obojsmernú komunikáciu, ktorá nie je v reálnom čase. Znamená to, že správa sa môže dočasne uložiť v nejakom pamäťovom médiu a je poskytnutá používateľovi neskôr. Správa môže počas uloženia podliehať nejakému druhu processingu (editovanie, konverzia). Takýto druh komunikácie býva niekedy označovaný aj ako store-and-forward.

Príklady výmeny správ sú:

- a/ pre pohyblivý obraz a zvuk
  - video mail, voice mail,
- b/ pre dokumenty
  - dokumentový mail.

### 3.5.1.3 Retrieval služby

Retrieval služba umožňuje účastníkovi vybrať informácie z informačných centier a baniek dát, ktoré sú určené pre verejné použitie. Tieto informácie sú vysielané k účastníkovi len na základe jeho požiadavky. Informácia je vyberaná každým účastníkom individuálne a proces vyberania je pod jeho kontrolou.

Príklady retrieval služieb sú:

- širokopásmový videotex (statický aj pohyblivý),
- video programy (zábavné, vzdelávacie),
- prístup k dokumentom,
- prístup k dátam (telesoftware).

## 3.5.2 Distributívne služby

Distributívne služby je možné klasifikovať do dvoch podtried - distributívne služby bez zákaznickej kontroly a distributívne služby so zákazníckou kontrolou.

### 3.5.2.1 Služby bez zákaznickej kontroly

Táto podtrieda služieb zahŕňa všetky druhy šírenia televízneho, rozhlasového a textového vysielania. Jedná sa o spojený informačný tok, ktorý je vysielaný k neobmedzenému počtu účastníkov z centrálného zdroja. Účastník (zákazník) nemôže ovládať začiatok, ani priebeh vysielania.

Príklady služieb bez zákaznickej kontroly sú:

a/ pre šírenie video signálu:

- distribúcia súčasnej TV,
- distribúcia EDTV (Enhanced Definition TV),
- distribúcia HDTV (High Definition TV),
- distribúcia kódovanej (platenej) TV,

b/ pre šírenie audio signálu:

- vysielanie kvalitného rozhlasového signálu,

c/ pre šírenie textových informácií:

- elektronické noviny,
- electronic publishing,

d/ pre šírenie dátových informácií:

- dátové distribučné služby.

### 3.5.2.2 Služby pod kontrolou zákazníka

Tieto služby tiež predstavujú distribúciu informácie k veľkému počtu účastníkov. Informácia je však formovaná do sekvencie informačných jednotiek s cyklickým opakovaním. Používateľ má tak možnosť prísť k danému programu na jeho začiatku, prípadne ho sledovať opakovane.

Príklady takýchto služieb sú:

- video vzdelávacie programy,
- reklamné programy,
- vzdelávacie programy,
- telesoftware

Hore popísané rozdelenie služieb v B-ISDN sa týkalo širokopásmových služieb. B-ISDN je univerzálna sieť, ktorá prenáša všetky služby. Je preto vhodná aj na prenos v súčasnosti existujúcich a prevádzkovaných služieb ako prenos hovorového signálu, pomalý prenos dát, alebo klasický fax. Koncové terminály, ktoré nemajú širokopásmový charakter, alebo nevyhovujú Odporúčaniam CCITT sú tiež pripojiteľné k B-ISDN. K tomu je určený terminálový adaptér, ktorý je na používateľskom rozhraní UNI definovaný práve pre pripojenie takýchto terminálov k B-ISDN.

**Poznámka:** Uvedené rozdelenie služieb v B-ISDN sa týkalo konkrétnych aplikácií v globálnej sieti založenej na ATM. Ako sme mohli vidieť v predchádzajúcich kapitolách, služby v ATM sieti je možné definovať aj podľa iných kritérií.

Podľa použitého protokolu v AAL vrstve a podľa bodu prístupu k službe (SAP) rozdeľujeme:

- služba používajúca protokol AAL typ 1 (SAP1),
- služba používajúca protokol AAL typ 2 (SAP2),
- služba používajúca protokol AAL typ 3 (SAP3),

- služba používajúca protokol AAL typ 4 (SAP4),
- služba používajúca protokol AAL typ 5 (SAP5).

Ešte existuje rozdelenie služieb do kategórií, ktoré sú definované na pôde ATM Forum z hľadiska potrieb privátnych sietí toto rozdelenie je podľa prevádzky, ktorou služba zaťažuje sieť a podľa požadovanej kvality služby (QoS). Kategórie služieb sú:

- Constant Bit Rate (CBR) Service - služba s konštantnou bitovou rýchlosťou,
- Real-Time Variable Bit Rate (rt-VBR) Service - služba s premenlivou bitovou rýchlosťou v reálnom čase,
- Non-Real-Time Variable Bit Rate (nrt-VBR) Service - služba s premenlivou bitovou rýchlosťou bez potreby prenosu v reálnom čase,
- Unspecified (Unassigned) Bit Rate (UBR) Service - služba s nešpecifikovanou bitovou rýchlosťou,
- Available Bit Rate (ABR) Service - služba s dostupnou bitovou rýchlosťou.

Bližšia špecifikácia služieb podľa takéhoto rozdelenia je v kapitole 3.4.3. ATM adaptačná vrstva (AAL).

## 3.6 POUŽÍVATEĽSKÉ ROZHRAKIE - USER NETWORK INTERFACE (UNI)

Používateľské rozhranie UNI predstavuje univerzálne prostredie, pomocou ktorého je možný prístup do ATM (B-ISDN) siete. Na tomto mieste je potrebné pripomenúť, že rozlišujeme dve rozdielne rozhrania UNI:

1. Verejné UNI - ktoré je popísané v štandardoch ITU-T ako UNI pre B-ISDN a je to rozhranie pre verejné ATM siete, t.j. pre pripojenie koncového terminálu, alebo privátnej siete k verejnej ATM sieti.
2. Privátne UNI - ktoré je definované v špecifikáciách ATM Forum a je určené pre pripojenie používateľa k privátnej ATM sieti.

Ďalej sú popísané referenčné konfigurácie, prístupy a procedúry na fyzickej vrstve definované pre verejné UNI. Tiež sú uvedené prístupy pre privátne UNI. Prístupov pre privátne UNI je viac a bližšie informácie je možné nájsť v [62].

### 3.6.1 Referenčné konfigurácie

Základná referenčná konfigurácia pre B-ISDN je zobrazená na Obr.3.6.1.

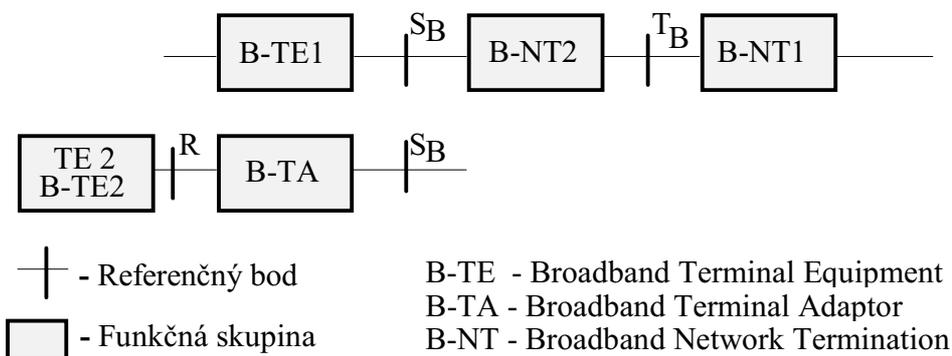
Konfigurácia je totožná s ISDN, na odlišenie je použitý index B, čo značí širokopásmový charakter funkčných skupín. Základné funkčné skupiny a ich funkcie sú:

#### *Broadband Network Termination 1 (B-NT1)*

Táto funkčná skupina zahŕňa funkcie odpovedajúce fyzickej vrstve protokolového referenčného modelu. Základné funkcie B-NT1 sú:

- ukončenie prenosových liniek,
- spracovanie prenosových rozhraní,
- funkcie údržby a monitorovania.

Funkčná skupina môže zahŕňať aj ďalšie funkcie špecifické pre použitý prenosový systém.



Obr.3.6.1

#### *Broadband Network Termination 2 (B-NT2)*

Táto funkčná skupina zahŕňa funkcie vrstvy 1 protokolového modelu, ale tiež funkcie vyšších vrstiev. B-NT2 nemusí existovať a potom referenčné body  $T_B$  a  $S_B$  sú identické. Základné funkcie B-NT2 sú:

- adaptačné funkcie pre rôzne médiá a protokoly,
- cell delineation,
- koncentrácia,
- buffering,
- multiplexovanie/demultiplexovanie,
- funkcie adaptačnej vrstvy pre signalizáciu (v prípade internej prevádzky v B-NT2),
- funkcie údržby a monitorovania,
- spracovanie signalizačného protokolu,
- spojovanie.

#### *Broadband Terminal Equipment (B-TE)*

Zahŕňa funkcie vrstvy 1 a funkcie vyšších vrstiev protokolového modelu. Funkcie B-TE sú:

- dialógy a protokoly používateľ-používateľ a používateľ-stroj,
- ukončenie rozhrania,
- spracovanie protokolov pre signalizáciu,
- spracovanie spojení k iným zariadeniam,
- funkcie údržby a monitorovania.

#### *Broadband Terminal Equipment type 1 (B-TE1)*

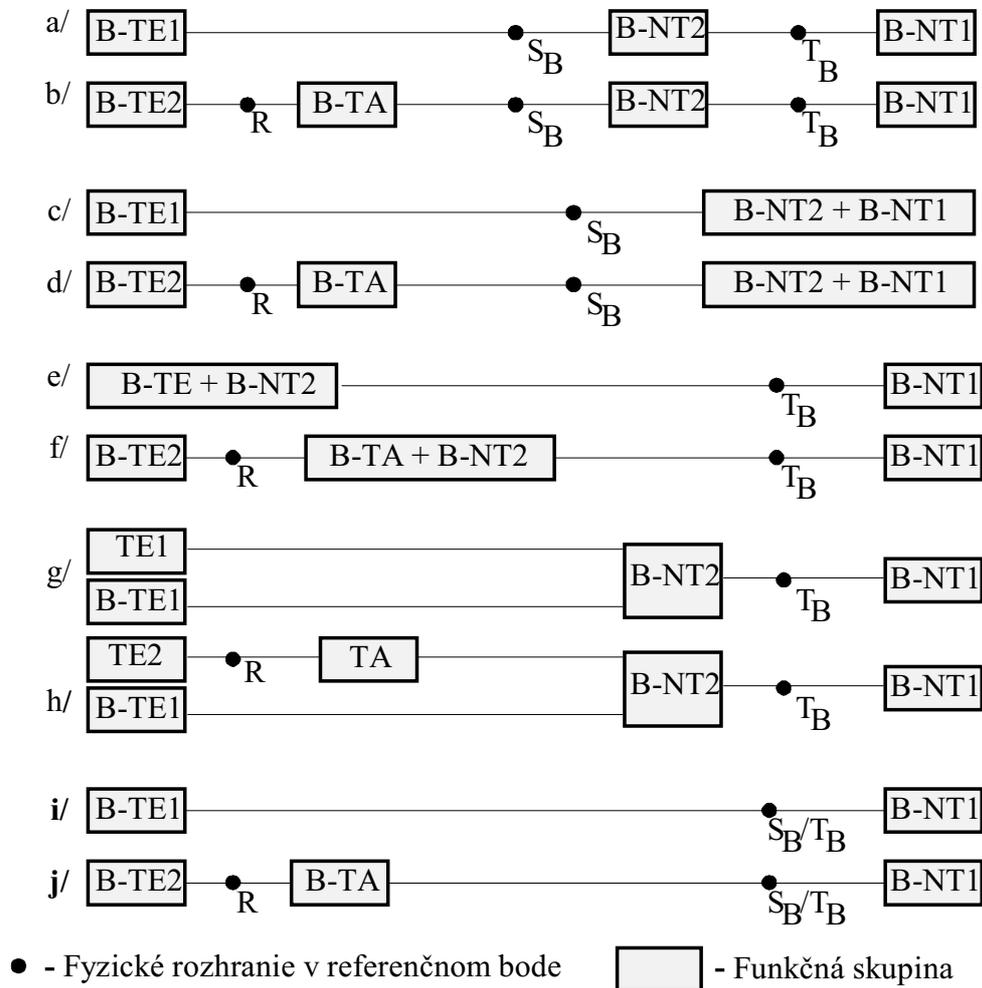
Táto funkčná skupina zahŕňa funkcie odpovedajúce funkčnej skupine B-TE a má rozhranie, ktoré vyhovuje B-ISDN rozhraniu  $S_B$ , alebo  $T_B$  (podľa Odporúčaní CCITT).

#### *Broadband Terminal Equipment type 2 (B-TE2)*

Táto funkčná skupina zahŕňa funkcie odpovedajúce funkčnej skupine B-TE, ale má rozhranie, ktoré neodpovedá Odporúčaniam CCITT, alebo odpovedá Odporúčaniam pre iné rozhranie ako B-ISDN UNI.

Broadband Terminal Adaptor (B-TA)

Zahrňa funkcie vrstvy 1 a vyšších vrstiev protokolového modelu. Umožňuje pripojenie B-TE2 alebo TE2 na B-ISDN UNI rozhranie. Referenčná konfigurácia z Obr.3.6.1 môže mať mnoho variantov. Základné modifikácie sú na Obr.3.6.2.



Obr.3.6.2

Konfigurácie na Obr.3.6.2 sú:

- a/, b/ znázorňujú stav, keď fyzické rozhranie je na referenčnom bode  $S_B$  aj  $T_B$ ,
- c/, d/ zobrazujú stav, keď fyzické B-ISDN rozhranie je len na referenčnom bode  $S_B$ ,
- e/, f/ sú prípadom, keď fyzické rozhranie je len v referenčnom bode  $T_B$ ,
- g/, h/ znázorňujú stav, keď v UNI existuje ISDN aj B-ISDN rozhranie. Fyzické rozhrania sa potom objavia na referenčných bodoch S,  $S_B$  aj  $T_B$ ,
- i/, j/ zobrazujú stav, keď je len jeden referenčný bod, ktorý má súčasne funkciu  $S_B$  aj  $T_B$ .

Sú možné aj ďalšie varianty referenčnej konfigurácie. Fyzické rozhranie B-NT2 môže byť distribuované (pobočková ústredňa) alebo používať spoločne zdieľané prenosové médium (zbernica, kruhová zbernica) v prípade LAN sietí.

### 3.6.2 Prístupy na UNI

V referenčných konfiguráciách je možné podľa CCITT (ITU-T) na referenčných bodoch T<sub>B</sub> a S<sub>B</sub> používať dva základné prístupy do siete - prístup s bitovou rýchlosťou 155 520 kbit/s a prístup s bitovou rýchlosťou 622 080 kbit/s. Ako preferované fyzické médium pre prístup je odporúčané optické vlákno. Vzhľadom na existenciu súčasných vybudovaných prenosových médií, je možný tiež prístup na koaxiálnom kábli.

Ako už bolo spomenuté pri popise fyzickej vrstvy (časť 3.4.1.1.) ATM Forum špecifikovalo aj ďalšie možnosti prístupov a fyzických médií na UNI. Vychádza to hlavne z potrieb privátnych sietí a menších bitových rýchlostí v takýchto sieťach. V ďalšom sa obmedzíme na detailný popis prístupu 155,520 Mbit/s a čiastočne 622,080 Mbit/s. Pre úplnosť však ešte raz uvedieme aj ďalšie špecifikované prístupy na UNI:

- 155,520 Mbit/s prevádzkovaných na multimódovom vlákne, alebo na tienenom krútenom páre STP s kódovaním 8B/10B,
- 100 Mbit/s prevádzkovaných na multimódovom kábli s kódovaním 4B/5B na základe štandardu IEEE a ANSI FDDI, označovanom tiež ako TAXI (Transparent Asynchronous Exchange Interface),
- 44,736 Mbit/s prevádzkovaných na koaxiálnom kábli

Najnovšie sú podľa štandardu UNI 3.1 odporúčané aj nasledovné rýchlosti:

- 155,520 Mbit/s prevádzkovaných na netienenom krútenom páre UTP novej kategórie 5,
- 51,480 Mbit/s prevádzkovaných na netienenom krútenom páre UTP staršej kategórie 3,
- 139,264 Mbit/s podľa európskej multiplexnej hierarchie (E4),
- 34,368 Mbit/s podľa európskej multiplexnej hierarchie (E3),
- 1,544 Mbit/s podľa americkej multiplexnej hierarchie (T1),
- 2,048 Mbit/s podľa európskej multiplexnej hierarchie (E1).

#### 3.6.2.1 Prístup 155 520 kbit/s

Bitová rýchlosť na tomto rozhraní je 155 520 kbit/s. Rozhranie je vždy symetrické, t.j. rovnaká bitová rýchlosť je použitá v oboch smeroch prenosu na UNI. Nasledovný popis funkcií pri jednotlivých prístupoch sa týka fyzickej vrstvy. Ako bolo naznačené pri B-ISDN protokolovom referenčnom modeli, fyzická vrstva má dve podvrstvy - Physical Medium (PM) sublayer a Transmission Convergence (TC) sublayer.

##### *A. Physical Medium Sublayer*

Úlohou PM podvrstvy je zabezpečiť definovanú rýchlosť, časovanie a prístup na fyzické médium. Bitová rýchlosť je symetrická 155 520 kbit/s. Fyzické prenosové médium je hlavne optické vlákno, ale sú prípustné aj iné možnosti. Pri elektrickom fyzickom médiu je ako linkový kód odporúčaný kód CMI (Coded Mark Inversion). Pri optickom médiu je odporúčaný linkový kód NRZ (Non Return to Zero).

Časovanie v PM závisí od použitého synchronizačného prístupu a je bližšie popísané v časti o synchronizácii v B-ISDN.

##### *B. Transmission Convergence Sublayer*

TC podvrstva má na UNI niekoľko definovaných funkcií:

- generovanie a obnova prenosových rámcov,
- adaptácia dátového toku na prenosové rámce,

- HEC verifikácia,
- cell delineation,
- cell rate decoupling.

*a/ Generovanie a obnova prenosových rámcov*

Prenos na používateľskom rozhraní má definovanú štruktúru. Úlohou TC podvrstvy je udržiavať a správne rozoznávať prenosové rámce.

*b/ Adaptácia na prenosové rámce*

TC podvrstva štrukturalizuje ATM bunky do do formátu, vhodného pre prenos. Existujú dve možnosti prenosu na UNI.

*Prenos ATM multiplexom (Cell based)*

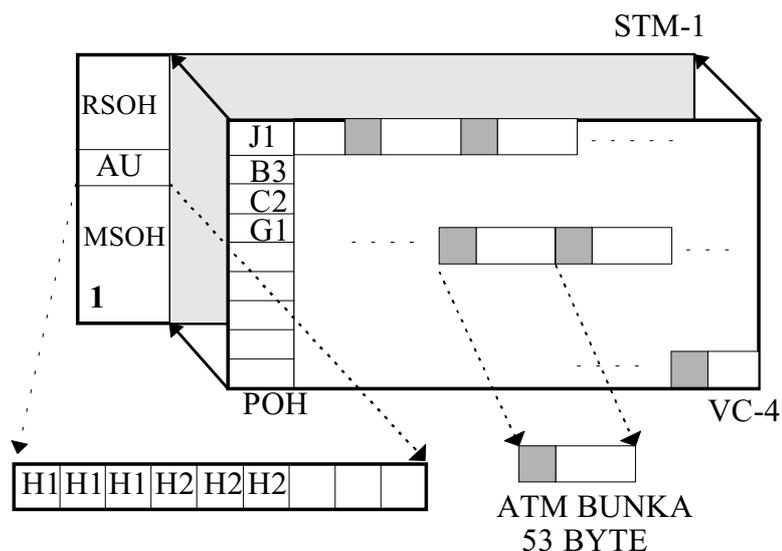
V tomto prípade sa prenáša ATM multiplex vo svojom pôvodnom tvare. Nie sú vyžadované žiadne prídavné prenosové rámce a funkcie.

*Prenos pomocou SDH*

Prenos ATM multiplexu pomocou SDH znamená mapovanie ATM buniek do formátu SDH. Ak predpokladáme prenos modulom STM-1, tak prúd buniek je najprv sformovaný do kontajnera C-4 a potom spolu s poľom POH (Path Overhead) do virtuálneho kontajnera VC-4. Ten je s príslušným SOH (Section Overhead) vložený do modulu STM-1. Proces je znázornený na Obr.3.6.3. Na obrázku je tiež znázornené, ktoré byte POH sú využívané a ako je tvorený AU Pointer. Byte H<sub>1</sub> a H<sub>2</sub> sú použité na označenie prvého byte VC-4 v module. AU Pointer spolu s metódou positive-zero-negative justification eliminuje vplyv fázových nerovností medzi SDH uzlami.

Obsah kontajnera C-4 nie je celistvým násobkom veľkosti buniek. Preto sa uvažuje o dvoch možnostiach mapovania buniek do STM-1. Alebo sa do kontajnera uloží maximálny počet celých buniek a zvyšok sa vyplní stuffingovými byte, alebo bude bunka presahovať hranice kontajnera.

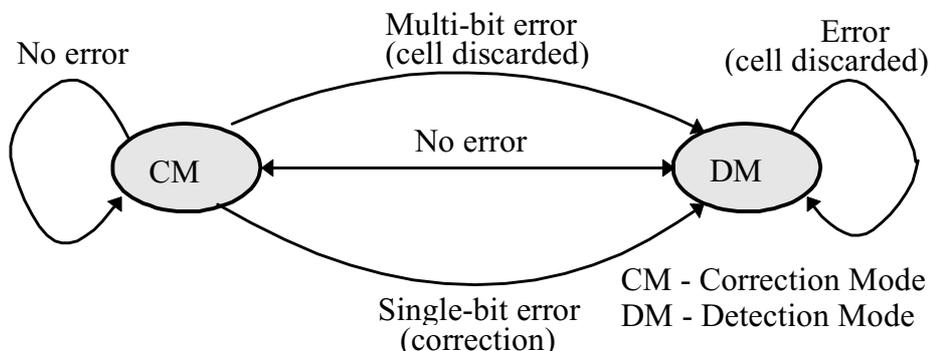
Uvedený postup platí pre mapovanie ATM buniek do STM-1 a prenosovú rýchlosť 155 520 kbit/s. Pre prenos ATM signálu rýchlosťou 622 080 kbit/s je postup obdobný, len je použité mapovanie do modulu STM-4.



Obr.3.6.3

c/ HEC verifikácia

Záverečnou časťou hlavičky každej bunky je pole HEC (Header Error Control). Je to kódové slovo ochranného kódu, ktorý chráni hlavičku pred chybami v prenose. Kód môže jednu chybu opraviť, alebo detekovať viacnásobnú chybu. Funkcia HEC algoritmu je znázornená na stavovom diagrame na Obr.3.6.4.



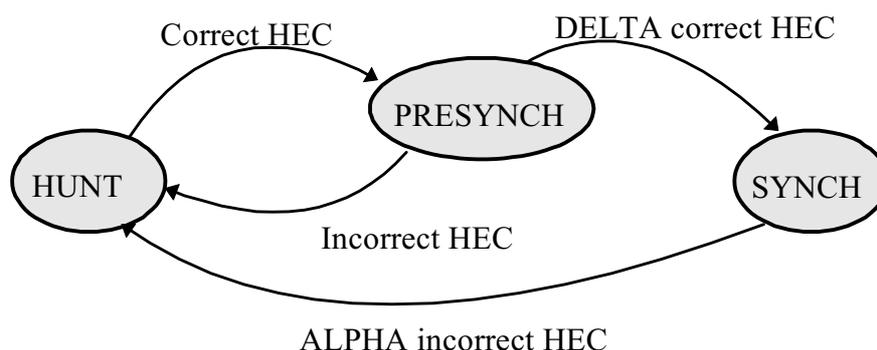
Obr.3.6.4

HEC algoritmus používa generačný polynóm  $x^8 + x^2 + x + 1$ . Vysielač vynásobí obsah hlavičky (bez HEC poľa) číslom 8 a predelí uvedeným polynómom. Zvyšok po predelení je zakódovaný do 8 bitového HEC poľa. Pred zapísaním do hlavičky sa k vypočítanému zvyšku pripočíta modulo 2 slovo 01010101 nazývané *coset value*, aby sa vylepšila funkcia cell delineation. Prijímač musí pred výpočtom HEC odčítať z HEC kódového slova hodnotu coset value.

d/ Cell delineation

Cell delineation označuje proces, pomocou ktorého sa rozoznávajú hranice buniek. Rozoznávanie hraníc bunky je dôležitá funkcia TC podvrstvy, pretože hranice bunky identifikujú rozloženie informácie v bunke.

Mechanizmus delineaácie je založený na korelácii medzi bitmi v bunke a bitmi HEC. Stavový diagram pre cell delineation je na Obr.3.6.5.



Obr.3.6.5

V stave HUNT sa bit po bite kontroluje správnosť HEC bitov. Ak sú správne, nastaví sa stav PRESYNCH. V tomto stave pokračuje kontrola HEC mechanizmu. Ak DELTA krát bola potvrdená správnosť mechanizmu, systém potvrdzuje synchronizáciu (úspešné rozoznanie hraníc buniek) a vstupuje do stavu SYNCH.

Stav SYNCH je narušený, ak ALPHA krát bol zaregistrovaný nesprávny HEC kód.

Delineácia je možná aj po oktetoch, ak sú zaručené ich hranice. Tento prípad nastane, ak je použitý prenos pomocou SDH, kde je informácia pri prenose formovaná do oktetov.

Navrhované hodnoty DELTA a ALPHA sú 6 a 7 pre prenos multiplexom ATM a 8 a 7 pre SDH prenos.

Aby sa zvýšila bezpečnosť delineačného procesu, bity v informačnom poli sú znáhodnené samo-synchronizujúcim sa scramblerom. Pre prenos pomocou SDH je použitý scrambler s polynómom  $x^{43} + 1$ . Pre prenos ATM multiplexom, kde časové vzťahy nie sú tak jednoznačne určené, je použitý scrambler s polynómom  $x^{31} + x^{28} + 1$ . Znáhodňovanie dát je dosiahnuté modulo pričítaním sekvencie s uvedeným polynómom.

#### *e/ Cell rate decoupling*

ATM multiplex je vždy tvorený súvislým prúdom buniek. Ak nie sú prítomné žiadne bunky od koncových terminálov, do multiplexu sa vkladajú prázdne (unassigned) bunky. Vkladanie prázdnych buniek a tým udržiavanie spojitého multiplexu je nazývané cell rate decoupling.

Fyzická vrstva má na UNI pre svoje monitorovanie a údržbu vyhradené špeciálne bunky, nazývané PLOAM (Physical Layer Operation and Maintenance) bunky. Tieto bunky majú význam len pre jednotlivé úseky fyzického média a nie sú interpretované vo vyšších vrstvách. Ako často sú tieto bunky ukladané do multiplexu závisí od potrieb údržby fyzickej vrstvy. Je však odporúčané, aby v multiplexe bola najviac každá 27 a najmenej každá 513 bunka vo funkcii PLOAM. PLOAM sú charakterizované svojou hlavičkou a pevne pridelenými VPI a VCI. Tieto adresy namôžu byť použité pre žiadne iné spojenie v multiplexe.

#### 3.6.2.2 Prístup 622 080 kbit/s

Bitová rýchlosť na tomto rozhraní je aspoň v jednom smere 622 080 kbit/s. Sú dve možnosti takéhoto prístupu na UNI:

- asymetrický prístup, kedy je bitová rýchlosť 622 080 kbit/s v jednom smere a bitová rýchlosť 155 520 kbit/s v opačnom smere,
- symetrický prístup, kedy je bitová rýchlosť 622 080 kbit/s v oboch smeroch.

#### *A. Physical Medium Sublayer*

Úlohy PM podvrstvy na UNI sú totožné s prístupom 155 520 kbit/s. Rozdiel je len v tom, že sa predpokladá len optické fyzické médium z dvoch monomódových optických vlákien (každé pre jeden smer prenosu). Ako linkový kód je použitý NRZ (Not Return to Zero).

#### *B. Transmission Convergence Sublayer*

Aj úlohy TC podvrstvy sú ekvivalentné úloham pri prístupe 155 520 kbit/s. Možný je prenos ATM multiplexom (cell based), alebo SDH systémom. Ak sa jedná o prenos pomocou SDH, bunky sú mapované najprv do kontajnera C-4-4c a potom spolu s poľom POH (Path Overhead) do virtuálneho kontajnera VC-4-4c. Keďže C-4-4c má 9360 oktetov nie je celistvým násobkom počtu buniek a tak bunky môžu presahovať hranice kontajnera.

Ostatné funkcie TC podvrstvy sú popísané pri prístupe 155 520 kbit/s.

### 3.7 SYNCHRONIZÁCIA V B-ISDN

Všeobecné princípy synchronizácie a synchronizácia v ISDN sú popísané v časti 2.7. Synchronizácia v ISDN spočívala v synchronizácii spojovacích uzlov. Tie boli navzájom synchronizované jedným z popísaných spôsobov synchronizácie (nútená, vzájomná, alebo kombinovaná synchronizácia). V ISDN boli pre terminály presne definované kanály a ich bitové rýchlosti, pričom dominoval B-kanál s prenosovou rýchlosťou 64 kbit/s. Koncové zariadenia boli synchronizované z najbližšej spojovacej ústredne a keďže ústredne boli vzájomne synchronizované aj koncové terminály mali totožný takt.

B-ISDN ponúka prenosovú kapacitu spoločnú pre všetky služby, t.j. sieť musí prenášať a prepájať každú službu bez ohľadu na typ koncového zariadenia, typ služby a požiadaviek na bitovú prenosovú rýchlosť. Z toho vyplýva, že bitová rýchlosť zariadenia musí byť nezávislá na prenosovej rýchlosti siete. Zosúladenie synchronizácie sa tak stáva záležitosťou koncových zariadení. *V ATM sieti sa problém synchronizácie prenáša zo siete na koncové zariadenia.*

Každá informácia prenášaná v ATM sieti je obsahom informačného poľa bunky, ktorá je transparentne prenášaná medzi rozhraniami UNI. Ak bude synchronizačná informácia tvorená a prenášaná v logickej štruktúre siete nad Transmission Convergence podvrstvou fyzickej vrstvy (v Transmission Convergence podvrstve včítane), bude prenášaná prostredníctvom ATM buniek. To znamená, že všetky charakteristiky týkajúce sa prenosu buniek, budú vplývať aj na synchronizačnú riadiacu informáciu. Na základe paketovej orientácie ATM siete môžeme stanoviť štyri parametre, ktoré majú negatívny vplyv na proces synchronizácie:

- a/ početnosť bitových chýb (BER), ktorá je daná ako počet správne prenesených bitov v informačnom poli k celkovému počtu bitov v informačnom poli,
- b/ početnosť straty buniek (CLR), definovaná ako počet zavrnutých (stratených) buniek k celkovému počtu vyslaných buniek,
- c/ Prenosové oneskorenie buniek, ktoré je definované ako čas  $t_2 - t_1$  medzi výskytmi dvoch odpovedajúcich úspešných udalostí (CRE) prenosu bunky,  $CRE_1$  v čase  $t_1$  a  $CRE_2$  v čase  $t_2$ , kde  $t_2 \geq t_1$  a  $t_2 - t_1 \leq T_{max}$ .  $T_{max}$  je maximálna povolená hodnota prenosového oneskorenia buniek,
- d/ Zmeny oneskorenia buniek, ktoré spôsobuje paketová podstata prenosu a spojovania v ATM sieti.

Nie všetky módy činnosti siete vyžadujú prenos synchronizačnej informácie. Synchronizáciu vyžaduje prenos video a audio signálu s konštantnou, alebo variabilnou prenosovou rýchlosťou. Týmto službám odpovedajú protokoly typu 1 a 2 v ATM adaptačnej vrstve protokolového modelu a prístupové body SAP1 a SAP2, ako je to naznačené na Obr.3.4.7.

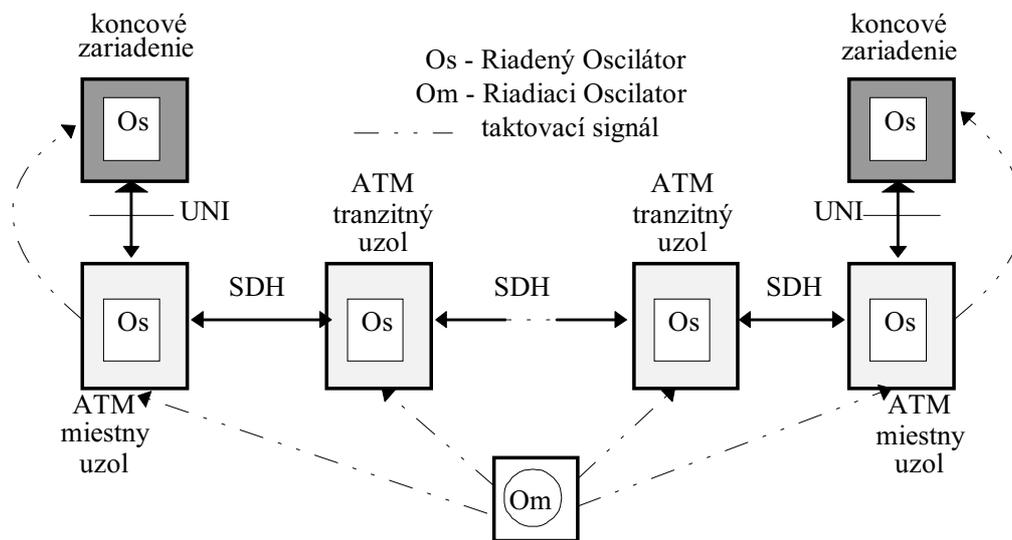
#### 3.7.1 Synchronizácia podporovaná sieťou

Jedna z možností prenosu ATM buniek v sieti je prenos pomocou SDH. Bunky sú balené do SDH modulov a prenášané medzi uzlami.

SDH systém je prísne synchronný systém, ktorý má sieťové uzly synchronizované metódou nútenej synchronizácie. Riadiacim oscilátorom v sieti je Primary Reference Clock (alebo Stratum 1 Clock) s presnosťou  $10^{-11}$  a frekvenciou 9,19263177 GHz. SDH pracuje s rámcami STM1 a STM4 (STM16), ktoré majú rýchlosti 155 520 kbit/s, alebo 622 080 kbit/s (2,048 Gbit/s). Každý sieťový uzol má tak k dispozícii tieto frekvencie.

Ak je koncové zariadenie pripojené k uzlu, ktorý používa SDH prenosový systém, má na UNI k dispozícii takt 155 520, alebo 622 080 kbit/s. Tieto frekvencie sú totožné na všetkých UNI rozhraniach v sieti, lebo sieťové uzly sú navzájom synchronizované vďaka systému SDH. Takáto situácia je zobrazená na Obr.3.7.1.

Tento spôsob synchronizácie koncových zariadení je pomerne jednoduchý, pretože navyžaduje žiadny špeciálny prenos synchronizačnej informácie. Synchronizácia je vždy automaticky udržiavaná SDH prenosovým systémom, ktorý má vysokú kvalitu časovania.



Obr.3.7.1

Výhodou takto riešenej synchronizácie je aj fakt, že synchronizačná informácia nie je prenášaná v ATM bunkách a tak netrpí uvedenými nežiadúcimi vplyvmi ATM siete na proces synchronizácie (BER, CLR, oneskorenie a zmena oneskorenia buniek).

### 3.7.2 End-to-end synchronizácia

End-to-end synchronizácia znamená, že koncové zariadenia si vymieňajú synchronizačnú informáciu navzájom a sú nezávislé na takte siete.

Existujú dve možnosti end-to-end synchronizácie. Synchronizácia na hranice prichádzajúcich buniek a synchronizácia pomocou prenosu synchronizačnej informácie v AAL vrstve.

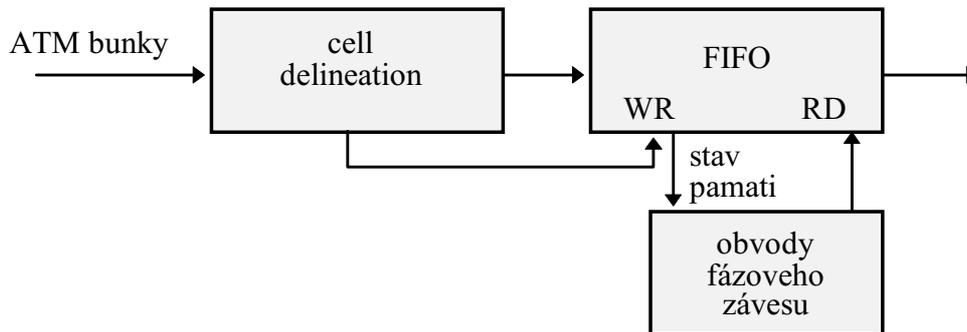
#### 3.7.2.1 Synchronizácia na hranice buniek

V B-ISDN sieti je informácia z koncového terminálu ukladaná do ATM buniek a vysielaná do siete. ATM bunky sú vysielané rýchlosťou, ktorá odpovedá informačnému toku koncového terminálu. Frekvencia prichádzajúcich buniek je pre prijímač informáciou o takte vysieláča.

Pri takomto spôsobe synchronizácie je dôležitý delineačný proces, ktorý určuje hranice bunky. Správne určené hranice buniek sú zároveň synchronizačnou riadiacou informáciou.

Vzhľadom na to, že ATM je paketová sieť, bunky budú mať variabilné oneskorenie. Aj štatistické multiplexovanie naruší pravidelný odstup buniek v jednom spojení, aj keď sa

jedná o prenos synchrónnej služby. Preto je potrebná v prijímači vyrovnávacia pamäť, ktorá je blokovo znázornená na Obr.3.7.2.



Obr.3.7.2

ATM bunky sa po úspešnej delineácii zapisujú do vyrovnávacej pamäti. Stav vyrovnávacej pamäti je riadiacou informáciou pre miestny oscilátor. Ak sa pamäť zaplňa rýchlo, miestny oscilátor zvýši frekvenciu, ak pomaly, oscilátor frekvenciu zníži. Pamäť je zapisovaná taktom prichádzajúcich buniek a vyčítavaná frekvenciou miestneho oscilátora. Krátkodobé odchýlky v prenosovom oneskorení jednotlivých buniek sa neprejavia v skokovitom riadení miestneho oscilátora, čo by nastalo, keby oscilátor bol riadený priamo hranicami každej prichádzajúcej bunky.

Riadením miestneho oscilátora stavom vyrovnávacej pamäti sa transformuje krátkodobý jitter na dlhodobejší wander s menšími hodnotami, ktorý je menej rušivý pre proces synchronizácie.

### 3.7.2.2 Synchronizácia pomocou AAL

Služby triedy A a B vyžadujú prenos synchronizačnej informácie. Služby tried A a B sú synchrónne orientované služby a ich protokol je uspôsobený pre prenos taktovacej informácie medzi vysielačom a prijímačom. Mód v ktorom pracuje trieda A sa nazýva Circuit Emulation (emulácia okruhu) čo znamená, že emuluje virtuálne spojenie v sieti s prepájaním paketov ako keby to bolo reálne spojenie v sieti s prepájaním okruhových. Musí teda prenášať aj taktovaciu informáciu.

Základnou myšlienkou synchronizácie pomocou AAL vrstvy je zakódovanie informácie o takte vysielača do špeciálneho kódového slova a prenos tejto informácie k prijímaču pomocou protokolu v AAL vrstve. Pre tento účel má protokol SAR podvrstvy AAL vrstvy bit CSI - Convergence Sublayer Indication (Obr.3.4.9), ktorý môže prenášať synchronizačnú informáciu. Keďže sa jedná len o jeden bit, synchronizačná informácia sa zapisuje do viacerých, po sebe idúcich SAR-PDU.

Otázkou je, ako zakódovať kmitočet vysielača, aby bol jednoznačne dekódovateľný v prijímači. Vyžaduje si to prítomnosť referenčného kmitočtu, ktorý je totožný vo vysielači, aj prijímači. Takýmto kmitočtom je frekvencia prenosového systému SDH.

CCITT štandardizovala metódu pre prenos synchronizačnej informácie v AAL vrstve, ktorá nesie názov SRTS - Synchronous Residual Time Stamp.

Zavedme označenie:

fs - frekvencia služby

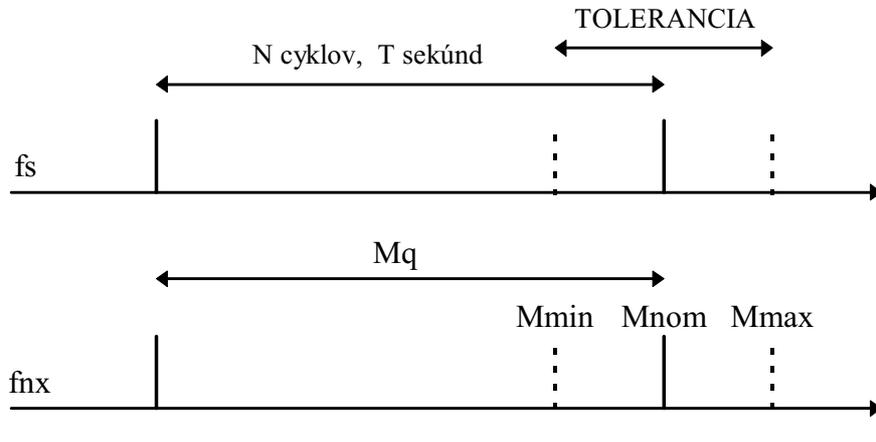
fn - sieťová frekvencia

fnx - frekvencia odvodená zo sieťovej frekvencie

$fnx = fn/x$

- N - perióda RTS v cykloch frekvencie  $f_s$
- T - perióda RTS v sekundách
- M ( $M_{nom}$ ,  $M_{max}$ ,  $M_{min}$ ) - počet  $f_{nx}$  cyklov vnútri RTS periódy
- $M_q$  - najmenšie celé číslo menšie, alebo rovné M

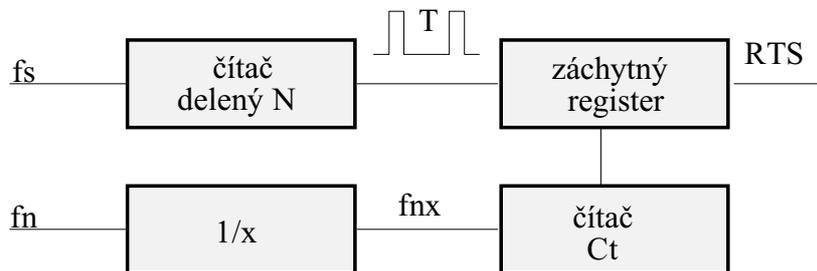
Princíp SRTS je na Obr.3.7.3.



Obr.3.7.3

Vo vysielači sa zmeria počas pevného času T, daného N cyklami frekvencie služby  $f_s$ , počet  $M_q$  cyklov odvodenej sieťovej frekvencie  $f_{nx}$ . Ak  $M_q$  je vysielať k prijímaču, frekvencia vysielača môže byť rekonštruovaná, pretože sú tam k dispozícii všetky potrebné informácie -  $f_{nx}$ ,  $M_q$  a N. V skutočnosti  $M_q$  má svoju nominálnu a zvyškovú (reziduálnu) časť. Nominálna časť  $M_{nom}$  odpovedá nominálnemu počtu  $f_{nx}$  cyklov v perióde T. Zvyšková časť nesie informáciu o frekvenčnom rozdiely. Stačí teda prenášať medzi koncovými zariadeniami zvyškovú časť  $M_q$ .

Na Obr.3.7.4 je bloková schéma generovania synchronizačnej informácie RTS. Čítač  $C_t$  je p-bitový čítač, ktorý je taktovaný frekvenciou  $f_{nx}$ . Výstup čítača je vzorkovaný každých N cyklov frekvencie  $f_s$ . Tento vzorok je RTS. Pomocou RTS a nominálnej časti  $M_q$  je  $M_q$  rekonštruované kompletne a z neho sa odvodí signál pre riadenie miestneho oscilátora.



Obr.3.7.4

Vo vysielači musí byť po príchode prvej AAL-SDU čítač  $C_t$  nastavený na nulu. Veľkosť RTS je odporúčaná 4 bity a pomer  $f_{nx}/f_s$  v intervale  $1 < f_{nx}/f_s < 2$ . Presnosť miestneho oscilátora by mala byť  $200 \times 10^{-6}$ .

Ak je sieť založená na SDH, tak frekvencia  $f_n$  je 155 520 kHz. Z nej možné odvádzať frekvencie podľa vzťahu

$$f_{nx} = 155\,520 \text{ kHz} \times 2^{-k}, \text{ kde } k = 0,1,2,\dots,11 \text{ (4.20.)}$$

Napríklad pre prenos N-ISDN signálu s rýchlosťou 64 kHz je vhodná hodnota

$$155\,520 \times 2^{-11} = 75,9375 \text{ kHz}$$

Synchronizácia koncových zariadení pomocou protokolu v AAL vrstve protokolového modelu ATM nielen prenáša synchronizačnú informáciu, ale tiež vyhladzuje prenosové oneskorenia buniek a tak eliminuje jitter. Vyžaduje si však prítomnosť toho istého sieťového kmitočtu v oboch koncových zariadeniach na mieste, kde sa spracováva AAL protokol. Tento kmitočtet musí byť distribuovaný s vysokou presnosťou a preto najvhodnejším riešením je prenosová sieť založená na SDH. Pomocou štruktúry protokolu je možné zmenšiť negatívne vplyvy BER, CLR a vyrovnávacou pamäťou vyhladiť zmeny prenosového oneskorenia buniek.

Použitie niektorého zo spomínaných synchronizačných prístupov závisí od typu koncového terminálu. Najjednoduchším spôsobom je synchronizácia na hranice bunky. Spôľahlivosť a presnosť synchronizácie však nie je taká veľká ako u ostatných dvoch typov synchronizácie. Najflexibilnejšou synchronizáciou je synchronizácia v AAL, vyžaduje si však väčšiu mieru processingu a spracovanie protokolu v AAL vrstve.

### 3.8 SIGNALIZÁCIA V B-ISDN

ATM je spojovo orientovaný mód a preto vyžaduje proces signalizácie. Podobne ako v ISDN, aj v B-ISDN signalizácia predstavuje výmenu riadiacich informácií medzi koncovými zariadeniami navzájom, medzi koncovými zariadeniami a sieťou a medzi sieťovými uzlami navzájom.

Vzhľadom na špecifický charakter ATM siete, má aj signalizácia v B-ISDN svoje osobité vlastnosti, aj keď v mnohom vychádza zo signalizácie v ISDN. Proces šandarizácie signalizácie nie je ukončený a musíme rozlišovať šandardizačný proces na pôde ITU-T a špecifikácie ATM Forum.

**ATM Forum** definovalo dva signalizačné protokoly, ktoré sú úzko zviazané a sú vzťahované k rozhraniam, ktoré sú najviac zaujímavé pre ATM Forum. Sú to:

- a/ *signalizácia na rozhraní UNI* zahŕňa procedúry medzi koncovým terminálom a privátnou sieťou, koncovým terminálom a verejnou sieťou a medzi privátnou sieťou a verejnou sieťou,
- b/ *signalizácia na P-NNI (privátne NNI)* popisuje signalizačné procedúry medzi privátnymi sieťami a medzi prepínačmi vo vnútri privátnej siete,
- c/ *signalizácia na B-ICI (rozhranie medzi operátormi)* má popisovať signalizačné procedúry medzi verejnými sieťami a medzi ústredňami vnútri verejnej siete. Táto signalizácia však zatiaľ nie je jednoznačne definovaná a mnohí argumentujú, že ATM Forum by malo adoptovať ITU-T signalizáciu na NNI (B-ISUP). Existujú však názory, že vo verejnej sieti by mal byť použitý proces definovaný na P-NNI.

**ITU-T** definovalo signalizácie, ktoré sú potrebné pre fungovanie hlavne verejných sietí. Sú to:

- a/ *signalizácia na UNI* zahŕňa procedúry ekvivalentné tým, ktoré sú definované v špecifikáciách ATM Forum.
- b/ *signalizácia na NNI* definuje signalizačné procedúry medzi uzlami vo verejnej sieti a medzi verejnými sieťami navzájom.
- c/ *Meta-signalizácia* definuje procedúru pre pridelovanie virtuálnych signalizačných kanálov na UNI.

ITU-T zatiaľ nepracuje na signalizácii, ktorá by zodpovedala v ATM Forum definovanej signalizácii P-NNI.

V ďalšom sú popísané signalizačné procedúry definované na pôde ITU-T a potom stručne popísaná signalizácia na P-NNI podľa špecifikácie ATM Forum.

Definovanie signalizácie v ITU-T predpokladá tri etapy (Releases), ktoré štandardizujú signalizáciu pre nasledovné oblasti:

**1.etapa (Release 1)** - circuit emulation mód,

- variabilná bitová rýchlosť pre komunikáciu bez spojovej orientácie pomocou connectionless serverov,
- len point-to-point spojenia,
- súčasná výstavba hovorov aj spojení (pozri poznámku),
- len jedno spojenie na hovor.

**2.etapa (Release 2)** - variabilná rýchlosť prenosu,

- podpora viacbodových konfigurácií,
- zmena prenášaného pásma počas spojenia,
- prenos služieb k ISDN,
- oddelenie riadenia hovoru a riadenia spojenia (pozri poznámku).

**3.etapa (Release 3)** - podpora multimediálnych služieb,

- broadcast spojenia,
- VP spojovanie

**Poznámka:** Signalizácia v B-ISDN rozlišuje pojem *signalizácia pre hovor (Call control)*, čo je signalizačná výmena medzi koncovými zariadeniami a pojem *signalizácia pre spojenie (Connection control)* čo je signalizácia pre sprostredkovanie výmeny informácií. Vzhľadom na multimediálny charakter B-ISDN siete môže existovať viacero spojení v rámci jedného hovoru.

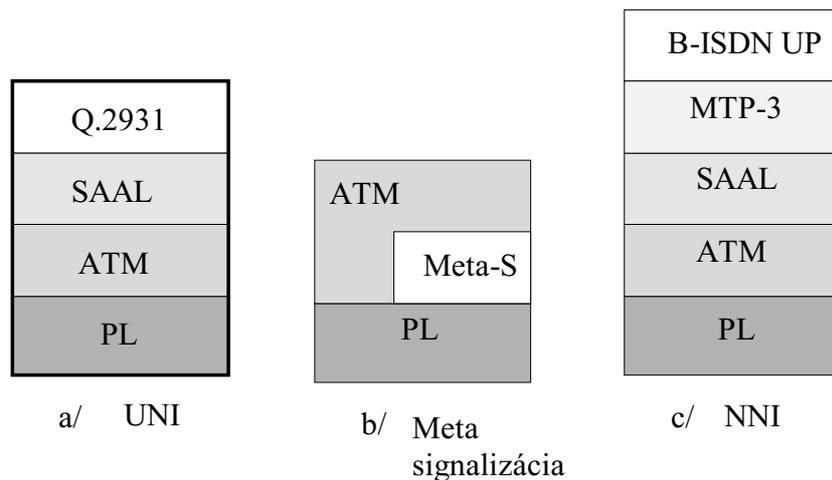
Podobne ako v ISDN, aj v B-ISDN rozlišujeme signalizáciu na UNI a NNI. Keďže na UNI je signalizácia pre každé spojenie nesená vo zvláštnom signalizačnom virtuálnom kanále (SVC), je potrebný proces, ktorý bude zriaďovať a rušiť signalizačné kanály pre jednotlivé spojenia. Tento proces tvorí zvláštnu časť signalizácie a nazýva sa meta-signalizácia. Signalizáciu v B-ISDN môžeme teda rozdeliť na tri časti:

a/ Signalizácia na UNI

Zaoberá sa ňou ITU-T Recommendation Q.2931 a jej vrstvový model je schématicky znázornený na [Obr.3.8.1a](#). V Q.2931 je definovaná vrstva 3. SAAL je adaptačná vrstva pre signalizáciu a predpokladá protokol AAL typ 5. ATM vrstva a fyzická vrstva (PL) nie je odlišná od protokolového modelu ATM (B-ISDN).

b/ Meta-signalizácia

Je definovaná vo vnútri ATM vrstvy a jej vrstvový model je schématicky znázornený na [Obr.3.8.1b](#). Zaoberá sa ňou ITU-T Recommendation Q.2120. Meta-signalizácia slúži na zriaďovanie a rušenie signalizačných virtuálnych kanálov.



Obr.3.8.1

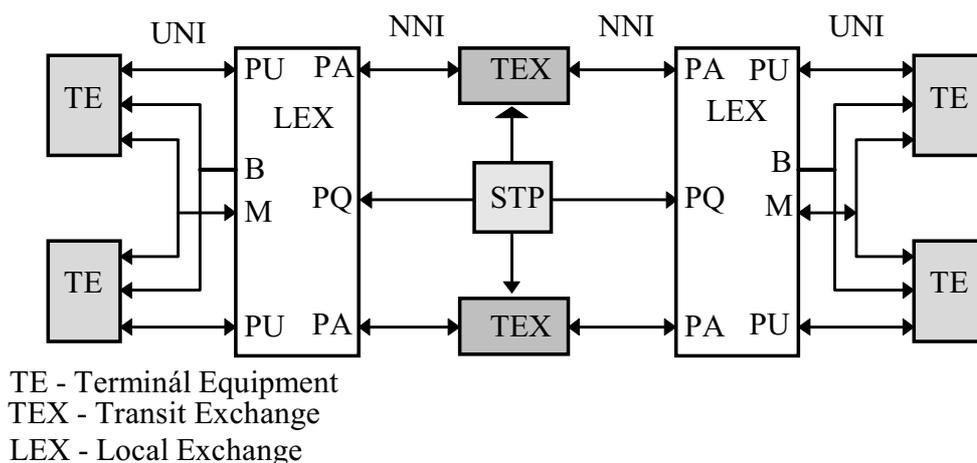
c/ Signalizácia na NNI

Zaoberá sa ňou ITU-T Recommendation Q.2761 až Q.2764. Jej vrstvomý model je na [Obr.3.8.1c](#). MTP3 znamená úroveň 3 Message Transfer Part a B-ISUP je používateľská časť (User part) signalačného systému pre B-ISDN. SAAL je adaptačná vrstva pre signalačnú a tiež predpokladá protokol AAL typ 5.

Celkovo môžeme signalačnú v B-ISDN znázorniť podľa [Obr.3.8.2](#).

Koncové zariadenia (TE - Terminal Equipment) sú pripojené na miestnu širokopásmovú ústredňu (LEX - Local Exchange). Medzi LEX a TE je aplikovaná UNI signalačnia, ktorá, môže mať niekoľko foriem, odpovedajúcich B-ISDN komunikácii:

- a/ PU - point-to-point signalačnia (Point-to-point call/connection control),
- b/ B - point-to-multipoint signalačnia (Broadcast call/connection control),
- c/ M - meta-signalačnia.



Obr.3.8.2

Miestne ústredne sú prepojené pomocou tranzitných širokopásmových ústrední (TEX - Transit Exchange), kde je aplikovaná NNI signalačnia s nasledovnými možnosťami:

- a/ PA - viazaná point-to-point signalizácia (Associated point-to-point call/connection control),
- b/ PQ - neviazaná point-to-point signalizácia (Quasi associated point-to-point call/connection control) s využitím signalizačných prenosových bodov (STP - Signaling Transfer point).

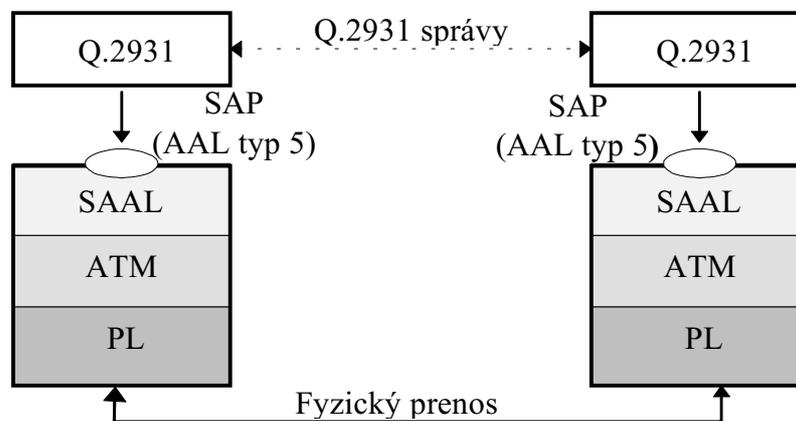
### 3.8.1 Signalizácia na UNI

Signalizácia na UNI je prenášaná vo virtuálnych signalizačných kanáloch, ktoré majú svoje VPI a VCI. V každej virtuálnej ceste (VP) je signalizačný virtuálny kanál (SVC) určovaný procesom meta-signalizácie. Každé spojenie medzi terminálmi má svoj vlastný signalizačný kanál.

Signalizačné správy na UNI sú definované vo vrstve 3 a vychádzajú zo signalizačných správ definovaných pre signalizáciu v D-kanáli (DSS1) pre ISDN.(CCITT Recommendation Q.931.) Niekedy sa signalizácia na UNI preto označuje aj ako B-DSS1 (Broadband Digital Subscriber Signaling No.1., alebo DSS 2.)

Podobne, ako v mnohých špecifikáciách pre ATM, aj signalizácia je v procese tvorby a navyše je potrebná orientácia v špecifikáciách ITU-T (CCITT) a ATM Forum. Prvá špecifikácia bola urobená na pôde CCITT (ITU-T) s pracovným názvom Q.93B. Vychádzala zo špecifikácie najvyššej vrstvy signalizácie pre úzkopásmovú ISDN (Q.931) a tak má dnes označenie Q.2931. ATM Forum vydalo svoj návrh signalizácie, ktorá sa označovala ako "skinny Q.93B" a bola to vlastne podmnožina Q.93B. Súčasným zámerom je aby záverečná verzia ATM Forum signalizácie bola kompatibilná s Q.2931. Tu uvedená signalizácia vychádza z verzie CCITT, t.j. z Q.93B (Q.2931). V ďalšom texte sa preto môže uvádzať Q.93B aj Q.2931. Jedná sa o ten istý štandard ITU-T.

Vzťahy medzi vrstvami pri procese signalizácie sú na [Obr.3.8.3](#).



Obr.3.8.3

#### 3.8.1.1 Fyzická a ATM vrstva

Spodné vrstvy protokolového modelu signalizácie sú totožné s modelom pre prenos používateľskej informácie (protokolový model ATM).

Fyzická vrstva zabezpečuje prenosové médium pre prenos ATM buniek. Prenos je realizovaný vo formáte SDH, PDH, alebo ATM multiplexom.

ATM vrstva je tiež univerzálna pre všetky prenosi a nie je z pohľadu tejto vrstvy rozdiel, či sa jedná o prenos používateľskej, alebo signalizačnej informácie. Signalizačné bunky sa líšia len vlastnými hodnotami VPI a VCI.

### 3.8.1.2 SAAL vrstva

Adaptačná vrstva pre signalizáciu SAAL (Signaling ATM Adaptation Layer) podporuje prenos signalizačných správ vo vrstve 3. Využíva jeden z definovaných protokolov v AAL, najpravdepodobnejšie to bude AAL typ 5.

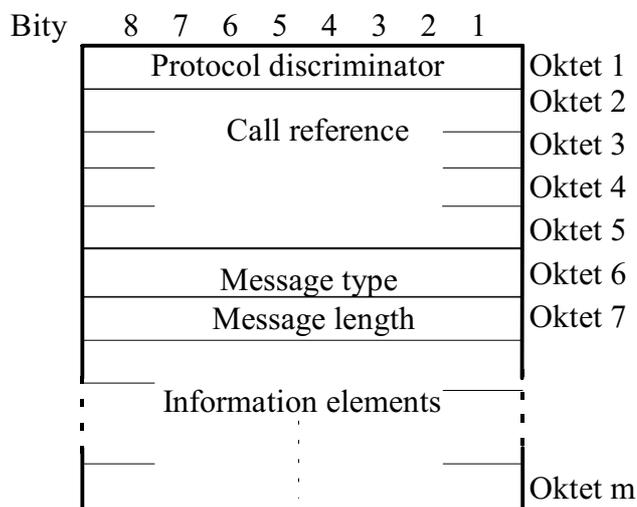
Signalizačný protokol v SAAL podporuje prenos signalizačných správ v symetrickej konfigurácii (point-to-point), alebo v nesymetrickej konfigurácii (point-to-multipoint). Maximálna dĺžka signalizačnej správy je 4096 oktetov.

SAAL vrstva má pre vrstvu 3 podobné funkcie ako vrstva 2 v ISDN signalizácii DSS1. Vrstva 3 využíva služby SAAL cez definovaný bod prístupu k službe (SAP - Service Access Point) a sú definované štyri primitívy pre layer-to-layer komunikáciu - REQUEST, INDICATION, RESPONSE a CONFIRM.

Pre výmenu správ medzi entitami v SAAL vrstve sú použité podobné procedúry ako v HDLC protokole, odpadajú niektoré časti procedúr (napr. istenie prenosu blokov), ktoré sú vykonávané v spodnejšej časti SAAL (CPCS - Common Part Convergence Sublayer).

### 3.8.1.3 Vrstva 3 (Q.93B, Q.2931)

Správy definované vo vrstve 3 vychádzajú z konceptu správ definovaných pre vrstvu 3 v DSS1 (Q.931). Základný formát správa je na Obr.3.8.4.

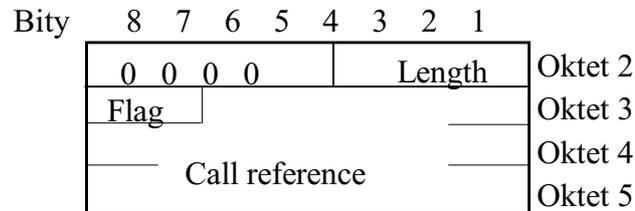


Obr.3.8.4

Diskriminátor protokolu (*Protocol discriminator*) má dĺžku jeden oktet a určuje typ protokolu. Pre B-ISDN signalizačný protokol je definovaná sekvencia 0000 1001. Diskriminátory 0001 0000 až 0011 1111 a 0101 0000 až 1111 1110 sú určené pre iné protokoly (napr. X.25) a pre národné použitie sú rezervované sekvencie 0100 0000 až 0100 1111.

*Referenčné číslo (Call reference)* identifikuje hovor na UNI. Nemá end-to-end význam, hodnota call reference je platná len pre komunikáciu na UNI. Význam je totožný s call reference v DSS1. Formát call reference pre B-ISDN je na [Obr.3.8.5](#).

V prvom oktete call reference (celkovo druhom oktete signalačnej správy) je zapísaná dĺžka call reference poľa. V ďalších dvoch oktetoch je samotná hodnota call reference. Návestie (Flag) určuje, kto je zdrojom referenčného čísla. Strana (účastník, alebo sieť), kde vzniklo referenčné číslo vždy nastavuje návestie na 0 a opačná strana na 1.



Obr.3.8.5

Okrem bežného referenčného čísla existuje ešte aj *globálne referenčné číslo (Global call reference)*, ktoré má hodnotu 0 a má globálny význam, napríklad pre nulovanie všetkých koncových zariadení v prípade chýb v protokoloch.

*Typ správy (Message type)* určuje typ signalačnej správy. Je to vždy tretia časť každej signalačnej správy. Má dĺžku jeden oktet. Pre B-ISDN sú definované štyri skupiny správ:

- a/ Správy pre zostavenie spojenia (ALERTING, CALL PROCEEDING, CONNECT, CONNECT ACKNOWLEDGE, PROGRESS, SETUP, SETUP ACKNOWLEDGE),
- b/ správy pre zrušenie spojenia (DISCONNECT, RELEASE, RELEASE COMPLETE, RESTART, RESTART ACKNOWLEDGE),
- c/ správa počas spojenia ( RESUME, RESUME ACKNOWLEDGMENT, RESUME REJECT, SUSPEND, SUSPEND ACKNOWLEDGE, SUSPEND REJECT),
- d/ rôzne správy (INFORMATION, NOTIFY, STATUS, STATUS ENQUIRY).

Na kódovanie správ je využitých len 7 bitov oktetu, bit 8 je rezervovaný pre budúce potreby.

*Dĺžka správy (Message length)* identifikuje dĺžku informačných elementov správy. Má dĺžku jeden oktet.

*Informačné elementy (Information elements)* prenášajú obsah samotnej signalačnej správy. V informačných elementoch sú všetky informácie potrebné pre riadenie spojenia. Informačné elementy v B-ISDN sa líšia od informačných elementov v ISDN, pretože zahŕňajú špecifiká širokopásmovej siete. Preto sú tam elementy ako *ATM user cell rate*, *AAL parameters*, *Broadband bearer capability*, *Quality of service* a ďalšie, ktoré neboli obsahom informačného poľa v signalačných správach vo vrstve 3 DSS1. Všeobecný formát informačného elementu je na [Obr.3.8.6](#).

*Information element identifier* identifikuje typ informačného elementu. V správe sa môže nachádzať viacero informačných elementov.

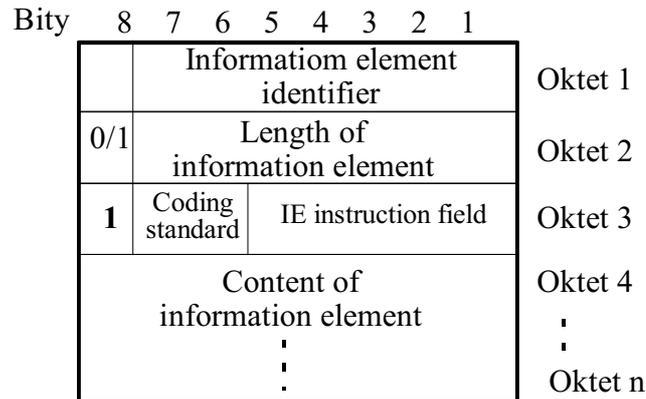
*Length* určuje dĺžku informačného elementu.

*B-ISDN - Širokopásmová digitálna sieť integrovaných služieb*

*Coding standard* identifikuje štandard, podľa ktorého je kódovaný informačný element. Pre tu uvedený štandard je daná hodnota 00.

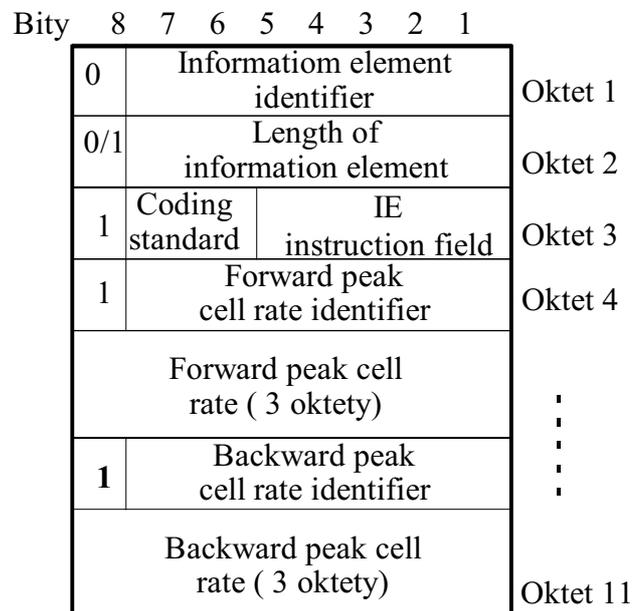
*IE instruction field* bližšie určuje informačný element (napr. aké procedúry pre ochranu sú použité a pod.).

*Contents* je samotný obsah informačného elementu.



Obr.3.8.6

Ako príklad informačného elementu typického pre B-ISDN je na [Obr.3.8.7.](#) informačný element *AAL user cell rate*.



Obr.3.8.7

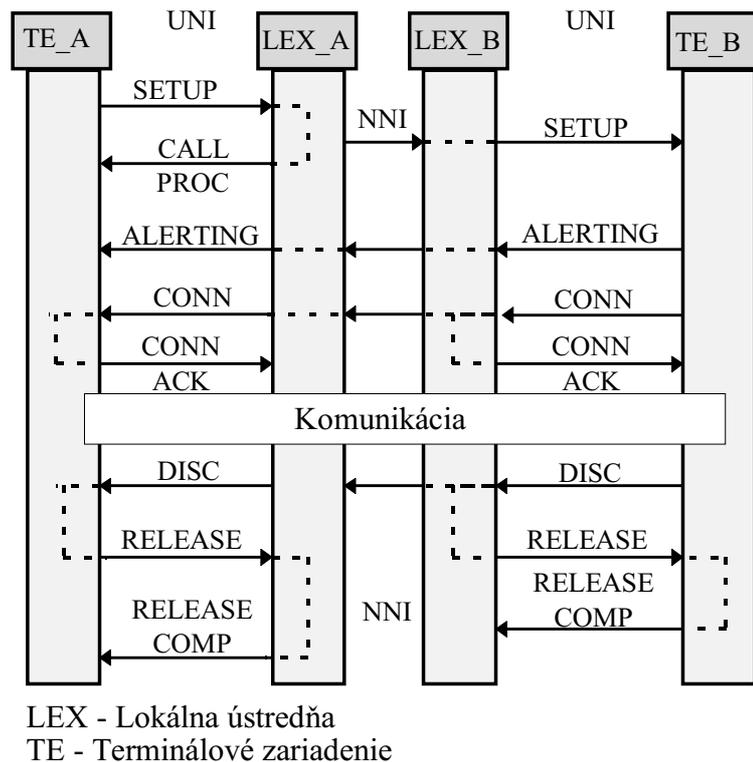
V obsahu informačného poľa vidíme parametre popisujúce rýchlosť prenosu používateľských ATM buniek.

*Forward peak cell rate identifier* označuje, že za ním nasledujúce tri oktety nesú informáciu o maximálnej doprednej rýchlosti používateľských buniek.

*Forward peak cell rate* je samotná hodnota maximálnej doprednej rýchlosti používateľských buniek.

Nasledujúce dve polia majú tie isté významy, len pre maximálnu *spätnú* rýchlosť používateľských buniek (*Backward peak cell rate*).

Na Obr.3.8.8. je výstavba a zrušenie spojenia pomocou výmeny signalizačných správ na rozhraní UNI vo vrstve 3.



Obr.3.8.8

Výmena správ je formálne podobná výmene správ v DSS1, sú tu však odlišnosti. SETUP z TE\_A sa vysiela na signalizačnom virtuálnom kanále (SVC), ktorý je určený meta-signalizáciou. Po prijatí všetkých volených čísel sa vysiela CALL PROC. (Ak v SETUP nie sú všetky volené čísla, nasledujú za SETUP správy INFORM v potrebnom počte.) Pri prijatí SETUP sa na UNI kontroluje, či je k dispozícii dostatočné prenosové pásmo pre žiadané spojenie a voľné VPI/VCI. Ak nie, vysiela sa REL COMP a spojenie sa neuskutoční.

Účastník TE\_B prijme SETUP správu a testuje kompatibilitu spojenia. Test kompatibility zahŕňa najmä kontrolu:

- transportnej kompatibility (Broadband bearer compatibility),
- oneskorenia (End-to-end transit delay),
- rýchlosť ATM buniek (ATM user cell rate),
- parameter kvality služieb (Quality of service parameter).

Je možná aj kontrola ďalších parametrov. Ak parametre vyhovujú testu kompatibility, odpovedá TE\_B správou ALERT. Následná výmena signalizačných správ a zrušenie spojenia je podobné DSS1.

### **3.8.2 Meta-signalizácia**

Meta-signalizácia síce patrí k signalizačným procedúram na UNI, pre svoju jedinečnosť v ATM technike však bude popísaná zvlášť.

Meta signalizácia slúži na určovanie a rušenie signalizačných virtuálnych kanálov a má význam ak je na rozhraní viac ako jeden terminál. Pre každú virtuálnu cestu (VP) je presne určený jeden meta-signalizačný virtuálny kanál (MSVC), v ktorom prebiehajú procedúry výmeny meta-signalizačných správ. Meta-signalizačný kanál má v každej virtuálnej ceste rezervovaný kanál s hodnotou VC=1 (MSVC=1). Maximálna rýchlosť prenosu buniek pre meta-signalizačný kanál je stanovená 42 buniek za sekundu.

Vo vrstvovom modeli sú meta-signalizačné entity v ATM vrstve ([Obr.3.8.1b.](#)).

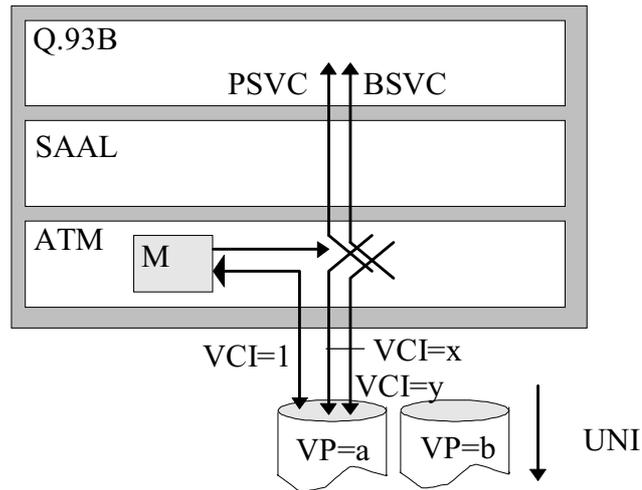
Meta-signalizačná procedúra priradí danej žiadosti o spojenie signalizačný virtuálny kanál, po ktorom potom prebiehajú procedúry výmeny signalizačných správ popísané v predchádzajúcej časti. Na základe signalizačných procedúr je potom účastníkovi pridelený komunikačný kanál pre výmenu používateľskej informácie.

Pri procese pridelenia signalizačného kanála sa účastníkovi pridelia v skutočnosti dva signalizačné kanály. Jednak je to point-to-point signalizačný kanál (Point-to-point signaling virtual channel - PSVC), na ktorom sa deje výmena signalizácie medzi koncovými zariadeniami. Zároveň sa však prideli tzv. broadcast signalizačný kanál (Broadcast signaling virtual channel), ktorý je jednosmerný (smer od siete k účastníkovi) a ktorým môže ústredňa vysielat' signalizačné správy viacerým účastníkom súčasne. Tento broadcast kanál má dve formy a to všeobecný broadcast signalizačný kanál (General broadcast signaling virtual channel - GBSVC) určený pre všetkých účastníkov, alebo selektívny broadcast signalizačný kanál (Selective broadcast signaling virtual channel - SBSVC) určený pre skupinu účastníkov. Všeobecný broadcast signalizačný kanál má pevne stanovenú hodnotu VCI=2, selektívny broadcast signalizačný kanál nadobúda rôznu hodnotu v procese meta-signalizácie.

Z hore uvedeného dôvodu sa zvyčajne uvádza, že procesom meta-signalizácie sa účastníkovi prideli point-to-point signalizačný kanál a k nemu patriaci (associated) broadcast signalizačný kanál. Preto budeme vždy pri procese meta-signalizácie uvažovať pridelenie oboch kanálov.

Signalizačný virtuálny kanál (a s ním spojený broadcast signalizačný kanál) je vždy v tej istej virtuálnej ceste ako meta-signalizačný virtuálny kanál. Keďže každé ATM spojenie má zvyčajne vlastný signalizačný kanál, v jednej virtuálnej ceste môže byť viacero signalizačných kanálov prislúchajúcich rôznym spojeniam. Všetky signalizačné kanály v jednej virtuálnej ceste sú vybudované pomocou procedúr v tom istom meta-signalizačnom kanále. Graficky je pridelenie signalizačných kanálov pomocou meta-signalizácie znázornené na [Obr.3.8.9.](#)

Podobne, ako signalizácia je výmena signalizačných správ medzi signalizačnými entitami vo vrstve 3, meta-signalizácia je výmena meta-signalizačných správ medzi meta-signalizačnými entitami situovanými v ATM vrstve.



PSVC - Point-to-point signaling virtual  
 BSVC - Broadcast signaling virtual channel  
 M - meta-signalizácia

Obr.3.8.9

Meta-signalizačný proces je podstatne jednoduchší ako proces signalizácie a tak aj správ definovaných pre meta-signalizáciu je menej.

ASSIGN REQUEST - požiadavka od terminálu, alebo privátnej siete o pridelenie signalačného kanála a k s ním spojeného broadcast signalačného kanála,

ASSIGNED - odpoveď zo sieťovej strany UNI rozhrania (z miestnej ATM ústredne) na ASSIGN REQUEST, ak signalačné kanály môžu byť pridelené,

DENIED - odpoveď zo sieťovej strany UNI rozhrania, ak terminálu, alebo privátnej sieti z nejakého dôvodu nie je možné pridelit' signalačné kanály,

CHECK REQUEST - žiadosť zo sieťovej strany UNI rozhrania, ktorou sa žiada informácia potrebná pre kontrolu stavu signalačných kanálov,

CHECK RESPONSE - odpoveď účastníckej strany UNI rozhrania na výzvu CHECK RESPONSE,

REMOVED - správa, ktorou sa žiada o zrušenie vybudovaných signalačných kanálov.

Formát meta-signalizačnej správy je znázornaný na Obr.3.8.10.

	Oktet
Protocol discriminator	1
Protocol version	2
Message type	3
Reference identifier RI	4,5
Signaling virtual channel identifier A	6,7
Signaling virtual channel identifier B	8,9
Point-to-point cell rate	10
Cause	11
Service profile identifier	12-22
Null-fill	CRC(2 bit)
Cyclic redundancy check (CRC)	47,48

Obr.3.8.10

Správa má vždy dĺžku 48 oktetov, t.j. zapĺňa informačné pole jednej ATM bunky. Keď správa nevyžaduje všetky oktety, je doplnená prázdnyimi oktetmi.

*Diskriminátor protokolu (Protocol discriminator)* má dĺžku jeden oktet a pre meta-signalizačný protokol je definovaná sekvencia 0000 0001.

*Verzia protokolu (Protocol version)* definuje použitú verziu meta-signalizačného protokolu. Sekvencia pre prvú verziu je 0000 0001.

*Typ správy (Message type)* určuje správu. Každá z už uvedených meta-signalizačných správ má stanovený kód:

ASSIGN REQUEST	0000 0001
ASSIGNED	0000 0010
DENIED	0000 0011
CHECK REQUEST	0000 0100
CHECK RESPONSE	0000 0101
REMOVED	0000 0110

*Indikátor referencie RI (Reference indicator)* je parameter, ktorý vzájomne odlišuje viaceré meta-signalizačné procedúry v jednom meta-signalizačnom kanále. Je to náhodné číslo, ktoré je vkladané do ASSIGN REQUEST.

*Identifikátor virtuálneho kanála A (Signaling virtual channel identifier A)* má dĺžku dva oktety a obsahuje hodnotu VCI, ktorá bola pridelená pre signalizačný kanál (PSVCI, GSVCI, BSVCI),

*Identifikátor virtuálneho kanála B (Signaling virtual channel identifier B)* má tiež dĺžku dva oktety a obsahuje hodnotu VCI, ktorá bola pridelená pre broadcast signalizačný kanál (BSVCI, GSVCI),

*Rýchlosť buniek point-to-point (Point-to-point cell rate)* indikuje rýchlosť buniek, ktorá je žiadaná pre point-to-point signalizačný kanál (42, 84, 168, 336, 672, 1344, alebo 2688 buniek za sekundu. 42 buniek za sekundu je asi 16 kbit/s).

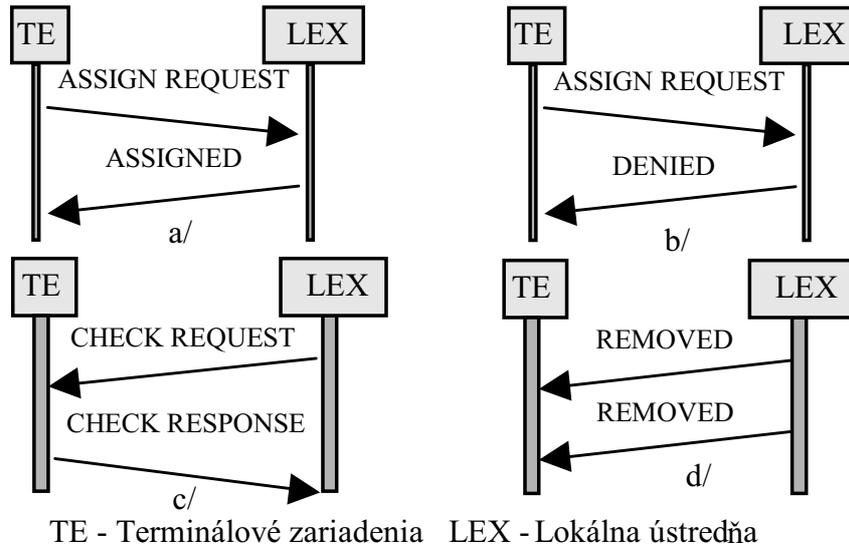
*Príčina (Cause)* označuje odôvodnenie vyslanej správy, napr. "nie je k dispozícii dostatočná šírka pásma" v prípade nepridelenia signalizačného kanála.

*Identifikátor služby (Service profile identifier)* je žiadosť, aby účastníkovi boli poskytnuté základné, alebo špecifické služby.

*Výplňové oktety (Null-fill)* dopĺňajú správu na veľkosť informačného poľa ATM bunky.

*CRC ochranný kód* je určený pre detekciu chýb pri prenose meta-signalizačnej správy. Výmeny meta-signalizačných správ sú zakreslené na [Obr.3.8.11](#).

Výmena meta-signalizačných správ začína na strane účastníka žiadosťou o signalizačný kanál ASSIGN REQUEST ([Obr.3.8.11a,b](#)). Súčasťou správy je aj reference indicator RI. Sieťová strana (najbližšia miestna ATM ústredňa) odpovie pridelením signalizačných kanálov ([Obr.3.8.11a](#)), alebo odmietnutím ([Obr.3.8.11b](#)). Obidve odpovede majú to isté RI ako žiadosť o signalizačný kanál.



Obr.3.8.11

Ak sú kanály pridelené, ASSIGNED obsahuje VCI pre pridelené signalizačné kanály (v tej istej virtuálnej ceste ako meta-signalizačný kanál).

Ak kanály nie sú pridelené, v DENIED je uvedená príčina (parameter *cause*), prečo kanály nemôžu byť poskytnuté.

Kontrolnou procedúrou (Obr.3.8.11c.) kontroluje sieťová strana signalizačné spojenie. Je to vykonávané v pravidelných intervaloch a tiež v prípade poruchy (príjem buniek v nedefinovanom signalizačnom kanále, alebo porucha koncového zariadenia).

Procedúra pre rušenie signalizačného spojenia je na Obr.3.8.11d. Procedúra môže byť inicializovaná zo strany účastníka, alebo zo strany siete. V oboch prípadoch je dvakrát vyslaná správa REMOVED.

### 3.8.3 Signalizácia na NNI

Signalizácia medzi spojovacími zariadeniami v ISDN je realizovaná pomocou Signalizačného systému č.7. (časť 2.6.2.). Viacero signalizačných kanálov je multiplexovaných do jedného spoločného kanála a ten je prenášaný medzi spojovacími uzlami.

V B-ISDN majú spojenia virtuálny charakter, takže aj signalizácia medzi ústredňami bude prenášaná vo virtuálnych signalizačných kanáloch. Na rozdiel od signalizácie na UNI, signalizačné kanály na NNI nebudú určované procesom meta-signalizácie, ale sú pevne stanovené podľa konfigurácie siete.

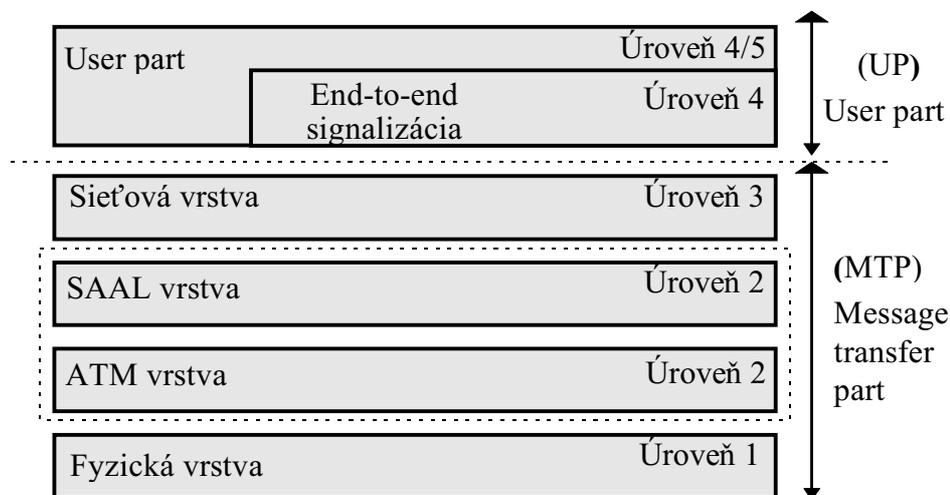
Koncept signalizácie na NNI je odvodený zo Signalizačného systému č.7. s prihliadnutím na špecifiká B-ISDN siete.

Podobne ako v ISDN, aj v B-ISDN je prenos signalizačnej informácie možný v dvoch módoch:

a/ viazaná signalizácia (associated mode of signaling) nastáva vtedy, ak virtuálne kanály pre používateľskú informáciu a kanály pre signalizačnú informáciu používajú tie isté fyzické cesty, t.j. aj tie isté prepájacie uzly v sieti.

b/ neviazaná signalizácia (quasi-associated mode of signaling) nastáva, ak virtuálne kanály pre signalizáciu a používateľskú informáciu používajú rozdielne fyzické cesty. Signalizačná informácia môže používať pre svoje smerovanie aj signalizačné prenosové body (STP -

Signaling Transfer Point), kde nie je spracúvaná, ale len smerovaná (pozri Obr.2.6.13. a 2.6.14.). Vrstvový model NNI signalizácie pre B-ISDN je na Obr.3.8.12.



Obr.3.8.12

### 3.8.3.1 MTP - fyzická vrstva

Úroveň 1 zabezpečuje prístup na fyzické médium. Všetky charakteristiky sú zhodné s ATM prenosom. Rýchlosť prenosu môže byť 155 520 kbit/s, 622 080 kbit/s, alebo 2,480 Gbit/s. Rýchlosti odpovedajú prenosovým rámcom STM-1, STM-4 a STM-16 v SDH.

### 3.8.3.2 MTP - ATM a SAAL vrstva

V B-ISDN je možné úroveň 2 rozdeliť na dve časti - ATM a SAAL. Vychádza to zo špecifik B-ISDN (ATM) siete.

V ATM vrstve sú tvorené ATM signalizačné bunky, ktoré majú rovnaký formát ako informačné bunky (Obr.3.4.5). Hlavička neobsahuje pole GFC, pretože sa jedná o rozhranie NNI.

V SAAL vrstve (ATM adaptačná vrstva pre signalizáciu) sa predpokladá použitie protokolu AAL typu 5. SAAL zabezpečuje bezpečný prenos a dodržanie sekvencie signalizačných správ.

### 3.8.3.3 MTP - sieťová vrstva

Úlohou sieťovej vrstvy (úrovne 3 MTP) je riadenie signalizačnej siete. Zabezpečuje smerovanie signalizačných správ v sieti, prípadne hľadanie náhradných trás, ak dôjde k poruche liniek. Funkcie úrovne 3 v B-ISDN sú v podstate totožné s úrovňou 3 v ISDN a sú naznačené na Obr.2.6.20.

### 3.8.3.4 UP - B-ISDN User Part

Hlavné úlohy používateľskej časti (úroveň 4/5) NNI signalizácie sú nasledovné:

- výstavba a rušenie signalizačných spojení,
- spájanie signalizačných spojení (napr. pri prechode z národnej do medzinárodnej siete,
- end-to-end signalizácia (v úrovni 4 - Signaling Connection Control Part - SCCP).

V používateľskej časti prebieha samotná výmena a realizácia signalizačných správ. Všetky doteraz popísané nižšie úrovne slúžia len na spoľahlivý prenos a smerovanie signalizačných správ vytvorených v používateľskej časti B-ISDN UP.

Formát signalizačnej správy je na Obr.3.8.13. Signalizačná správa pozostáva z celistvého počtu oktetov a má štyri základné polia.

Routing label	
Message type	
Message length	
	Message content

Obr.3.8.13

*Smerovacie návestie (Routing label)* identifikuje virtuálne spojenie. Všetky správy v tom istom signalizačnom virtuálnom spojení musia mať to isté smerovacie návestie.

*Typ správy (Message type)* definuje signalizačnú správu. Z tohto poľa je zrejмый typ, formát a funkcia správy. Typy správ pre B-ISDN UP sú z veľkej časti podobné správam v ISDN-UP, ktoré boli popísané v časti 2.6.2.3. Navyše sú tu správy špecifické pre B-ISDN, ako IAA (IAM Acknowledgment), IAR (IAM Reject), RAM (Reset acknowledgement), ktoré sú potrebné, pretože pri žiadosti o spojenie sa musia v B-ISDN kontrolovať aj špecifické B-ISDN parametre ako šírka pásma, alebo rýchlosť prenosu buniek.

*Indikátor dĺžky (Length indicator)* označuje dĺžku signalizačnej správy (obsahu správy). Dĺžka je udaná v oktetoch.

*Obsah správy (Message content)* obsahuje samotnú signalizačnú správu, ktorá je tvorená parametrami. Toto pole má tiež definovaný formát, ktorý je na Obr.3.8.14.

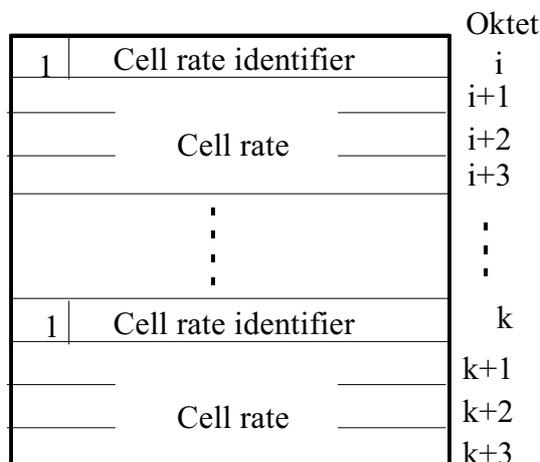
Parameter name	
Length indicator	
Parameter compatibility information	
	Parameter content

Obr.3.8.14

*Meno parametra (Parameter name)* definuje parameter. Parametre sú buď podobné ako v ISDN (*Called Party Number, Calling Party Number*), alebo špecifické pre B-ISDN (*Cell*

*Delay Variation, Cell Loss Ratio, ATM Cell Ratio, Broadband Bearer Capability, Broadband High Layer Information, atď.).*

*Indikátor dĺžky (Length indicator) má variabilnú dĺžku a určuje veľkosť parametra.*



Obr.3.8.15

*Parameter compatibility (Parameter Compatibility Information)* dovoľuje kontrolu kompatibility rôznych používateľských častí signalizačného systému, prípadne rôznych častí siete.

*Obsah parametra (Parameter content)* obsahuje samotný parameter. Signalizačná správa môže obsahovať viacero parametrov. Ako príklad je na [Obr.3.8.15](#) znázornený obsah parametra *ATM Cell Rate*.

Pole *Cell rate identifier* označuje o ktorú rýchlosť ATM buniek sa jedná a v akom smere (Forward peak cell rate, Backward peak cell rate, Forward minimum acceptable cell rate, Backward minimum acceptable cell rate).

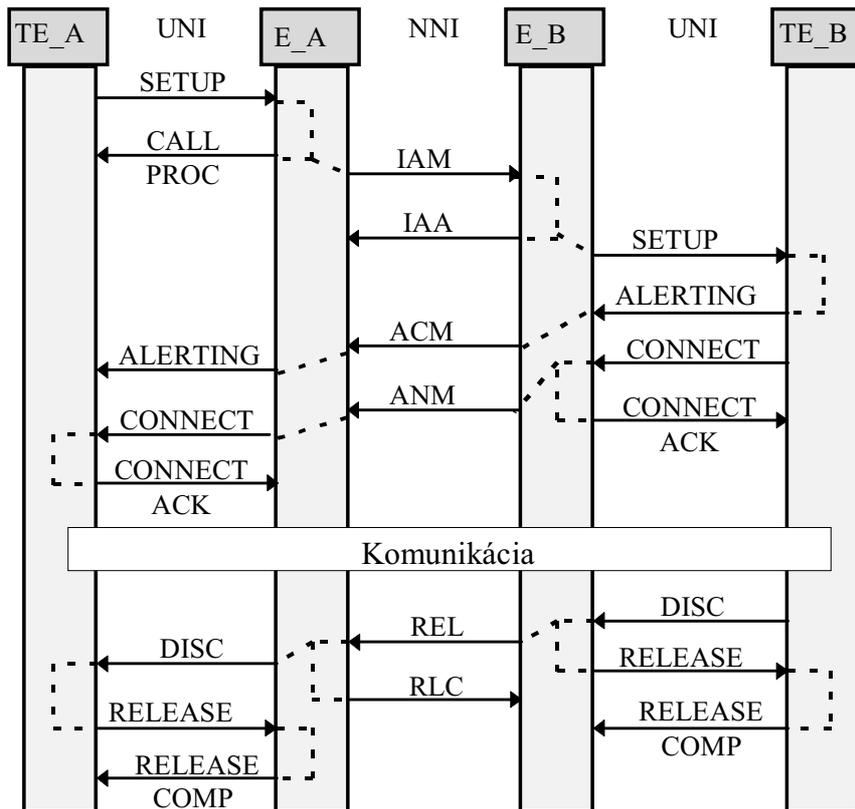
Pole *Cell rate* označuje počet buniek za sekundu.

Na [Obr.3.8.16](#) je nadviazanie a zrušenie signalizačného spojenia medzi dvoma B-ISDN UP entitami. Inicializačná správa IAM (Initial address message) je vysielaná, ak prišla požiadavka na signalizačné spojenie z UNI (SETUP). Po príchode IAM do cieľovej ústredne je v UNI tiež inicializovaná správa SETUP.

IAA (IAM Acknowledgement) potvrdzuje prijatie IAM. IAM je špecifická správa pre B-ISDN, pretože ňou sa potvrdzuje, že požadované parametre pre spojenie sú k dispozícii (šírka pásma, prenosová rýchlosť buniek). Ak by kanál s požadovanými parametrami nebol voľný, vysielala sa správa IAR (IAM Reject) a spojenie sa neuskutoční.

Po ohlásení sa účastníka zo strany B je generovaná správa ANM (Answer message).

Pri ukončení komunikácie sú použité správy REL (Release message) a RLC (Release complete message) podobne ako pri ukončení komunikácie v ISDN UP.



TE - Terminálové zariadenie  
E - ústredňa

Obr.3.8.16

Štandarizačný proces pre signalizáciu v B-ISDN zatiaľ nie je ukončený a v čase písania tejto publikácie sú k dispozícii len odporúčania pre 1. etapu - Release 1.

### 3.8.4 Signalizácia na P-NNI

Private Network Node Interface (P-NNI) signalizácia je popísaná v špecifikáciách ATM Forum a ako už bolo uvedené, nemá ekvivalent v štandardoch ITU-T. Základná procedúra je v podstate totožná so signalizáciou na UNI, len niečo je vynechané a niečo je navyše.

Podstatné rozdiely:

- na P-NNI je prenos iba symetrický,
- na P-NNI nie sú podporované doplnkové (supplementary) služby a tak nie sú definované signalizačné správy pre ich podporu,
- pridané sú parametre pre source routing a alternate routing.

Privátne siete majú často zložitú a rozloženú topológiu, pretože sú zvyčajne realizované pomocou línií prenajatých od verejných operátorov, ktoré sú drahé. Výsledkom je, že smerovanie (routing) môže byť realizované tranzitom cez niekoľko prepájacích uzlov. Medzi zdrojom smerovania (routing source) a miestom určenia (destination) je pomerne zložitý tranzit. Hlavný nový parameter pre P-NNI je parameter v správe SETUP, ktorý sa nazýva DTL – Designated Transit List, ktorý zabezpečuje, aby zdrojová smerovacia informácia (Source route information) bola prenášaná cez tranzitné subsiete, ktoré sú

označené (designated) v zdrojovej smerovacej informácii. V prípade, že cesta cez označené tranzitné uzly je neprechodná, mal by byť aktivovaný mechanizmus alternate routing a smerovanie sa vráti zo subsiete, v ktorej vznikol problém s tranzitom do predchádzajúcej subsiete. Návratový krok je zabezpečený novým parametrom v signalizačnej správe RELEASE.

#### **3.8.4.1 Routing Exchange Protocol**

Spôsob smerovania cez tranzitné siete je definovaný pomocou protokolu charakteristického pre P-NNI a to je Routing exchange protocol (protokol pre výmenu smerovania). Pomocou tohto protokolu môžu tranzitné uzly automaticky konštruovať smerovacie tabuľky zo smerovacej informácie (source route), ktorá je v DTL. Protokol je charakterizovaný piatimi novými signalizačnými správami – HELLO, PTSP a PTSE ACKNOWLEDGEMENT, DATABASE SUMMARY a PTSE REQUEST.

##### *HELLO*

Informácia obsiahnutá vo správe HELLO je informácia o stave uzla a liniek, ktoré sú okolo uzla. Správa potvrdzuje, že medzi uzlami je možná korektná komunikácia.

##### *PTSP*

PTSP – P-NNI Topology State Packet – obsahuje základnú informáciu o smerovaní a je zložená z viacerých jednotiek PTSE., ktoré sú základnými entitami spracovávanými v Routing exchange protokole.

##### *PTSE ACKNOWLEDGEMENT*

PTSE – P-NNI Topology State Element – potvrdenie potvrdzuje príjem PTSE, pričom v jednej správe potvrdenia sa potvrdzuje príjem viacerých PTSE.

##### *DATABASE SUMMARY*

Správa, ktorá sa používa v počiatočnej fáze synchronizácie smerovacích tabuliek, keď sa detekuje nový tranzitný uzol.

##### *PTSE REQUEST*

Požiadavka na opakované vysielanie PTSE.

PTSE, ako základná informačná jednotka musí preniesť značné množstvo informácie, ktorá je sústredená v hlavnom poli správy, tzv. Information Group. Information Group pole obsahuje parametre – Nodal State Parameter, Nodal, Internal Reachable ATM Addresses, Exterior Reachable ATM Addresses, Horizontal Links a Uplinks.

Signalizácia na PNNI je moderná a výkonná signalizácia, ktorá značne konkuruje signalizácii na NNI (B-ISUP) a nie je vylúčené, že aj niektorí verejní operátori sa priklonia k použitiu tejto signalizácie vo svojich sieťach.

Detailnejšie informácie o signalizácii na P-NNI a Routing exchange protokole je možné nájsť v [64].

#### **3.8.5 Network Management Protocol pre riadenie spojenia**

Sieťový management je moderný proces, ktorý vyplýva zo snahy administrátorov osamostatniť a sústrediť do jedného centra všetky procesy administrácie a údržby. Tieto procesy boli historicky viazané na miesta, kde boli uzly siete. V sieťovom managemente sa procesy koncentrujú do jedného dohľadového centra a tak je problém sieťového

managementu vlastne problémom zbierania, prenosu, spracovania a zobrazovania sieťových informácií. A to sú zároveň hlavné úlohy protokolu sieťového managementu.

Ak je v sieťovom managemente proces pre riadenie spojenia, je odlišný od klasickej signalizácie. Dnešná signalizácia vlastne modernou formou kopíruje klasickú prvotnú signalizáciu, ktorá pomocou spojovateľiek zriaďovala, kontrolovala a rušila spojenie. Súčasný signalizačný systém pracujú na základe rovnakej filozofie, len na to používajú prostriedky digitálnej techniky.

Odlišnosť práce sieťového managementu je ešte viac zrejma pri sieťach bez spojovej orientácie (connectionless), ktoré nevyžadujú signalizačný proces.

ITU-T študijná skupina SG 15 pracuje na štandarde sieťového managementu, ktorý je založený na CMIP – Common Management Interface Protocol. Podobnú prácu robí Network Management Group v ATM Forum.

Sieťový management je rozsiahla problematika, ktorá presahuje rámec tejto publikácie a niektoré jej časti je možné nájsť v [64], alebo priamo v Doporučeniach ITU-T (X.680, X.711, X.720, X.722, X.725, X.733, X.734, X.735) či v špecifikáciách ATM Forum. Na tomto mieste sme len chceli poukázať, že riadenie spojenia sa môže realizovať aj iným spôsobom, ako klasicky chápanou signalizáciou.

### **3.8.6 Internet Connection Control Protocol**

Aby bola kapitola o riadení spojenia úplná, musíme spomenúť aj protokol na riadenie spojenia v sieti Internet. Signalizácia a pomocou nej budované spojenie v rámci siete Internet na prvý pohľad nemá zmysel, pretože IP sieť je bez spojovej orientácie. V spojení IP a ATM však môže sieť Internet používať protokol pre riadenie ATM spojení. Špecifikácie pre Internet a ATM sa rodia na odlišnom mieste a to v IETF - Internet Engineering Task Force a ATM Forum. Problémy IP versus ATM sú naznačené aj v kapitole 3.11.3.

V súčasnom stave sieť IP nie je schopná zaručiť QoS. Aby bol tento nedostatok odstránený, je nutné vytvoriť akúsi formu spojenia a tento proces dostal názov Resource Reservation Protocol – RSVP.

#### **3.8.6.1 RSVP – Resource Reservation Protocol**

Vznik RSVP je spojený s požiadavkou na rôznu QoS v sieti Internet. RSVP dáva garanciu, že špecifické pakety budú úspešne transportované cez sieť. Obhájci connectionless prevádzky v sieti Internet by mohli tvrdiť, že RSVP iba vytvorí tok nezávislých paketov v sieti, ale v skutočnosti smerovanie núti IP pakety postupovať cestou, ktorú zostaví RSVP, takže sa jedná o spojenie. Definovaním smerovania pre pakety a rezervovaním kapacity na linkách cez ktoré sú smerované RSVP tvorí mechanizmus, pomocou ktorého môže byť v sieti Internet poskytovaná aj spojovo-orientovaná služba, ako je ATM.

RSVP sa líši od klasickej signalizácie a líši sa aj od prostriedkov sieťového managementu. Hlavné odlišnosti sú:

- RSVP je jednosmerný protokol. Ak je nutná obojsmerná komunikácia, potom musia prebehnúť nezávislé procedúry v oboch smeroch,
- RSVP zriaďuje spojenie z pohľadu klasickej signalizácie opačne, t.j. od prijímača k vysielaču (zdroju),
- RSVP je z hľadiska vývoja software jednoduchší ako klasické signalizácie. To vytvára predpoklad pre jednoduchý a robustný protokol,

- RSVP rezervuje kapacitu kanála na báze „toku“ a nie na báze individuálnych „spojení“. To umožňuje lepšiu flexibilitu proti zablokovaniu spojenia, kvôli ktorému je v signalizácii na UNI nutná správa RESTART a v signalizácii na NNI (B-ISUP) správa RESET.

RSVP je vnútorne point-to-multipoint protokol, ale prítomnosť riadenia toku (flow management) mu dáva možnosti multipoint-to-multipoint komunikácie. To je zvlášť vhodné pre audio a videokonferencie, ktoré boli vlastne prvým impulzom pre vznik RSVP.

Popis RSVP tiež presahuje rámec tejto publikácie, ale kvôli lepšej predstave uveďme aspoň základné správy (messages) s ktorými pracuje protokol RSVP.

#### PATH

Táto správa je posielaná v tom istom smere ako informácia a indikuje parametre toku zdroja.

#### RESV

Správa posielaná od prijímača a je to požiadavka na dodatok (attachment) k toku zo zdroja.

#### PATHERR

Táto správa je posielaná ak správa PATH začína byť posielaná späť smerom k zdroju a tak sa zabráni sľučkám v smerovaní,

#### RESVERR

Táto správa je posielaná ak správa RESV začína byť posielaná smerom k prijímaču a tak sa zabráni sľučkám v smerovaní,

#### PATH TEAR

Správa, ktorá inicializuje uvoľnenie spojenia z podnetu zdroja,

#### RESV TEAR

Správa, ktorá inicializuje uvoľnenie spojenia z podnetu prijímača,

#### RESVCONF

Posiela sa späť smerom k prijímaču ak požiadavka RESV bola splnená.

### **3.9 RIADENIE ZAŤAŽENIA MULTIPLEXU**

Riadenia zaťaženia – manažment prevádzky (Traffic control, Congestion control) je nevyhnutnou časťou ATM siete. ATM sieť je schopná prenášať signály s rýchlosťami od niekoľko kbit/s (nízkokvalitné audio), až po stovky Mbit/s (HDTV). Mnoho signálov nemá konštantnú rýchlosť prenosu, ale má nárazový (bursty) charakter. Všetky signály sú pomocou štatistických multiplexorov multiplexované do jedného multiplexu. Nárazové služby generujú v niektorých intervaloch signál s vysokou rýchlosťou, v iných časových intervaloch sú neaktívne. Ak služba s nárazovým charakterom požaduje spojenie, nie je možné jej rezervovať šírku pásma, ktorá odpovedá jej maximálnej rýchlosti. Multiplexná linka by v prípade malej aktivity signálu bola nevyužitá. Preto sa pri rezervovaní pásma uvažuje jej stredná hodnota. V skutočnosti však signál, ktorý vstupuje do multiplexu, môže vďaka štatistickému multiplexovaniu dostať v danom časovom intervale aj pásmo odpovedajúce jeho maximálnej rýchlosti, ak v multiplexe je na to dosť miesta. Ak v jednom multiplexe je viacero signálov s nárazovým charakterom, kritickým časovým bodom sa stáva interval, kedy

viacero signálov vykazuje špičkovú hodnotu rýchlosti v tom istom čase. Vtedy nastane preťaženie linky a tomu odpovedajúce zvýšenie početnosti straty buniek.

Proces počas preťaženia multiplexu musí byť riadený, pretože nie všetky signály sú rovnako citlivé na stratu buniek. Hovorový signál má pomerne veľkú redundanciu a nie je kriticky citlivý na stratu buniek. Je však citlivý na zmenu oneskorenia buniek v sieti, pretože sa jedná o signál v reálnom čase. Väčšina dátových prenosov je naopak citlivá na stratu informácie, ale toleruje zmeny oneskorenia signálu v sieti. Niektoré služby, ako napríklad video komunikácia v reálnom čase, požaduje bezchybný prenos, ale aj konštantné oneskorenia v sieti. Preto bolo navrhnutých niekoľko spôsobov riadenia záťaže v sieti, ktoré musia pracovať iným spôsobom ako riadenia záťaže v doterajších sieťach. Vyžaduje to rozdielny charakter ATM siete. Riadenie záťaženia zároveň zabezpečuje efektívne využitie sieťových prostriedkov pri zachovaní dohodnutej kvality služieb QoS.

Jednou z dôležitých vlastností procesu riadenia záťaže je aj v organizácii tzv. *prevádzkového kontraktu*. Prevádzkový kontrakt zabezpečuje QoS v sieti a spočíva v dohode medzi účastníkom a sieťou, ktorá sa realizuje počas zostavenia spojenia. Prevádzkový kontrakt je popísaný v [časti 3.3.1](#) Vlastnosti ATM a v [časti 3.4.3](#) ATM adaptačná vrstva.

#### A. Reaktívne riadenie

Reaktívne riadenie reaguje na preťaženie v sieti až keď preťaženie nastalo a upravuje dôsledky preťaženia na prijateľnú úroveň. Pôvodne reaktívne riadenie (nazývané tiež Closed-Loop Congestion Control - riadenie s uzavretou slučkou) nebolo odporúčané pre rýchle ATM siete, pretože reakcia pomocou spätnoväzobnej slučky môže byť pomalá na to, aby predišla strate veľkého množstva dát. Reaktívne riadenie však začalo byť aktuálne po definovaní služieb ABR (Available Bit Rate) na pôde ATM Forum (pozri kapitolu [3.4.3. ATM adaptačná vrstva](#)). Pri takejto službe spojenie využíva práve dostupné prenosové pásmo v multiplexe a tak potrebuje spätnoväzobnú informáciu pre regulovanie rýchlosti prenosu buniek. Navyše ABR služba definuje svoju maximálnu prenosovú rýchlosť a tú nesmie prekročiť, aj keď je v multiplexe dostatok miesta. Preto sa v poslednom čase venuje pomerne veľká pozornosť managementu prevádzky aj pomocou reaktívneho riadenia. Základná funkcia pre tento druh riadenia prevádzky je tzv. *Feedback controls* - ovládanie spätnou väzbou a je definované ako sada činností vykonávaných sieťou a koncovými systémami za účelom regulovania odovzdávanej prevádzky ATM spojeniami na základe stavu záťaženia sieťových prvkov. Bližšie informácie o tejto problematike je možné nájsť v [63].

#### B. Preventívne riadenie

Hlavnou myšlienkou preventívneho riadenia záťaže (Open Loop Congestion Control - riadenie s otvorenou slučkou) je predísť preťaženiu multiplexu. Najúčinnjším miestom, kde je aplikovateľné preventívne riadenie záťaženia je prístupový bod do siete. Tento spôsob je veľmi efektívny v ATM sieti, pretože prevádzka je spojovo orientovaná. V spojovo orientovanej prevádzke musí samotnej komunikácií predchádzať proces zostavenia spojenia a tak spojenie môže byť prijaté, alebo odmietnuté podľa záťaže multiplexu.

Preventívne riadenie záťaže v ATM môže byť realizované dvoma spôsobmi - riadenie prístupu do multiplexu (Admission control) a dohľadovou, alebo police funkciou (Police function, Bandwidth enforcement).

a/ Admission control

Základnou funkciou pre tento druh riadenia je tzv. *Connection Admission Control (CAC)* - riadenie prístupu spojenia je definované ako sada činností vykonávaných sieťou počas fázy zostavovania spojenia za účelom určenia, či spojenie môže byť prijaté alebo by malo byť odmietnuté.

Rozhodnutie je robené v závislosti na tom, či budú splnené parametre požadované pre spojenie. Kontrolujú sa kvalitatívne požiadavky na službu (t.j. prijateľné oneskorenie buniek a prijateľná pravdepodobnosť straty bunky) a charakteristiky prevádzky ( maximálna a stredná požadovaná rýchlosť prenosu). Následne sa preveruje momentálna záťaž multiplexu a či je možné na základe požiadaviek zriadiť nové spojenie. Ak voľná kapacita multiplexu neumožňuje uskutočniť spojenie s požadovanou kvalitou, spojenie je odmietnuté. Takýmto spôsobom je zabezpečená prevencia pred preťažením multiplexu.

K funkciám tohto druhu môžeme zaradiť aj *Network Resource Management (NRM)* - management sieťových prostriedkov je to funkcia zodpovedná za pridelovanie sieťových prostriedkov za účelom separovania prevádzkových tokov podľa QoS vlastností. Snahou je optimálne využitie sieťových prostriedkov. NRM je spojená s využitím virtuálnych ciest (VP).

b/ Dohľadové funkcie (Police function)

Koncové zariadenie s nárazovým charakterom služby môže v hociktorom časovom okamihu zvýšiť prenosovú rýchlosť svojho informačného toku na maximálnu hodnotu. V prípade viacerých takýchto signálov v multiplexe existuje pravdepodobnosť preťaženia linky aj vtedy, ak je aplikované riadenie prístupu do multiplexu (Admission control). Preto aj po zriadení spojenia musí byť prevádzka v multiplexe neustále monitorovaná a musí realizovať opatrenia v prípade preťaženia. Ak nastane preťaženie multiplexu, môžu byť prijaté nasledovné opatrenia:

- zavrnutie buniek,
- označenie buniek značkou priority, čím sa určí, ktoré bunky majú väčšiu a menšiu dôležitosť z hľadiska straty,
- oneskorenie buniek,
- generovanie alarmového signálu pre operátora siete.

Dohľadová funkcia, ktorá má vykonávať spomínané opatrenia, musí spĺňať nasledovné požiadavky:

- musí byť aplikovaná v správnom čase,
- dohľad je potrebný nad každým spojením v multiplexe,
- rýchla reakcia na porušenie parametrov zaťaženia,
- jednoduchá implementácia (t.j. aj možnosť dohliadať na viacero spojení jedným zariadením),
- možnosť kontroly operátorom siete.

Na pôde ITU-T a ATM Forum sa uvádza niekoľko funkcií, ktoré patria k dohľadovým.

*Usage/Network Parameter Control (UPC/NPC)* - riadenie parametrov je definované ako sada činností vykonávaných sieťou za účelom monitorovania a riadenia prevádzky, v závislosti na ponúkanej prevádzke a platnosti ATM spojenia, na UNI (ide o UPC) alebo na NNI (NPC). Jej hlavným účelom je ochrana sieťových prostriedkov pred zlomyseľným ako aj neúmyselným správaním zdrojov prevádzky, ktoré môže pôsobiť na QoS iných už

vytvorených spojení. Detekuje porušenie dohodnutých parametrov a vykonáva vhodné opatrenia, ako vyradovanie buniek alebo znižovanie priority buniek.

*Cell loss priority control*- riadenie priority vyradovania buniek, koncové systémy môžu generovať prevádzkové toky s bunkami rôznej priority (bit CLP v hlavičke bunky). Sieť môže selektívne vyradovať bunky s nižšou prioritou a takýmto spôsobom, do určitej miery, chrániť QoS tokov buniek s vyššou prioritou.

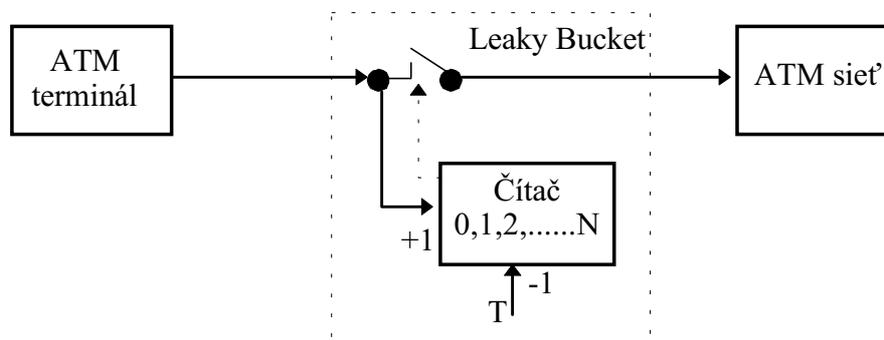
*Traffic shaping* - tvarovanie prevádzky je funkcia, ktorá upravuje charakteristiku toku buniek určitého ATM spojenia za účelom zvýšenia efektívnosti siete pri zodpovedaní dohodnutým QoS cieľom. Pri tvarovaní prevádzky sa musí zachovať celistvosť následnosti buniek daného ATM spojenia. Úprava vlastností toku buniek sa deje však vždy na úkor zväčšovania oneskorenia buniek. Príkladmi tejto funkcie sú napr. zníženie prenosovej rýchlosti, obmedzenie veľkosti zhluku buniek, zníženie CDV pomocou vhodného rozostupu buniek a použitia schém radenia buniek.

Pre vykonávanie dohľadovej funkcie existuje niekoľko mechanizmov.

*Leaky Bucket* je dohľadová funkcia, ktorá svojím algoritmom plne zodpovedá názvu (deravé vedro) a je v súčasnosti najviac využívaná. Ak do deravého vedra budeme nalievať vodu, cez otvor bude vytekať stále rovnaké množstvo vody bez ohľadu na to, ako rýchlo plníme vedro. Leaky Bucket je schématicky znázornený na Obr.3.9.1.

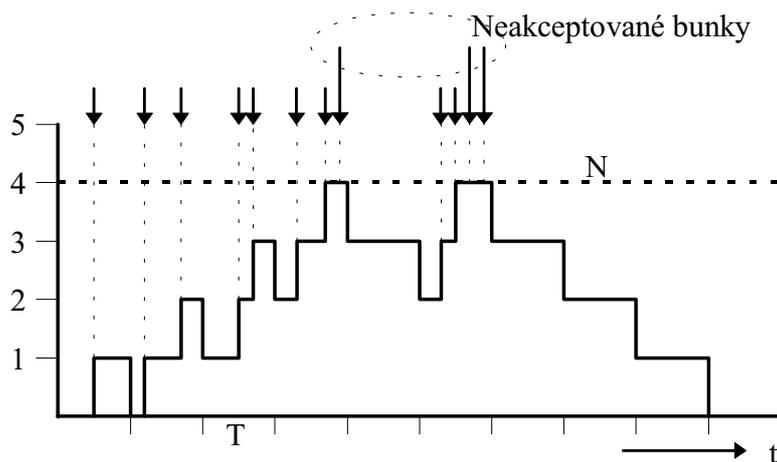
Leaky Bucket je čítač s nasledovnými vlastnosťami:

- inkrementuje sa o jednotky pri každom príchode bunky
- periodicky sa dekrementuje s periódou T



Obr.3.9.1

Je definovaná horná hranica N, ktorá znamená preťaženie multiplexu. Ak príde bunka, ktorá by inkrementovala čítač nad hodnotu N, je zavrhnutá, oneskorená, alebo označená. Hodnota zaťažiteľnosti linky je daná nastavením hodnôt N a T. Prehľadný diagram činnosti Leaky Bucket je na Obr.3.9.2.



Obr.3.9.2

Leaky Bucket sa správa ako virtuálny buffer FIFO, nespôsobuje však žiadne oneskorenie buniek, pretože bunky sa v skutočnosti do vyrovnávacej pamäti neukladajú.

*Window mechanizmus* je oknová metóda dohľadu nad záťažou multiplexu. V časovom okne dĺžky  $T$  môže prísť najviac  $N$  buniek. Všetky ostatné bunky, ktoré prišli v danom okne sú zavrhnuté, oneskorené, alebo označené. Mechanizmus má jednoduchú implementáciu do reálnych systémov.

*Jumping window* patrí medzi oknové metódy dohľadu. Ak skončí trvanie jedného okna je okamžite zahájené nové okno, čiže nový časový interval, kedy sa začínajú počítať prichádzajúce bunky. Implementácia je tiež jednoduchá.

*Triggered jumping window* pracuje podobne ako *Jumping window*, ale nové časové okno nie je inicializované hneď po ukončení predchádzajúceho časového okna, ale až s príchodom najbližšej bunky. Implementácia je podobne jednoduchá ako pri predchádzajúcom prípade.

*Moving window* je tiež oknová metóda dohľadu, kde časové okno sa môže kontinuálne posúvať po časovej osi. Implementácia je zložitejšia.

*Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) algoritmus* je zložitejší, ale účinný mechanizmus dohľadu nad záťažou multiplexu. Pracuje podobne ako *Jumping window*, ale počet buniek v časovom okne je premenlivý.

Bližšie informácie o metódach riadenia prevádzky je možné nájsť aj v [74].

### 3.10 ATM SPOJOVACIE ELEMENTY

Pre ATM nie je možné použiť spojovacie elementy pre STM techniku, ani spojovacie obvody pre čisté paketové prepájanie. ATM spojovacie siete musia tolerovať štatistické chovanie paketov, ale mali by zaručovať definované oneskorenie paketov pri prechode spojovacím poľom. Zároveň rýchlosť spojovania nesmie spomaľovať celkový tok informácií v telekomunikačnej sieti, čo pre dnešné požiadavky znamená, že spojovacia sieť musí poskytovať rýchlosti od 150 do 600 Mbit/s. (s možnosťou ďalšieho zvyšovania rýchlosti až do Gbit/s) Základné požiadavky na ATM spojovaciu sieť (Switchng Fabric, MIN) sú na Obr.3.10.1.

Prechod ATM bunky spojovacím poľom bude spojený so spracovaním ATM prevádzky a to hlavne s koncentráciou, expanziou, multiplexovaním a demultiplexovaním. S týmito pojmami sme sa mohli už stretnúť aj pri spojovaní v synchronných systémoch N-ISDN.

PARAMETER	POŽIADAVKA
MAXIMÁLNA RÝCHLOSŤ	600 Mbit/s
ZÁŤAŽ EXTERNEJ LINKY	0.8 Erl
POČET EXTERNÝCH LINIEK	Niekoľko tisíc
BLOKOVANIE	bez blokovania
TYP SPOJENIA	point-to-point, multicast
ČAS ZOSTAVENIA SPOJENIA	niekoľko milisekúnd
POČET SPOJENÍ V HPH	2 500 000
PRAVDEPODOBNOŠŤ STRATY BUNKY	$< 10^{-10}$
PRENOSOVÉ ONESKORENIE	$< 0.5$ ms
JITTER	$< 0.2$ ms

Obr.3.10.1

Synchronne spojovacie polia boli zložené z časových článkov T a priestorových článkov S, ktorých kombináciou (TST, TSTST, STS a podobne) sa dosiahlo efektívne prepájanie v sieti. Podobné funkcie môžeme pozorovať aj v ATM spojovacej sieti.

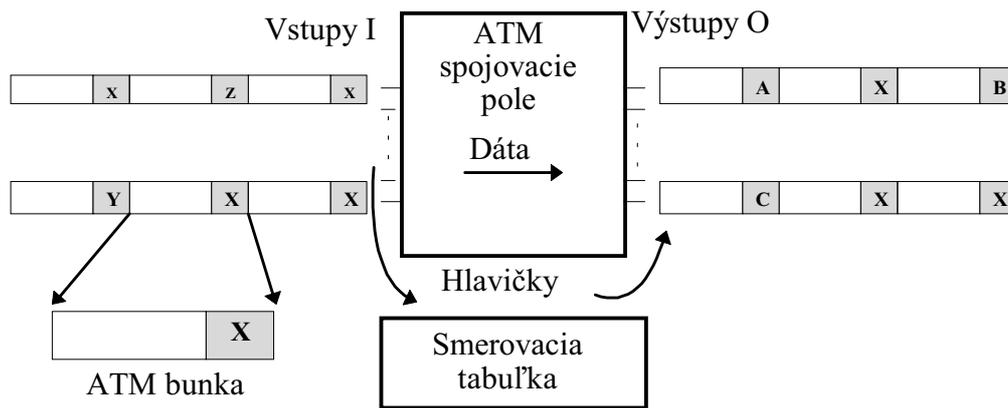
#### A. Smerovanie

ATM bunka, prichádzajúca na niektorý z N vstupov spojovacieho poľa ( $I_1$  až  $I_N$ ) je podľa požiadaviek spojovania prepojená na niektorý z M výstupov z poľa ( $O_1$  až  $O_M$ ). Táto funkcia je obdobná funkcii priestorového S článku v synchronných systémoch. V ATM terminológii túto funkciu nazývame *smerovanie* (*routeing, routing*)

#### B. Radenie

ATM bunka pri prechode poľom môže meniť aj svoje smerovacie návěstie v hlavičke, t.j. hodnoty VCI a VPI. Je tým prepojaná do inej virtuálnej cesty, čo je obdobné funkcii časového článku T v synchronných systémoch. Zmena virtuálnej cesty je spojená s radením buniek vo vyrovnávacích pamätiach, preto sa táto funkcia v terminológii ATM nazýva radenie (*queueing, buffering*).

Smerovanie a radenie buniek je v spojovacom poli riadené pomocou *smerovacích tabuliek*. V smerovacej tabuľke poľa je zaznamenané, ako sa má každá bunka smerovať a radiť. Vytvorenie a modifikácia smerovacích tabuliek je spojené s procesom zostavenia spojenia v ATM sieti. ATM je spojovo orientovaný prenosový mód a preto pred informačnou výmenou medzi ATM terminálmi musí prebehnúť proces zostavenia spojenia. Zostavenie spojenia je riadené signalizáciou a meta-signalizáciou a zahŕňa tiež aktualizáciu smerovacích tabuliek v spojovacích uzloch. Schématické znázornenie procesu spojovania v ATM uzle je na [Obr.3.10.2](#).



Obr.3.10.2

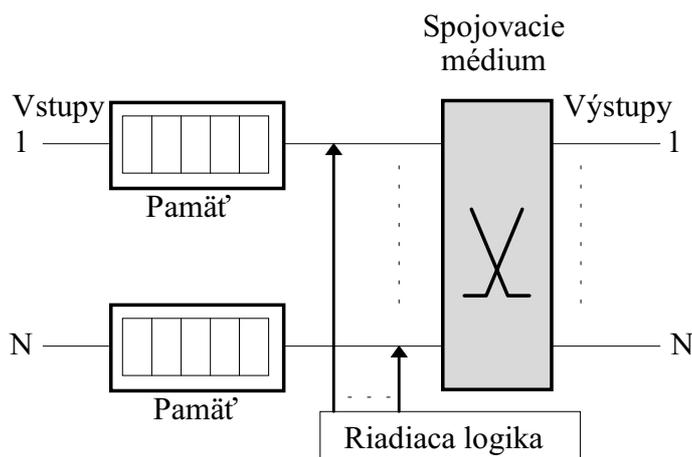
### 3.10.1 Radenie buniek v elemente

V ATM elemente musia byť použité vyrovnávacie pamäte. Vyrovnávacie pamäte (a tým aj radenie buniek) môžu byť umiestnené na vstupe elementu (input buffering, input queueing), na výstupe elementu (output buffering, output queueing), alebo v jeho strede (central buffering, central queueing).

#### A. Radenie buniek na vstupe elementu

Input buffering je znázornený na Obr.3.10.3. Každý vstup elementu  $N \times N$  disponuje so vstupnou vyrovnávacou pamäťou, ktorá ukladá prichádzajúce bunky. Bunka je zadržovaná v pamäti až do rozhodnutia riadiacej logiky. Riadiaca logika pracuje na základe požiadaviek spojovania, ale môže tiež zohľadňovať stav plnenia vyrovnávacích pamätí.

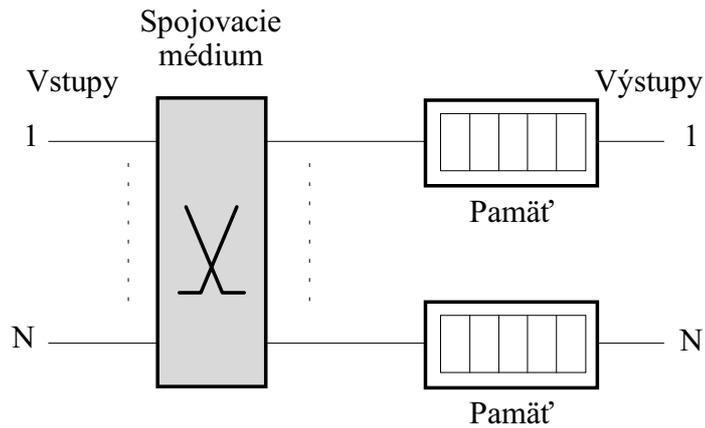
Radenie buniek na vstupe elementu trpí blokovaním HOL (Head-of-Line). Spojovacie médium prepojí počas trvania jednej bunky  $p$  buniek z  $p$  vstupov na  $p$  výstupov, pričom platí  $p \leq N$ .



Obr.3.10.3

#### B. Radenie buniek na výstupe elementu

Output buffering je znázornený na Obr.3.10.4.



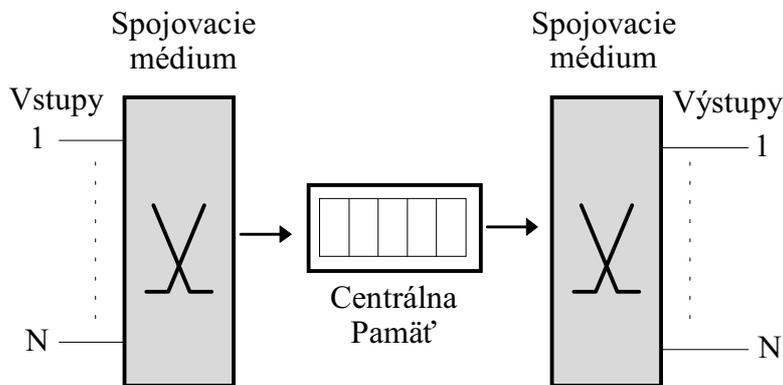
Obr.3.10.4

Každý výstup elementu  $N \times N$  disponuje s výstupnou vyrovnávacou pamäťou. Na rozdiel od Input buffering, môžu byť počas jednej bunkovej periódy prepojené aj viaceré bunky z rôznych vstupov na jeden výstup. V takom prípade sa bunky uložia do radu vo vyrovnávacej pamäti na danom výstupe, pretože element poskytuje na výstupe len jednu bunku počas bunkovej periódy. Vyrovnávacia pamäť musí byť schopná zapísať viacero buniek počas jednej bunkovej periódy.

Nie je potrebná špeciálna riadiaca logika, pretože pamäti pracujú podľa normálneho FIFO algoritmu, čím sa zabezpečí aj správne poradie buniek v rámci jedného spojenia.

### C. Radenie buniek v strede elementu

Central buffering je znázornený na [Obr.3.10.5](#).



Obr.3.10.5

Vyrovnávacia pamäť nepatrí v tomto prípade žiadnemu vstupu ani výstupu elementu, ale je zdieľaná rovnako vstupmi aj výstupmi. Každá prichádzajúca bunka môže byť priamo zapísaná do centrálnej pamäti a výstup si bude vyberať pre neho určené bunky podľa FIFO algoritmu.

Komplikáciou pri centrálnom radení je skutočnosť, že výstup musí rozoznávať, ktoré bunky sú určené pre neho. V pamäti sú uložené bunky pre všetky výstupy v jednom rade. To znamená, že z hľadiska všetkých výstupov musí byť pamäť s ľubovoľným prístupom (RAM),

ale pre jednotlivé výstupy sa musí dodržať algoritmus FIFO. Vedie to k zložitejšiemu riadeniu pamäti.

Popísané spôsoby umiestnenia vyrovnávacích pamätí majú rozdielne vplyvy na početnosť strát buniek v poli, oneskorenie prechodu poľom a požiadavky na veľkosť vyrovnávacích pamätí. Dôležitým faktorom je pravdepodobnosť straty buniek (CLR - Cell Loss Ratio), ktorá musí byť taká, aby nedegradovala kvalitu celej ATM siete. Tiež oneskorenie prechodu poľom má dôležitú úlohu pri hodnotení spojovacieho elementu.

## **3.11 ATM A PRIVÁTNE SIETE**

Hoci myšlienka ATM bola po prvý raz uvedená pre širokopásmovú ISDN, výhody ATM techniky spôsobili, že jej aplikácie sú dnes prakticky vo všetkých oblastiach prenosu a prepájania dát. Práve výrobcovia prostriedkov pre privátne dátové siete (zariadenia typu hub, router, multiplexor) v súčasnosti pravdepodobne najviac akcelerujú špecifikáciu a vývoj ATM techniky. V podstate všetci význační výrobcovia spomenutej techniky sú členmi ATM Forum a aktívne sa v jeho rámci zúčastňujú štandardizačného procesu. Bohužiaľ, ich konkurenčné postavenie na trhu a snaha o presadenie vlastných riešení a záujmov často brzdi proces prijatia špecifikácií.

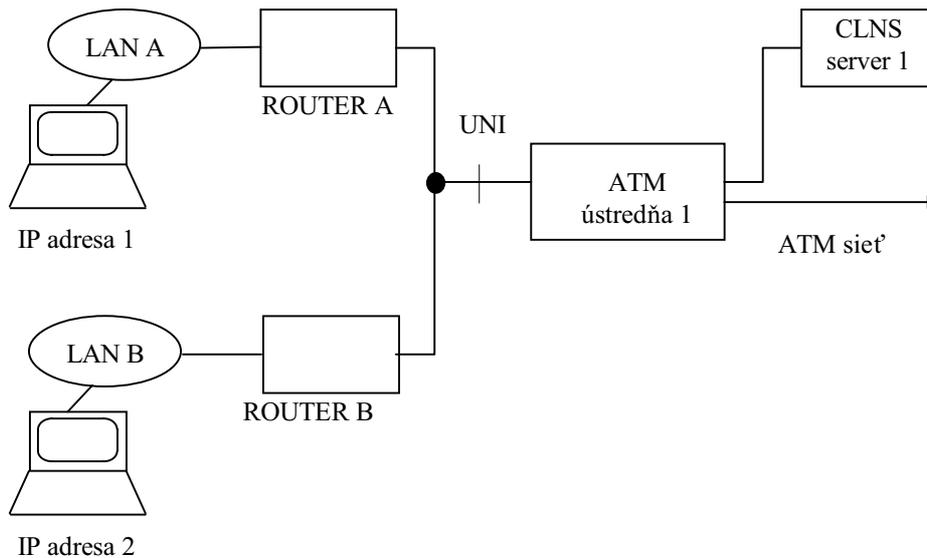
V tejto kapitole preto spomenieme niektoré dôležité aspekty prevádzky v privátnych sieťach a to riešenie služby bez spojovej orientácie v ATM prostredí (connectionless), včlenenie siete Internet do ATM a typické prostriedky privátnych dátových sietí - zariadenia typu hub, router a multiplexor. Na záver sú naznačené všetky rozhranie pre spojenie verejných a privátnych ATM sietí.

### **3.11.1 ATM služby bez spojovej orientácie (connectionless)**

ATM je v svojom princípe spojovo orientovaná sieť a tak aj služby bez spojovej orientácie CLNS (Connectionless Network Services) musia byť nejakým spôsobom mapované do zostaveného spojenia v sieti. Ako konštantná adresa na rozhraní UNI bola pre služby bez spojovej orientácie definovaná adresa VPI=0 a VCI=15, t.j. vo virtuálnej ceste 0 je kanál 15 rezervovaný pre CLNS. Znamená to, že každé koncové zariadenie v prevádzke bez spojovej orientácie vysiela bunky na adrese VPI=0 a VCI=15 a prijíma bunky tiež na adrese VPI=0 a VCI=15. Na prvý pohľad takéto riešenie vyvolá konflikt na rozhraní UNI, ak sú tam pripojené dve zariadenia so službou CLNS. Vysvetlenie je na [Obr. 3.11.1](#).

Na obrázku sú dve koncové zariadenia so službou CLNS. Obidva vysielať a prijímajú CLNS signály na adrese VPI=0 a VCI=15, ale ako koncové zariadenia ATM siete majú priradené rozdielne adresy pre spojovo orientovanú prevádzku.

ATM ústredňa 1 po prijatí buniek od koncových zariadení A a B nemôže odlíšiť, ktoré koncové zariadenie vysiela ktoré bunky (predpokladáme, že vysielať súčasne) a tak ich nemôže korektne vyslať ďalej do siete. Preto musí byť pripojený k ATM ústredni 1 CLNS server 1.



Obr.3.11.1

Daná schéma predpokladá, že zariadenia používajú protokol typu AAL 3/4, ktorý bol popísaný v kapitole 3.4.3.3. Každá SAR-PDU má pole MID, ktoré dovoľuje v rámci jedného ATM spojenia (t.j. to isté VPI a VCI) multiplexovať viacero spojení v AAL. V skutočnosti sú spojenia od terminálov A a B rozdielne. Ak napr. zariadenie B vysiela IP datagram, vysielať paket obsahuje IP adresu. AAL 3/4 v podvrstve CPCS vygeneruje CPCS header a trailer (CPI, Btag, BAsize, AI, Etag, Length) a v SAR podvrstve sa takto vzniknutý rámec delí na viacero SAR-PDU. Prvá SAR-PDU sa nazýva BOM - Beginning Of Message. Ak je rámec malý a vyžaduje len jednu SAR-PDU, tak táto PDU sa nazýva SSM - Single Segment Message. V BOM, alebo v SSM je uložená IP adresa.

ATM ústredňa 1 všetky bunky s adresami VPI=0 a VCI=15 pošle do CLNS servera 1. Server na základe poľa MID rozlíši rozdielne pakety a dekódovaním BOM, alebo SSM identifikuje IP adresy. CLNS server 1 obsahuje smerovacie tabuľky, s pomocou ktorých dokáže konvertovať IP adresy na korektný VPI/VCI formát vyžadovaný na NNI v ATM sieti. CLNS server 1 vytvorí bunky s prepočítanými adresami VPI<sub>x</sub> a VCI<sub>y</sub> a pošle ich späť do ATM ústredne 1, ktorá ich vyšle do siete. Na základe takto vygenerovaných VPI<sub>x</sub> a VCI<sub>y</sub> sa bunky dostanú na druhej strane siete do ATM ústredne 2 a na rozhranie UNI, ktoré je adresované IP adresami. Tam musí byť tiež inštalovaný CLNS server 2, na ktorý miestna ATM ústredňa 2 pošle prijaté bunky. CLNS server 2 konvertuje prichádzajúce VPI<sub>x</sub> a VCI<sub>y</sub> (ktoré sa môžu prechodom sieťou meniť) na VPI=0 a VCI=15 a pošle ich späť do ATM ústredne 2. Tá bunky odošle na rozhranie UNI, kde sa po rozbalení buniek dostanú pakety na koncové zariadenia podľa svojich adries.

V podstate bunky, ktoré sa po konverzii adries v CLNC serveri 1 vrátili do ATM ústredne 1 a s adresou VPI<sub>x</sub> a VCI<sub>y</sub> odchádzajú do siete už nie sú bez spojovej orientácie. Správajú sa ako všetky ostatné bunky v ATM sieti a po vytvorení spojenia putujú do ATM ústredne 2 v mieste určenia.

Je evidentné, že služba bez spojovaj orientácie v ATM sieti je komplikovaná. Vyžaduje prídavný hardware (CLNS server) a zložitý software (smerovacie tabuľka a konverzia VPI/VCI v CLNS). Preto sa vedie diskusia o využití protokolu AAL5 pre účely tejto služby, ktorý je oveľa ekonomickejší z hľadiska prenosu prívavných informácií.

### 3.11.2 LAN Emulation

Dôležitou dátovou službou, navrhnutou v ATM Forum je emulácia siete LAN - LAN Emulation (LE). LE služba zabezpečuje hlavne nasledovné komunikácie:

- a/ chod LAN aplikácií cez ATM sieť,
- b/ prepojenie sietí LAN cez ATM sieť,
- c/ prepojenie ATM pracovných staníc navzájom a ich prepojenie so sieťami LAN.

Znamená to, že sieť ATM je transparentná nie len pre aplikácie bežiacie v sieťach LAN, ale priamo pre siete LAN. Dve siete LAN sa cez túto službu "tvária" ako jedna väčšia sieť LAN, bez ohľadu na to, či sú vzdialené pár metrov, alebo tisíce kilometrov. Cez jednu sieť ATM môže byť aktívnych viacero LE služieb (viacero komunikácií sietí LAN), ktoré fyzicky používajú tú istú sieť, ale logicky sú oddelené.

V súčasnosti je LE služba definovaná pre dva druhy LAN a to pre Ethernet (CSMA/CD) a Token Ring. Znamená to, že pomocou tejto služby sú možné komunikácie:

- Ethernet - Ethernet,
  - Token Ring - Token Ring,
  - Ethernet - ATM,
  - Token Ring - ATM,
  - ATM - ATM,
- pričom pod ATM sa myslí pracovná stanica s rozhraním ATM.

LAN Emulation vlastne zabezpečuje funkcionality LAN segmentu a to buď Ethernet segment (IEEE 802.3), alebo Token Ring kruh (IEEE 802.5). LE služba v skutočnosti emuluje MAC (Medium Access Control) podvrstvu v druhej vrstve (Data Link Layer) protokolového modelu LAN. Z pohľadu LAN sa ATM sieť javí ako ďalšia MAC podvrstva v sieti. Je potrebné pripomenúť, že LE služba neplní všetky detailné funkcie MAC podvrstvy (ošetrenie kolízií, management tokenov a pod.) a tiež neplní premost'ovaciú (bridging) funkciu medzi rôznymi sieťami LAN. To znamená, že aj keď sú v tej istej ATM sieti pripojené cez LE službu súčasne LAN siete Ethernet aj Token Ring, nemôžu spolu komunikovať (klasické LAN siete sú v terminológii ATM Forum pre LE službu nazývané aj "legacy" LAN). V prípade požiadavky na ich komunikáciu musia využívať klasické zariadenia typu bridge, router, alebo gateway.

Z predchádzajúceho textu je zrejmé, že používateľ služby LE - LE client - je buď ATM pracovná stanica, alebo sieť LAN. V prípade siete LAN je to vlastne zariadenie ATM-LAN bridge, ktorým je sieť LAN pripojená k ATM sieti. ATM pracovná stanica, alebo ATM-LAN bridge je pripojený na používateľské rozhranie UNI, ktoré má v tomto prípade názov LAN Emulation UNI, alebo skrátene L-UNI. L-UNI má svoju špecifikáciu a vychádza zo špecifikácie ATM UNI [62]. Ešte je špecifikované rozhranie LAN Emulation NNI (Network Node Interface) označované ako L-NNI. L-UNI je rozhranie klient - server, L-NNI rozhranie server - server. Rozhranie L-NNI je dôležité pre vzájomnú komunikáciu komponentov pre LE službu od rôznych výrobcov.

Pre výkon LE služby je nevyhnutná súčinnosť týchto komponentov.

#### *LE Client*

Klient je používateľ LE služby a je definovaný predchádzajúcom texte. Je to ATM pracovná stanica, alebo ATM-LAN bridge, ktorý pripája LAN k ATM sieti. Každý klient má svoju jedinečnú ATM adresu.

*LE Configuration Server (LECS)*

Konfiguračný server zabezpečuje všetky konfiguračné informácie a poskytne klientovi adresu LE servera.

*LE Server (LES)*

Zabezpečuje LE službu, prijme, alebo odmietne požiadavku klienta na LE službu.

*Broadcast and Unknown Server (BUS)*

Zabezpečuje tzv. broadcast a multicast komunikáciu. (Klasická komunikácia jeden vysielač a jeden prijímač je označovaná ako unicast komunikácia, point-to-point. Multicast komunikácia znamená, že vysielač komunikuje s viacerými prijímačmi, point-to-multipoint a broadcast znamená, že vysielač posiela informácie všetkým prijímačom.) V sieťach LAN klient zasiela svoje požiadavky na server za účelom prenosu súborov, načítania software a pod. Klient teda musí vedieť adresu servera (MAC adresu), aby na neho mohol zasielať rámce. Vo viacerých LAN protokoloch server vysiela broadcast spôsobom periodickú správu SAP (Service Advertising Protocol), takže všetci klienti sú informovaní o adrese servera. Keďže tento mechanizmus musí byť zabezpečený aj ATM sieti, ktorá je spojovo-orientovaná, BUS musí mať informácie o serveroch ("unknown servers"), aby sa minimalizovalo množstvo broadcast a multicast prevádzky pri LE službe. Klientovi takto stačí vedieť spojenie na BUS.

Všetky hore uvedené servery (LECS, LES, BUS) môžu byť prevádzkované na oddelených hardwarových platformách, alebo ako softwarové funkcie na jednom ATM spínači.

LAN Emulation služba je pomerne zložitá procedúra a pre jej realizáciu je nutné vykonať päť za sebou idúcich krokov:

*1. Inicializácia (Initialization)*

Pre pripojenie k službe, LE klient musí zriadiť ATM spojenie k LE serveru. Na to potrebuje vedieť ATM adresu LE servera. Je niekoľko ciest, ako môže LE klient získať požadovanú adresu.

Ako prvé použije ATM Forum SNMP ILMI rozhranie a žiada adresu LE konfiguračného servera od ATM spínača. (SNMP ILMI - Simple Network Management Protocol Interim Local Management Interface - je definované v špecifikácii pre UNI [62].)

Ak táto procedúra zlyhá, LE klient použije definované ("well-known address") adresy, ktoré sú špecifikované na L-UNI pre každú ATM sieť.

Ak ani táto cesta nie je úspešná použije pevne definované adresy (VPI/VCI) medzi klientom a serverom.

*2. Konfigurácia (Configuration)*

LE klient oznámi konfiguračnému serveru ATM adresu, MAC adresu, typ siete LAN a požadované veľkosti rámcov. LE konfiguračný server oznámi klientovi adresu LE servera a veľkosť rámcov pre použitie.

Existuje niekoľko typov rámcov, ktoré sú používané v LE službe.

a/ Ethernet (CSMA/CD, IEEE 802.3) LE rámec - pozostáva s hlavičky o veľkosti 2 byte (LEH1 - LE Header typ 1) a z voliteľného tela rámca, v ktorom sú polia Destination MAC Adress, Source MAC Address, Type/Length a dáta,

- b/ Token Ring (IEEE 802.5) LE rámec - pozostáva s hlavičky o veľkosti 2 byte (LEH2 - LE Header typ 2) a z voliteľného tela rámca, v ktorom sú polia Frame Control, Destination MAC Address, Source MAC Address a dáta,
- c/ Riadiaci rámec - má 40 byte a je určený na funkcie iné ako prenos dát cez LE službu.

### *3. Pripojenie (Joining)*

LE klient sa teraz môže pripojiť k LE službe vytvorením riadiaceho spojenia s LE serverom a zaslaním žiadosti o pripojenie (Join Request), ktorá obsahuje ATM adresu, typ siete LAN a informácie o rámcoch. LE server posiela späť odozvu na žiadosť o pripojenie (Join Response) v ktorej je žiadosť registrovaná, alebo odmietnutá. Ak je žiadosť odmietnutá, klient musí ukončiť spojenie, ale môže okamžite naštartovať novú inicializáciu a konfiguráciu. Klient začína novú procedúru aj keď sa server neozve po uplynutí definovaného časového intervalu (time out).

### *4. Registrácia a inicializácia BUS servera (Registration and BUS Initialization)*

BUS vykonáva broadcast a multicast komunikáciu. Ak LE klient žiada LE server o zaslanie MAC broadcast adresy, dostane v skutočnosti ATM BUS adresu a LE klient zostaví spojenie k BUS serveru. BUS pripojí klienta k point-to-multipoint spojeniu, alebo vytvorí separátne point-to-multipoint spojenie pre klienta.

### *5. Prenos dát (Data Transfer)*

Teraz je LE klient úspešne pripojený na LE službu a môže vysielat' dáta k inému LE klientovi. MAC adresa prijímača je alebo indikátor broadcast komunikácie, alebo individuálna MAC adresa klienta. Služba využíva protokol typu 5 (SAP5) v AAL vrstve protokolového modelu (pozri kapitolu 3.4.3.4).

LE služba bude pravdepodobne populárnou službou v ATM sieti, pretože zodpovedá požiadavkám pre komunikáciu sietí LAN a tiež umožňuje pripojenie ATM pracovných staníc na klasické "legacy" siete LAN.

## **3.11.3 ATM a TCP/IP (Internet)**

Internet protokol (TCP/IP - Transmission Control Protocol/Internet Protocol) je veľmi široko používaný protokol a to nielen v celosvetovej sieti Internet, ale aj v sieťach LAN (napr. Novell Netware používa kvôli kompatibilitate radšej TCP/IP ako vlastný IPX protokol). Je preto prirodzené, že existuje snaha mapovať TCP/IP datagramy bez spojovej orientácie do ATM buniek.

Všetky technické špecifikácie pre TCP/IP sú obsiahnuté v dokumentoch volaných Request For Comments - RFC, ktoré sú vypracované vývojovou skupinou pre Internet IETF - Internet Engineering Task Force. Konečne má TCP/IP štyri protokolové vrstvy, ktoré sú znázornené na [Obr.3.11.2](#).

Aplikačná vrstva	FTP vrstva	Telnet	SMTP	HTTP WWW	SNMP		ICMP	
Transport. vrstva	TCP				UDP			
Internet vrstva	IP				RIP	OSPF		
Vrstva prístupu do siete	Ethernet	802.3	Token ring	X.25	Frame relay	FDDI	ATM	Iné

Obr.3.11.2

*Aplikačná vrstva* definuje používateľské rozhranie pre rôzne aplikácie a utility, ako aj protokol medzi dvoma aplikačnými procesmi.

*FTP* - dovoľuje prenos súborov zo vzdialeného servera,

*SMTP* - je štandard elektronickej pošty (e-mail) pre TCP/IP,

*Telnet* - umožňuje používateľovi prístup (log-in) na vzdialený server cez sieť TCP/IP,

*SNMP* - je sieťový management protokol pre TCP/IP sieť,

*HTTP - Hypertext Transfer protokol* - je protokolová platforma pre *WWW (World Wide Web)*.

*Transportná vrstva* je zodpovedná za host-to-host komunikáciu cez TCP/IP sieť. V OSI referenčnom modeli odpovedá transportnej a čiastočne session vrstve. TCP/IP definuje dva transportné protokoly TCP (Transmission Control Protocol) a *UDP (User Datagram Protocol)*. Známejší a používanější je TCP, ktorý zabezpečuje spoľahlivú, spojovo orientovanú (connection oriented) a bazchybnú cestu medzi dvoma host systémami a väčšina aplikácií Internetu pracuje pomocou TCP. UDP je protokol bez spojovej orientácie.

*Internet vrstva* odpovedá podľa OSI sieťovej vrstve. *IP (Internet Protocol)* zabezpečuje transport bez spojovej orientácie (connectionless). Keďže je to datagramová služba, neexistuje pred výmenou informácie logické spojenie medzi bodmi, ktoré komunikujú. Neexistuje tu garancia, že dáta budú prenesené do požadovaného bodu, ani potvrdenie, či dáta boli prenesené. IP pracuje aj s imými protokolmi. *ICMP - Internet Control Message Protocol* - oboznamuje IP o neočakávaných situáciách, napr. ak host nemôže byť dosiahnutý, alebo paket má problém s doručením. *RIP - Routing Information Protocol* a *OSPF - Open Shortest Path First* - dodávajú informácie do smerovacích tabuliek, ak datagram prechádza jednou, alebo viacerými podsieťami.

*Vrstva prístupu do siete* odpovedá podľa OSI čiastočne sieťovej, potom linkovej a fyzickej vrstve. IP dokáže dnes spolupracovať prakticky zo všetkými typmi sietí - Ethernet, Token Ring (LAN), FDDI (Fiber Distributed Data Interface), X.25, Frame Relay, SMDS (Switched Multimegabit Data Service) a tiež ATM.

Problém pre začlenenie TCP/IP do ATM prostredia je, že TCP/IP je protokol starý minimálne 20 rokov a ako taký je veľmi pomalý pre bitové rýchlosti v dnešných dátových sieťach (napriek tomu, že IETF v poslednom čase modifikovalo TCP/IP pre siete s vyššími rýchlosťami, dokonca sú doplnené možnosti pre prenos audia a videa, ale všetko v obmedzenej forme). Hlavne transportná vrstva s protokolom TCP je pomalá pre ATM

aplikácie. IP protokol je vhodnejší, je však bez spojovej orientácie (connectionless) a ATM je v princípe transfer mód so spojovou orientáciou.

ATM a TCP/IP vyžadujú vlastnú štruktúru adresovania a metódy pre prepájanie, alebo smerovanie. Je preto nutná konverzia pri prechode z jednej siete do druhej. Navyše je tu problém, že subjekty zodpovedné za špecifikácie (IETF pre Internet a ATM Forum pre ATM) nemajú jednotný názor na vyriešenie tohto problému. IETF uprednostňuje metódu, ktorú môžeme nazvať "klasický IP cez ATM", a používa modifikovanú verziu IP nazývanú *ARP - Address Resolution Protocol* (jeho pozícia vo vrstvovom modeli Internetu je aj na Obr. 3.11.2.), ktorý hľadá ATM adresu VPI/VCI odpovedajúcu IP sieťovej adrese. ATM Forum navrhuje konverziu adresy vo vrstve MAC (Media Access Control), ktorá odpovedá IP sieťovej adrese, na VPI/VCI.

Nie je jednoduché stanoviť, ktorá metóda je najvýhodnejšia a nie je vylúčené, že nakoniec bude špecifikovaná metóda odlišná od tu popísaných metód. Odborníci sa však zhodujú na tom, že vzhľadom na rozšírenie siete Internet a na atraktivnosť siete ATM je rovnako dôležité prispôbiť ATM k TCP/IP ako opačne TCP/IP k ATM.

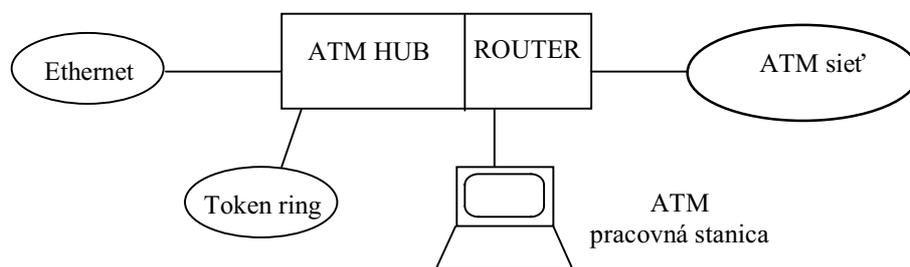
### 3.11.4 ATM zariadenia pre privátne siete

Pri budovaní privátnej dátovej siete potrebujeme v podstate tri druhy technických prostriedkov (ak neuvažujeme koncové zariadenia a samotné výpočtové prostriedky a servery) - sú to zariadenia typu hub, router a multiplexor. Vzniká preto otázka, ktorý z nich má hrať podstatnú úlohu v ATM prostredí, ináč povedané, kde sa majú tvoriť ATM bunky. Na nešťastie uvedené produkty vyrábajú a ponúkajú rozdielni výrobcovia a tak sa na pôde ATM Forum zväzda neľútostný boj o presadenie jednotlivých koncepcií.

Nebudeme na tomto mieste presadzovať žiadne zo spomínaných zariadení, ale zameráme sa na čistý technický popis riešenia.

#### 3.11.4.1 ATM hub

Koncepcia ATM hub je na Obr.3.11.3. Táto koncepcia má veľmi reálnu šancu sa presadiť, najmä ak ATM bude definovaný ako vhodný mód na vzájomné prepojenie sietí LAN. V tomto prípade pôjde vlastne o upgrade existujúcich zariadení LAN hub.



Obr.3.11.3

V tomto prípade nie je nutné preniesť ATM bunky až po pracovnú stanicu, s výnimkou staníc, ktoré vyžadujú veľmi vysokú bitovú rýchlosť. Všetky existujúce lokálne siete ľubovoľného typu (Ethernet, Token Ring, FDDI) môžu fungovať nezmenene. ATM hub však vnútorne pracuje s ATM bunkami a prepája ich. Stáva sa tak z neho ATM spínač (switch),

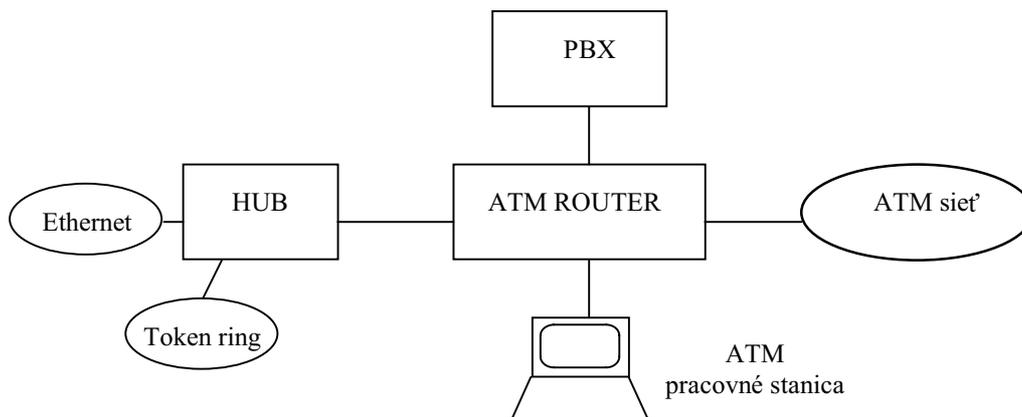
budovaný na podobných princípoch ako ATM ústredňa. Musí používať ATM spojovacie elementy.

Výhodou takéhoto ATM spínača je, že pracuje v privátnej ATM sieti a tak nemusí dôsledne dodržiavať štandardy a špecifikácie vo vnútri siete. Nemusí teda striktné používať definované protokoly v AAL vrstve ATM protokolového modelu. Väčšinou výrobcovia pri komunikácii medzi zariadením hub a pracovnou stanicou nevyužívajú žiadny z definovaných AAL protokolov a pri spojení hub-hub používajú protokol AAL5.

Pri prepojení na inú ATM sieť nie je problém integrovať do zariadenia funkciu router. Je to len ďalšia doska v zariadení. V tom prípade sa stáva ďalší router zbytočný. V podstate všetci výrobcovia zariadení ATM hub oznámili možnosť router funkcie integrovanej v zariadení. Zatiaľ však zákazníci preferujú router ako oddelené zariadenie, pravdepodobne je to dané historicky, alebo spoliehajú na to, že klasickí výrobcovia zariadení router splnia ich očakávania lepšie.

#### 3.11.4.2 ATM router

Koncepcia ATM router je na Obr. 3.11.4. V tomto prípade ostanú bez zmeny zariadenia typu hub. To môže byť na prvý pohľad výhodné, pretože mnohé privátne siete majú nainštalovaných veľa zariadení hub a to prakticky na každom poschodí v budove. Je preto veľmi nákladné urobiť upgrade na ATM u všetkých týchto zariadení. Všetky siete LAN zostanú samozrejme v pôvodnej konfigurácii, iba náročné pracovné stanice sa zapoja priamo do zariadenia router.



Obr.3.11.4

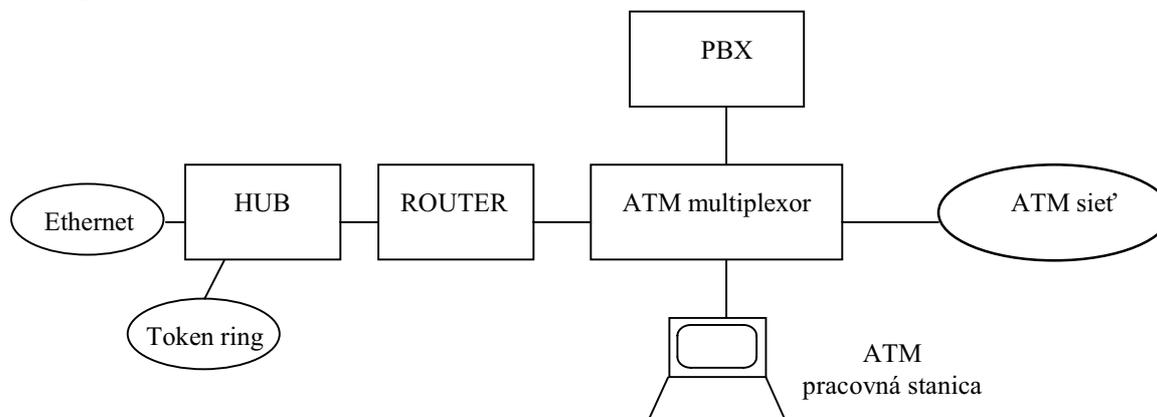
V tomto prípade router spracováva ATM bunky a tvorí rozhranie na inú privátnu, alebo verejnú ATM sieť. Router môže dokonca prenášať aj hlasové signály a môže byť k nemu pripojená aj pobočková ústredňa PBX.

Pravdou je, že používateľ nepotrebuje ATM bunky pre svoje koncové zariadenie. Bunky sú nutné pre komunikáciu s ATM sieťou a pre koncové zariadenia, alebo v privátnej sieti môžu byť použité iné, možno vhodnejšie protokoly. To nahráva obhájcom (t.j. výrobcom) zariadení router.

Na druhej strane ATM transfer mód v svojej podstate nevyžaduje funkciu router. Router potrebujeme v dnešných heterogénnych sieťach, kedy existuje viacero typov sietí LAN a verejné siete pracujú na báze iných protokolov ako siete LAN. Ich spolupráca vyžaduje špeciálnu smerovaciu funkciu. Ak bude LAN sieť založená na ATM a verejná sieť tiež, ATM adresovanie cez VPI/VCI eliminuje akúkoľvek potrebu konverzie a prídavného smerovania.

### 3.11.4.3 ATM multiplexor

Koncepcia ATM multiplexora je na Obr.3.11.5. V tomto prípade zostanú v sieti pôvodné zariadenia typu hub aj router a ATM upgrade sa realizuje na multiplexore. Ak je nutné ATM spojenie až do pracovnej stanice, všetky stanice sa môžu zapojiť na spoločný koncentrátor a ten sa spojí s multiplexorom.



Obr.3.11.5

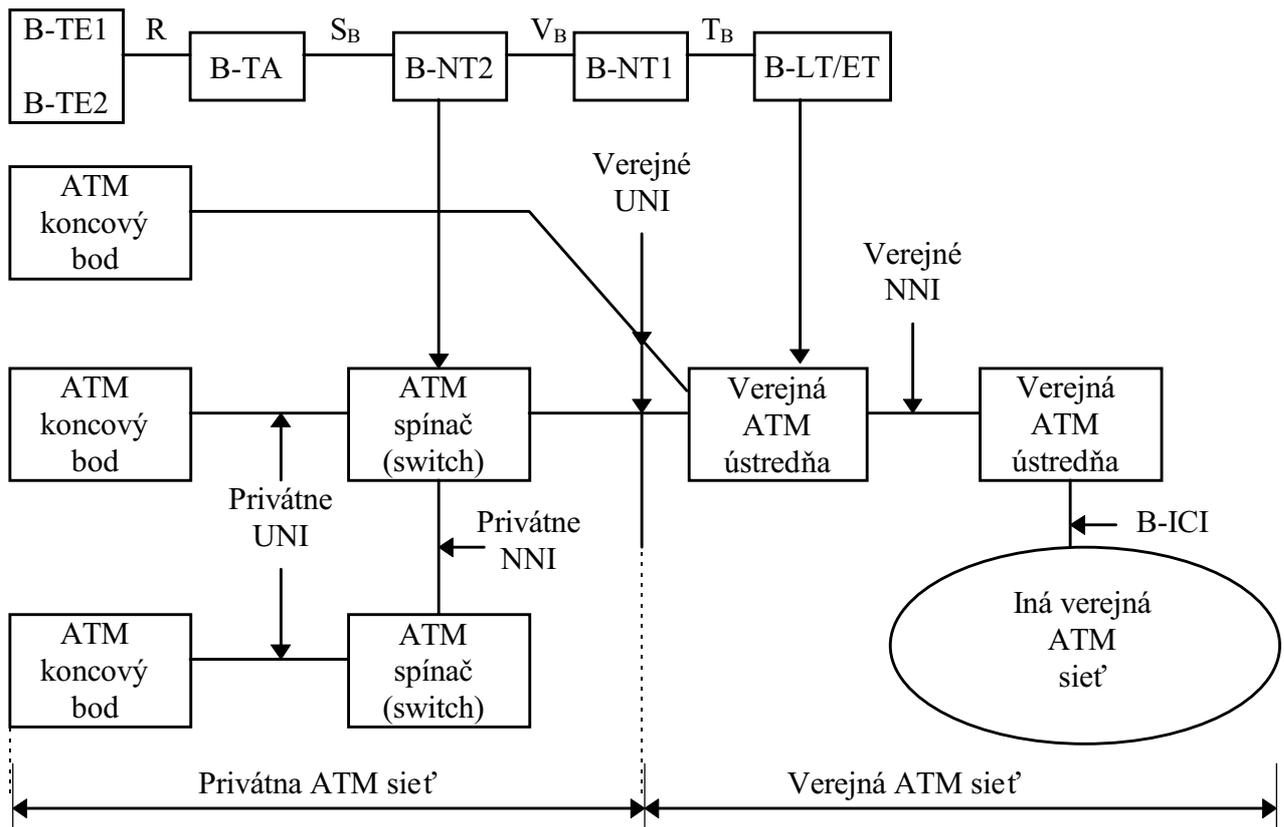
Celá sieť potrebuje len jeden multiplexor a je to prvé zariadenie na strane privátnej siete, ktoré komunikuje s ATM okolím. Ak dôjde k zmene štandardu, alebo k uprade verejnej siete, stačí urobiť úpravu multiplexora. Pripojenie pobočkovej ústredne je bezproblémové, dokonca prirodzenejšie ako v prípade zariadenia router.

Existujú ďalšie argumenty pre ATM multiplexor. ATM je vo svojej podstate multiplexná technika. Kto rozumie lepšie multiplexovaniu ako výrobca multiplexerov? Multiplexovanie hlasových signálov, audia a videa je samozrejmá vec, čo nie je celkom pravda pri dátových zariadeniach typu hub a router. Možno povdať, že výrobcovia zariadení hub a router spoliehajú na to, že doménou ATM sietí bude prenos dát, kým dodávatelia multiplexorov spoliehajú na hlas, audio a video.

### 3.11.5 ATM rozhrania pre verejné a privátne siete

Na záver uvedieme definované rozhrania vo verejných ATM sieťach, v privátnych ATM sieťach a ich rozhrania navzájom. Najdôležitejšie rozhranie, t.j. UNI bolo popísané v predchádzajúcich kapitolách, ďalšie je možné nájsť v odporúčaniach a špecifikáciách. Ako je z predchádzajúcich kapitol zrejmé ITU-T sa orientuje na špecifikácie pre verejné siete, ATM Forum dominuje v privátnej oblasti.

Komplexný popis rozhraní je na Obr.3.11.6. Je to súhrn rozhraní popísaných v Odporúčaniach ITU-T I.327 a I.413 a špecifikácií ATM Forum UNI.



Obr.3.11.6

Ako už bolo spomínané, proces špecifikácií pre ATM je stále vo vývoji a nie je ukončený. Práce sú však mimoriadne intenzívne a tak zostáva len veriť, že v blízkom čase dôjde ke zjednoteniu názorov všetkých zúčastnených strán.

### 3.12 ŠIROKOPÁSMOVÉ BEZDROTOVÉ SIETE

Kvôli úplnosti sú v úvode tejto časti uvedené aj širokopásmové bezdrôtové siete na báze iných štandardov ako ATM.

Základnými technológiami, ktoré dnes dokážu zabezpečiť širokopásmovú bezdrôtovú komunikáciu sú bezdrôtové lokálne počítačové siete – *Wireless Local Area Networks* – WLAN a siete s bezdrôtovým asynchrónnym prenosovým módom – *Wireless Asynchronous Transfer Mode* – WATM. Obidve technológie sú vhodné pre lokálne širokopásmové bezdrôtové prístupové siete – *Wideband Wireless Local Access* – WWLA.

Technológiu WLAN je možné považovať za technicky zvládnutú a reálne produkty sú aj na trhu. Zariadenia tohto druhu sú adresované hlavne pre privátne siete a zabezpečujú bezdrôtový prístup k najrozličnejším LAN aplikáciám.

Technológia WATM zatiaľ nie je bežne dostupná a bude pravdepodobne určená pre operátorov širokopásmových sietí, ktorí tak budú môcť ponúknuť bezdrôtovú end-to-end ATM konektivitu so zaručenou kvalitou služieb – QoS – *Quality of Services*.

Široký nástup technológií WWLA vyžaduje štandardizačný proces, v ktorom musia byť definované bitové rýchlosti, protokoly a frekvenčné pásma pre prenos. Bezdrôtové rozhranie (*Air Interface*) pre WWLA vyžaduje prenos relatívne veľkého frekvenčného pásma

– viac ako 2 Mbit/s – čo je náročné na nosné frekvencie. Umiestnenie takéhoto signálu je problematické pod 2 GHz, viac priestoru pre širokopásmový signál je na vyšších frekvenciách. Vyššie frekvencie si však vyžadujú zložitejšie a finančne náročnejšie technológie a v neposlednom rade priaznivú legislatívu.

Okrem existujúcich a vynárajúcich sa štandardov existuje niekoľko pilotných a experimentálnych projektov, ktoré na základe vlastných protokolov a rozhraní realizujú širokopásmový bezdrôtový prenos.

#### **4.12.1. Štandardy**

Existujú tri základné štandardizačné aktivity pre technológiu WWLA. Je to americký štandard IEEE 802.11, európsky štandard ETSI HIPERLAN a BRAN a ATM Forum špecifikácia WATM. Stručne budú uvedené štandardy 802.11 a HIPERLAN – BRAN, v samostatnej časti je popísaný problém WATM.

##### *IEEE 802.11*

Štandard IEEE je určený pre WLAN a vznikol roku 1988 ako špecifikácia IEEE 802.4L, ktorá bola časťou štandardu IEEE 802.4 pre klasický token ring. V roku 1990 sa názov IEEE 802.4L zmenil na IEEE 802.11 ako samostatný WLAN štandard. Kompletne technické špecifikácie boli dopracované po dlhej práci až v roku 1997 a štandard je založený na existujúcich produktoch na trhu.

802.11 špecifikuje bitové rýchlosti až do 2 Mbit/s, používa techniku rozloženého spektra v pásme ISM (Industrial, Scientific and Medical) 2,4 GHz. Bitové rýchlosti aj frekvenčné pásmo zodpovedalo legislatívnym možnostiam v USA v čase prác na štandarde. Pre rozvoj bezdrôtových a mobilných služieb boli dôležité dve legislatívne opatrenia FCC, ktoré definovali nelicencované pásma potrebné pre prevádzku privátnych sietí. V roku 1994 bolo uvoľnené 20 MHz spektrum medzi dvoma licencovanými pásmami v pásme 1,9 GHz pre prevádzku bez licencie – UPCS – *Unlicensed Personal Communication Services*. Z hľadiska širokopásmových bezdrôtových služieb malo väčší význam druhé opatrenie v roku 1997 – zriadenie 300 MHz spektra v pásme 5 GHz s názvom UNII – *Unlicensed National Information Infrastructure*. Toto rozhodnutie FCC uvoľnilo pomerne veľké množstvo dostupného spektra pre bezdrôtové a mobilné aplikácie s bitovými rýchlosťami až niekoľko desiatok Mbit/s. Pozoruhodné je, že podobné pásmo bolo v Európe definované skôr organizáciou CEPT (*Conference of European Postal and Telecommunications Administrations*) pre projekt HIPERLAN, hoci väčšina trhu technológie WWLA je v USA.

Uvedené legislatívne opatrenia spôsobia zvýšenie bitovej rýchlosti a nové modulačné techniky pre štandard 802.11, pretože UNII poskytuje širšie pásmo a nekladie obmedzenia pre modulačné techniky.

##### *HIPERLAN, BRAN*

Štandard HIPERLAN (*High Performance Radio Local Area Network*) bol vyvinutý pracovnou skupinou RES-10 organizácie ETSI (European Telecommunications Standard Institute). Prvá fáza projektu HIPERLAN začala v roku 1992 a definovala bitové rýchlosti 2 až 23 Mbit/s v pásme 5,2 GHz so štandardnými modulačnými postupmi. Neskôr boli pre projekt HIPERLAN vyčlenené aj frekvencie v pásme 17,1 až 17,3 GHz.

Hoci počas vývoja štandardu boli zrealizovaných niekoľko praktických aplikácií HIPERLAN, žiaden výrobca sa nerozhodol realizovať produkt určený na trh. ETSI oznámila začiatok prác na novom štandardizačnom projekte BRAN (*Broadband Radio Access Networks*), ktorý by mal prekonať HIPERLAN. BRAN sa bude zaoberať bezdrôtovými

prístupovými sieťami s bitovými rýchlosťami nad 25 Mbit/s a mal by to byť štandard kompatibilný s protokolom ATM. Preto práce na štandarde BRAN sú v úzkej kooperácii s organizáciou ATM Forum.

#### 4.12.2 WATM

V roku 1996 sa na pôde ATM Forum vytvorila pracovná skupina *WATM Working Group*, ktorá začala prípravu špecifikácie pre bezdrôtovú ATM technológiu. Špecifikácia by mala byť skompletovaná tento rok a tak sa prvé reálne štandardom odpovedajúce produkty WATM objavia na prelome tisícročí.

Pri špecifikácii WATM narážame na niekoľko disproporcií medzi technológiou ATM a bezdrôtovým prenosom.

ATM bolo navrhnuté ako veľmi spoľahlivá širokopásmová technológia určená na prenos v optickom prostredí. Bezdrôtové prostredie je v svojej podstate nespoľahlivé, kvalita kanála môže kolísať a šírka pásma je obmedzená.

ATM technológia je spojovo orientovaná, čo znamená, že pred zriadením virtuálneho kanála dochádza ku komunikácii so sieťou, kde sa stanovuje charakteristika kanála a špecifikuje sa QoS. V bezdrôtovom a mobilnom prostredí je stanovenie šírky pásma a kvality služby problematické, hlavne kvôli tomu, že terminál môže byť pohyblivý a podmienky prenosu sa menia.

Ďalej sú stručne uvedené dve najnižšie vrstvy protokolového modelu širokopásmovej bezdrôtovej komunikácie, ktoré výrazne určujú spôsob činnosti WATM.

##### **Radio Physical Layer**

Pravdepodobne najkritickejším momentom pre WATM je vhodná definícia fyzickej vrstvy – *Radio Physical Layer*. Pri jej správnom výbere je nutné uvažovať parametre ako frekvenčné pásmo, mobilita, rozsah, operačné prostredie a tiež dostupnosť technológií, ktoré by splnili požiadavky na fyzickú vrstvu. Cieľom je nájsť takú technológiu, ktorá je spektrálne efektívna (v zmysle bitov na hertz), minimalizuje radio overhead a je robustná pre aplikácie vo vnútri bodov aj vo voľnom priestore. Na to je potrebné správne definovať moduláciu a mechanizmus duplexu.

Výber mechanizmu pre duplex znamená použitie TDD (*Time Division Duplexing*), alebo FDD (*Frequency Division Duplexing*), hlavne z hľadiska dostupných frekvenčných pásiem v budúcnosti. Prevádzka FDD vyžaduje párovanie frekvencií, zatiaľ čo TDD môže pracovať na jednej spojitých frekvenčnej alokácií. FDD prenesie väčšie prenosové rýchlosti, TDD však ľahšie zabezpečí asymetrickú prevádzku bez potreby fragmentácie dopredného a spätného smeru. Cieľom je dosiahnuť možnosť flexibilného použitia FDD aj TDD podľa potreby, aj keď k dnešnému dňu definované nelicencované pásma sú vhodnejšie pre technológiu TDD.

Kontroverzejšia otázka je spôsob modulácie. Uvažované sú single carrier aj multi carrier techniky. V aplikáciách pre budovy (*indoor*) prevlád OFDM modulácia, pre vonkajšie (*outdoor*) aplikácie sa zdá byť výhodnejšia modulácia OQPSK (*Offset Quaternary Phase Shift Keying*). Konečná špecifikácia by mala harmonizovať parametre tak, aby bolo v budúcnosti možné použiť aj multimódové rádio zariadenia.

##### **Data Link Control**

DLC hrá hlavnú úlohu pri spolupráci fixnej a bezdrôtovej siete. Bezdrôtové prenosové médium má zdieľaný charakter, čo znamená, že vyžaduje koordináciu prenosu (*Coordinated Transmission Scheduling*) centrálnym bezdrôtovým prístupovým bodom (*Wireless Access*

*Point*). Preto je pre DLC potrebné definovať flexibilné bezdrôtové rozhranie, efektívnu ochranu pred chybami v prenose a algoritmy riadenia prevádzky (*Traffic Scheduling Algorithms*). Doteraz používaná technika pre viacnásobný prístup CDMA (*Code Division Multiple Access*) nie je vhodná pre širokopásmový bezdrôtový prenos – je ťažké technicky zrealizovať dostatočné pásmo potrebné pre nezávislé kódové súbory pre rádiové kanály operujúce na niekoľkých megabitoch. Navyše, CDMA vyžaduje signálový procesing, ktorý nie je realizovateľný súčasnou technológiou. Preto majoritnou, zatiaľ uvažovanou metódou je dynamické TDMA/TTD rádiové prístupové rozhranie (*Time Division Multiple Access*). Uvažuje sa aj o metóde TDMA/FDD. TDMA je najvhodnejšie riešenie aj z hľadiska požiadaviek na prevádzku, pretože ATM multiplexuje viacero služieb do jedného bezdrôtového rozhrania za podmienky splnenia požiadaviek na QoS.

Kontrola chýb pre WATM bude realizovaná kódovaním a znovu vysielaním chybných paketov. Kódovanie je použité na detekciu a korekciu chýb. Viacnásobné vysielanie paketov je použité len vtedy, ak takto vzniknuté oneskorenie je akceptovateľné parametrami spojenia.

### **4.12.3 Reálne projekty**

Za finančnej podpory Európskej únie sa uskutočňuje niekoľko projektov pre WATM. Sú to hlavne projekty v rámci programu ACTS – *Advanced Communications Technologies and Services* a konkrétne sa jedná o projekty Magic WAND (*Wireless ATM Network Demonstrator*), AWACS (*ATM Wireless Access Communication System*), SAMBA (*System for Advanced Mobile Broadband Applications*) a projekt MEDIAN. Globálne všetky projekty zapadajú do myšlienky univerzálnej celosvetovej mobilnej siete UMTS – *Universal Mobile Telecommunications Systems*.

#### *Magic WAND*

Jedná sa o trojročný projekt, ktorý pokrýva širokú škálu sieťových funkcií od základného bezdrôtového prenosu dát až po zdieľané multimediálne aplikácie. Cieľom projektu je demonštrovať bezdrôtový prístup do siete ATM, ktorý zabezpečí multimediálne služby pre mobilných účastníkov. Prenosová rýchlosť je 20 Mbit/s v pásme 5 GHz. Projekt definuje fyzickú vrstvu, vrstvu MAC (Medium Access Control) a ATM signalizáciu potrebnú pre používateľa bezdrôtovej ATM siete.

#### *AWACS*

Cieľom projektu je demonštrovať bezdrôtový prístup do verejnej širokopásmovej ATM siete B-ISDN (*Broadband Integrated Services Digital Network*). Systém umožňuje čiastočne mobilné terminály pracujúce v pásme 19 GHz s rádiovými bitovými rýchlosťami 70 Mbit/s a používateľskou bitovou rýchlosťou 34 Mbit/s. Projekt definuje podobne ako WAND fyzickú aj MAC vrstvu.

#### *SAMBA*

Tento 32 mesačný projekt je pokračovaním projektu MBS (*Mobile Broadband System*), ktorý sa uskutočňuje v rámci RACE II (*Research and Development in Advanced Communication Technologies in Europe*). SAMBA realizuje pilotný projekt, ktorý sa skladá z dvoch bazových staníc, dvoch mobilných staníc (jedná prenosná, jedná inštalovaná vo vozidle) a ATM prepojenia s plným duplexom s bitovou rýchlosťou 34 Mbit/s v pásme 40 GHz.

*MEDIAN*

Cieľom projektu je vyhodnotiť možnosť veľmi rýchlej komunikácie 155 Mbit/s. Systém pracuje v nelicencovanom pásme 60 GHz, čo ho robí ideálnym pre outdoor aplikácie. Hoci sa nejedná vyložene o ATM prenos, ATM kompatibilita je založená na transparentnom prenose ATM buniek.

V nasledujúcej tabuľke je prehľad základných parametrov pre hore spomenuté projekty WATM.

Parameter	WAND	AWACS	SAMBA	MEDIAN
<i>Frekvencia</i>	5 GHz	19 GHz	40 GHz	61,2 GHz
<i>Radio bit rate</i>	20 Mbit/s	70 Mbit/s	2 x 41 Mbit/s	155 Mbit/s
<i>Modulácia</i>	OFDM	OQPSK	OQPSK	OFDM, DQPSK
<i>Veľkosť rádio bunky</i>	20 – 50m	50 – 100m	6 x 200m 60 x 100m	10m
<i>Prostredie</i>	Indoor	Indoor, Outdoor	Indoor, Outdoor	Indoor
<i>FEC</i>	Complementary coding	Reed Solomon/ BCH	Reed - Solomon	Reed Solomon (55/71)
<i>ARQ</i>	Go-Back-N, CRC16, CRC 32	Selective repeat/ Go-Back-N	Adaptive selective repeat	No ARQ/ selective repeat
<i>Rádio prístup</i>	TDMA/TDD	TDMA/TDD	TDMA/TDD	TDMA/TDD
<i>TDMA veľkosť bunky</i>	ATM bunka na 8 OFDM symbolo	8 ATM buniek na burst	2 ATM bunky na burst	ATM bunka na OFDM symbol
<i>ATM služby</i>	CBR, VBR, UBR	CBR, VBR, UBR	CBR, VBR, UBR	CBR, VBR, UBR

**Poznámka:**

CBR – Constant Bit Rate

VBR – Variable Bit Rate

UBR – Unspecific Bit Rate

Uvoľnenie pásma UNII, nárast bezdrôtových LAN aplikácií a potreba širokopásmového bezdrôtového prístupu do sietí Internet a ATM motivujú vývoj v oblasti WWLA. WLAN a WATM ponúkajú dve alternatívy pre širokopásmové bezdrôtové prístupové siete. WATM je novou revolučnou technológiou, ktorá predstavuje ideálny prístup do budúcich ATM sietí. Technológia ATM garantuje kvalitu služby QoS a tak sa širokopásmové kvalitné multimediálne služby stanú dostupné aj pre mobilných používateľov.

Ďalšie informácie o technológii WATM je možné nájsť v [72] a [73].

## 4.13 ATM V SLOVENSKEJ REPUBLIKE

Na tomto mieste môžeme s hrdosťou konštatovať, že málokterá nová technológia má také rozšírenie v SR ako technológia ATM. A to jednak z hľadiska aplikácií, ale aj z hľadiska osvetu a propagácie. Združenie ATM v SR, ktoré pôsobí na poli propagácie ATM techniky, pracuje už tri roky. Je členom organizácie ATM Forum a združuje k dnešnému dňu 30 firiem, inštitúcií a organizácií. Viac informácií o Z-ATM je v úvode tejto publikácie.

Existujúce aplikácie ATM techniky je možné rozdeliť na tri hlavné typy:

- a/ rozsiahle siete orevádzkovateľov, ktoré ponúkajú služby v prostredí ATM,
- b/ privátne siete menšieho, alebo väčšieho rozsahu, ktoré slúžia na internú, hlavne dátovú komunikáciu firiem a spoločností,
- c/ experimentálne a testovacie siete, hlavne na pôde škôl a vedeckých ústavov.

V ďalšom stručne uvedieme najväčšie aplikácie ATM techniky v SR. Uvedené príklady nie sú úplným prehľadom ATM v SR. Sú to veľké aplikácie, o ktorých bolo informované Združenie ATM v SR priamo, alebo na niektorom z podujatí (seminár, konferencia, workshop), ktoré Z-ATM organizovalo.

### *ATM sieť Slovenských telekomunikácií, a.s.*

Budovanie siete ATM v ST, a.s. sa začalo v roku 1997. Predpokladom pre budovanie siete bola optická fyzická vrstva a na nej nasadené systémy SDH s rýchlosťami 155 a 622 Mbit/s a 2,5 Gbit/s. Z tohto hľadiska má ST, a.s. ako dlhoročný monopolný poskytovateľ telekomunikačných služieb najlepšie vybudovanú transportnú sieť.

ATM sieť ja vybudovaná ako hierarchická, dvojúrovňová. Vo vybraných mestách (Bratislava, Banská bystrica, Košice) sú vybudované metropolitné siete MAN, v rámci ktorých sú ATM uzly prepojené priamo optickým médium. Jednotlivé siete MAN sú prepojené cez systémy SDH prenosovou rýchlosťou 155 Mbit/s. Počet ATM uzlov v sieti je 19. V uzloch sú použité prepínače GDC APEX MultiService Switch Family vybavené rozhraniami ATM Forum UNI a B-ICI.

Sieť je pripravená poskytovať v ATM prostredí nasledovné služby: E1, E3, Circuit Emulation, JPEG videoslužby, Frame Relay do 45 Mbit/s, IP over ATM, Voice over ATM, point-to-point Ethernet over ATM bridge, ATM VC prepojenia v rámci routerových sietí.

V súčasnosti sa uvažuje o posilnení prenosových kapacít medzi uzlami na 622 Mbit/s a rozšírenie počtu uzlov v závislosti na požiadavkách zákazníkov.

### *Telekomunikačná sieť energetiky*

Telekomunikačná sieť energetiky (SE - Slovenské elektrárne, a.s., Západoslovenské energetické závody, š.p., Stredoslovenské energetické závody, š.p., Východoslovenské energetické závody Košice, š.p.) je súbor prenosových a spojovacích prostriedkov, ktorých časť je budovaná aj na báze ATM. Aj v tomto prípade je základom fyzická vrstva, ktorá je budovaná na optických vláknach a prenosovej technológii PDH a SDH.

Projekt ATM sa začal realizovať v roku 1996 a to hlavne z potreby prepojiť v sieti WAN lokálne siete LAN (v sieti len v sieti SE je 2810 počítačov). Vnútorne prepojenie ATM uzlov bolo spočiatku riešené cez toky 2 Mbit/s a technológiou PDH. V súčasnosti sú tieto prenosy včleňované do systému SDH s rýchlosťami 34 a 155 Mbit/s.

Sieť je budovaná na báze ATM prepínačov Cisco Stratacom IGX/PBX. a využíva signalizačný protokol PNNI v.1.0.

Poskytované služby sú ATM, Frame Relay a Circuit Emulation.

Sieť poskytuje telekomunikačné služby aj komerčne a tak má vlastné zúčtovacie centrum, ktoré účtuje cenu spojenia podľa objemu prenesených údajov. Komerčnú službu poskytuje konzorcium Slovenské elektrárne, a.s., Západoslovenské energetické závody, š.p., Stredoslovenské energetické závody, š.p. a Východoslovenské energetické závody Košice š.p. pod obchodným názvom ENERGETEL.

#### *Sieť Slovenského plynárenského priemyslu*

ATM sieť SPP, a.s. sa začala budovať ako časť projektu ISS – Integrovaný informačný systém v roku 1996.

Sieť využíva optické káble a prenosové systémy SPP, ale tiež prenosové okruhy partnerov v oblasti energetiky (Slovenská energetika, pozri predchádzajúci popis siete) a okruhy Slovenských telekomunikácií, a.s.

Sieť má 13 uzlov, pričom 4 uzly sú prepojené vlastnými optickými káblami. V sieti sú tri základné typy uzlov:

a/ Hlavný uzol v Bratislave, kde sa kumulujú prenosové okruhy z oblastných závodov (OZ). Uzol je realizovaný technológiou Cisco Stratacom IGX16. Pripojenie uzla do siete je SDH modulom STM-4.

b/ Uzly druhého typu sú v sídlach OZ a sú realizované tiež technológiou Stratacom IGX16. Pripojenie uzlov do siete je rozhraniami E1, alebo E3.

c/ Uzly tretieho typu sú na rozličných miestach a nie sú totožné so sídlami jednotlivých OZ.

#### *Podniková sieť EBO – Jaslovské Bohunice*

Sieť zabezpečuje spojenie viac ako 5000 prípojných miest. Fyzická vrstva je optická, v tvare trojuholníka, ktorá spája tri hlavné uzly siete. Optické trasy sú z hľadiska bezpečnosti zdvojené. Prepojenia majú prenosovú kapacitu 155 Mbit/s.

Jadro siete tvoria ATM prepínače Core Builder 7000/7000HD (3Com). Celkovo sieť obsahuje 40 ATM/Ethernet prepínačov.

Ako základný protokol na backbonee je použitý LAN Emulation protokol LANE v.1.0. Na ATM sieti je vytvorených 6 emulovaných sietí ELAN. Pripojenie do siete energetiky zabezpečuje router 3Com NetBuilder II. Celá sieť je riadená z riadiacej stanice, na ktorej je inštalovaný software pre správu siete Transcend Enterprise Manager na platforme SunNet Manager.

Ako už bolo uvedené, tu popísané aplikácie nie sú vyčerpávajúcim zoznamom ATM aplikácií v SR. Spomeňme ešte aplikácie v Transpetrole, a.s., Železniariach Podbrezová, a.s., Slovnafte, a.s., a ďalej aplikácie na akademickej pôde ako experimentálny a trainingový segment na Technickej univerzite v Košiciach, projekt začlenenia Katedry telekomunikácií do ATM siete SR na Slovenskej technickej univerzite v Bratislave, aplikácie na Ekonomickej univerzite v Bratislave a Žilinskej univerzite v Žiline.