Základy ATM technológie

Základné princípy a charakteristiky ATM technológie.

Miesto: E-learning na FEI STU
Kurz: Integrácia a konvergencia digitálnych sietí a služieb
Kniha: Základy ATM technológie
Vytlačil(a): Jozef Grencik
Dátum: Sunday, 25 April 2010, 15:16

Obsah

Úvod širokopásmových sietí B-ISDN

Vznik ATM

Princíp ATM

Vlastnosti ATM

Formát ATM bunky

PRM ATM

Fyzická vrstva
- Podvrstva fyzického média (PM)
- Podvrstva konvergencie prenosu (TC)

ATM vrstva

AAL vrstva
- AAL typ 1
- AAL typ 2
- AAL typ 3/4
- AAL typ 5

Vyššie vrstvy

Typy spojení v ATM

Služby v B-ISDN

Synchronizácia v B-ISDN
- Synchronizácia podporovaná sieťou
- Synchronizácia medzi koncovými bodmi

Sieťové rozhrania
- Rozhranie UNI

Úvod širokopásmových sietí B-ISDN

Zavedením ISDN vznikla prvá univerzálna sieť, ktorá umožňuje prenášať a prepájať vačšinu dnešných služieb. Bohužial ISDN nie je rovnako vhodná na prenos všetkých služieb a tak niektoré signály prenáša neefektívne. V ISDN nie je možná zmena šírka prenosového kanála počas prenosu a preto pri prenose signálu s variabilnou rýchlosťou musí byť šírka kanála nastavená na maximálnu rýchlosť signálu a tak je vlastne kanál vačšinu času nevyužitý. Taktiež v ISDN nie je vhodné na prenos veľmi rýchlych signálov ako video alebo počítačových dáta kôli nízkej rýchlosti kanálu (základný B-kanál v ISDN je 64 kbit/s). To je možné vyriešiť paralelným spájaním viacero kanálov, ale pri veľkom počte paralelne zapojených kanálov musí byť medzi nimi synchronizácia, ktorá sposobuje problémy pri prenose aj spojovaní. Preto sa rýchle a dátové signály prenášajú odlišnými sieťami (distribúcia TV signálu, počítačové siete).

Dátové siete na rozdiel od ISDN umožnujú vysokú rýchlosť prenosu (>100 Mbit/s), ale vďaka ich paketovému charakteru nezaručujú konštantné oneskorenie v sieti, čo je nežiadúce pre synchrónne (izochrónne) signály a pre signály v reálnom čase, ktoré vyžadujú časovo transparentný prenos.

Preto vznikla požiadavka na vznik univerzálnej siete, ktorá by zohľadňovala asynchrónny aj synchrónny charakter signálu, rôzne (konštantné aj variabilné) prenosové rýchlosti a heterogénnosť koncových terminálov.

Požiadavky na univerzálnu širokopásmovú sieť:

- Nezávislosť na službe
- Nezávislosť na rýchlosti
- Prenos dátových signálov
- Prenos synchrónnych (izochrónnych) signálov.
- Spojovo orientovaná prevádzka
- Prevádzka bez spojovej orientácie
- Spoľahlivý a bezchybný prenos
- Spolupráca so súčasnými sieťami
- Bezpečnosť do budúcna
- Štandardizácia

Vznik ATM

Asynchrónny prenosový mód (ATM) - je to vysokorýchlostná prenosová technológia pre prenos hlasu, obrazu a dát cez verejné siete MAN a WAN, a ktorá predstavuje univerzálne riešenie pre prenos všetkých súčasných i budúcich typov signálov a služieb.

ATM bolo zvolené ako štandard pre súčasné a budúce širokopásmové siete B-ISDN podľa odporúčaní CCITT - časť Modré knihy (*Blue Books*) z roku 1988. V júni 1990 CCITT Study Group VIII odsúhlasila názvy základných odporúčaní pre B-ISDN. CCITT sa neskôr premenovala na ITU, ktorého telekomunikačná sekcia **ITU-T** prebrala štandardizačné aktivity CCITT.

Z dôvodu 4-ročného cyklu zasadaní CCITT v minulosti a tým vyplývajúcej nepružnosti pri prijímaní štandardov pri súčasnom rýchlom rozvoji techniky, vzniklo v roku 1991 svetové združenie výrobcov a prevádzkovateľov ATM techniky - **ATM Forum**. Toto fórum riadila 7-členná riaditeľská rada (*Board of Directors*), pod ktorou boli 3 sekcie, pričom jedna z nich, technická (*Technical Committee*), pozostávala z 11 pracovných skupín, ktoré vypracovávali špecifikácie a tie predkladali ITU-T na štandardizáciu. Z tohto vznikla komplikovaná situácia, pretože špecifikácia prijatá ATM Fórom nemusela byť prijatá na pôde skutočných štandardizačných úradov (ITU, ETSI, ANSI a pod.), čo bolo brzdou rozvoja a nasadenia ATM technológie v praxi. V roku 2004 sa ATM Forum zlúčilo s MPLS a Frame Relay Fórom pod spoločné MFA Forum. V roku 2008 sa toto zlúčilo s IP/MPLS Fórom do nového **Broadband Fóra**.

Skupiny pôvodného ATM fóra boli nasledujúce:

- **Physical Layer Group** (PHY) - prenos ATM signálu cez rôzne fyzické média
- **Service Aspects and Application Group** (SAA) - špecifikácia ATM služieb
- **Private Network Node Interface Group** (PNNI) - špecifikácia rozhrania pre privátne ATM siete
- **Network Management Group** (NM) - hw a sw prostriedky riadenia ATM sietí
- **Traffic Management Group** (TRAFFIC) - prevádzka a riadenie zaťaženia ATM sietí
- **Data Exchange Interface Group** (DXI) - špec. rozhrania pre výmenu dát a delenia úloh medzi zariadeniami
- **Signalling Group** (SIG) - signálizácia pre všetky typy ATM zariadení
- **Testing Group** (TEST) - kompatibilita zariadení rôznych výrobcov s prijatými štandardami
- **Broadband Interexchange Carrier Interconnect Group** (B-ICI) - vzájomná kompatibilita rôznych verejných ATM sietí
- **LAN Emulation Services Group** (LES) - prepojenie sietí LAN s verejnými a privátnymi ATM sieťami
- **User Network Interface Group** (UNI) - špecifikácia základného rozhrania užívateľ-sieť

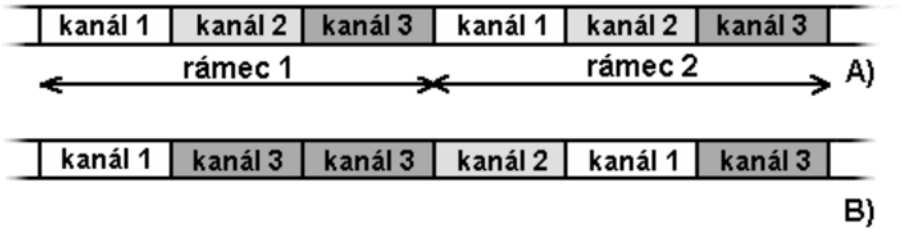
Princíp ATM

ATM je multiplexná technológia s paketovo-orientovaným módom prenosu, ktorá kombinuje výhody dvoch prenosových módov :

- **prepájanie okruhov** - zaručená prenosová kapacita a konštantné oneskorenie (pre izochrónne signály)
- **prepájanie paketov** - flexibilita a účinnosť prenosu signálov s premenlivou rýchlosťou

Aby bolo možné tohto stavu dosiahnuť a eliminovať nevýhody oboch prenosových módov využíva technológia ATM techniky ATD (asynchronous time division) a FPS (fast packet switching).

Asynchrónne časové delenie (ATD) - vychádza zo synchrónneho časového delenia (STD) rovnomerne prideľujúceho kanály z multiplexu jednotlivým zdrojom pomocou *synchrónnych* multiplexorov, vytvárajúc tzv. rámce.



Obr. časové delenie a) synchrónne b) asynchrónne

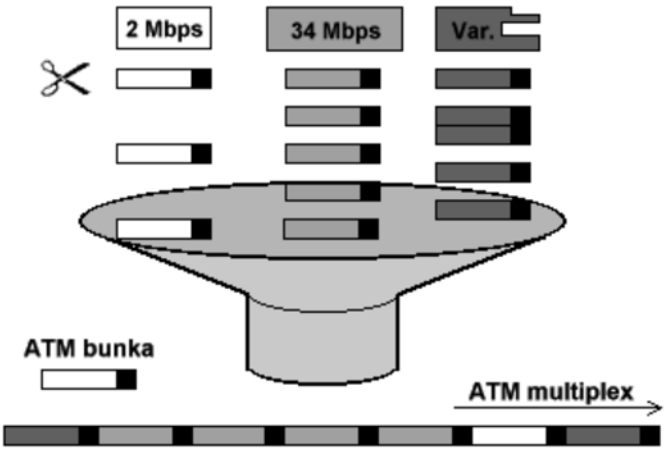
Z obrázku je zrejmé, že toto delenie multiplexu nie je vhodné pre signály s rôznymi rýchlosťami, ani pre signály s variabilnou rýchlosťou prenosu. **ATD** naopak **ukladá signály nepravidelne, podlľa potreby jednotlivých zdrojov** a tak umožnuje prenos signálov s rôznymi rýchlosťami ako i variabilnými rýchlosťami prenosu. Tento proces je realizovaný prostredníctvom ***štatistických multiplexorov***, ktoré rozoznávajú bitovú rýchlosť vstupujúcich signálov a podľa toho im rezervuje miesto v multiplexe. ATD ale vnáša neurčitosť v identifikácii signálu a preto, na rozdiel od STD, kde je každý signál daný svojou časovou polohou v rámci, pri ATD musí byť každý paket dátového signálu niesť riadiacu informáciu (hlavičku). Hlavička jednoznačne označuje, ku ktorému spojeniu daný paket patrí a tým umožní prijímaču identifikáciu.

Rýchle paketové prepájanie (FPS) - vychádza z paketového prepájania, ale podstatne redukuje jeho zložitosť. FPS sa spolieha na kvalitné optické vedenie s minimálnou chybovosťou a preto odstraňuje spracovanie zo smerovacích uzlov, ktoré u klasického paketového prepájania sledovalo sekvenciu a chybovosť paketov (linková vrstva s HDLC protokolom). **Nevykonáva sa žiadna kontrola 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 tak nadobúda charakter medzi koncovými uzlami.

Vlastnosti ATM

- Paket konštantnej dĺžky

  Paket pre sieť ATM má **53 bajtov** a je nazvaný bunka (cell). Konštantná dĺžka bunky podstatne uľahčuje smerovanie v spojovacích uzloch. Bunka sa delí na hlavičku (header) a informačné pole (*payload*). **Hlavička má 5 B a informačné pole 48 B**. Bunky sú ukladané do multiplexu štatistickým multiplexovaním podľa ATD princípu. V prípade, že neexistujú bunky od žiadneho zdroja, do multiplexu sa ukladajú prázdne (*unassigned*) bunky.



Obr. Vkladanie signálov do ATM multiplexu

- **Spojovo orientovaný prenos**

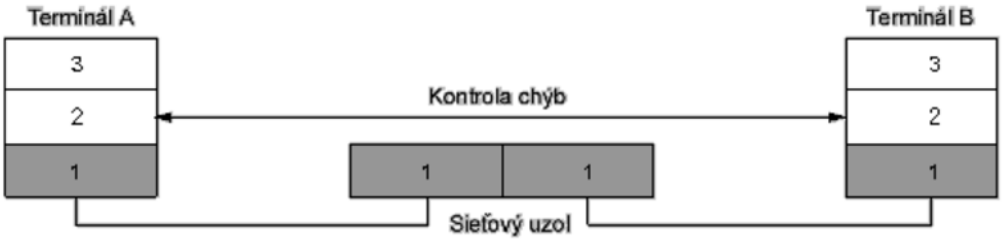
  ATM je **spojovo orientovaný mód**, t.j. pred komunikáciou je potrebné zostavenie spojenia. Adresovanie a smerovanie je realizované pomocou virtuálnych kanálov (*virtual channels*) a **virtuálnych ciest** (*virtual path*s). Zostaví sa **virtuálny okruh**, ktorý predstavuje virtuálne kanály na postupnosti sieťových liniek, čím sa vytvorí spojenie **medzi koncovými bodmi**. Následne budú všetky bunky prislúchajúce jednému spojeniu prepravované tou istou cestou. Zostavenie spojenia sa riadi signalizáciou a metasignalizáciou. ATM podporuje aj nespojovo orientované služby (pomocou AAL vrstvy protokolového modelu).

- **Žiadna kontrola chýb v sieťových uzloch**

  Pre zebezpečenie časovej transparentnosti nie je v sieťových uzloch vykonávaná kontrola bezchybnosti prenosu informačného poľa buniek, **iba hlavičky**, pretože nesie smerovaciu informáciu. Hlavička je kontrolovaná hardvérovými prostriedkami v sieťových uzloch. ATM sa spolieha na prenos po kvalitných optických vláknach, ktoré majú veľmi nízku chybovosť. Kontrola chýb sa tu presúva ku koncovým zariadeniam. V X.25 sieti ak pri Frame Relay je v uzle spracovávaná aj informácia z linkovej vrstvy, ktorá je pri ATM prenášaná transparentne.

a)

b)



c)

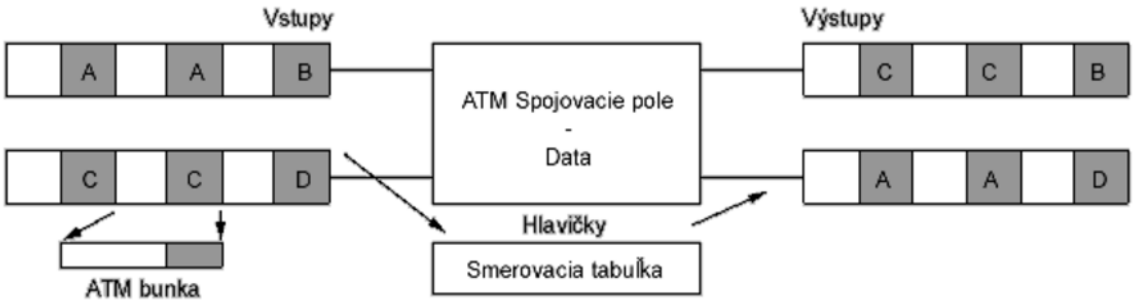
Obr. Kontrola chýb v a) X.25 b) Frame Relay c) ATM

- **Žiadna kontrola toku dát a prevádzky v sieťových uzloch**

  V prípade preťaženia multiplexu alebo iných chybových stavoch, dochádza v uzloch siete k zahadzovaniu buniek, pričom sa neuskutočňujú žiadne opatrenia (ako žiadosť o opakovanie vysielania a pod.) zo strany uzlov. Riadenie prevádzky je vykonávané v ATM na účastníckom rozhraní UNI. Využíva sa tu **preventívne riadenie prevádzky** pri vstupe zdrojov do ATM multiplexu. Spojovo orientovaný prenos uľahčuje preemptívne riadenie prevádzky. Už pri žiadosti o spojenie sa posudzuje, či je pravdepodobnosť, že by signál preťažil multiplex (*Resource allocation*). Ak áno, spojenie sa odmietne. Môže nastať aj možnosť, že multiplex bude preťažený aj pri povolení spojenia. Preto sú na UNI realizované funkcie, ktoré vykonávajú **dohľad nad prevádzkou** v multiplexe (*Police function*).

- **Transparentné prepájanie v sieťových uzloch**

  ATM bunky sú smerované v spojovacích uzloch siete (ATM prepínače). ATM uzly využívajú **paralelné spojovacie polia** podobne ako v ISDN sieti, pričom môžu dosiahnuť veľké kapacity, rádovo až 100 000 vstupov a výstupov. Kedže bunky sú v multiplexe umiestnené nepravidelne, každá bunka je prepájaná zvlášť. V spojovacom poli sa hlavička oddelí od bunky, dekóduje sa smerovacia informácia z hlavičky a podľa nej sa bunka smeruje na žiadaný výstup zo spojovacieho poľa. Kvôli ďalšiemu smerovaniu môže byť v uzle hlavička modifikovaná.



Obr. Princíp spojovania v ATM spojovacom poli

Keďže ATM prepokladá použitie optických vlákien, bunky na prenosových cestách môžu dosahovať prenosové rýchlosti až do 2,5 Gbit/s. Preto je smerovanie (spracovanie hlavičky) realizované hardvérovo, aby sa zabránilo nadmernému oneskoreniu buniek pri prechode cez spojovacie pole. Zostavenie spojenia je realizované cez signalizačný proces, ktorý nesie kompletnú smerovaciu informáciu pre dané spojenie a nastaví v uzloch smerovacie tabuľky. **Hlavička nesie** len **identifikátory virtuálnej cesty (VPI) a virtuálneho kanálu (VCI)**, ktoré v spolupráci so smerovacími tabuľkami v sieťových uzloch smerujú bunku.

- **Nezávislosť prenosu a spojovania od typu služby**

  Spodné protokolové vrstvy siete sú nezávislé na type služby a práve v týchto vrstvách sa realizuje prenos aj prepájanie signálov. Umožňuje prenos synchrónnych aj asynchrónnych služieb, spojovo aj nespojovo orientovaných služieb. Prenášané dátové služby môžu mať konštantú aj premenlivú prenosovú rýchlosť.

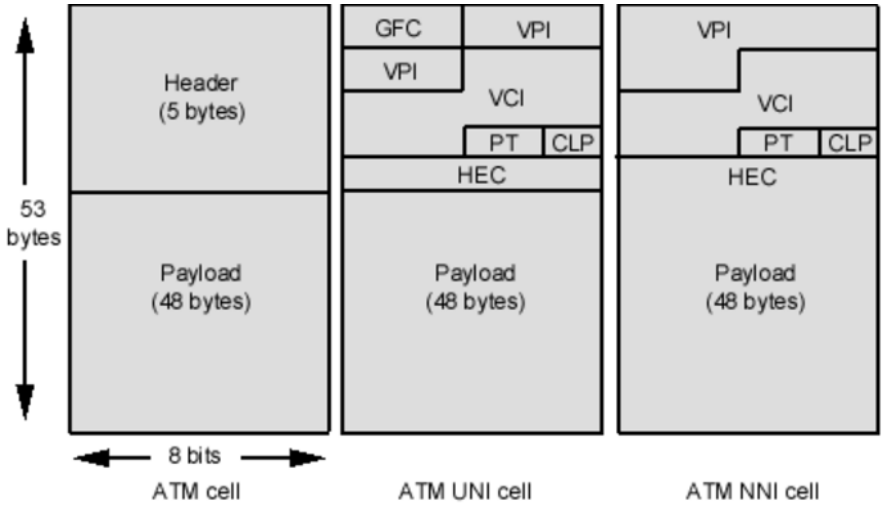
Formát ATM bunky

ATM prenáša informácie v **paketoch konštantnej dĺžky**, nazývaných bunky (*cell*) o dĺžke 53 bajtov. Prvých **5 B tvorí hlavičku** (*header*), zvyšných **48 B nesie vlastnú užitočnú informáciu** (*payload*). Konštantná dĺžka bunky podstatne uľahčuje smerovanie bunky v spojovacích uzloch siete - prepínačoch, je veľmi výhodná pre audio a video signály, ktoré sú citlivé na oneskorenia v sieti, napríklad spôsobené pri iných typoch sietí prechodom dlhších paketov cez sieť a pod.

Obr. Základný formát ATM bunky

Hlavička ATM bunky môže mať jeden z dvoch formátov :

- **UNI** formát - používa sa pri komunikácii na UNI rozhraní
- **NNI** formát - používa sa pri komunikácii medzi ATM prepínačmi



Obr. Formát hlavičiek ATM bunky

Polia hlavičky ATM bunky :

- **Generic Flow Control** (GFC) - dĺžka 4 bity (len v UNI), poskytuje lokálne funkcie, ako je identifikácia viacerých staníc, ktoré zdieľajú jedno ATM rozhranie. Normálne sa však nevyužíva a má štandardnú hodnotu. GFC sa neprenáša cez sieť, nemá význam v NNI.
- **Virtual Path Identifier** (VPI) - 8 bitov (UNI) alebo 12 bitov (NNI), v spojení s VCI špecifikuje nasledujúci cieľ bunky pri prechode sieťou ATM prepínačov na ceste do koncového zariadenia. (viď ATM vrstva)
- **Virtual Channel Identifier** (VCI) - 16 bitov, v spojení s VPI špecifikuje nasledujúci cieľ bunky pri prechode sieťou ATM prepínačov na ceste do koncového zariadenia. (viď ATM vrstva)
- **Payload Type** (PT) - 3 bity, 1. bit indikuje, či bunka nesie užívateľské alebo sieťové dáta. Ak ide o sieťové OAM (*Operation and Maintanance*) bunky, sú spracúvané sieťou. Ak ide o užívateľské dáta, 2. bit indikuje zahltenie a 3. bit označuje, či je to posledná bunka jedného AAL5 rámca.

- **Cell Loss Priority** (CLP) - 1 bit, označuje, či má byť bunka v prípade zahltenia zahodená. Bunky s CLP = 1 sú prednostne zahadzované pred bunkami s CLP = 0. Využívané hlavne pri prenose video a audio signálu. (Bunky obsahujúce synchronizačné alebo snímkové impulzy sa označia vyššou prioritou (CLP=0))

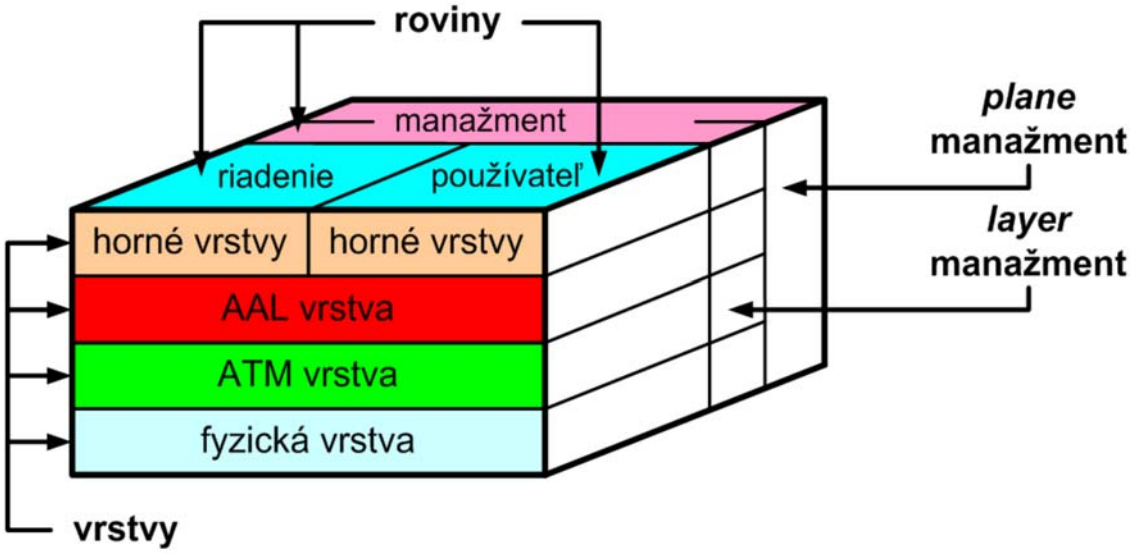
- **Header Error Control** (HEC) - 8 bitov, zabezpečenie hlavičky proti chybám. Používa sa cyklický kód s generujúcim polynómom $x^8 + x^2 + x + 1$. Kód je schopný opraviť jednu chybu. Vytvára ďalej mechanizmus na rozoznávanie hraníc buniek v ATM multiplexe.

V princípe rozoznávame nasledovné **typy buniek**:

- **informačné bunky** (*assigned cells*) - užívateľské a signalizačné informácie
- **prázdne bunky** (*unassigned, idle cells*)
- **meta-signalizačné bunky** (*meta-signalling cells*) - pre riadenie signalizácie
- **údržbové bunky** (*PLOAM cells*) - pre správu fyzickej vrstvy

PRM ATM

ATM architektúra používa logický model na opis svojej funkcionality, ktorá korešponduje s fyzickou vrstvou a časťou linkovej vrstvy OSI referenčného modelu.
Model je logicky členený na ***vrstvy* a *roviny***, kde každá rovina má svoju špecifickú funkciu.



Obr. ATM referenčný model

Roviny modelu (*planes*) sú:

- **Riadiaca rovina (*Control Plane*)** - riadi zostavenie, zrušenie spojenia a priebeh komunikácie.
- **Používateľská rovina (*User Plane*)** - riadi prenos dát medzi užívateľmi, t.j. informačný tok.
- **Rovina manažmentu (*Management Plane*)** - zabezpečuje monitorovanie a dohľad nad sieťou, delí sa na :
  - **Layer** Management - riadi tok servisných OAM (Operation and Maintenance) informácií, meta-signalizáciu a vrstovo špecfické funkcie (detekcia protokolových chýb, atď).
  - **Plane** Management - riadi systém ako celok a určuje koordináciu medzi všetkými rovinami.

Vrstvy modelu (*layers*) sú:

- **Fyzická vrstva** - rovnako ako pri OSI referenčnom modeli, fyzická vrstva riadi prístup a prenos na fyzickom médiu.
- **ATM vrstva** - v spojení s ATM adaptačnou vrstvou, ATM vrstva je zhruba porovnateľná s linkovou vrstvou OSI modelu. Zodpovedá za vytváranie spojení a prenos buniek cez ATM sieť, pričom spracúva informácie v hlavičke buniek.
- **ATM Adaptačná vrstva** (AAL) - jej úlohou je sprostredkovať ATM služby vyšším vrstvám a izolovanie týchto vrstiev od špecifických charakteristík ATM vrstvy. Je závislá na poskytovaných službách.

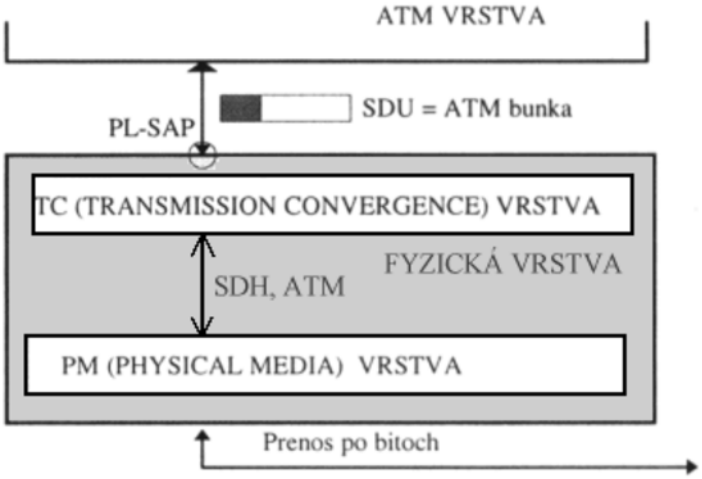
- **Vyššie vrstvy** - sú užívateľsky závislé, prijímajú užívateľské dáta a predávajú ich AAL vrstve.

Fyzická vrstva

Úlohou fyzickej vrstvy je zabezpečiť prístup na prenosové médium na oboch typoch rozhraní (UNI, NNI) a všetky ostatné funkcie s tým spojené.
Keďže funkcie fyzickej vrstvy sú nezávislé od služieb v horných vrstvách, jej prvoradou úlohou je vytvoriť pre ne spoľahlivý transportný mechanizmus.

Charakteristiky prenosov sú rozdielne. Aby fyzická vrstva zachovávala rovnaké rozhranie smerom k ATM vrstve, je delená na 2 časti :

- **Podvrstva fyzického média (Physical Media Sublayer)** (PM)
- **Podvrstva konvergencie prenosu (Transmission Convergence Sublayer)** (TC)



Obr. Štruktúra fyzickej vrstvy

Podvrstva fyzického média (PM)

Úlohou tejto podvrstvy je zabezpečiť vysielanie a príjem bitov a fyzický prístup na médium. Akceptuje prenos cez SDH aj ATM multiplexom.

Podľa ITU-T boli definované tieto 2 základné rýchlosti na UNI :

- **155,520 Mbit/s** - **len symetricky** v oboch smeroch komunikácie, prenos elektrickým (odporúčaný linkový kód je CMI) aj optickým médiom (NRZ).
- **622,080 Mbit/s** - **symetricky aj nesymetricky** (do siete 155,520 Mbit/s, k užívateľovi 622,080 Mbit/s), len cez optické médium

ATM Forum definovalo aj menšie rýchlosti, a to z dôvodu rýchleho zavádzania ATM aj do oblasti privátnych sietí, postavených buď na optických kábloch menších rýchlostí, STP (*Shielded Twisted Pair*) tienených kábloch alebo UTP kábloch (netienených).

- 155,520 Mbit/s prenášaných cez multimódové vlákno s kódovaním 8B/10B
- 155,520 Mbit/s prenášaných cez tienený krútený pár (STP) s kódovaním 8B/10B
- 100 Mbit/s prenášaných cez multimódové vlákno s kódovaním 4B/5B na základe štandardu IEEE a ANSI FDDI - TAXI
- 44,736 Mbit/s cez koaxiálny kábel

Ďalšie rýchlosti odporúčané podľa štandardu *UNI v3.1* :

- 155,520 Mbit/s prenášaných cez netienený krútený pár (UTP) kategórie 5
- 51,48 Mbit/s prenášaných cez UTP kategórie 3
- **139,264 Mbit/s** podľa európskej multiplexnej hierarchie (E4)
- **34,368 Mbit/s** podľa európskej multiplexnej hierarchie (E3)
- **2,048 Mbit/s** podľa európskej multiplexnej hierarchie (E1)
- 1,544 Mbit/s podľa americkej multiplexnej hierarchie (T1)

Podvrstva konvergencie prenosu (TC)

Úlohou tejto podvrstvy je preberanie buniek z ATM vrstvy a ich **úprava do odpovedajúceho formátu pre prenos pomocou PM podvrstvy**.

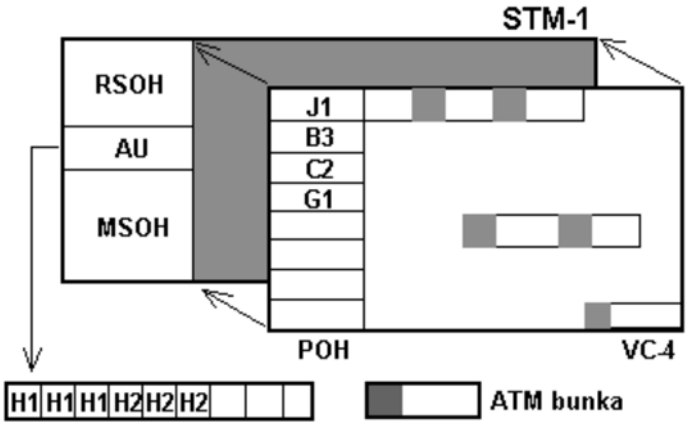
TC podvrstva má tieto definované funkcie :

- **generovanie a obnova prenosových rámcov**
- **adaptácia na prenosové rámce**
- **HEC verifikácia**
- **vymedzenie bunky (cell delineation)**
- **prispôsobovanie bunkovej rýchlosti (cell rate decoupling)**

Generovanie a obnova prenosových rámcov
Prenos na užívateľskom rozhraní UNI má definovanú štruktúru. Úlohou TC podvsrtvy je udržiavať a správne rozoznávať prenosové rámce.

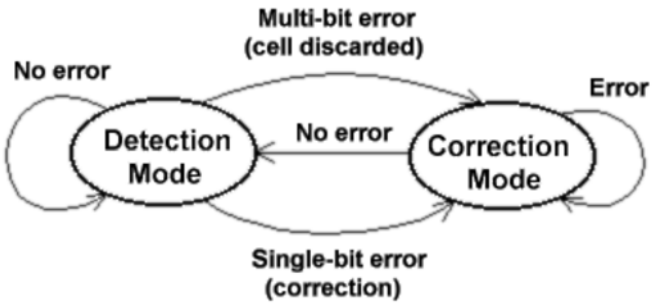
Adaptácia na prenosové rámce
TC podvsrtva štrukturalizuje ATM bunky do formátu, ktorý je určený pre prenos po danom médiu. Existujú 2 možnosti prenosu na UNI :

- **ATM multiplex** Na prenos sa využívajú priamo v multiplexe zoradené bunky. Princíp ATM dovoľuje aj prenosové funkcie a nepotrebuje pre transport žiadne prídavné funkcie.
- **SDH (Synchronous Digital Hierarchy)** *SDH* je prenosový systém odvodený z amerického systému SONET. Prenos spočíva **v mapovaní ATM buniek do prenosových modulov SDH**. V súčasnosti sa používajú moduly STM-1 (155 Mbit/s), STM-4 (622 Mbit/s) a STM-16 (2,48 Gbit/s).
  Ak predpokladáme prenos modulom STM-1, tak prúd buniek je najprv sformovaný do kontajnera C-4 a 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. 8. Je znázornené, ktoré byte POH sú využívané a ako je tvorený AU Pointer. Bajty H1 a H2 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 uvažujú dva prístupy mapovania buniek: buď sa do kontajnera uloží maxim. počet buniek a zvyšok sa vyplní stuff. bytmi, alebo bude bunka presahovať hranice kontajnera.



Obr. Mapovanie ATM buniek do STM-1

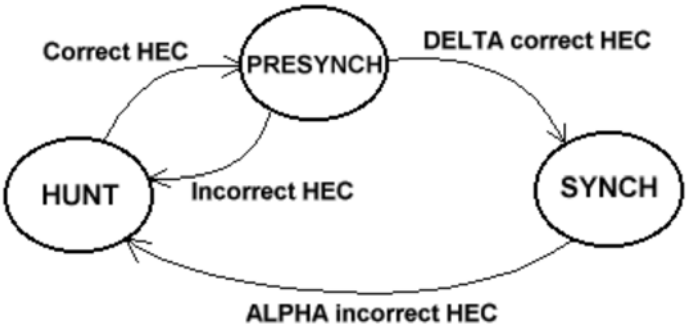
HEC verifikácia
Poslednou časťou hlavičky každej ATM bunky je pole *HEC* (*Header Error Control*). Je to ochranný kód, ktorý slúži na ochranu hlavičky pred chybami v prenose. **Kód môže jednu chybu opraviť, alebo detekovať viacnásobnú chybu.**



Obr. Stavový diagram verifikácie

HEC algoritmus používa generujúci polynóm $x^8 + x^2 + x + 1$. Vysielač vykoná súčin x^8 a obsahu hlavičky (bez HEC poľa), ktorý potom predelí (modulo 2) uvedeným generujúcim polynómom. Zvyšok po delení je zakódovaný do HEC poľa (veľkosť 8 bitov). Pred zapísaním sa ešte k tomuto zvyšku pripočíta (modulo 2) postupnosť 01010101 nazývaná *coset value*, aby sa vylepšila funkcia vymedzenia hraníc bunky. Prijímač musí pred výpočtom HEC odčítať z HEC položky hodnotu *coset value*.

Vymedzenie bunky
Je to proces, pomocou ktorého sa rozoznávajú hranice buniek. Je to veľmi dôležitá funkcia TC podvrstvy, pretože hranice buniek identifikujú rozloženie informácie v bunke.
Mechanizmus rozoznávania je založený na korelácii medzi bitmi v bunke a bitmi HEC poľa.



Obr.Stavový diagram procesu rozoznávania hraníc

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 a prejde do stavu *SYNCH*.
Stavu SYNCH je narušený, ak *Alpha* krát bol zaregistrovaný nesprávny HEC syndróm.
Rozoznávanie hraníc (vymedzenie) je možná aj po bajtoch, ak sa na prenos používa SDH systém, kde je informácie pri prenose formovaná do byte-ov.
Navrhnuté hodnoty pre ATM multiplex sú Delta/Alpha = 6 / 7 a pre SDH prenos sú Delta/Alpha = 8 / 7.
Aby sa dosiahla väčšia bezpečnosť vymedzovacieho procesu, tak bity v informačnom poli sú znáhodnené samosynchronizujúcim sa scramblerom, ktorý pri ATM mulptiplexe používa polynóm $x^{43} + 1$, pri SDH sa používa polynóm $x^{31} + x^{28} + 1$. Znáhodňovanie sa robí pripočítaním modulo bitovej sekvencie s

uvedeným polynómom.

Prispôsobovanie bunkovej rýchlosti
Táto funkcia spočíva vo vkladaní prázdnych buniek (*idle cells*) do ATM multiplexu, keď od zdrojov neprichádzajú žiadne bunky, a je teda potrebné, aby sa tento multiplex udržoval spojitý.

Fyzická vrstva má na UNI svoje bunky **PLOAM** (*Physical Layer Operation and Maintenance*) slúžiace na monitorovanie a údržbu. Tieto bunky majú svoju špeciálnu hlavičku s pevne pridelenými VPI a VCI hodnotami a majú význam len pre jednotlivé úseky fyzického média a nie sú interpretované vo vyšších vrstvách.
Ako často sú vkladané do multiplexu, to závisí od potrieb fyzickej vrstvy. Je odporúčané, aby najviac každá 27. a najmenej každá 513. bunka bola PLOAM.

ATM vrstva

ATM vrstva spracuváva všetky funkcie vztiahnuté k hlavičke bunky. Je nezávislá na prenosovom médiu a spoločná pre všetky informačné toky.

Pre popis hlavičky bunky pozri kapitolu Formát ATM bunky .

Jednou z hlavných úloh ATM vrstvy je **smerovanie buniek**. Konkrétne sa pri smerovaní využívajú informácie v poliach **VPI** a **VCI**. Nie je v nich však úplná adresa cieľového koncového systému, ale slúžia ako **návestie pri čítaní smerovacích tabuliek** v sieťových uzloch.

Kvôli flexibilnosti 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 (VCC)**

   ATM spojenia sú v základe spojovo-orientované, čo znamená, že pred každým dátovým prenosom musí byť zostavený virtuálny kanál (VC) cez celú ATM sieť. Je daný hodnotou VCI. Hodnota VCI je jedinečná len v jednej virt. ceste, t.j. v spojení s určitou hodnotou VPI.
   Táto VC vrstva (vyššia vrstva ATM spojenia) prepína vo svojich prepínačoch (VC Switch) virtuálne kanály v rámci jednej virt. cesty, alebo môže prepnuť kanál do inej virtuálnej cesty.

B. **Virtual Path Connections (VPC)**

   Virtuálna cesta zlučuje viacero virtuálnych kanálov do jedného zväzku. Je daná hodnotou VPI. Rôzne virt. kanály musia mať v rámci jednej virt. cesty rôzne hodnoty VCI.Virtuálne kanály v rôznych virt. cestách môžu mať rovnaké hodnoty VCI.
   VP vrstva (nižšia) prepína vo svojich prepínačoch (*VP Cross-Connect*) len virtuálne cesty (zmena VPI) a nemení virtuálne kanály.

Obr. Koncept virtuálnych ciest (VP) a virtuálnych kanálov (VC)

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

ATM vrstva je zodpovedná za vytváranie spojení. V ATM sieti môžeme definovať viacero typov spojení podľa rôznych kritérií. (viď Typy spojení v ATM)

AAL vrstva

Hlavnou úlohou ATM adaptačnej vrstvy je **sprostredkovať služby ATM vrstvy vyšším, užívateľským vrstvám**. AAL tak izoluje vyššie vrstvy od špecifických charakteristík ATM vrstvy mapovaním PDU vyšších vrstiev do informačného poľa ATM bunky a naopak. AAL vrstva podporuje viac protokolov a je závislá na poskytovaných službách.

Sú definované 4 základné triedy služieb :

- **Trieda A**
  Predstavuje emuláciu prepájania okruhov - *Circuit Emulation*. Pri tejto službe sa sieť javí ako sieť s prepájaním okruhov, charakteristická 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 prenosovou rýchlosťou. Odpovedá jej prístupový bod SAP2 a protokol typu 2.

- **Trieda C**
  Služba je určená pre prenos dát po predtým vytvorenom spoji (spojovo-orientovaný prenos). Odpovedá jej prístupový bod SAP3 a protokol typu 3.

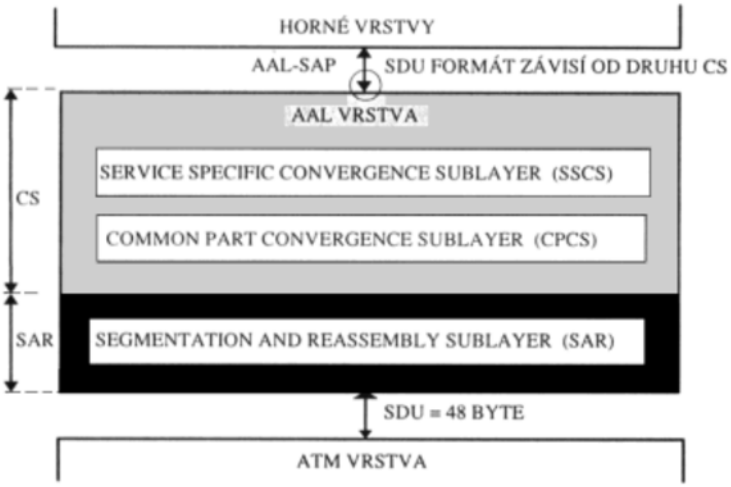
- Trieda D
  Služba je určená pre nespojovo-orientovaný prenos dát. Odpovedá jej prístupový bod SAP4 a protokol typu 4.

<table>
<tr><td>Trieda</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td></tr>
<tr><td>Potreba synchronizácie</td><td colspan="2">áno</td><td colspan="2">nie</td></tr>
<tr><td>Bitová rýchlosť</td><td>konštantná</td><td colspan="3">variabilná</td></tr>
<tr><td>Mód spojovania</td><td colspan="3">spojovo orientovaný</td><td>nespojovo orientovaný</td></tr>
</table>

Tab. Typy tried a ich charakteristiky

Ďalšie 2 podtriedy služieb navrhnuté ATM Fórom je možné zaradiť pod triedu C, pretože sú spojovo orientované, majú variabilnú rýchlosť prenosu a nevyžadujú synchronizáciu. Používajú protokol typu 5.

Podtrieda X - služba s nešpecifikovanou bitovou rýchlosťou *UBR* (Unspecified Bit Rate).
Podtrieda Y - služba s dostupnou bitovou rýchlosťou *ABR* (Available Bit Rate). Sú to služby transportované cez ATM sieť, ak je pre nich voľná kapacita v multiplexe.



Obr. Všeobecná štruktúra AAL vrstvy

SAR podrvstva (*Segmentation and Reassembly Sublayer*) spracúvava informáciu z vyššej podvrstvy tak, aby mala formát informačného poľa ATM bunky (*segmentation*) a spätne rekonštruuje informáciu z ATM bunky (*reassembling*).
Konvergentná podvrstva (*Convergence Sublayer*) vykonáva prídavné funkcie ako multiplexovanie, detekciu straty buniek alebo obnovenie časovania. Delí sa na *časť závislú od služieb* (SSCS) a *spoločnú časť* (CPCS).

V súčasnosti sú definované tieto **AAL protokoly** :

- AAL typ 1
- AAL typ 2
- AAL typ 3/4
- AAL typ 5

AAL typ 1

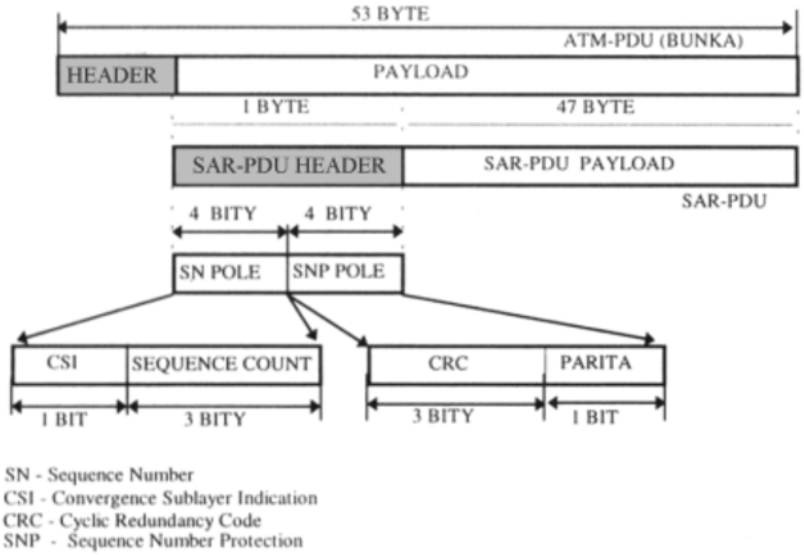
Protokol 1 predstavuje emuláciu módu prepájania okruhov, ktorý slúži na **prenos audio a video signálu s konštantnou prenosovou rýchlosťou**.

SAR podvrstva

SAR podvrstva prijíma od CS podvrstvy 47 bajtov dát, pridá k nim hlavičku (header) a vytvára tak SAR-PDU pre ATM vrstvu.
Hlavička SAR vrstvy sa delí na:

- **SN (Sequence number)** - slúži na indikáciu CS podvrstve pre prípad straty, alebo zle vloženej SAR-PDU. 3-bitové pole počítadla sekvencií (Sequence Count Field) označuje za sebou idúce SAR-PDU v móde modulo 8. CSI bit nesie indikáciu z CS podvrstvy a môže byť použitý aj na prenos synchronizačnej informácie.

- **SNP (Sequence Number Protection)** - používa 3 bity na ochranný CRC kód (generujúci polynóm $x^3 + x + 1$) pre ochranu SN poľa a jeden bit pre paritnú ochranu ostatných siedmich bitov v hlavičke.



Obr. Protokol SAR podvrstvy

CS podvrstva

Nie je členená, funkcie CS podvrstvy sú :

- Spracovanie oneskorenia buniek - doručovanie AAL-SDU s konštantnou rýchlosťou.

- **Spracovanie sekvencie** - podľa SN sa kontroluje poradie SAR-PDU a vyhodnocujú sa cykly. Zabezpečuje mechanizmus pre obnovenie taktu u užívateľa.

- Prenos informácie o štruktúre medzi zdrojom a cieľom informácií.

- Korekcia chýb pomocou prekladania bajtov pre video a hi-fi audio prenos.

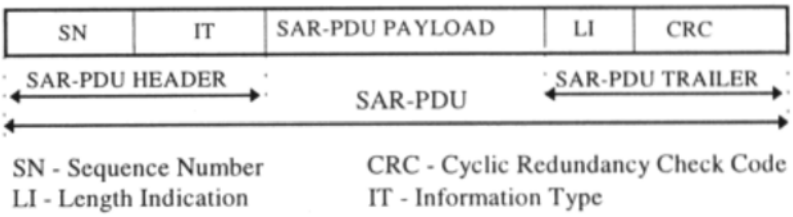
- Generovanie správ o stave end-to-end spojenia z pohľadu AAL.

AAL typ 2

Služby triedy B zahrňujú **prenos audio a video signálov s variabilnou prenosovou rýchlosťou (napr. Voice over ATM)**. Naviac je potrebný **prenos taktovacej informácie medzi vysielačom a prijímačom**. Keďže vysielač má variabilnú bitovú rýchlosť, niektoré bunky nemusia mať kompletné informačné pole.

SAR podvrstva

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



Obr. Protokol SAR podvrstvy

CS podvrstva

Funkcie CS podvrstvy sú :

- Obnovenie taktovania - vkladanie a vyberanie taktovacej informácie.
- Spracovanie taktov - keď dôjde k strate alebo chybnému smerovaniu buniek.
- Korekcia chýb - pomocou prekladania bajtovv pre video a hi-fi audio prenos.

AAL typ 3/4

Tento protokol podporuje viacero služieb a môže pracovať v 2 základných módoch :

- Režim správy (Message Mode)
  AAL-SDU (*Service Data Unit* - jednotka dátovej služby) prechádzajú cez AAL rozhranie presne vo veľkosti jednej AAL-IDU (*Interface Data Unit*). SDU môžu mať pevnú, alebo variabilnú veľkosť.
  V prípade SDU malej veľkosti sa aplikuje v SSCS funkcia *Blocking/Deblocking*.
  V prípade variabilnej veľkosti sa môže aplikovať funkcia *Segmentation/Reassembling*.

- Režim postupného sťahovania (Streaming Mode)
  AAL-SDU prechádzajú cez AAL rozhranie ako jedna AAL-IDU. SDU majú variabilnú veľkosť.

Oba módy môžu pri *peer-to-peer* komunikácii pracovať s *istenou prevádzkou* (*Assured Operation*) alebo s *neistenou prevádzkou* (*Unassured Operation*), keď môže dôjsť k strate informácií.
Spojenie pomocou AAL 3/4 je bod-bod, alebo bod-viac bodov. Je tiež možné viacnásobné AAL spojenie v rámci jedného ATM spojenia multiplexovaním v AAL.

SAR podvrstva

SAR podvrstva prijíma od CS podvrstvy variabilnú veľkosť SDU. Tú segmentuje ju na 44 bajtov SAR-PDU a pridáva k nim hlavičku 2 bajty a koniec 2 bajty. Tým vytvára SAR-PDU pre ATM vrstvu (48 bajtov).

ST určuje, či daná SAR-PDU je úvodný, stredový alebo koncový segment zo segmentovanej CPCS-PDU.
SN číslujе modulo 16 po sebe idúce SAR-PDU a v prijímači sa ním kontroluje súslednosť (kontinuita) medzi SAR-PDU.
MID slúži k identifikácii viacerých AAL spojení v rámci jedného ATM spojenia. Má význam pri nespojovo-orientovaných aplikáciách.
CRC slúži na ochranu proti chybám. Je použitý generujúci polynóm $x^{10} + x^9 + x^5 + x^4 + x + 1$.

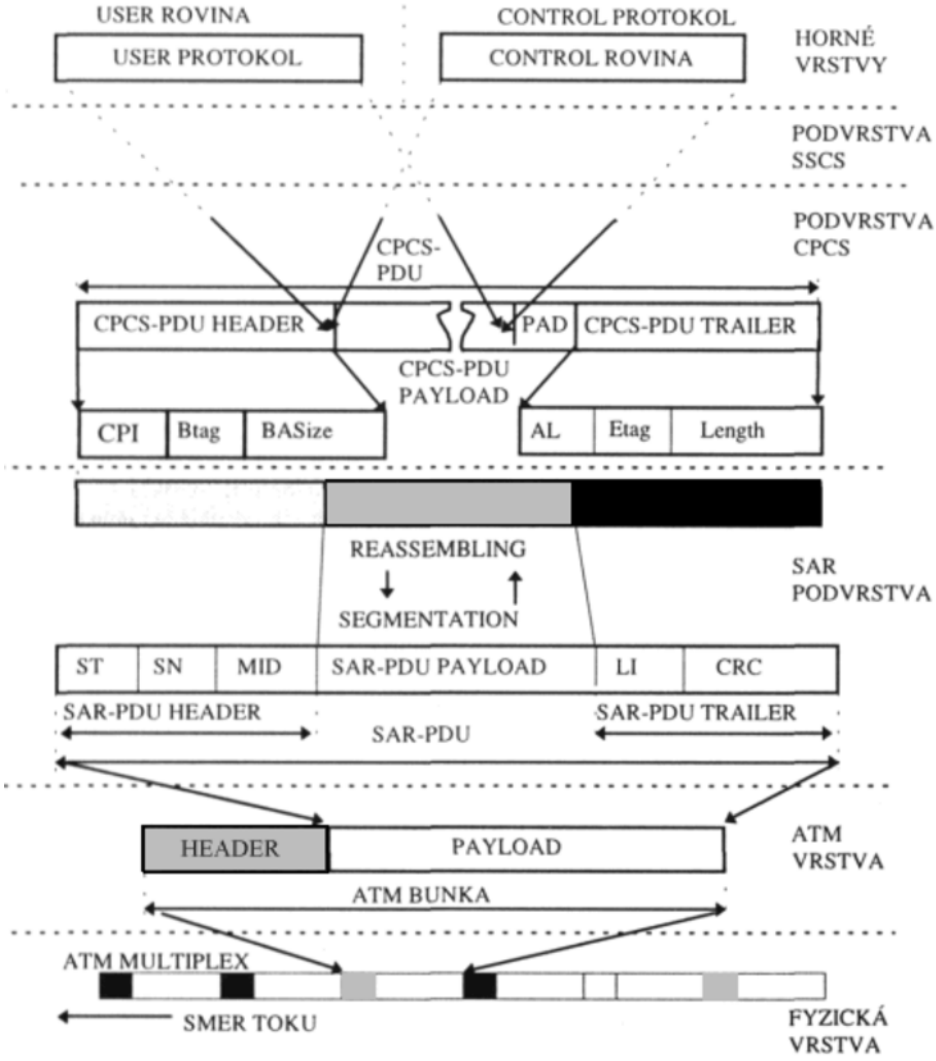
CPCS podvrstva

Hlavnou úlohou je **podporovať služby tried C a D**. Pre triedu D už nie je potrebná vrchnejšia vrstva SSCP.
CPCS umožňuje prenos rámcov s dĺžkou 1 do 65535 bajtov s možnosťou ďalšieho rozšírenia a pracuje v *message móde* alebo *streaming móde*.

CPI (Common Part Indicator) slúži ako počítadlo, pomocou ktorého sa dápredĺžiť v budúcnosti dĺžka CPCS-PDU.
Btag a **Etag (Beginning/End Tag)** kontrolujú spolupatričnosť hlavičky a konca. Vysielač do nich vloží tú istú hodnotu a prijímač ju kontroluje. Číslujе sa modulo 256.
BASize (Buffer Allocation Size) oznamuje prijímacej peer entite, aký veľký buffer si má rezervovať pre prijatie CPCS-SDU. Maximálna dĺžka je daná súčinom *BASize * CPI*.
PAD (Padding) sa vkladá medzi inform. pole a koniec tak, aby spolu s inf. poľom tvorilo celistvý násobok 4.
AL (Alignment) neprenáša nič a slúži len na predĺženie konca na 32 bitov.

SSCS podvrstva

Táto časť je užívateľsky závislá a protokol je daný druhom poskytnutej služby.



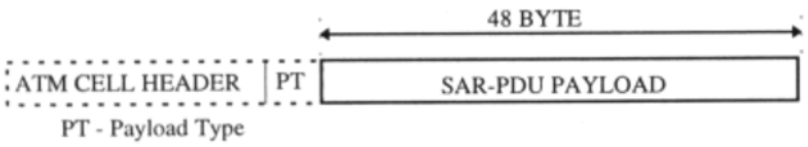
Obr. Celková protokolová štruktúra AAL 3/4

AAL typ 5

Protokol 5 je modifikáciou protokolu typu 3/4, avšak nepodporuje multiplexovanie spojení v AAL. Ak sa vyžaduje, tak sa musí spraviť v užívateľskej časti CS (SSCS).
Zmyslom protokolu AAL5 je **efektívnejšie spracovávanie služieb triedy C**. Ide hlavne o rýchlu dátovú komunikáciu, kde nie je žiaduce rozsiahle spracovanie.

SAR podvrstva

SAR podvrstva akceptuje od CS podvrstvy variabilnú veľkosť SDU. Prijíma 48 bajtov z CPCS a posiela 48 bajtov SAR-PDU do ATM vrstvy.

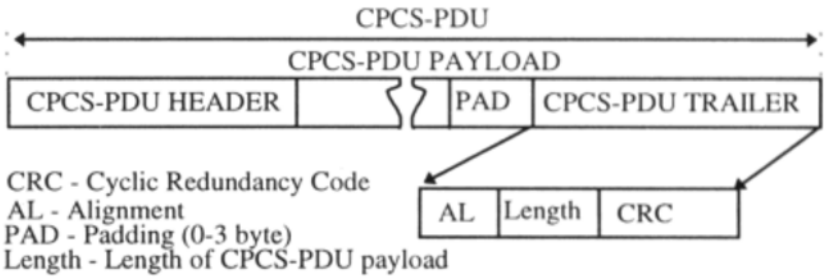


Obr. Štruktúra SAR-PDU

SAR-PDU má jednoduchú štruktúru bez jednotlivých polí. Keďže vykonáva **segmentačnú funkciu**, musí byť označené o aký segment z CPCS-PDU ide.
PT označuje segment (0 - počiatočný/stredový, 1 - koncový). 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 bajtov.

CPCS podvrstva

CPCS umožňuje prenos rámcov s dĺžkou 1 do 65535 bajtov a pracuje v režime správ alebo v režime postupného sťahovania. CPCS pridáva k informačnému poľu hlavičku (header) a koniec(trailer). Potreba použitia hlavičky je ešte predmetom štúdia a nie je zatiaľ štandardizovaná. Koniec je tvorený poslednými 8 bajtami CPCS-PDU.



Obr. Štruktúra CPCS-PDU

PAD vypĺňa informačné pole, ak nemá potrebnú dĺžku (0-47 B).

AL pôvodne malo dopĺňať koniec na veľkosť 8 B. Najnovšie sa delí na 2 časti. Prvé pole je UU (User-to-User), ktoré dovoľuje transparentne prenášať informáciu medzi užívateľmi. Druhé pole je CF (Convergence Function).
Length nesie dĺžku inform. poľa. V prijímači sa pomocou neho rozoznávajú užitočné byte a detekuje sa strata informácie.
CRC slúži na ochranu proti chybám a počíta sa nad celou CPCS-PDU.
Je použitý generujúci polynóm $x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^{9} + x^{7} + x^{5} + x^{4} + x^{2} + x + 1$.

SSCS podvrstva

Táto časť je užívateľsky závislá a protokol je daný druhom poskytnutej služby.

Vyššie vrstvy

Protokoly vrstiev nad AAL sú užívateľsky závislé. Spolupracujú s AAL cez niektorý z definovaných (alebo v budúcnosti zadefinovaných) prístupových bodov SAP. **Vrstvy nad AAL** sú jasne rozdelené **na používateľskú rovinu** (*User Plane*) a **riadiacu rovinu** (*Control Plane*):

Používateľská rovina je ďalej vrstvená na podľa typu služby a môže využívať niektoré z vrchných vrstiev OSI modelu.

Riadiaca rovina zahrňuje procedúry pre riadenie spojení, napr. signalizáciu (*Call Control*).

Typy spojení v ATM

Rozdelenie ATM spojení podľa symetrickosti:

- Symetrické spojenie - bitová rýchlosť prenosu v obidvoch smeroch prenosu je identická
- Asymetrické spojenie - bitová rýchlosť prenosu v obidvoch smeroch nie je identická. Tento druh spojenia je vhodný hlavne pre klient-server aplikácie

Rozdelenie ATM spojení podľa špecifikácie spojenia:

- Spojenie špecifikované podľa triedy - spojenie je dané podľa toho, do ktorej triedy služieb patrí (viď AAL vrstva)
- Spojenie špecifikované podľa parametrov - spojenie, kde si koncový bod vyžaduje pri vytváraní spojenia presne definované parametre, napr. maximálne end-to-end oneskorenie a pod.

Spojenia pomocou VPC aj VCC môžu byť nasledovné:

- Point-to-point - spojenie pre priamu konektivitu koncových terminálov. Je to základný typ spojenia v ATM sieti. Je to typ spojenia unicast.
- Point-to-multipoint - spojenie pre multicast a broadcast operáciu. Tieto spojenia sú potrébné hlavne pre video komunikáciu a šírenie video (televízneho signálu). Bunky z jedného vstupu musia byť nakopírované na viacero výstupov. Spojenie môže prebiehať aj tak, že užívateľ nadviaže point-to-point spojenie s viacerými bodmi a potom vyšle viacnásobné kópie informácie do každého bodu.
- Multipoint-to-multipoint - spojenie určené pre vytváranie konferencií. Ako point-to-multipoint, ale každý bod môže vysielať informáciu všetkým ostatným bodom.

V súčastnosti sú podporované len point-to-point a point-to-multipoint spojenia. Aj point-to-multipoint spojenia sú zredkavé, z dôvodu problémov vznikajúcich v spojovacích poliach.

Broadcasting a Multicasting v ATM

Momentálne je cieľom výskumu v ATM vytvoriť obojsmerné multipoint-to-multipoint spojenia, ktoré umožňujú broadcasting a multicasting podobný u LAN (Local Area Network), ako sú Ethernet a Token Ring.
Možnosť broadcastingu je veľmi jednoduchá u týchto LAN sietí so zdieľaným médiom, kde všetky stanice na jednom segmente prijímajú všetky pakety po ňom vyslané. Bohužiaľ, možnosť multipoint-to-multipoint sa nedá implementovať použitím AAL 5, ktorý je najbežnejšie používaný pri prenose dát cez sieť. Na rozdiel od AAL 3/4, AAL 5 neposkytuje možnosť v rámci formátu bunky vkladať bunky iných AAL 5 paketov do jedného spojenia. To značí, že všetky AAL 5 pakety poslané do konkrétneho cieľa cez konkrétne spojenie, musia byť prijímané v sekvencii, inak sa nebudú dať z nich rekonštruovať pakety. Preto sú point-to-multipoint spojenia len jednostranné. Ak by na tomto spojení vyslal niečo jeden z listov (pozri tab.), tak by to bolo prijaté koreňom i ostanými listami, tento paket by sa zaplietol medzi ostatné prijaté od koreňa, a vznikli by problémy zloženia paketov.
Multicasting predstavuje ešte problém v ATM sieti, keďže AAL 5, slúžiaci na prenos dát, sa nevie vysporiadať s prekladanými paketmi z vyššie uvedených dôvodov. Avšak v ATM sa požaduje istá forma multicastingu.
Riešením sa ukazujú byť tri metódy: *VP Multicasting*, *Multicast Server* a *Overlaid Point-to-Multipoint Connection*.

- VP Multicasting

  V tomto riešení virtuálna cesta (VP) typu multipoint-to-multipoint spája všetky uzly v multicast-ovej skupine, a každému uzlu je pridelený jedinečný VCI v rámci danej VP. Preložené (vložené) pakety sa potom môžu identifikovať podľa VCI hodnoty zdroja. Naneštastie, tento mechanizmus asi bude vyžadovať zvláštny protokol pre prideľovanie jedinečných VCI uzlom, ktorý však momentálne

neexistuje. Je tiež neisté, či súčasné SAR (Segmentation and Reassembly) zariadenia by mohli podporovať takýto mód činnosti.

- Multicast Server

  Pri tomto riešení, všetky uzly, ktoré chcú vysielať v multicast skupine, si vytvoria point-to-point spojenie na externé zariadenie, tvz. *multicast server* (inak označovaný aj ako resequencer alebo serializer). Multicast server, naopak, je spojený so všetkými uzlami pripravenými prijímať multicast pakety cez point-to-multipoint spojenie. Multicast server prijíma pakety cez point-to-point spojenia a vysiela ich cez point-to-multipoint spojenie, len vtedy, ak je zaistené zoradenie paketov (úplne ukončené vysielanie jedného paketu pred vyslaním ďaľšieho). Týmto spôsobom je vylúčenie nesprávne vloženie paketov do príchodzích front u jednotlivých uzlov.

- Overlaid Point-to-Multipoint Connection

  Pri tomto riešení, každý uzol v multicast skupine si vytvorí point-to-multipoint spojenie s ostatnými uzlami (bude tvz. koreň a ostatné uzly listami) a naopak sa stane listom v point-to-multipoint spojeniach od ostatných uzlov. Takto môže každý uzol vysielať k ostatným a prijímať od ostatných uzlov. Takéto riešenie si však vyžaduje, aby každý uzol udržiaval spojenie s každým ostatným uzlom, zatiaľ čo v multicast server riešení stačia len dve spojenia. Taktiež bude potreba vykonávať registračný proces, aby nové uzly vstupujúce do skupiny si mohli vytvoriť point-to-multipoint spojenia k uzlom, ktoré už v multicast skupine sú. Tie si zas musia pridať nový uzol do svojich point-to-multipoint spojení. Multicast server riešenie je výhodnejšie vo význame spojov. prostriedkov, ale jeho problémom je potreba centrálneho resequenceru, ktorý je možným "úzkym hrdlom" a zdrojom porúch.

Služby v B-ISDN

Vzhľadom na rôzne formy budúcej širokopásmovej komunikácie boli definované dve základné triedy služieb - interaktívne a distributívne, ktoré sa ďalej delia ďalšie podtriedy.

Interaktívne služby

- konverzačné služby - pre obojsmernú užívateľskú komunikáciu v reálnom čase. Informačný tok môže byť symetrický alebo asymetrický. Informácia je vysielaná jedným, alebo viacerými užívateľmi a je určená pre jedného, alebo viacerých užívateľov.
  Príklady konverzačných služieb:
  - širokopásmový videotelefón, širokopásmová videokonferencia, video dohľad ...
  - viackanálové zvukové signály
  - vysokorýchlostný prenos dát, prenos veľkoobjemových dát, rýchle teleakcie
  - rýchly telefax, statický obraz s vysokým rozlíšením

- Výmena správ - pre obojsmerná prevádzku, ktorá nie je v reálnom čase.
  Príklady výmeny správ:
  - video mail, voice mail
  - dokumentový mail

- Vyhľadávacie služby (*Retrieval services*) - na výber informácií z informačných centier a baniek dát určených pre verejné použitie na základe individuálnej užívateľovej požiadavky. Proces výberu je pod užívateľovou kontrolou.
  Príklady vyhľadávacích služieb:
  - širokopásmový videotex (statický aj pohyblivý)
  - video pregramy (zábavné, vzdelávacie)
  - prístup k dokumentom, dátam (telesoftware)

Distributívne služby

- Služby bez zákazníckej kontroly - na šírenie televízneho, rozhlasového a textového vysielania. Účastník (zákazník) nemôže ovládať začiatok ani priebej vysielania.
  Príklady služieb bez zákazníckej kontroly:
  - distribúcia TV, EDTV (Enhanced Definition TV), HDTV (High Definition TV), kódovanej (platenej) TV
  - vysielanie kvalitného rozhlasu
  - elektronické noviny, electronic publishing
  - dátové distribučné služby

- Služby pod kontrolou zákazníka - distribúcia informácie k veľkému počtu zákazníkov, ktorá je formovaná do sekvencie informačných jednotiek s cyklickým opakovaním. Tým je umožnené užívateľovi pristupovať k danému programu na jeho začiatku, alebo ho sledovať opakovane.
  Príklady služieb pod kontrolou zákazníka:
  - video vzdelávacie programy
  - reklamné programy
  - telesoftware

Synchronizácia v B-ISDN

V B-ISDN je prenosová kapacita spoločná pre všetky služby. To znamená, že sieť musí umožnovať prenos a prepájanie každej služby bez ohľadu na typ koncového zariadenia, typ služby a požiadaviek na bitovú prenosovú rýchlosť. Z toho vyplýva, že bitová rýchlosť koncového zariadenia musí byť nezávislá na prenosovej rýchlosti siete a preto sa synchronizácia vykonáva v koncových zariadeniach.

Ak je synchronizačná informácia tvorená a prenášaná v podvrstve konvergencie prenosu fyzickej vrstvy alebo vyššie, je prenášaná cez ATM bunky. To znamená, že prenosové parametre siete budú vplývať aj na synchronizačnú informáciu.

4 parametre, ktorá majú negatívny vplyv na synchronizáciu:

- početnosť bitových chýb (BER) - počet správne prenesených bitov v informačnom poli k celkovému počtu bitov v informačnom poli.
- početnosť straty buniek (CLR) - počet zavrhnutých (startených) buniek k celkovému počtu vyslaných buniek
- prenosové oneskorenie buniek - čas t_1 - t_2 medzi výskytmi dvoch odpovedajúcich úspešných udalostí (CRE) prenosu bunky, CRE_1 v čase t_1 a CRE_2 v čase t_2 kde $t_2 >= t_1$ a $t_2 - t_1 <= T_{max}$, kde T_{max} je maximálna povolená hodnota prenosového oneskorenia buniek.
- zmeny oneskorenia buniek - spôsobená paketovým spôsobom prenosu a spojovania v ATM sieti

Nie všetky módy činnosti siete vyžadujú prenos synchronizačnej informácie. Synchronizácia je vyžadovaná pri prenose video a audio signálu s konštantnou, alebo variabilnou prenosovou rýchlosťou. Týmto službám zodpovedajú protokoly 1 a 2 v AAL vrstve a prístupové body SAP1 a SAP2.

Synchronizáciu môžeme rozdeliť na:

- Synchronizácia podporovaná sieťou
- Synchronizácia medzi koncovými bodmi
  - Synchronizácia na hranice buniek
  - Synchronizácia pomocou AAL

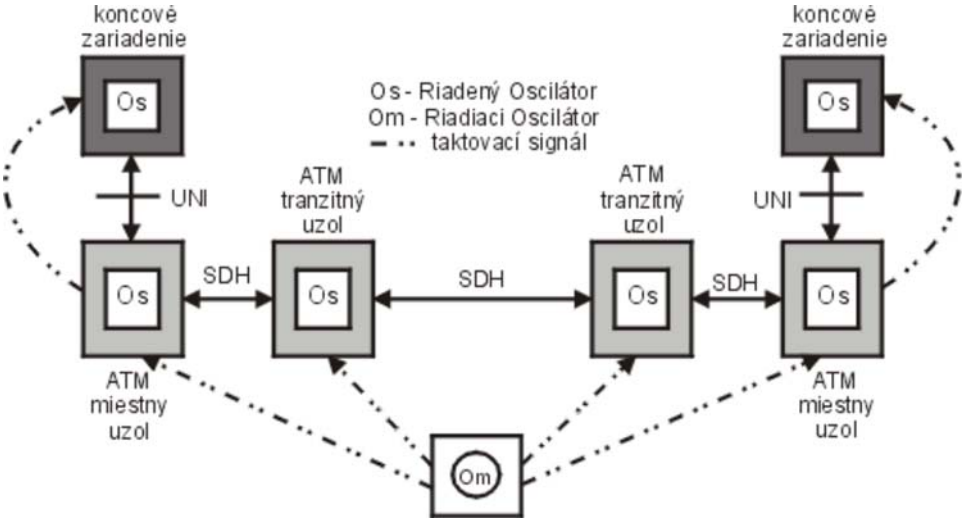
Použitie určitého typu synchronizácie záleží od typu koncového terminálu. Synchronizácia na hranice bunky je najjednoduchšia, ale presnosť a spoľahlivosť nie je taká veľká ako u ostatných dvoch typoch synchronizácie. Najflexibilnejšou je synchronizácia AAL, vyžaduje však väčšiu mieru spracovania.

Synchronizácia podporovaná sieťou

Pri prenose ATM buniek cez SDH systém sú bunky balené do SDH modulov a prenášané v nich medzi uzlami.

Systém SDH je prísne synchrónny systém (riadiaci oscilátor má presnosť 10^{-11} a frekvenciu 9,192 GHz) , ktorý má sieťové uzly synchronizované metódou nútenej synchronizácie, pracujúci s rámcami STM1, STM4 a STM16, ktoré majú rýchlosti 155,52 Mbit/s, 622,08 Mbit/s a 2,048 Gbit/s. Každý sieťový uzol má tak k dispozícii tieto frekvencie.

Ak koncové zariadenie je pripojené k sieťovému uzlu SDH systému, má na UNI rozhraní k dispozícii takt 155,52 alebo 622,08 Mbit/s. Tieto frekvencie sú totožné na všetkých UNI rozhraniach, lebo sieťové uzly v SDH systéme sú navzájom synchronizované.



Obr. ATM synchronizácia v SDH systéme.

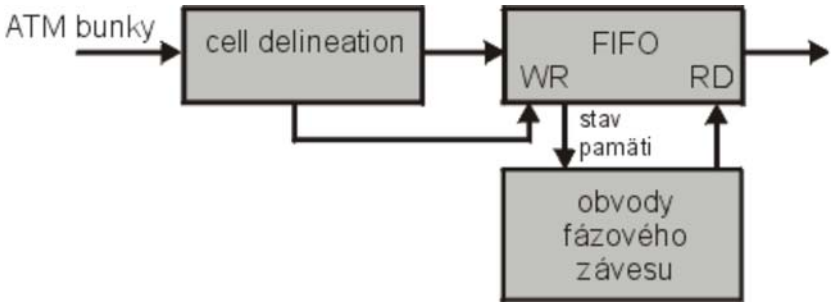
Tento spôsob synchronizácie koncových zariadení je relatívne jednoduchý, veľmi presný a kedže sa synchronizačná informácia neprenáša v ATM bunkách, netrpí ani uvedenými nežiaducimi vplyvmi ATM siete na proces synchronizácie (BER, CLR, oneskorenie a zmena oneskorenia).

Synchronizácia medzi koncovými bodmi

Existujú dve možnosti synchronizácie medzi koncovými bodmi. Synchronizácia na hranice prichádzajúcich buniek a synchronizácia pomocou prenosu synchronizačnej informácie v AAL vrstve.

Synchronizácia na hranice buniek

ATM bunky sú vysielané rýchlosťou, ktorá odpovedá informačnému toku koncového terminálu. Frekvencia prichádzajúcich buniek je pre prijímač informáciou o takte vysielača. Pre príjem synchronizácie je potrebné správne určiť hranice buniek, ktoré sú zároveň synchronizačnou riadiacou informáciou. Kedže oneskorenie buniek v ATM sieti je variabilné, je potrebná v prijímači vyrovnávacia pamäť.



Obr. Realizácia synchronizácie na hranice buniek

ATM bunky sa po úspešnej delineácii zapisujú do vyrovnávacej pamäte, ktorej stav je riadiacou informáciou pre miestny oscilátor. Ak sa pamäť zapĺňa rýchlo, miestny oscilátor zvýši frekvenciu, ak pomaly, oscilátor frekvenciu zníži. Pamäť je zapisovaná taktom prichádzajúcich buniek a vyčítavaná frekvenciou miestneho oscilátora. Riadením miestneho oscilátora stavom vyrovnávacej pamäte sa krátkodobý jitter mení na dlhodobejší wander, ktorý je menej rušivý pre proces synchronizácie.

Synchronizácia pomocou AAL

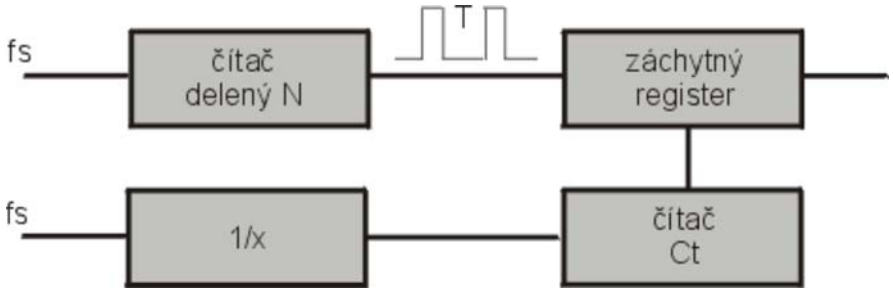
Pri tento synchronizácii sa informácia o takte vysielača zakóduje do špeciálneho kódového slova a prenáša sa k prijímaču v protokole AAL vrstvy. Na prenos synchronizácie sa využíva CSI bit v SAR podvrstve AAL vrstvy. Kedže sa jedná o jeden bit, synchronizačná informácia sa rozloží do viacerých, po sebe idúcich SAR-PDU.

CCITT štandardizovala metódu pre prenos synchronizačnej informácie v AAL vrstve, ktorá sa označuje ako SRTS (Synchronous Residual Time Stamp).
Zavedieme si označenie:
fs - frekvencia služby
fn - sieťová frekvencia
fnx - frekvencia odvodená zo sieťovej frekvencie (fnx=fn/x)
N - perióda RTS v cykloch frekvencie fs
T - perióda RTS v sekundách
M (Mnom, Mmax, Mmin) - počet fnx cyklov vnútri RTS periódy
Mq - najmenšie celé číslo menšie, alebo rovné M

Vo vysielači sa zmeria počas pevného času T, daného N cyklami frekvencie služby fs, počet Mq cyklov odvodenej sieťovej frekvencie fnx. Ak Mq je vysielané k prijímaču, frekvencia vysielača môže byť rekonštruovaná, pretože sú tam k dispozícii všetky potrebné informácie - fnx, Mq a N. V skutočnosti Mq má svoju nominálnu a zvyškovú (reziduálnu) časť. Nominálna časť odpovedá nominálnemu počtu fnx cyklov v perióde T. Zvyšková časť nesie informáciu o frekvenčnom rozdiele. Stačí teda prenášať medzi koncovými bodmi zvyškovú časť Mq.

Čítač Ct je bitový čítač, ktorý je taktovaný frekvenciou fnx. Výstup čítača je vzorkovaný každých N

cyklov frekvencie fs. Táto vzorka je RTS. Pomocou RTS a nominálnej časti Mq je Mq rekonštruované kompletne a z neho sa odvodí signál pre riadenie miestneho oscilátora.



Obr. Synchronizácia pomocou AAL

Táto synchronizácia vyhladzuje prenosové oneskorenia buniek a tak eliminuje jitter. Vyžaduje si však prítomnosť toho istého kmitočtu v oboch koncových zariadeniach na mieste, kde sa spracúva AAL protokol. Tento kmitočet musí byť distribuovaný s veľkou presnosťou a preto najvhodnejším riešením je prenosová sieť založená na SDH.

Sieťové rozhrania

Každý ATM spoj je typu bod-bod, a tak podľa typu spojenia (sieť-sieť alebo koncové zariadenie-sieť) sa rozlišujú nasledujúce rozhrania:

User-to-Network Interface (UNI)
Každé rozhranie medzi ATM prepínačom a ATM koncovým uzlom sa nazýva Rozhranie používateľ - sieť (User-to-Network Interface - UNI). UNI se ďalej delí na Private UNI a Public UNI, podľa toho, či ide o pripojenie koncového bodu v privátnej ATM sieti alebo pripojenie k verejnej ATM sieti.

Network-to-Node Interface (NNI)
Pretože riadiace informácie vymieňané medzi koncovým zariadením a prepínačom sú jednoduchšie a odlišné oproti informáciam medzi dvoma prepínačmi, zadefinovalo sa rozhranie NNI. Tiež sa delí na dva typy: Private NNI (P-NNI) a Public NNI, podľa toho, či ide o prepojenie prepínačov v privátnej alebo verejnej ATM sietti. Public NNI sa niekedy uvádza pod názvom Inter-Switching-System-Interface (ISSI), a tiež sa delí na Private ISSI a Public ISSI. Časť Public ISSI, nazývaná Inter-Lata ISSI je známá pod názvom Broadband Interexchange Carier Interconnect (B-ICI).

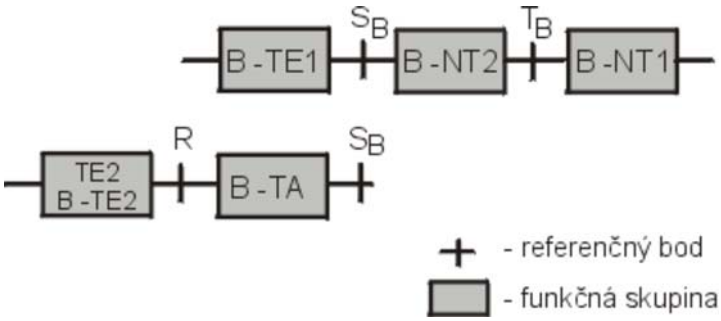
Data Exchange Interface (DXI)
Rozhranie DXI popisuje lokálne rozhranie medzi klasickým, paketovo orientovaným smerovačom a zariadením DSU (Digital Service Unit) so schopnosťou ATM. Typicky sa prepája port DXI s portom HDLC (High-Level Data Link Control) tohto smerovača. Ten potom môže smerovať pakety, upravené podľa špecifikácie RFC 1483 na ATM DSU.

Rozhranie UNI

B-ISDN používateľské rozhranie predstavuje univerzálne prostredie cez ktoré je možné pristupovať do B-ISDN siete. Musí podporovať univerzálnosť siete, t. j. spĺňať nasledujúce požiadavky:

- to isté rozhranie budú môcť používať rôzne typy terminálov a rôzne aplikácie
- prenosnosť terminálov z jednej lokácie do druhej v rámci jednej krajiny, ale aj medzinárodne
- možnosť ďalšej evolúcie koncových zariadení, sieťových prostriedkov, technológií a konfigurácií
- podpora efektívneho spojenia s inými sieťami

Referenčná konfigurácia pre B-ISDN



Konfigurácia je totožná s ISDN, na odlíšenie je použitý index B, (broadband) čo označuje širokopásmový charakter.

Broadband Network Termination 1 (B-NT1) - funkcie odpovedajúce fyzickej vrstve protokolového referenčného modelu. Základné funkcie:

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

Broadband Network Termination 2 (B-NT2) - funkcie vrstvy 1 protokolového modelu a vyšších vrstiev. Základné funkcie:

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

Broadband Terminal Equipment (B-TE) - funkcie vrstvy 1 protokolového modelu a vyšších vrstiev. Základné funkcie:

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

Broadband Terminal Equipment type 1(B-TE1) - funkcie odpovedajúce 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) - funkcie odpovedajúce B-TE, ale má rozhranie, ktoré nevyhovuje odporúčaniam CCITT pre B-ISDN UNI.

Broadband Terminal Adaptor (B-TA) - funkcie vrstvy 1 a vyšších vrstiev protokolového modelu. Umožnuje pripojenie B-TE2 alebo TE2 na B-ISDN UNI rozhranie.