

## ČASŤ 1

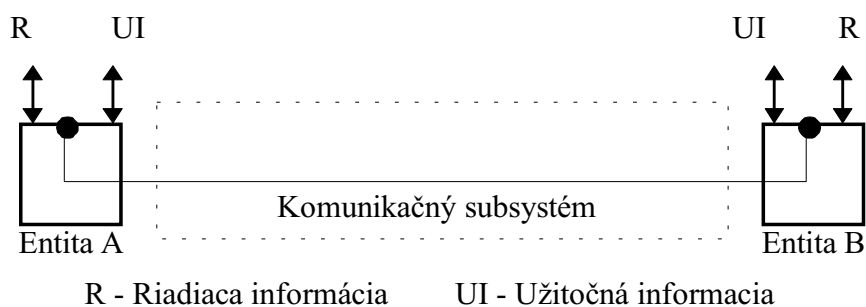
# ZÁKLADNÉ KONCEPTY, PRINCÍPY A POSTUPY V ISDN, B-ISDN A ATM

## 1.1 FORMY SPOJOVANIA

Klasický pojem *spojenie* predstavoval zriadenie fyzickej prenosovej cesty medzi dvoma bodmi v telekomunikačnej sieti. Na spojení sa podieľali prenosové, spojovacie a riadiace prostriedky komunikačnej siete. Zavedením paketových sietí s možnosťou virtuálnych kanálov medzi komunikujúcimi bodmi stratila táto definícia opodstatnenie a pojem spojenia získal abstraktnejší charakter.

**Spojenie predstavuje trvalý alebo dočasný komunikačný vzťah medzi dvoma alebo viacerými entitami (jednotkami) v komunikačnej sieti. Spojenie je identifikované koncovými bodmi spojenia fyzicky, alebo logicky.**

Grafické znázornenie spojenia je na [Obr.1.1.1](#).



Obr.1.1.1

Entity A a B sú funkčne zodpovedajúce jednotky, medzi ktorými je prostredníctvom komunikačného subsystému vytvorená jednosmerná, alebo obojsmerná komunikačná cesta.

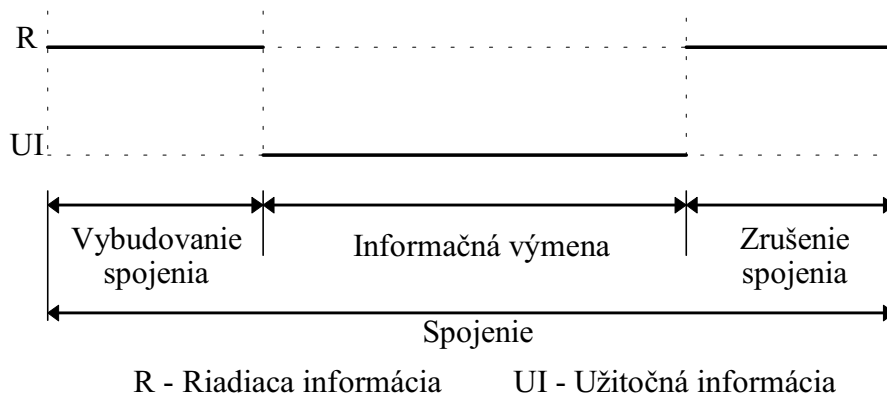
Proces spojenia zahŕňa vo všeobecnosti tri fázy:

a/ **Vybudovanie spojenia** - modifikácia prenosových a prepájacích prostriedkov komunikačného subsystému podľa požiadaviek spojenia. Vybuduje sa komunikačný vzťah medzi koncovými bodmi spojenia. Nastavenie komunikačného subsystému vyžaduje riadiacu informáciu, ktorá nie je totožná s užitočnou prenášanou informáciou.

b/ **Informačná výmena** - prenos, alebo vzájomná výmena informácie medzi koncovými bodmi spojenia.

c/ **Zrušenie spojenia** - zrušenie komunikačného vzťahu medzi koncovými bodmi spojenia a uvoľnenie komunikačného subsystému. Proces zrušenia spojenia je tiež riadený riadiacou informáciou.

Na [Obr.1.1.2](#) je časový diagram procesu spojenia s diferenciaciou riadiacej a užitočnej informácie.



Obr.1.1.2

Riadiaca informácia pre vybudovanie a zrušenie spojenia má v telekomunikačnej terminológii názov **signalizácia**. Riadiaci proces spojenia nemusí byť obmedzený len na vybudovanie a zrušenie komunikácie. Počas komunikácie môžu prebiehať ďalšie riadiace procesy, ako napríklad zabezpečenie prenosu proti chybám v komunikačnom subsystéme, riadenie toku dát, kontrola sekvencie dát a pod. Vzhľadom na rôznorodosť dnešných komunikačných sietí existuje niekoľko foriem spojenia, ktoré sa líšia povahou, signalizáciou, spôsobom prepájania, prenosovými médiami, prípadne ďalšími parametrami. Moderné komunikačné siete dovoľujú tiež spojenie, ktoré nemá fázu vybudovania a zrušenia komunikačného vzťahu medzi koncovými bodmi spojenia. Vtedy hovoríme o komunikácii bez spojovej orientácie.

Rozdelenie spojení je možné urobiť na základe rôznych kritérií, tu urobená kategorizácia je len jedna z možností.

### 1.1.1 Spojovo orientovaná komunikácia

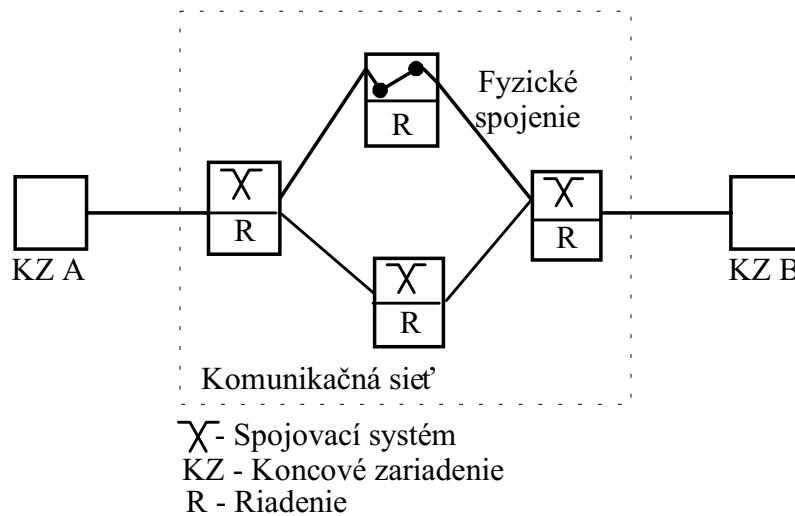
Všetky spojovo orientované komunikačné procesy majú fázu vybudovania a zrušenia spojenia. Typickým príkladom takejto prevádzky je klasická telefónna sieť, kde pred výmenou informácií musí predchádzať fáza zostavenia spojenia. Spojovo orientovaná komunikácia vyžaduje signalizáciu.

V spojovo orientovanej komunikácii su v princípe možné dva typy spojenia - fyzické spojenie a virtuálne spojenie.

#### 1.1.1.1 Fyzické spojenie

Pri fyzickom spojení je medzi koncovými zariadeniami A a B vybudovaná trvalá komunikačná cesta. Komunikačný subsystém pridelený koncovým zariadeniam A a B zvyčajne nemení svoje parametre počas spojenia a je trvalo pridelený komunikujúcim bodom A a B. Fyzické spojenie je vhodné pre izochrónne signály v reálnom čase, pretože pomerne jednoducho zaručuje časovo transparentný prenos a má definované oneskorenie informácie v sieti. Komunikačná cesta je tvorená spojovacími uzlami a prenosovými trasami medzi nimi. Fyzické spojenie je na [Obr.1.1.3](#).

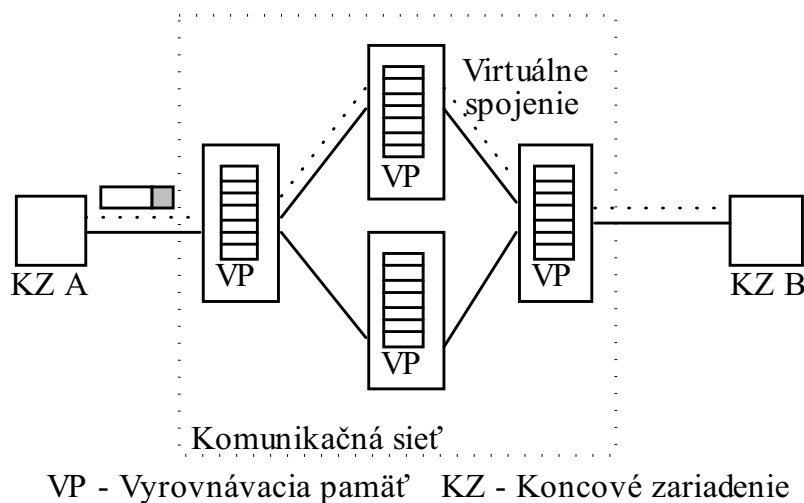
Signál prenášaný medzi bodmi A a B môže byť analógový, alebo digitálny a komunikačný proces môže využívať rôzne multiplexné techniky, t.j. priestorový, časový, frekvenčný, alebo vlnovodílkový multiplex.



Obr.1.1.3

### 1.1.1.2 Virtuálne spojenie

Pri virtuálnom spojení nie je po vybudovaní spojenia rezervovaná pre komunikujúce body trvalá fyzická cesta. Prenášaná informácia je delená na bloky, zvyčajne nazývané pakety, ktoré sú postupne prenášané medzi koncovými zariadeniami A a B.



Obr.1.1.4

Koncové zariadenia sú spojené len logickou, virtuálnou cestou, pretože tú istú fyzickú cestu môžu používať pakety z rôznych spojení. Spojovacie a prenosové prostriedky siete sú dynamicky pridelované jednotlivým spojeniam podľa potreby. Vzhľadom na viacnásobné využívanie sieťových prostriedkov viacerými spojeniami, môže dôjsť v komunikačnom reťazci ku konfliktom medzi paketmi. Konflikty sa riešia vyrovnávacími pamäťami v spojovacích (smerovacích) uzloch siete. Vyrovnávacie pamäti spôsobujú časovo premenlivé oneskorenie v sieti a tak tento druh spojenia nie je bez zvláštnych opatrení vhodný pre signály v reálnom čase. Virtuálne spojenie je na [Obr.1.1.4](#).

Virtuálne spojenie je reťazec po sebe idúcich paketov. Pakety obsahujú určité množstvo prídavnej informácie, ktorá adresuje konkrétne virtuálne spojenie.

### **1.1.2 Komunikácia bez spojovej orientácie**

Pre sporadickú komunikáciu s malým množstvom prenášaných dát nie je ekonomické budovať spojenie. Ak má paket dostatočné množstvo smerovacej informácie na to, aby dosiahol z koncového zariadenia A koncové zariadenie B, nie je potrebná signalizácia a proces zostavenia spojenia pred prenosom užitočnej informácie. Komunikácia bez spojovej orientácie nesie tiež názov datagramová komunikácia.

#### **1.1.2.1 Datagram**

Datagram je druh spojenia, ktorý nevyžaduje vybudovanie a zrušenie komunikačnej cesty. Každý datagramový paket nesie so sebou dostatočné množstvo smerovacej informácie pre prechod sieťou. Vzhľadom na to, že nie je vybudovaná cesta v sieti, môže každý datagram využívať ľubovoľné uzly a prenosové časti siete. Závisí to od momentálneho stavu siete. V cieľovom bode tak nie je zaručené správne poradie prichádzajúcich datagramových paketov. Je preto potrebná funkcia zoradenia (resequencing). V prípade jednoduchého datagramu tiež nie je zaručená integrita prenosu, ak dôjde k strate paketov v sieti.

Komunikácia bez spojovej orientácie je vhodná ako mechanizmus pre vybudovanie spojenia pri spojovo orientovanej komunikácii.

#### **1.1.2.2 Datagram s potvrdením**

Datagram s potvrdením je rozšírením datagramovej prevádzky. Prijímacia strana potvrdzuje príjem každého paketu. Zaručí sa tak integrita prenosu.

## **1.2 MULTIPLEXNÉ TECHNIKY**

V telekomunikačnej sieti môže viacero komunikačných procesov zdieľať spoločné prenosové, alebo spojovacie médium. Spôsob, akým procesy zdieľajú spoločné médium je daný použitou multiplexnou technikou. Spôsob multiplexovania úzko súvisí s charakterom siete.

Multiplexné techniky je možné rozdeliť do dvoch skupín - na **kanálové multiplexy** a **adresové multiplexy**.

### *A. Kanálový multiplex*

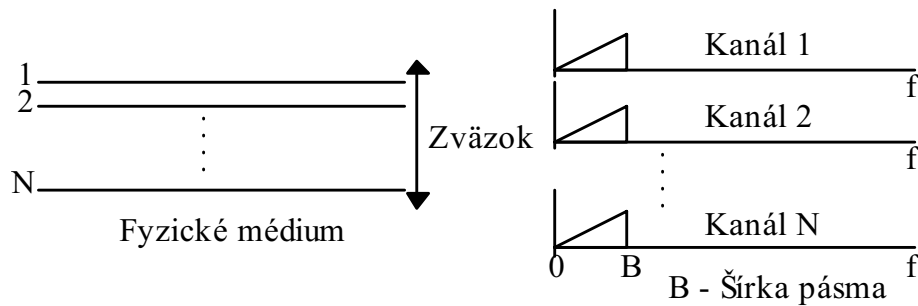
Pri kanálovom multiplexe má každé spojenie pridelený komunikačný kanál s pevnou šírkou pásma. Kanál je určený len pre dané spojenie. Podľa typu multiplexu je kanál určený fyzickým vedením v zväzku vedení (priestorový multiplex), časovou polohou v synchrónnom časovom rámci (časový multiplex), polohou nosnej na frekvenčnej osi (frekvenčný multiplex), alebo vlnovou dĺžkou svetelnej nosnej (vlnovodížkový multiplex). Charakteristický transfer mód pre kanálový multiplex je prepájanie okruhov.

## B. Adresový multiplex

Na rozdiel od kanálového multiplexu môžu mať kanály v adresovom multiplexe variabilné prenosové pásmo. Informácia je rozdelená na bloky (pakety) konštantnej, alebo variabilnej dĺžky, ktoré sú doplnené riadiacou informáciou. Riadiaca informácia je umiestnená na začiatku paketu (Header), na konci paketu (Trailer), alebo aj na začiatku, aj na konci paketu. Podstatnou časťou riadiacej informácie je smerovacia informácia, ale zvyčajne sú tam aj ďalšie funkcie, ako zabezpečenie proti chybám, počítadlo sekvencie a prídavné protokolové funkcie. Charakteristický transfer mód pre adresový multiplex je prepájanie paketov.

### 1.2.1 Priestorový multiplex

Priestorový multiplex označovaný ako **SDM (Space Division Multiplex)** patrí ku kanálovým multiplexom. Jednotlivé spojenia sú oddelené fyzicky, t.j. sú nesené na separátnych prenosových médiách. Prenosové média tvoria dokopy zväzok. Nie je však podmienkou, aby príbuzné vedenia boli v tom istom zväzku. Priestorový multiplex je na [Obr.1.2.1](#).

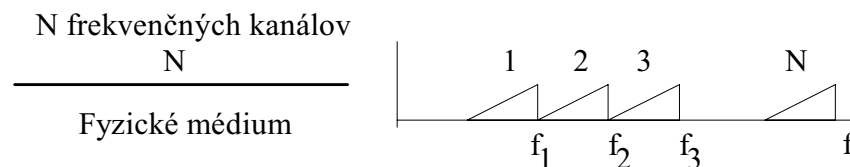


Obr.1.2.1

Jednotlivé spojenia môžu zaberat' viac ako jedno vedenie. Spojenie môže byť aj dvojdrôtové, alebo štvordrôtové.

### 1.2.2 Frekvenčný multiplex

Frekvenčný multiplex je označovaný ako **FDM (Frequency Division Multiplex)** a patrí tiež ku kanálovým multiplexom. Jednotlivé spojenia zdieľajú to isté fyzické médium, ale sú oddelené frekvenčne. Kanály sú na frekvenčnej osi posúvané pomocou procesu modulácie (napr. AM modulácia s jedným postranným pásmom). Frekvenčný multiplex je na [Obr.1.2.2](#).

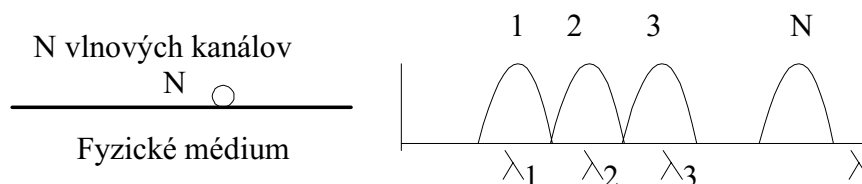


Obr.1.2.2

Frekvenčný multiplex je typický najmä pre analógovú prenosovú techniku a nenašiel uplatnenie v spojovacích systémoch.

### 1.2.3 Vlnový multiplex

Vlnový, alebo vlnovodĺžkový multiplex je označovaný ako **WDM (Wavelength Division Multiplex)** a je modifikáciou frekvenčného multiplexu. Rozdiel je v použítých frekvenciách, pretože nosnou je v tomto prípade svetelná vlna. Prenosové médium je optické vlákno. Vlnový multiplex je na [Obr.1.2.3](#).



Obr.1.2.3

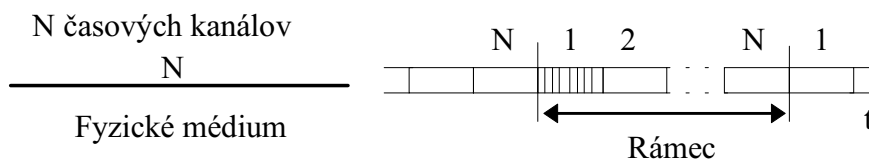
Vlnový multiplex našiel prvé uplatnenie v prenosovej technike, ale dnes so zavedením optických spojovacích systémov rastie jeho dôležitosť aj v spojovacej technike.

### 1.2.4 Časový multiplex

Časový multiplex je označovaný ako **TDM (Time Division Multiplex)** a v rôznych modifikáciách patrí ku kanálovým, alebo adresovým multiplexom. Jeho význam prudko vzrástol po zavedení číslicovej techniky a je základným multiplexom používaným v digitálnych spojovacích systémoch.

#### 1.2.4.1 Synchronný časový multiplex

Synchronný časový multiplex (**STDM - Synchronous Time Division Multiplex**) prideluje jednotlivým kanálom miesta na časovej osi v pravidelných intervaloch. Patrí preto ku kanálovým multiplexom. Intervaly sú dané vzorkovacou frekvenciou prenášaného signálu. Časové kanály bývajú zoskupené do vyšších hierarchií, tzv. rámcov. STDM je znázornený na [Obr.1.2.4](#).



Obr.1.2.4

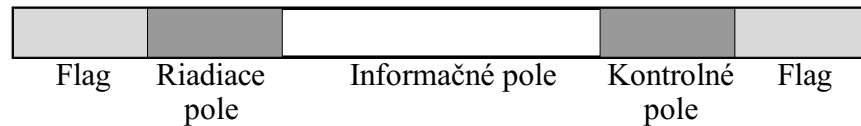
Synchronný časový multiplex je používaný v N-ISDN (úzkopásmovej ISDN), kde veľkosť rámca, vzorkovacia frekvencia a dĺžka kódového slova zodpovedajú potrebám telefónneho kanála. (Vzorkovacia frekvencia je 8 kHz, slovo má 8 bitov a tak fixná šírka kanála je 64 kbit/s.) Rovnomerné obsadzovanie multiplexu je realizované procesom *synchronného multiplexovania*.

#### 1.2.4.2 Asynchrónny časový multiplex

Asynchrónny časový multiplex (**ATDM - Asynchronous Time Division Multiplex**) neprideluje kanály synchronne, t.j. v pravidelných intervaloch a tak patrí k adresovým multiplexom. Komunikácia využívajúca ATDM môže byť spojovo orientovaná, alebo bez spojovej orientácie. Informácia je delená do paketov, ktoré sú odlišené smerovacou informáciou. ATDM môžeme kategorizovať do dvoch skupín.

##### A. ATDM s paketmi variabilnej dĺžky

Ak má paket variabilnú dĺžku, nie sú implicitne dané jeho hranice. Paket musí obsahovať v riadiacej časti polia, ktoré jednoznačne určujú začiatok a koniec paketu (Flag). V pakete je informačné pole a ďalšie polia podľa potreby spojenia. Na [Obr.1.2.5](#) je príklad paketu s variabilnou dĺžkou.

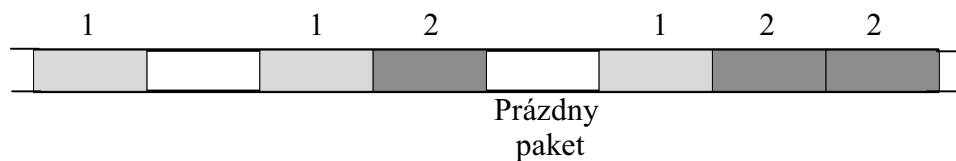


Obr.1.2.5

Flag je jednoznačná kombinácia bitov, ktorá určuje začiatok a koniec paketu. Táto kombinácia sa nesmie nachádzať vo vnútri paketu. V riadiacom poli je informácia pre smerovanie, riadenia sekvencie paketov, alebo informácia pre bližšiu identifikáciu paketu. Kontrolné pole používa nejaký kontrolný mechanizmus pre zabezpečenie paketu pred chybami v prenose. Kanály (t.j. ich pakety) obsadzujú miesto v multiplexe podľa svojich požiadaviek (asynchrónne) a tak je možná variabilná rýchlosť prenosu. Nerovnomerné obsadzovanie multiplexu je realizované procesom **štatistického multiplexovania**. ATDM s paketmi variabilnej dĺžky je používané v bežnom prepájaní paketov.

##### B. ATDM s paketmi konštantnej dĺžky

Ak má paket konštantnú dĺžku, odpadajú problémy s rozoznávaním hraníc paketu. Paket je jednoznačne určený svojou polohou v rámci. Časová os je rozdelená na rovnaké úseky a paket zaberie miesto v jednom z nich. Prenos je asynchrónny v tom zmysle, že pakety z jednotlivých spojení neobsadzujú voľné miesta pravidelne, ale podľa potrieb spojenia. Je to znázornené na [Obr.1.2.6](#).



Obr.1.2.6

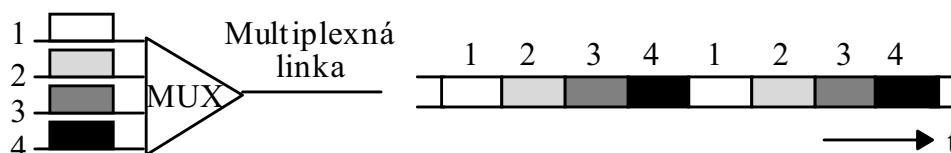
Ak nie je k dispozícii paket, v multiplexe je prázdne miesto o veľkosti paketu. Zvyčajne je obsadené paketom bez informácie (Unassigned, Idle packet), aby sa zachovala synchronizácia multiplexu. Vstup paketu do multiplexu znamená nahradenie prázdneho paketu paketom konkrétneho spojenia. V pakete nie je riadiace pole pre rozoznávanie hraníc

paketu, ale môže obsahovať ostatné polia, uvedené pri paketoch s variabilnou dĺžkou. ATDM s paketmi konštantnej dĺžky je používaný v lokálnych počítačových sieťach (Slotted Ring) a bude tiež použitý v budúcej B-ISDN (širokopásmovej ISDN), kde je tento princíp nazvaný rýchle paketové prepájanie (**FPS-Fast Packet Switching**), alebo **ATM - Asynchronous Transfer Mode**.

Časový multiplex je technicky realizovaný pomocou multiplexorov. Podľa toho, či sa jedná o STDM, alebo ATDM budú to synchronónne, alebo štatistické multiplexory.

#### 1.2.4.3 Synchronónne multiplexory

Časový multiplexor koncentruje prevádzku z určitého počtu vstupov na jeden výstup. Synchronónny multiplexor prideluje vstupom výstupné časové kanály rovnomerne. Znamená to, že vo výstupnom multiplexe je každý zo vstupných kanálov definovaný svojou polohou. Vznikajú rámce, ktorých vnútorná štruktúra je pevná a ktoré sa periodicky opakujú. Princíp synchronónneho multiplexora je na [Obr.1.2.7](#).



Obr.1.2.7

Synchronónne multiplexory sú často používané v súčasnej prenosovej aj spojovacej technike. Nevýhody synchronónnych multiplexorov sa prejavajú, ak je vo vstupných kanáloch nízka prevádzka. Vtedy je multiplex málo využitý, pretože časové polohy pridelené jednotlivým kanálom sú obsadzované prázdnyimi značkami (Dummy, alebo Stuffing byte). Tento spôsob multiplexovania je však veľmi výhodný pre prenos a prepájanie synchronónnych signálov ako audio a video. Zaručuje synchronónnosť prenosu a konštantné oneskorenie signálu.

#### 1.2.4.4 Štatistické multiplexory

Štatistický multiplexor obsadzuje výstupný multiplex podľa požiadaviek vstupných kanálov. Výstupný multiplex je preto ideálne využitý. Použitie štatistických multiplexorov je v paketových asynchronných sieťach, ktoré však vyžadujú iný spôsob prenosu a prepájania ako klasické synchronónne siete. Kanál vo výstupnom multiplexe už nie je daný svojou časovou polohou, ale musí so sebou niesť informáciu, ktorá ho identifikuje. Štatistické multiplexovanie je základný spôsob multiplexovania v B-ISDN, ktorá používa techniku rýchleho paketového prepájania (FPS, ATM).

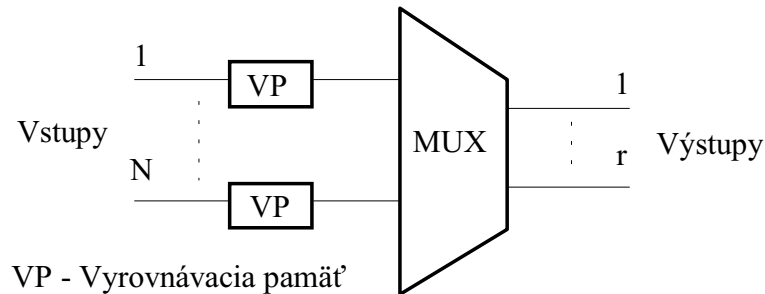
Vo všeobecnosti môže mať štatistický multiplexor  $N$  vstupov a  $M$  výstupov, kde  $N > M$ . Má teda funkciu koncentrátora a ako uvidíme neskôr, má aj vlastnosti spojovacieho poľa, pretože prepája niektorý z  $N$  vstupov na niektorý z  $M$  výstupov. Na rozdiel od pravého paketového spojovacieho poľa, jednoduchý štatistický multiplexor nemá smerovaciu funkciu, t.j. nesmeruje presne konkrétny vstup na konkrétny výstup.

Z hľadiska realizácie sú tri možnosti vnútornej štruktúry štatistického multiplexora:



A. Multiplexor so vstupným radením

Multiplexor so vstupným radením má na vstupe vyrovnávacie pamäti, do ktorých sa zapisujú prichádzajúce pakety. Ako je vidieť na Obr.1.2.8, prichádzajúce bunky sa radia v N oddelených FIFO (First In First Out) pamätiach.

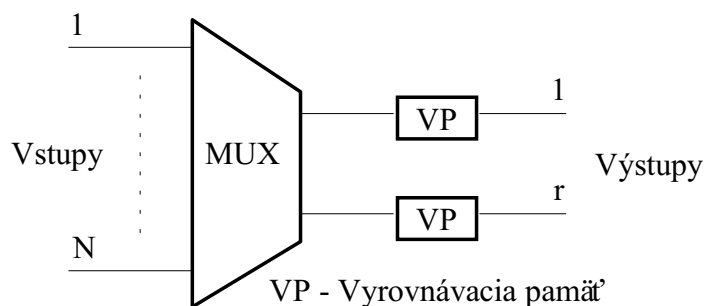


Obr.1.2.8

Každý vstup má svoju vyrovnávaciu pamäť. Veľkosť vstupnej pamäti je závislá na prevádzke, na dovolenom oneskorení paketov a dovolenej pravdepodobnosti straty paketu. Ak predpokladáme r výstupov z multiplexora, potom v časovom intervale dĺžky jedného paketu sa môže zapísať súčasne r paketov na výstupy. Ak by sme predpokladali len jeden výstup z multiplexora, zapíše sa na výstup len jeden paket. Čím je väčší pomer medzi počtom vstupov a výstupov multiplexora, tým je väčšia pravdepodobnosť blokovania paketov vo vnútri multiplexora.

B. Multiplexor s výstupným radením

Multiplexor s výstupným radením má vyrovnávacie pamäti umiestnené na výstupoch. Ako vidieť z Obr.1.2.9, v tomto prípade sa tvorí v multiplexore r výstupných radov.

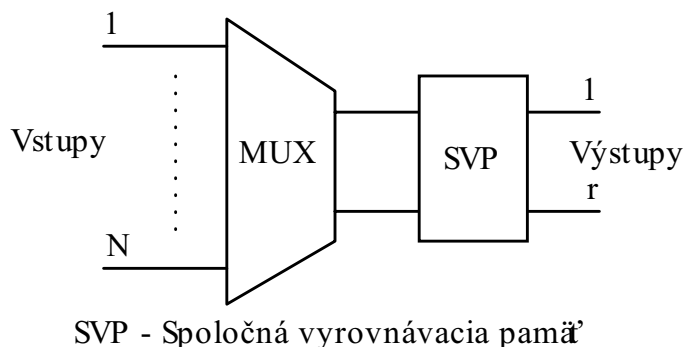


Obr.1.2.9

Tento druh radenia je výhodnejší ako vstupné radenie, lebo prevádzka sa hneď pri vstupe paketov do multiplexora rovnomerne rozdelí do radov na jednotlivé výstupy. V prípade vstupného radenia môže dôjsť pri intenzívnej prevádzke na jednom vstupe k preplneniu vstupnej vyrovnávacej pamäti.

### C. Multiplexor zo spoločným výstupným radením

Tento druh multiplexora poskytuje pre všetky výstupné kanály jednu výstupnú vyrovnávaciu pamäť. Vytvára sa jeden rad, ktorý poskytuje pakety na jednotlivé výstupy. Je to znázornené na Obr.1.2.10.



Obr.1.2.10

Je potrebné poznamenať, že uvedené rozdelenie multiplexorov bolo zjednodušené a obmedzilo sa na najzákladnejšiu kategorizáciu. V skutočnosti pakety obsahujú smerovaciu informáciu a preto môžu byť smerované na konkrétny výstup z multiplexora. Potom multiplexor získava podobné vlastnosti ako spojovacie elementy v paketovej sieti, ktoré sú popísané v časti 3.10.

## 1.3 TRANSFER MÓDY

Pod transfer módom budeme rozumieť prepájacie, prenosové a multiplexné techniky použité v telekomunikačnej sieti. V histórii telekomunikačných služieb bolo použitých viacero transfer módov. Niektoré transfer módy boli aplikované v inovovaných verziách už viackrát. Napríklad asynchrónny telegrafný prenos, ktorý bol prvým transfer módom v histórii telekomunikácií, je vlastne jedna z foriem prepájania paketov, ktorý je použitý aj v najmodernejšej ATM sieti. Použitie transfer módu je dané požiadavkami na telekomunikačné služby a možnosťami, ktoré poskytuje technológia.

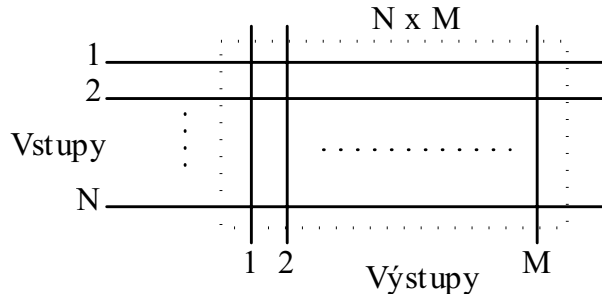
### 1.3.1 Prepájanie okruhov

Prepájanie okruhov (Circuit Switching) je dnes najrozšírenejší transfer mód. Je použitý v telefónnej sieti, ktorá je najkomplexnejšou telekomunikačnou sieťou vo svete. Pri prepájaní okruhov sa zriadi komunikačný kanál medzi koncovými bodmi spojenia A a B a ten je vybudovaný počas celého spojenia. Prepájanie okruhov je možné rozdeliť na:

- prepájanie pomocou priestorového multiplexu (Space Switching), ktoré je realizované v priestorových spínačoch,
- prepájanie pomocou časového multiplexu (Time Switching), ktoré je realizované v časových spínačoch,
- prepájanie pomocou kombinácie priestorového a časového multiplexu, ktoré je realizované kombináciou priestorového a časového spínača.

### 1.3.1.1 Priestorový spínač

V priestorovom spínači sú okruhy od seba oddelené priestorovo, t.j. jednotlivé kanály sú nesené na rôznych prenosových médiách. Spojovací element predstavuje spínacia matica  $N \times M$ , ktorá prepojí ľubovoľný vstup na ľubovoľný výstup. Matica je znázornená na Obr.1.3.1.

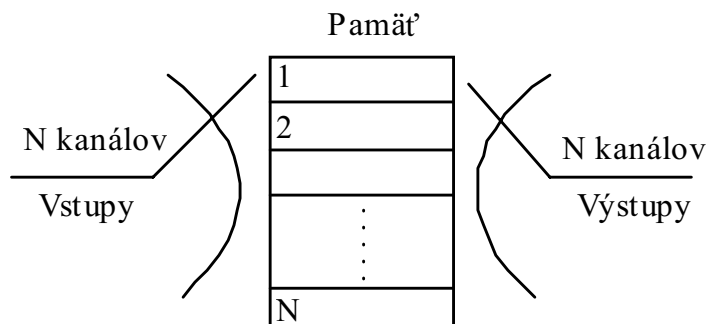


Obr.1.3.1

Priestorový spínač dovolí kanálom meniť fyzické médium, nemôže meniť časovú polohu kanála v multiplexe. Pracuje odlišne v analógových a digitálnych systémoch. V analógových systémoch je vstup s výstupom spínača prepojený počas celého spojenia. V digitálnych spínačoch je vstup a výstup cyklicky prepájaný len počas trvania časového kanála, ktorý požaduje dané prepojenie. V ďalšom časovom intervale sa konfigurácia mení. Konfigurácie sa opakujú podľa vzorkovacej frekvencie prepájaných signálov.

### 1.3.1.2 Časový spínač

V časovom spínači sú kanály od seba oddelené rôznymi časovými polohami, ale fyzicky sú na tom istom prenosovom médiu. Prepájanie v časovom spínači znamená zmenu časovej polohy kanála. Zmena je sprostredkovaná pomocou zápisu a čítania z pamäti. Zápis a čítanie pamäti je realizované rôznymi algoritmami, čo spôsobí zmeny časových kanálov na výstupe spínača (cyklický zápis do pamäti a riadené čítanie z pamäti, alebo naopak). Princíp časového spínača je na Obr.1.3.2.



Obr.1.3.2

Časový spínač dovolí zmenu časovej polohy kanála, ale nemôže meniť prenosové médium. Veľkosť pamäti závisí od počtu vstupov a výstupov spínača a organizácia pamäti od veľkosti kódového slova v prepájanom signáli.

### 1.3.1.3 Kombinovaný spínač.

Veľkosť priestorového spínača je obmedzená fyzickým počtom vstupných a výstupných liniek. Veľkosť časového spínača je obmedzená rýchlosťou použitých polovodičových pamätí. Veľké paralelné spojovacie polia sa preto realizujú kombináciou priestorových a časových spínačov. Kaskádnym spájaním časových a priestorových spínačov je možné vytvárať prakticky ľubovoľne veľké polia, v ktorých dochádza k zmenám liniek aj časových polôh kanálov.

Pri prepájaní okruhov má každý kanál definovanú rýchlosť (šírku pásma), ktorá je daná systémom a je nemeniteľná. Kanál v dnešnej N-ISDN, ktorá pracuje s prepájaním okruhov, je stanovený ako 64 kbit/s. Toto pásmo bolo vybrané vzhľadom na telefónny kanál, ktorý má vzorkovaciu frekvenciu 8 kHz a 8-bitovú vzorku. Táto neflexibilita je nepriaznivá pre signály s pásmom iným ako 64 kbit/s a tiež pre signály s meniteľnou rýchlosťou prenosu. Prepájanie okruhov preto nie je vhodné pre univerzálnu telekomunikačnú sieť, ktorá má poskytovať prostredie pre všetky druhy služieb.

### 1.3.2 Multipásmové prepájanie okruhov

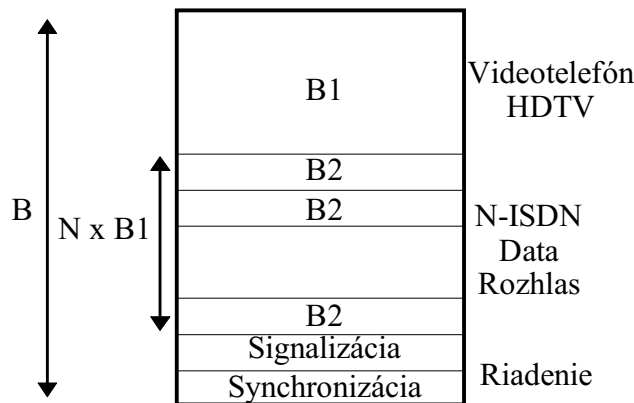
Ako už bolo spomínané, prepájanie okruhov je neflexibilné pre signály s inou prenosovou rýchlosťou, ako je základný kanál v systéme (napr. 64 kbit/s). Rýchlejšie signály nie je možné prepájať a pomalšie signály zaberajú celé pásmo, aj keď by vystačili s užším kanálom. Na čiastočné prekonanie tejto inflexibility bolo vyvinuté multipásmové prepájanie okruhov.

Multipásmové prepájanie okruhov je v princípe totožné s prepájaním okruhov, len signál môže zaberat' viacero kanálov v multiplexe. Spojenie je vybudované súčasne vo viacerých kanáloch paralelne a jeho rýchlosť je tak celistvým násobkom základnej rýchlosti systému. V N-ISDN je to  $N \times 64$  kbit/s.

Spojovací systém s multipásmovým prepájaním okruhov je zložitejší, pretože v rámci jedného spojenia sa musí udržať synchronizácia medzi paralelnými kanálmi. Ďalším problémom je, ako vybrať základnú šírku pásma, z ktorých sa budú tvoriť paralelné kanály. Niektoré signály požadujú rýchlosť rádovo kbit/s (telemetria), niektoré viac ako 100 Mbit/s (video). Základný kanál by mal byť vybraný vzhľadom na najmenšiu požadovanú rýchlosť. Ak by sme však vybrali ako základný kanál 1 kbit/s, potom pre HDTV (High Definition Television - televízia s vysokou rozlišovacou schopnosťou) by potrebovala 140 000 základných kanálov paralelne. Ak by sa základné pásmo zvolilo väčšie, pre pomalšie signály by boli kanály nevyužitú.

Tento problém sa dá vyriešiť definovaním niekoľkých základných kanálov v spojovacom systéme, ktoré sa budú od seba navzájom líšiť. V spojovacom poli budú potom oddelené spínače pre každé definované pásmo. V prenosovej časti systému sa budú kanály zlučovať do rámcov, ktorých rýchlosť odpovedá prenosovým trasám. Jedna z možností takéhoto rámca je na [Obr.1.3.3](#).

Kanál B1 je širokopásmový kanál s rýchlosťou viac ako 100 Mbit/s určený pre prenos a prepájanie televízneho signálu a kvalitného videotelefónu. Niekoľko kanálov B2 majú rýchlosť rádovo Mbit/s a slúžia na prenos N-ISDN signálov (30B + D), prenos dát, alebo rozhlasového signálu. Okrem toho je v rámci synchronizačný a signalizačný kanál. B je celková rýchlosť (pásmo) rámca.



Obr.1.3.3

Jeden z konkrétnych systémov s takouto architektúrou je bližšie popísaný v časti o širokopásmovom prepájaní okruhov .

Multipásmové prepájanie okruhov je flexibilnejšie ako jednoduché prepájanie okruhov, napriek tomu má nevýhody. Ak sú obsadené všetky úzkopásmové kanály B1, tak ďalší úzkopásmový kanál nemôže byť akceptovaný, aj keď kanál B4 je voľný. Systém tiež nemôže efektívne prenášať a prepájať signály s meniteľnou rýchlosťou prenosu. Kanály sú síce rôznorodé, ale ich šírka sa nedá meniť. Ak má byť v systéme prepájaný signál s meniteľnou šírkou pásme, musí byť vybratý kanál, ktorý odpovedá maximálnej rýchlosti signálu. Signál má však špičkové hodnoty rýchlosti len v niektorých okamihoch a tak kanál bude väčšinu času nevyužitý.

### 1.3.3 Rýchle prepájanie okruhov

Rýchle prepájanie okruhov je rozšírenie konceptu prepájania okruhov. Princíp rýchleho prepájania okruhov je v tom, že jednotlivým službám sa okruhy pridávajú len podľa potreby.

Pri žiadosti o spojenie sa v spojovacom systéme zaznamená požiadavka na spojenie a požiadavka na prenosové pásmo. Prenosové pásmo je vždy celistvým násobkom základného kanála v systéme. V skutočnosti sa však spojenie nenadviaže. Spojenie sa zrealizuje až vtedy, keď sa v kanále objavia dáta. Ak dáta nie sú prítomné, fyzické spojenie sa zruší, ale kým nie je deklarován koniec spojenia, v riadiacom systéme je zaznamenaná požiadavka na pásmo. Po príchode dát sa proces opakuje. Takýto systém je vhodný aj pre signály s nárazovým charakterom.

Systém sa dá vylepšiť spojením s multipásmovým prepájaním okruhov, pretože sa dajú univerzálnejšie vyberať prenosové rýchlosti pre danú službu.

Rýchle prepájanie okruhov vo vzťahu k prepájaniu okruhov môžeme porovnať ako prevádzku bez spojovej orientácie k spojovo orientovanej prevádzke v systéme s prepájaním paketov. Okruhy tu nie sú pridelené permanentne, ale podľa potreby, čo pripomína datagramovú službu.

Vzhľadom na to, že systém musí v extrémne krátkom čase nadviazať a zrušiť fyzické spojenie, je riadenie veľmi zložitú. Preto sa okrem niekoľkých laboratórnych experimentov v praxi neuplatnil.

### 1.3.4 Prepájanie paketov

V systéme s prepájaním paketov (Packet Switching) nie je zriadený trvalý okruh medzi koncovými bodmi spojenia A a B. Prenášaná informácia je delená na pakety a tie sú podľa požiadaviek asynchrónne prepravované medzi bodmi A a B. Spojenie má virtuálny charakter. Je možná spojovo orientovaná prevádzka, aj prevádzka bez spojovej orientácie. Prepájanie paketov je výhodné pre pomalé dátové prenosy, ktoré nemajú synchrónny charakter, nie sú citlivé k zmenám oneskorenia v sieti a majú nárazový charakter.

Najrozšírenejšia dátová sieť je dnes X.25. Je charakteristická vrstvou protokolovou štruktúrou, ktorá je typická aj pre ostatné dátové siete. Nekvalitné prenosové linky v čase budovania týchto sietí spôsobovali početnosť bitových chýb (BER - Bit Error Ratio) s hodnotou  $10^{-6}$ , preto bola potrebná zložitá kontrola toku a korekcia chýb na každej linke daného spojenia. Táto link-by-link kontrola vyžadovala protokolový procesing, ktorý značne spomaľoval rýchlosť siete. Napríklad pre X.25 je typický LAPB variant HDLC protokolu, ktorý zabezpečoval spoľahlivý prenos informácie v sieti.

Protokolový procesing narušoval časovú transparentnosť siete a tak cez paketovú sieť nemôžu byť prepravované synchrónne služby a signály v reálnom čase. Procesing musí mať vyššiu rýchlosť ako je transport dát a preto je klasické prepájanie paketov nevhodné aj pre dátové signály s vysokými rýchlosťami (desiatky až stovky Mbit/s).

Pre zníženie komplexnosti procedúr v smerovacích uzloch siete sú realizované postupy ako Frame Switching a Frame Relaying, ktoré nemajú tak zložitý protokolový procesing. Ich časová transparentnosť však tiež nie je zaručená. Univerzálna širokopásmová sieť musí podporovať všetky existujúce telekomunikačné signály, preto pre ňu nie je paketové prepájanie vhodným transfer módom.

### 1.3.5 Rýchle prepájanie paketov

Rýchle prepájanie paketov (FPS - Fast Packet Switching) je modifikáciou paketového prepájania, ktorá odstraňuje zložitú funkcionálnu v smerovacích uzloch siete. Tento transfer mód bol vybraný ako základný transfer mód pre B-ISDN, pretože dovoľuje prenos a prepájanie všetkých telekomunikačných služieb. Štandardizovaná verzia rýchleho paketového prepájania nesie názov ATM - Asynchronous Transfer Mode.

ATM je bližšie popísaný v časti 3.3. Na tomto mieste spomeňme len základné vlastnosti, ktoré ho predurčili ako základný mód pre B-ISDN:

a/ **Žiadna kontrola toku a kontrola chýb link-by-link.** ATM sa spolieha na kvalitné optické prenosové médium a preto zložitý protokolový procesing kvôli chybám v prenose nie je potrebný. Ak služba vyžaduje zabezpečenie prenosu, môže ju realizovať vo vyšších vrstvách protokolového modelu na báze end-to-end spojenia.

b/ **Pakety konštantnej dĺžky.** ATM má pakety rovnakej dĺžky, čo tiež zjednodušuje procesing a uľahčuje prepájanie v spojovacích uzloch siete. Dĺžka paketu (v ATM označovaného ako bunka) je pomerne malá (53 byte), čím sa znižujú nároky na vyrovnávaciu pamäť v uzloch. To zároveň garantuje menšie oneskorenie a zmeny oneskorenia v sieti.

c/ **Spojovo orientovaný mód činnosti.** Spojenie je spojovo orientované, t.j. pred výmenou informácie musí prebehnúť fáza zostavenia spojenia. Počas zostavenia spojenia sa rezervuje pre prenos postačujúce prenosové pásmo a tak sa minimalizuje možnosť straty paketov kvôli preťaženiu siete.

d/ **Časová transparentnosť**. ATM má minimálny procesing v sieti a pakety pomerne malej dĺžky, takže oneskorenie nie je kritické. Pre prenos synchronných (izochrónnych) signálov má špeciálny prístupový bod (SAP1) v adaptačnej vrstve protokolového modelu, kde je možné prenášať aj synchronizačnú informáciu, ak to služba vyžaduje.

e/ **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. ATM sieť tak podporuje služby so všetkými rýchlosťami od niekoľko kbit/s až po stovky Mbit/s (v budúcnosti aj viac), prenáša synchronne aj asynchrónne služby, spojovo orientované služby aj služby bez spojovej orientácie. Signál môže mať konštantnú aj variabilnú rýchlosť prenosu.

## **1.4 SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY**

Definovaním **SDH (Synchronous Digital Hierarchy)** bola prvýkrát vytvorená a štandardizovaná celosvetová multiplexná hierarchia. Vznikla na základe amerického štandardu SONET (Synchronous Optical Network), ktorý bol vynútený rozmáhajúcou sa nekompatibilitou optických rozhraní v prenosových systémoch. SDH ponúka efektívnejší prenos signálu, jednoduché zvyšovanie prenosových rýchlostí v budúcnosti a prístup TMN (Telecommunication Management Network) k riadeniu prenosu.

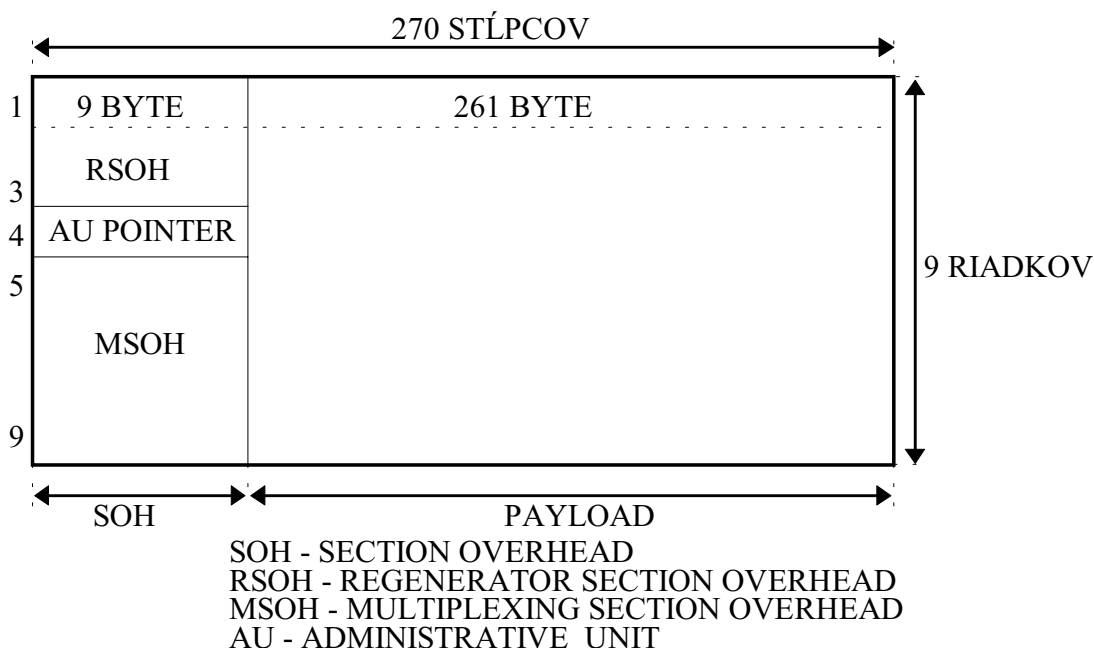
Vzhľadom na to, že jedna z možností, ako prenášať širokopásmový ATM signál je aj prenos pomocou SDH, bude v nasledujúcom texte veľmi stručne vysvetlený princíp SDH. Táto časť si nekladie za úlohu vyčerpávajúco vysvetliť SDH, sú tu len pojmy, potrebné pre širokopásmové spojovanie.

Logicky je možné rozdeliť SDH procedúry na rýchle multiplexovanie (High-speed multiplexing) a pomalé multiplexovanie (Low-speed multiplexing). Rýchle multiplexovanie predstavuje multiplexovanie rovín t.j. transportných modulov do modulov vyšších rádov a multiplexovanie virtuálneho kontajneru VC-4 do STM-1. Pomalé multiplexovanie je multiplexovanie základných signálov do VC-4.

### **1.4.1 High-speed multiplexing**

Základný prenosový rámec SDH je **STM-1 (Synchronous Transfer Module)**, ktorý je tvorený 9 riadkami po 270 byte (**Obr.1.4.1.**). Prenosový smer je zľava doprava a zhora dole. Celý rámec, t.j. 2430 byte trvá 125 mikrosekúnd a tak je prenosová rýchlosť 155,520 Mbit/s. Prvých 9 stĺpcov predstavuje riadiacu informáciu - SOH - Section Overhead, t.j. efektívny prenos je 2349 byte a rýchlosť 150,336 Mbit/s. Pole SOH sa delí na RSOH (Regenerator Section Overhead), ktoré je dekódované v regenerátoroch prenosovej cesty a MSOH (Multiplexing Section Overhead), ktoré slúži pre High-speed multiplexing. AU pointer (Administrative Unit pointer) hovorí o umiestnení informácie v informačnom poli (Payload) modulu STM-1. Multiplexné procesy v SDH sú robené po byte.





Obr.1.4.1

Modul STM-1 môže byť multiplexovaný do modulov vyšších rádov (rovín), z ktorých sú dnes definované STM-4 a STM-16. Takýto modulový proces multiplexovania smerom k vyšším rýchlostiam zjednodušuje v budúcnosti vytvárané moduly vyšších rádov. Prehľad rovín a modulov je v tabuľke na [Obr.1.4.2](#).

TRANSPORTNÝ MODUL	ROVINA	kbit/s	ROZHRANIE	
			ELEKTRICKÉ	OPTICKÉ
STM-1	1	155 520	G.703	G.957
STM-4	4	622 020		G.957
STM-16	16	2 480 320		G.957

Obr.1.4.2

### 1.4.2 Low-speed multiplexing

Signály (Tributaries) multiplexované do STM-1 sú najprv mapované do kontajnerov (C - Container). Kontajner spolu s poľom POH (Path Overhead) vytvára virtuálny kontajner (VC). Každý VC je potom vybavený ukazovateľom (Pointer), s ktorým tvorí Tributary Unit (TU), alebo Administrative Unit (AU). Úlohou ukazovateľa je určovať fázový vzťah medzi VC a TU (AU). TU (AU) sú multiplexované na Tributary Unit Group (AUG), alebo Administrative Unit Group (AUG), ktoré vytvárajú informačné pole v STM-1. Prehľad multiplexných elementov (Tributaries) v SDH je v tabuľke na [Obr.1.4.3](#) a počet tributaries v multiplexoch je v tabuľke na [Obr.1.4.4](#). Na [Obr.1.4.5](#) je postup multiplexovania signálov v SDH.



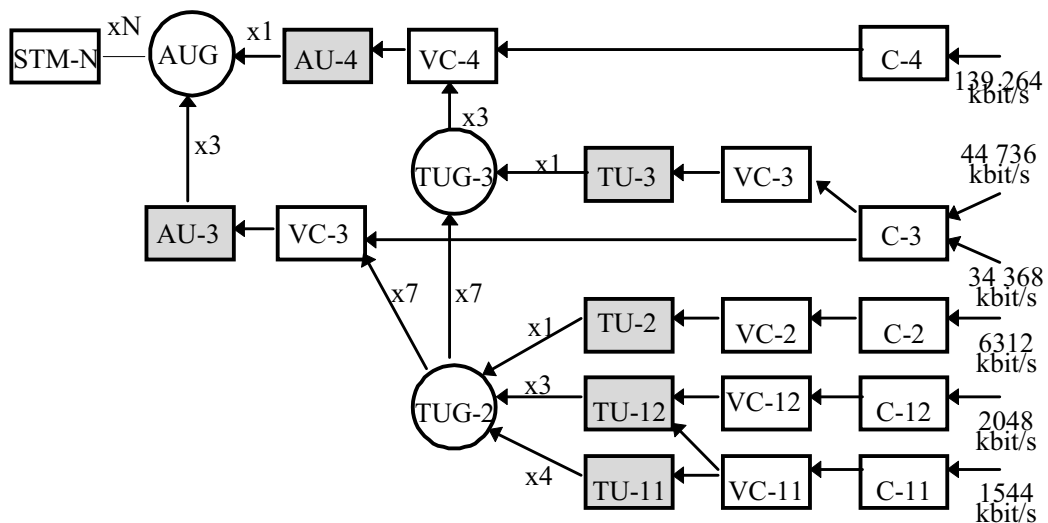
TRIBUTARY	CONTAINER	VIRTUAL CONTAINER	TRIBUTARY UNIT	ADMINISTRATIVE UNIT
1,544 Mbit/s	C-11	VC-11	TU-11	-
2,048 Mbit/s	C-12	VC-12	TU-12	-
6,312 Mbit/s	C-2	VC-2	TU-2	-
34,368 Mbit/s	C-3	VC-3	TU-3	AU-3
44,736 Mbit/s	C-3	VC-3	TU-3	AU-3
139,264 Mbit/s	C-4	VC-4	TU-4	AU-4

Obr.1.4.3

Následkom prídavnej informácie je efektívna rýchlosť VC menšia, ako je jeho objem v informačnom poli STM-1. Efektívna rýchlosť VC-4 je 149 760 kbit/s, VC-3 je 48 384 kbit/s, VC-2 je 6832 kbit/s a VC-1 je 2224 kbit/s. Celkový prehľad tvorenia modulu STM-1, High-speed multiplexing a Low-speed multiplexing je na Obr.1.4.6.

MULTIPLEXNÝ SIGNÁL	AU-3	AU-4	STM-1	STM-4	SMT-16
TRIBUTARY					
1,544 Mbit/s	28	84	84	336	1344
2,048 Mbit/s	21	63	63	252	1008
6,312 Mbit/s	7	21	21	84	336
34,368 Mbit/s	1	3	3	12	48
44,736 Mbit/s	1	3	3	12	48
139,264 Mbit/s		1	1	4	16

Obr.1.4.4



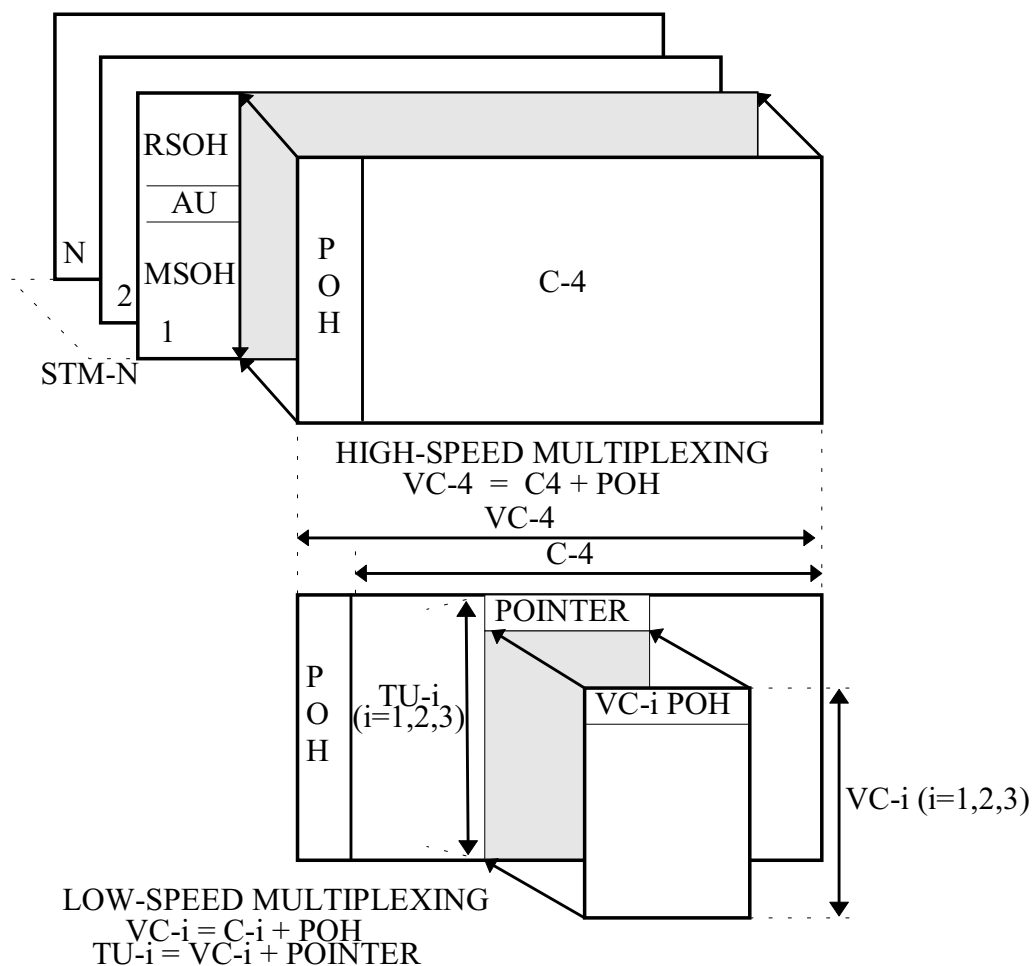
Obr.1.4.5

### 1.4.3 Overhead polia

Pole SOH (Obr.1.4.1) obsahuje dôležité prenosové informácie. Má pomerne veľkú kapacitu (4,608 Mbit/s v STM-1, ak nerátame AU pointer) a napomáha multiplexovaniu AUG do STM-N rámcov.

SOH pre STM-1 podrobnejšie znázorňuje Obr.1.4.8. Prvé tri riadky patria RSOH, kde významy jednotlivých byte sú nasledovné.

- A1,A2 - rámcové synchronizačné slovo
- B1 - paritná ochrana (BIP-8)
- C1 - číslovanie STM-1 v STM-N
- D1-D3 - dátový komunikačný kanál 192 kbit/s pre TMN
- E1 - Služobný kanál 64 kbit/s
- F1 - kanál použiteľný pre správcu siete



Obr.1.4.6

Posledných 5 riadkov SOH patria poľu MSOH, kde jednotlivé byte majú nasledovné významy:

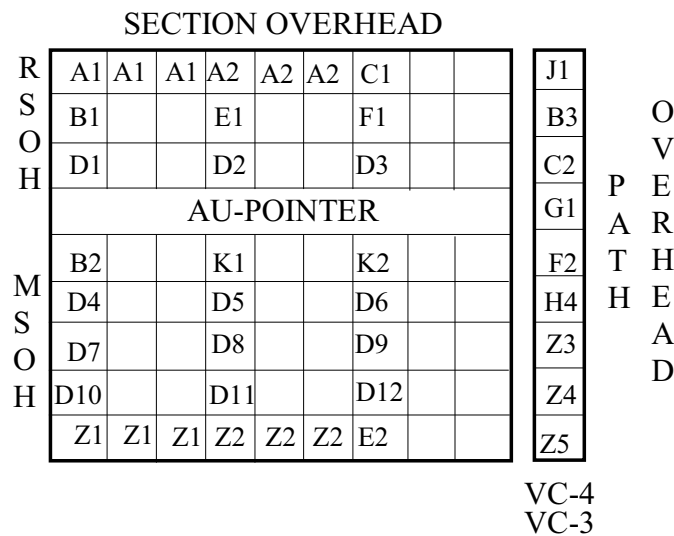
- B2 - paritná ochrana (BIP-24)
- D4-D12 - dátový komunikačný kanál 576 kbit/s
- E2 - služobný kanál 64 kbit/s
- K1,K2 - riadiace a dohľadové signály pre vedenia
- Z1,Z2 - rezervné byte

Zo 72 byte SOH 40 zatiaľ nemá určenú funkciu a zostávajú pre budúcu medzinárodnú šandarizáciu, alebo pre národné použitie.

Pole POH obsahuje informácie pre signály vnútri modulu. Pole POH pre VC-4 a VC-3 (ako ho vidieť na Obr.1.4.6) je detailne znázornené na Obr.1.4.8. Význam jednotlivých byte je nasledovný.

- B3 - paritná ochrana (B-8)
- C2 - označenie obsahu VC
- F2 - komunikačný kanál 64 kbit/s
- G1 - signalizačný kanál pre kvalitu cesty
- H4 - nadrámcový ukazovateľ
- J1 - preskúšanie cesty
- Z3-Z5 - rezervné byte

POH je prenášaný transparentne z miesta vzniku VC až k miestu jeho určenia.



Obr.1.4.8

### 1.4.4 Vyrovnávanie fázových posuvov

V PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) neexistuje žiadny vzťah medzi prenosovým rámcom a jeho obsahom. Posun z nižších do vyšších multiplexných úrovní sa uskutočňuje pomocou justifikačných a stuffingových bitov. Následkom toho je posun k nižším multiplexom spojený s demultiplexovaním a odstránením prídavných bitov.

Výhodou SDH je, že prístup k nižším multiplexom nie je spojený s demultiplexovaním celého rámca. Každý VC je vybavený ukazovateľom (Pointer), s ktorým tvorí TU a ktorý obsahuje adresu prvého byte POH. Tak je daná presná poloha VC v rámci TU.

Do rámcov SDH je možné multiplexovať aj pleziokrónne signály, ktoré nemajú definované fázové vzťahy s SDH uzlom. Tiež frekvencie oscilátorov v susedných SDH uzloch sa môžu odlišovať, alebo môže dôjsť k chybe synchronizácie v SDH systéme. Aby sa v takých prípadoch nestratila prenášaná informácia, následkom fázového posuvu sa zmení poloha signálu v rámci. Ošetrovanie takejto situácie sa rieši spojením ukazovateľa a techniky positive-zero-negative justification.

V prípade fázového posuvu sa využíva buď rezervný byte pre zápornú justifikáciu, alebo sa pridáva stuffingový byte pre kladnú justifikáciu. V prvom prípade sa posunie VC o jedno miesto doľava, v druhom prípade o jedno miesto doprava. Túto zmenu zaregistruje ukazovateľ, ktorý sa v prvom prípade dekrementuje o jednotku, v druhom inkrementuje o jednotku. Tak je stále zachovaná aktuálna informácia o polohe signálu v rámci a tým aj prístup k nemu. Justifikačné pole je pri menších TU jeden byte, pri AU-4 tri byte. Na Obr.1.4.5 sú miesta, kde sa spracúva ukazovateľ, vyznačené tmavším tieňovaním.

Vkladanie justifikačnej informácie vyrovnáva fázové posuvy v uzle, ale zvyšuje celkový jitter v kaskádovej sieti. Takto vzniknutý jitter je väčší ako pri PDH, pretože sa vkladajú justifikačné byte a nie bity.

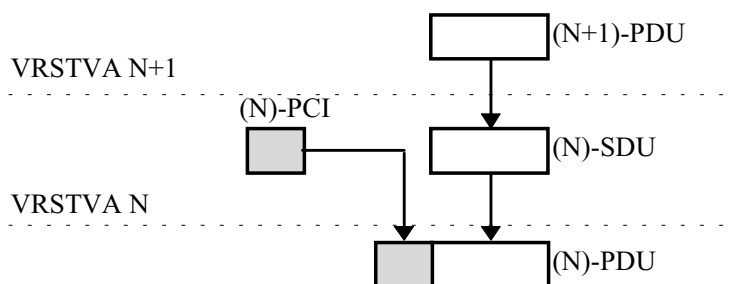
## 1.5 TERMINOLÓGIA PRI TVORBE PROTOKOLOV

Pod *protokolom* rozumieme množinu sématických s syntaktických pravidiel, ktorá určuje chovanie funkčných jednotiek pri komunikácii.

V súvislosti s referenčným modelom OSI rozoznávame v zásade dva druhy protokolov. Protokoly medzi dvoma entitami v rozličných systémoch, ale v rovnakej vrstve modelu - *peer-to-peer* protokoly a protokoly medzi susednými vrstvami - *layer-to-layer* protokoly.

### 1.5.1 Komunikácia peer-to-peer

Základnou jednotkou protokolu peer-to-peer je *PDU* - *Protocol Data Unit*, ktorá je štrukturovaná do *PCI* - *Protocol Control Information* a *SDU* - *Service Data Unit*. SDU v N-tej vrstve spravidla obsahuje kompletnú PDU z vrstvy N+1, ktorá je v peer-to-peer komunikácii entít vrstiev N prenášaná transparentne. Vrstva N rozšíri SDU o riadiacu informáciu PCI. Takto popísaný proces protokolu je znázornený na Obr.1.5.1.



Obr.1.5.1

Na Obr.1.5.1 uvedený proces predpokladá závislosť medzi veľkosťami (N)-SDU a (N+1)-PDU. Odstránenie tejto závislosti umožňujú nasledovné postupy:

a/ Segmenting/Reassembling

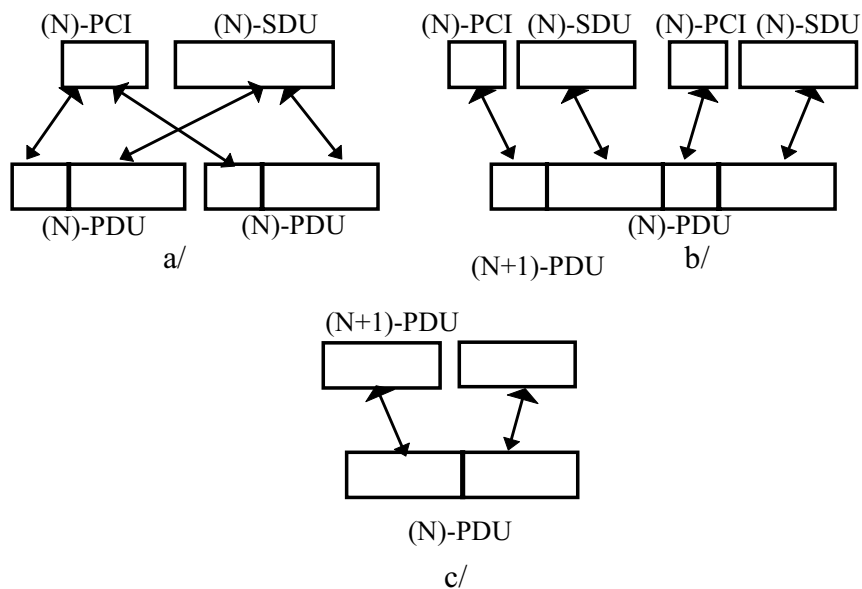
(N)-SDU bude segmentovaná do viacerých (N)-PDU a opačne. Postup je znázornený na Obr.1.5.2a.

b/ Blocking/Deblocking

Z viacerých (N)-SDU sa vytvorí jedna (N)-PDU a opačne. Postup je znázornený na Obr.1.5.2b.

c/ Concatenation/Separation

Viacere (N+1)-PDU sú zlúčené do jednej (N)-PDU a opačne. Postup je na Obr.1.5.2c.

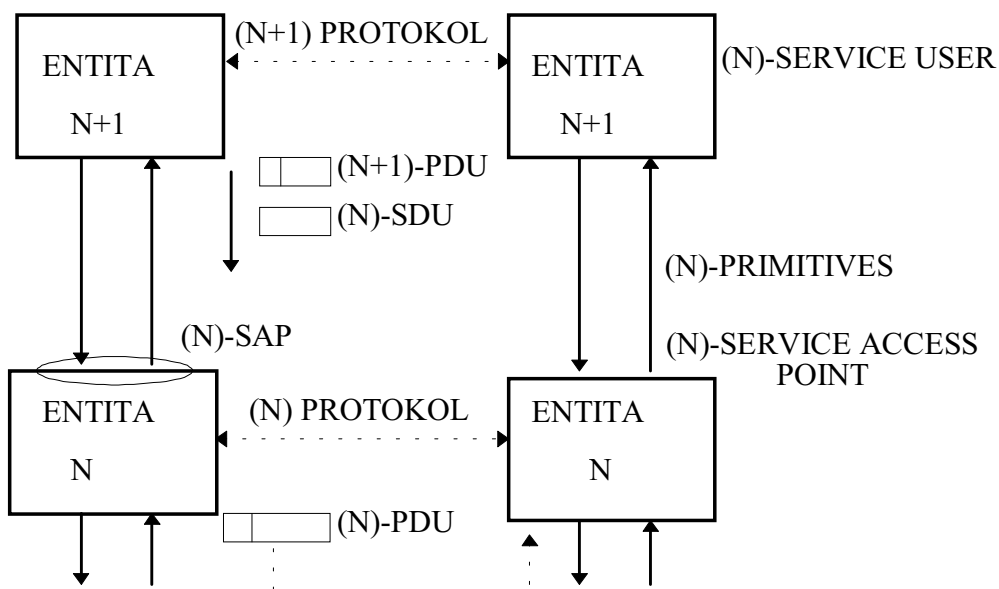


Obr.1.5.2

### 1.5.2 Komunikácia layer-to-layer

Vrstva N+1 využíva služby vrstvy N. Vrstva N+1 je *Service User* a vrstva N *Service Provider*. Vrstva N+1 komunikuje s vrstvou N cez bod prístupu k službe *SAP - Service Access Point*.

*Primitive* je abstraktný, na implementácii nezávislý popis vzájomných akcií medzi *Service User* a *Service Provider*. Pomocou primitives sa medzi vrstvami prenášajú PDU a SDU. Súvislosti peer-to-peer a layer-to-layer sú znázornené na Obr.1.5.3.



Obr.1.5.3

Základné primitívy pre layer-to-layer komunikáciu sú REQUEST, RESPONSE, INDICATION a CONFIRM. Na Obr.1.5.4 je znázornená výmena primitive procedúr medzi vrstvami.



Obr.1.5.4