



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Riadenie prevádzky a preťaženia v ATM sieťach



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Riadenie zaťaženia - manažment prevádzky

- nevyhnutná súčasť ATM siete,
- nárazový charakter prevádzky,
- štatistické multiplexovanie,
- rezervovanie šírky pásma na základe strednej hodnoty,
- kritický bod: špičková hodnota rýchlosti,
- proces počas zaťaženia linky musí byť riadený, pretože nie všetky signály sú rovnako citlivé na stratu buniek a oneskorenie,
- efektívne využitie sieťových prostriedkov pri zachovaní dohodnutej QoS



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

## Riadenie zaťaženia - manažment prevádzky

Služba	CLR ( <i>Cell Loss Ratio</i> )
Prenos hlasu	$10^{-3}$
High Quality Voice	$8 \cdot 10^{-6}$
hi-fi stereo	$10^{-7}$
Prenos súborov	$5 \cdot 10^{-4}$
Real Time Video	$5 \cdot 10^{-6}$
Videokonferencia	$5 \cdot 10^{-6}$
High Definition TV	$10^{-8}$

požiadavky služieb  
na parameter CLR

požiadavky služieb  
na šírku prenosového  
pásma

Služba	Požadovaná šírka pásma
High Definition TV	až 600 Mbit/s
Komprimované High Definition TV	28 Mbit/s
Komprimované Real Time Video	2 Mbit/s
Komprimované hi-fi stereo	128 kbit/s
Prenos hlasu	64 kbit/s
Komprimovaný prenos hlasu	4.8 kbit/s



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Kvalita služby - QoS

- asynchrónny prenosový mód je jedna z najvhodnejších alternatív na vybudovanie konvergovanej siete,
- podpora širokého spektra služieb a aplikácií s odlišnými charakteristikami a požiadavkami na QoS,
- na pôde *ITU-T* a *ATM Forum* boli špecifikované **prevádzkové parametre, kategórie ATM služieb a QoS parametre.**



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Kvalita služby - prevádzkové parametre

### Prevádzkové parametre

- popisujú správanie sa signálu (hlas, dáta, video).

### Špičková prenosová rýchlosť - PCR (Peak Cell Rate)

- maximálna rýchlosť vysielania buniek pre dane ATM spojenie

### Priemerná rýchlosť buniek - SCR (Sustainable Cell Rate)

- priemerná rýchlosť vysielania buniek

### Maximálna veľkosť zhluku - MBS (Maximum Burst Size)

- maximálny počet buniek vysielaných rýchlosťou PCR (hodnota SCR je ale zachovaná)



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Kvalita služby - prevádzkové parametre

### **Minimálna rýchlosť buniek - MCR (Minimum Cell Rate)**

- minimalne pozadovane prenosove pasmo pre dane spojenie
- pre sluzby typu ABR
- [bunka/s]

### **Zmena oneskorenia príchodu buniek - CDV**

(Cell Delay Variation)

- odchýlka príchodu buniek od referenčných hodnôt príchodov buniek.

$$CDV = \max(CTD) - \min(CTD)$$



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Kvalita služby - prevádzkové parametre

### Tolerancia zmeny oneskorenia príchodu buniek - CDVT

(Cell Delay Variation Tolerance)

- reprezentuje ohraničenie pre odchýlky akceptovateľného oneskorenia od referenčných hodnôt príchodov buniek,
- veľké hodnota CDVT negatívne ovplyvňuje TCP priepustnosť a SAR (segmentovanie a obnovenie buniek).



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Kvalita služby - prevádzkové parametre

### Tolerancia veľkosti zhuku - BT (Burst Tolerance)

- charakterizuje interval medzi dvoma po sebe nasledujúcimi zhukmi, počas ktorých sú bunky vysielané prenosovou rýchlosťou PCR,
- parameter MBS súvisí s parametrom BT.

$$BT = (MBS - 1) * ((1/SCR) - (1/PCR))$$

$$MBS = 1 + \left[ \frac{BT * PCR * SCR}{PCR - SCR} \right]$$





# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Kategórie služieb

- definované na základe prevádzkových parametrov.

### **Služba s konštantnou bitovou rýchlosťou - CBR (Constant Bit Rate)**

- požaduje konštantné prenosové pásmo počas trvania celého spojenia (prenosové pásmo dane parametrom PCR)
- pre aplikácie v reálnom čase,
- minimálne zmeny CDV a zlepšuje TCP priepustnosť.

### **Služba s premenlivou prenosovou rýchlosťou v reálnom čase**

#### **rt-VBR (real time Variable Bit Rate)**

- požaduje premenlivé prenosové pásmo, ale vyžaduje časovú transparentnosť (charakterizované parametrami PCR, SCR a MBS)



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Kategórie služieb

**Služba s premenlivou prenosovou rýchlosťou bez potreby prenosu v reálnom čase - nrt-VBR**  
(non-real time Variable Bit Rate)

**Služba s dostupnou bitovou rýchlosťou - ABR** (Available Bit Rate)

- určená pre dátové prenosy,
- tolerancia zmeny prenosového pásma a oneskorenia buniek (charakterizovane parametrami PCR a MCR)

- parametre ABR služby:

ACR (Allowed Cell Rate) [bunky/s],

AIR (Additive Increase Rate).



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Kategórie služieb

### **Služba s nešpecifikovanou bitovou rýchlosťou - UBR**

(Unspecified Bit Rate)

- pre aplikácie bez časovej transparentnosti a garancie QoS  
(*Best-effort* služba).

### **Služba garantovanej rýchlosti rámcov - GFR**

(Guaranteed Frame Rate)

- garantuje MCR za predpokladu dodržania maximálnej veľkosti rámca  
(MFS) a MBS.



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## QoS parametre

### QoS parametre

- prevádzkové parametre, ktoré sa stanú súčasťou prevádzkového kontraktu, alebo slúžia na vyhodnotenie zabezpečenia QoS.
- a) QoS parametre, ktoré sú predmetom dohadovania medzi sieťou a koncovým zariadením počas vytvárania spojenia
- **Oneskorenie prenosu buniek - CTD (Cell Transfer Delay)**
- **Maximálne prenosové oneskorenie buniek - MaxCTD (Maximum Cell Transfer Delay)**
  - najvyššie prípustné oneskorenie pre prenos bunky,
  - v prípade prekročenia budú bunky stratene, alebo neprídu včas.



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## QoS parametre

- **Pomer stratených buniek - CLR** (Cell Loss Ratio)
  - pomer počtu buniek, ktoré su znicene, alebo dopravene neskoro k cielovemu počtu vyslaných buniek
- **Zmeny oneskorenia buniek - CDV** (Peak-to-peak Cell Delay Variation)
  - množstvo oneskorenia medzi pevným oneskorením a MaxCTD.
- b) QoS parametre, ktoré nie sú predmetom dohadovania medzi sieťou a koncovým zariadením
  - **Pomer chybných buniek - CER** (Cell Error Ratio)
    - pomer celkového počtu chybných buniek k počtu všetkých úspešne prenesených a chybných buniek v sledovanom časovom úseku.



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## QoS parametre

- **Rýchlosť zle vložených buniek - CMR (Cell Misinserted Rate)**

- počet zle vložených buniek počas definovaného časového intervalu.

blok buniek - prislusna postupnost toku buniek v ATM spojeni

d'alšie QoS parametre týkajúce sa **blokov buniek**:

- **Rýchlosť chybných blokov buniek - ECBR (Errored Cell Block Rate)**

$$ECBR = N/T_{ECBR}$$

- **Maximálny počet chybných blokov buniek - MECBC (Maximum Errored Cell Block Count)**

- maximálny počet chybných blokov buniek definovanej dĺžky v ľubovoľnom časovom intervale.



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## QoS parametre

### Závažne chybný blok buniek - SECB

- ak je viac ako M poškodených, stratených alebo zle vložených v prijatom bloku buniek

- **Pomer závažne chybných blokov buniek - SECBR**  
(Severly Errored Cell Block Ratio)

$$\text{SECBR} = N/T_{\text{ECBR}}$$

$$\text{SECBR} = \text{SECB} / \text{celkový počet blokov buniek v sledovanom úseku}$$



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## ATM a vyrovnávacie pamäte

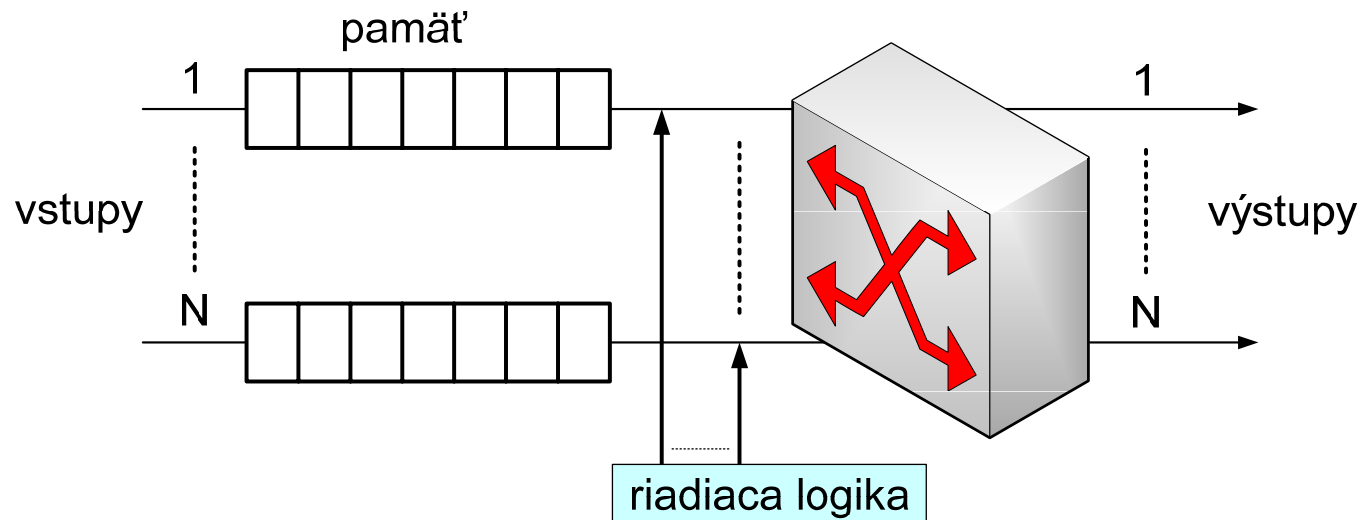
**Radenie buniek na vstupe spojovacieho elementu**

**Radenie buniek na výstupe spojovacieho elementu**

**Radenie buniek v strede spojovacieho elementu**

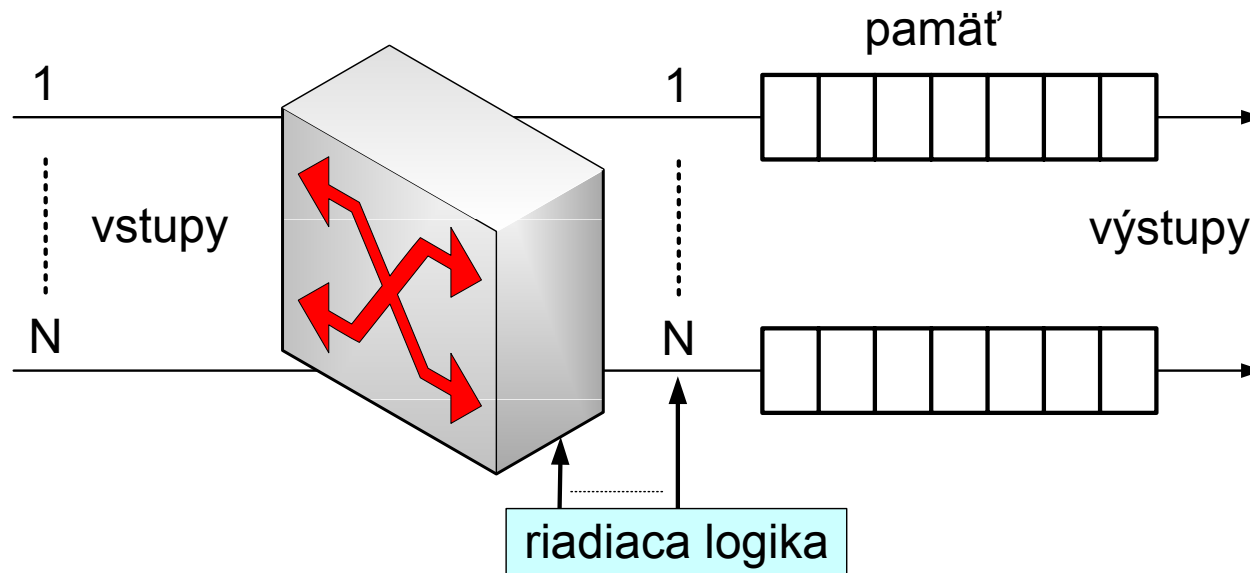


### Radenie buniek na vstupe spojovacieho elementu



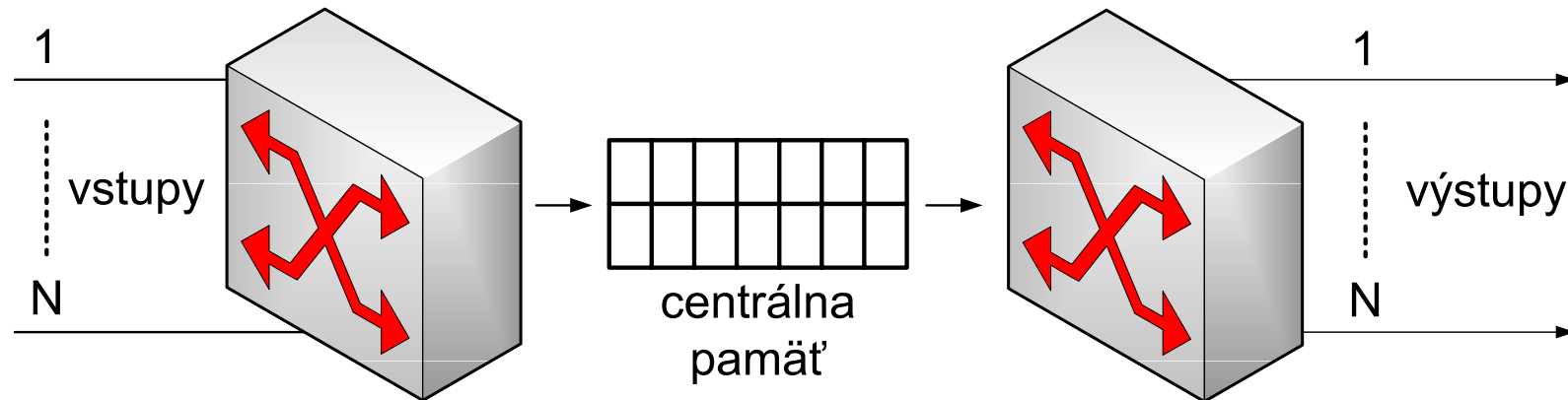
pocas trvania jednej bunky sa prepoji  $p$  buniek z  $p$  vstupov na  $p$  výstupov ( $p \leq N$ )

### Radenie buniek na výstupe spojovacieho elementu



- viaceré bunky z roznych vstupov na jeden výstup,
- zápis viacerých buniek počas jednej bunkovej periódy do vyr. pamäte
- FIFO algoritmus

### Radenie buniek v strede spojovacieho elementu



- vyrovnávací pamäť je rovnako zdieľaná vstupmi aj výstupmi
- zložitejšie riadenie pamäti



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Manažment prevádzky a prevádzkový kontrakt

### Manažment prevádzky

Ochrana siete a koncových zariadení pred zahltením tak, aby boli dosiahnuté výkonnostné parametre v sieti a bola zachovaná dohodnutá kvalita služieb.

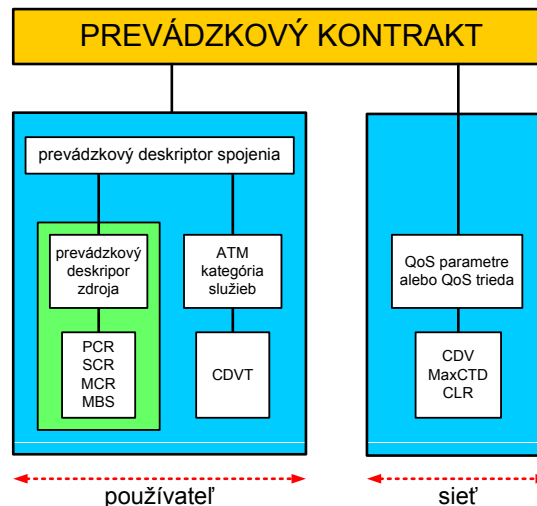
### Úlohy ATM manažmentu prevádzky:

- určiť, či nové spojenie môže byť zriadené,
- dohoda s účastníkom siete na výkonnostných parametroch,
- udržiavanie hodnôt výkonnostných parametrov.

## Manažment prevádzky a prevádzkový kontrakt

### Prevádzkový kontrakt

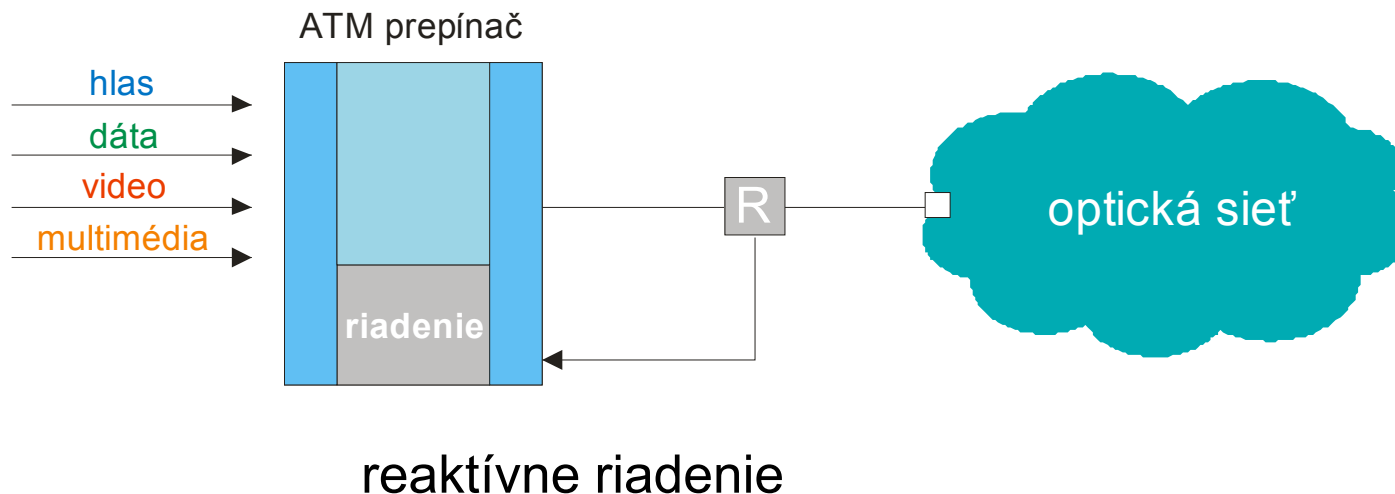
- dohoda medzi účastníkom a sieťou v case vytvárania spojenia,
- stanovujú sa vlastnosti spojenia na UNI a NNI rozhraniach,
- sieť sa zaručí poskytovať prevádzku na dohodnutej úrovni a účastník súhlasí dodržiavať a neprekročiť dohodnuté výkonnostné parametre.



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

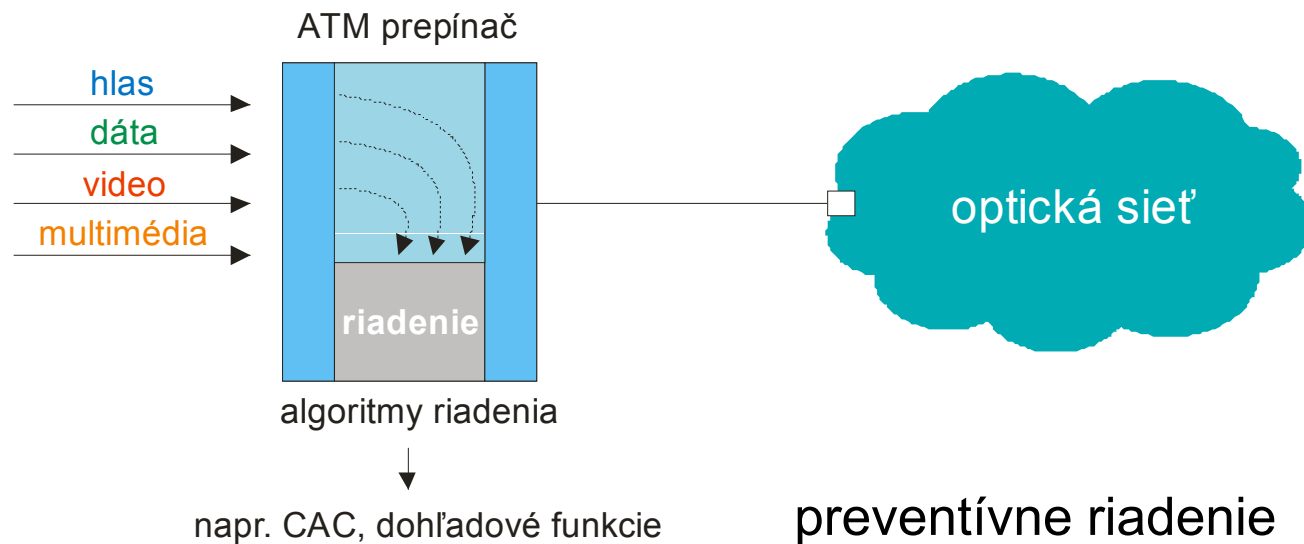
## Riadenie prevádzky a pret'azenia

- **pret'azenie** je stav elementov siete, v ktorých sieť nie je schopná zachovať dohodnuté parametre prenosu,
- prístupy pre riadenie širokopásmových sietí: reaktívne a preventívne.



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

## Riadenie prevádzky a preťaženia





# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Riadenie prevádzky a preťaženia

### **Riadenie prístupu spojení - CAC** (Connection Admission Control)

- súbor činností vykonávaných sieťou v čase trvania zostavenia spojenia s cieľom rozhodnúť, či požiadavka na vytvorenie virtuálnej cesty alebo kanálu môže byť akceptovaná, alebo odmietnutá,
- podľa použitého algoritmu je požiadavka na vytvorenie spojenia spracovaná, len ak je k dispozícii dostatočné množstvo sieťových prostriedkov (šírka pásma, kapacita vyrovnávacej pamäte, a pod.) v každom uzle cesty spojenia,
- rozhodnutie je na základe **kategórie služby**, požadovanej **QoS** a **stavu siete**.





# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Riadenie prevádzky a pret'azenia

### Riadenie dohľadu nad sieťou - UPC/NPC

(Usage/Network Parameter Control)

- subor činností vykonávaných s cieľom monitorovania a riadenia siete z hľadiska overovania prevádzky a právoplatnosti ATM spojenia,
- ochrana prostriedkov siete pred úmyselným, ale aj neúmyselným zneužitím.

### GCRA (Generic Cell Rate Algorithm)

- kontrola zhody vzhľadom na prevádzkový kontrakt spojenia,
  - pre CBR službu: PCR a CDVT,
  - pre VBR službu: PCR a CDVT; SCR a BT.



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Riadenie prevádzky a pret'azenia

### Riadenie priority

- rozlisovanie priority prevádzky pomocou CLP (Cell Loss Priority) bitu v hlavicke ATM bunky.

### Tvarovanie prevádzky (Traffic Shaping)

- modifikovanie prevádzky na úrovni buniek,
- zníženie špičkovej prenosovej rýchlosti, limitovanie veľkosti zhukov, zníženie veľkosti parametra CDV vhodným umiestňovaním buniek do multiplexu, ...



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Riadenie prevádzky a preťaženia

### **Rýchla rezervácia sieťových prostriedkov – FRM**

(Fast Resource Management)

- funkcia umožňujúca vyčleniť v sieti dostatočnú kapacitu v dôsledku trvania prenosu zhluku buniek na základe požiadavky účastníka.

### **Riadenie toku kategórie služieb ABR**

- služby ABR využívajú dočasne voľné prenosové pásmo, ale prenos je citlivý na stratovosť buniek.

(preto musí byť dodržaná dohodnutá QoS)



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Funkcie riadenia preťaženia

### **Zahodenie vybraných buniek** (Selective Cell Discarding)

- v závislosti od poskytovanej služby ATM spojenia, alebo na základe nižšej priority pre stratovosť buniek.

### **Zahodenie rámcov** (Frame Discard)

- pri vyradovaní buniek je lepšie zahodiť bunky tvoriace jeden logický informacný rámec, ako náhodne zahadzovať bunky patriace do rôznych rámcov.

### **EFCI** (Explicit Forward Congestion Indication)

- informácia v PT,
- podpora pri potláčaní a zotavení zo stavu preťaženia.



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Riadenie prístupu spojení - CAC

- manažment prevádzky v ATM sieti by mal zabezpečiť virtuálne okruhy, ktoré poskytnú stabilnú výkonnosť siete pri výskyte stochasticky sa meniaceho zaťaženia siete,
- zaťaženie by malo byť čo najväčšie, no pri plnom zachovaní QoS požiadaviek spojení.

### Požiadavky na CAC mechanizmus:

- dodržiavanie dohodnutej QoS,
- efektívnosť využitia prenosovej kapacity,
- nezávislosť, flexibilita zavedenia novej služby,
- výpočtová jednoduchosť



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Riadenie prístupu spojení - CAC

### Prehľad vybraných CAC metód

- metóda FIFO radenia pre CBR prevádzku,
- metóda alokovania špičkovej prenosovej rýchlosti,
- konvolučná metóda,
- gaussova aproximačná metóda,
- metóda efektívnej šírky pásma,
- metóda difúznej aproximácie,
- metóda pre samopodobnostnú prevádzku,
- metódy založené na on-line meraní prevádzky,
- heuristické metódy.



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

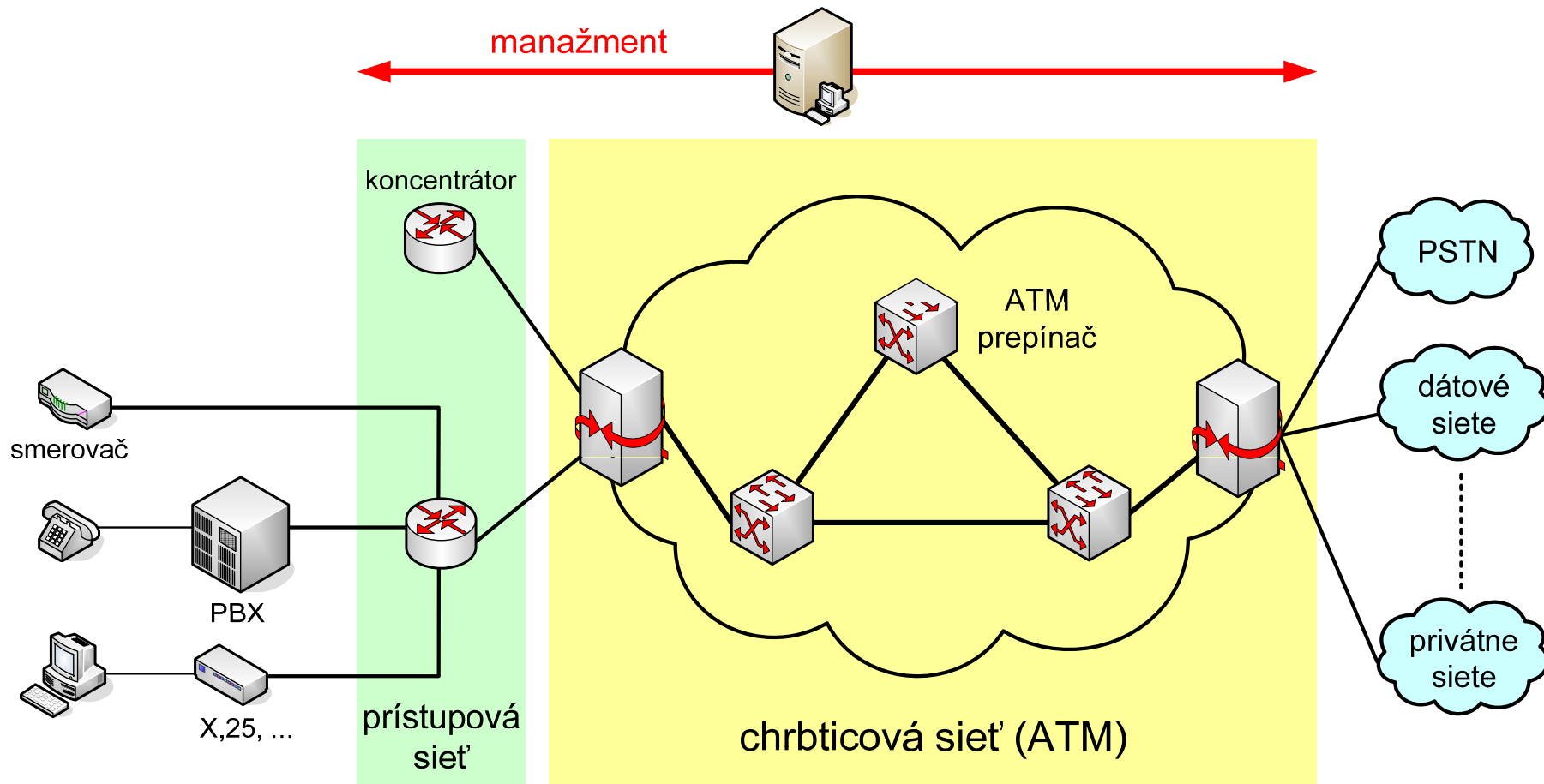
---

## Dohľad nad sieťou

- neustále monitorovanie prevádzky v multiplexe,
- opatrenia pri preťažení:
  - zahodenie buniek,
  - priorita buniek,
  - oneskorenie buniek,
  - hlásenie chybového stavu operátorovi siete.

# Integrácia digitálnych sietí a služieb

## Architektúra ATM siete





## dolezite technicke parametre ATM prepinacov

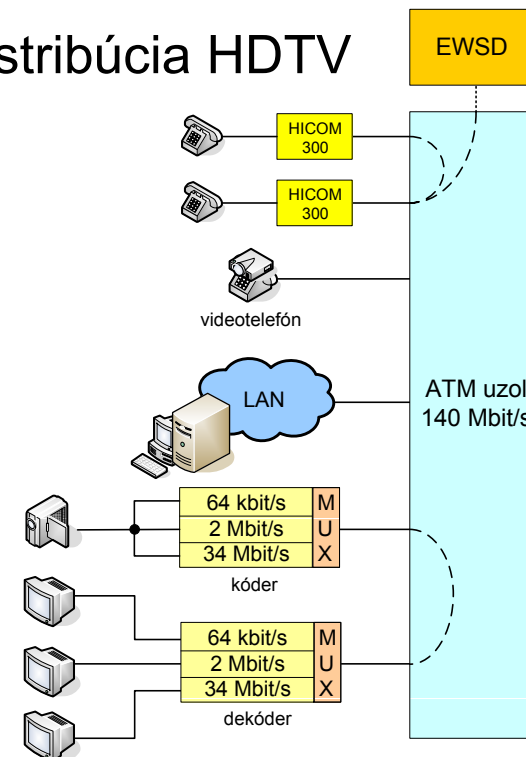
- procesor
- pocet spojeni v PDH (VP a VC prepájanie, VP tunelovanie, multiplexovanie)
- signalizácia a smerovanie,
- spolupráca s inými sietami,
- rozhrania (E1, ..., STM-1, STM-2, STM-4, STM-16, ...)
- zálohovanie vsetkých dolezitych modulov
- napájanie (+ záloha)
- modularita
- upgrade systemu
- management prevádzky (tvarovanie prevádzky, UPC)
- podpora roznych kategorii sluzieb
- typ spojenia: unicast, multicast
- bez blokovania
- skalovatelna šírka prenosového pásma
- bezpecnost

manazovatelnost

## Vývoj ATM sietí

**1986** - projekt BERKOM (Nemecko)

- spracovanie dokumentov, analýza a prenos obrazov v medicíne, vysoko kvalitný obraz a audio, filmy, distribúcia HDTV
- cca 140 Mbit/s.





# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Vývoj ATM sietí

**1994** – Európsky ATM pilotný projekt

- overenie technických možností a štandardov,
- 15 krajín (najväčšia ATM sieť na svete),
- v každej krajine je medzinárodný uzol,
- podpora 34 Mbit/s PDH a 155 Mbit/s SDH liniek.

## Vývoj ATM sietí

**1996** – B-WiN (Broadband Wissenschaftsnetz - Nemecko)

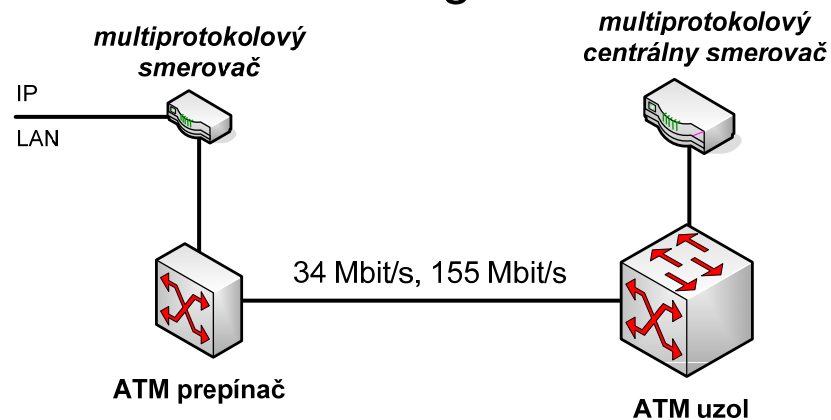
(komunikačná infraštruktúra pre výskumné a akademické inštitúcie)

- narastajúci počet 2 Mbit/s spojení a narastanie prevádzky.

### 1. fáza

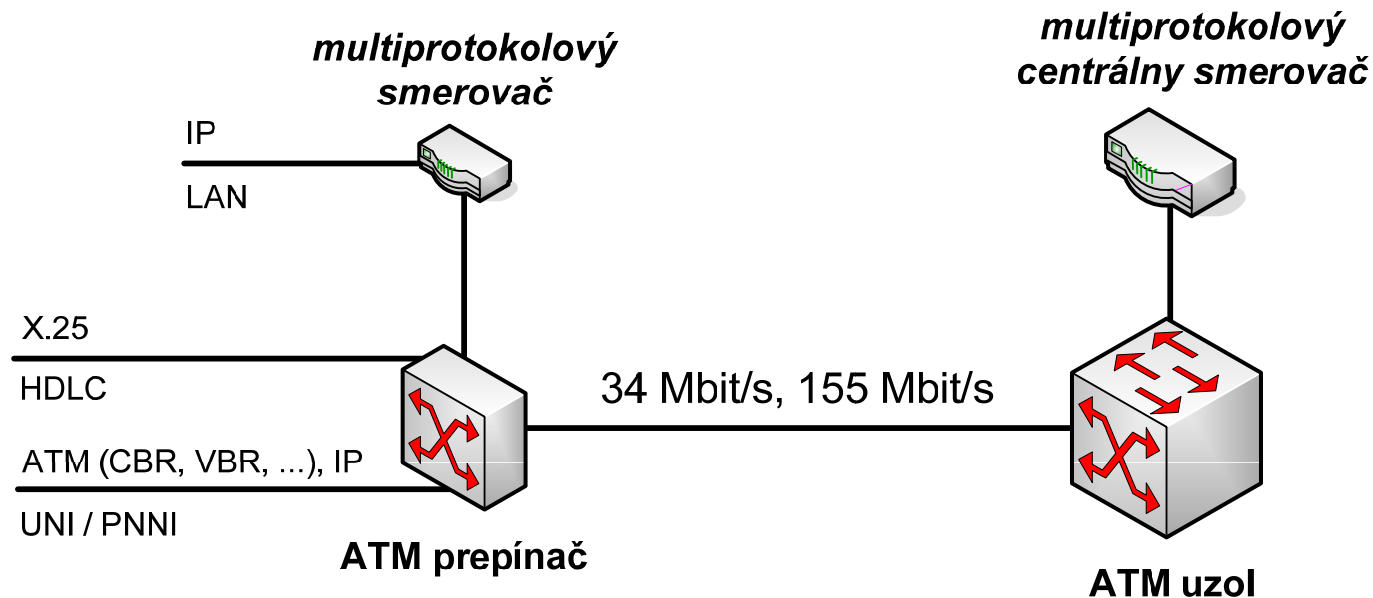
- 34 Mbit/s a 155 Mbit/s – bez rozhrania UNI,

- ATM len ako prenosová technológia.



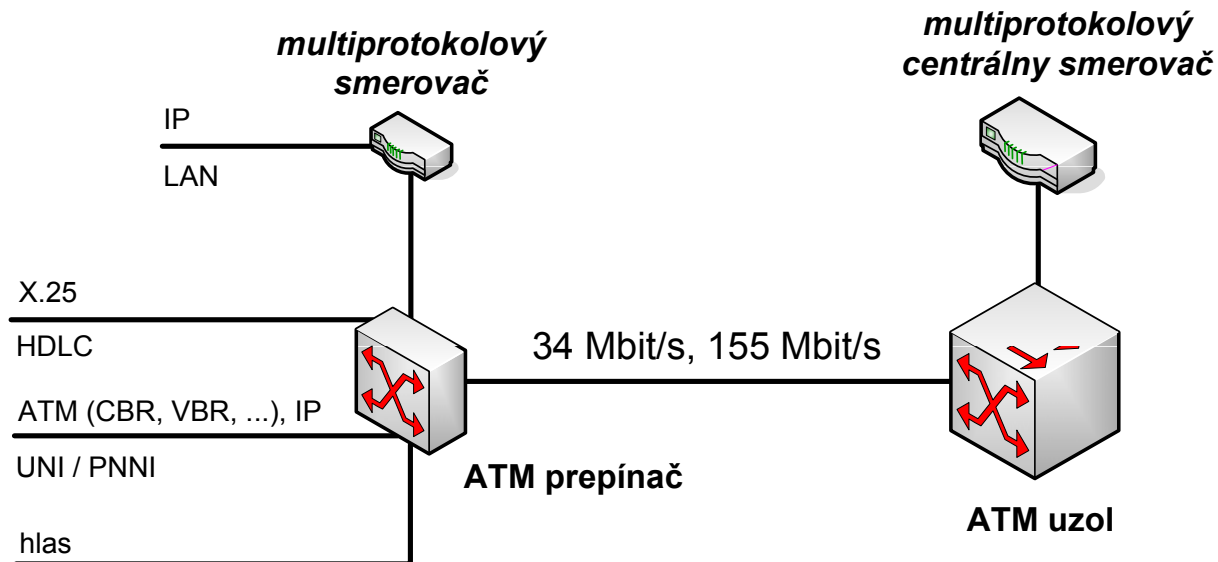
### 2. fáza

- už aj rozhranie UNI / PNNI.

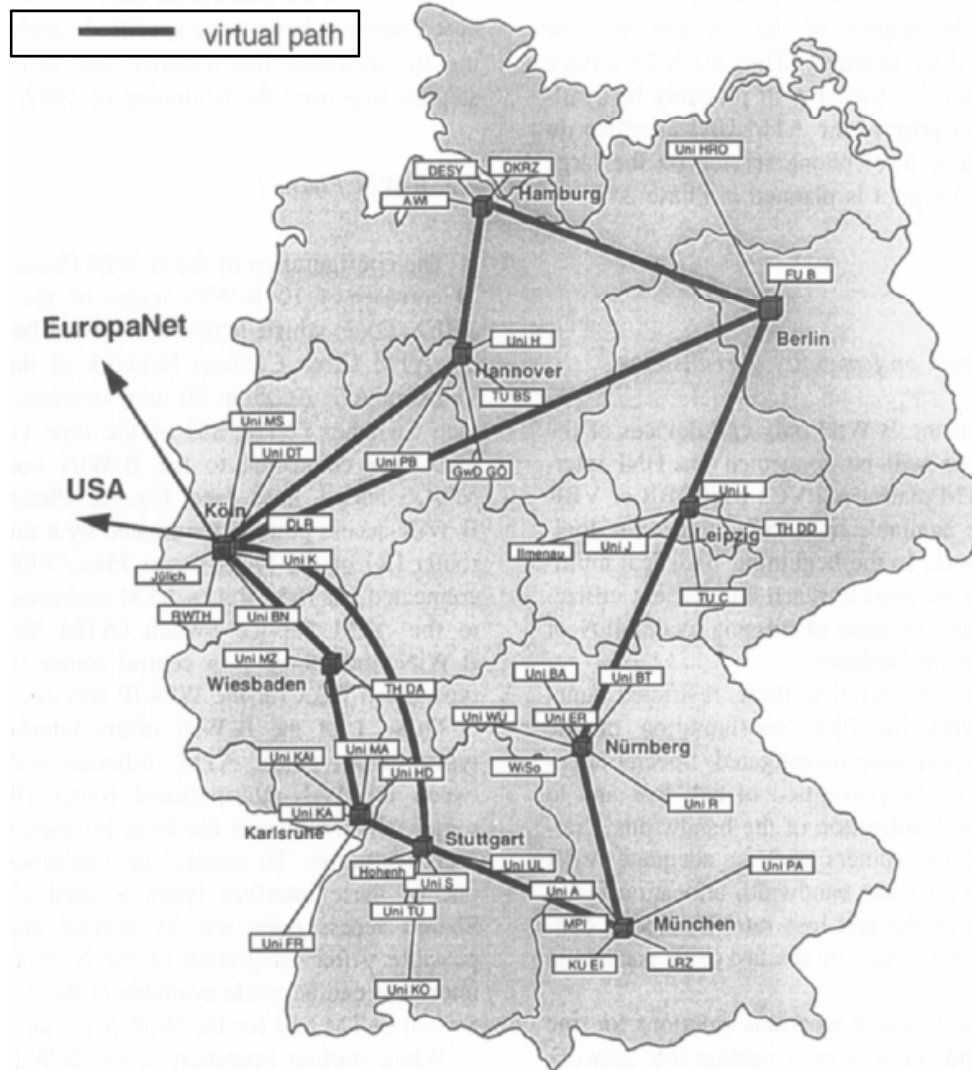


### 3. fáza

- integrácia hlasu,
- plánované aj pripojenie PBX k ATM prepínaču.
- ďalší rozvoj je závislý od štandardizácie.



# Integrácia digitálnych sietí a služieb



## Vývoj ATM sietí – B-WiN

- 10 hlavných ATM uzlov,
- 50 ATM prepínačov pripojených k hlavným ATM uzlom prenajatými linkami 34 Mbit/s,
- každý prístupový bod má multiprot. smerovač pripojený k ATM, prepínaču pren. rýchľ. 155 Mbit/s
- pri každom centrálnom uzle je centrálny smerovač.



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## Vývoj ATM sietí

**1997** – TEN-34 (Trans-European Network Interconnected at 34 Mbit/s)

**1999** – TEN-155

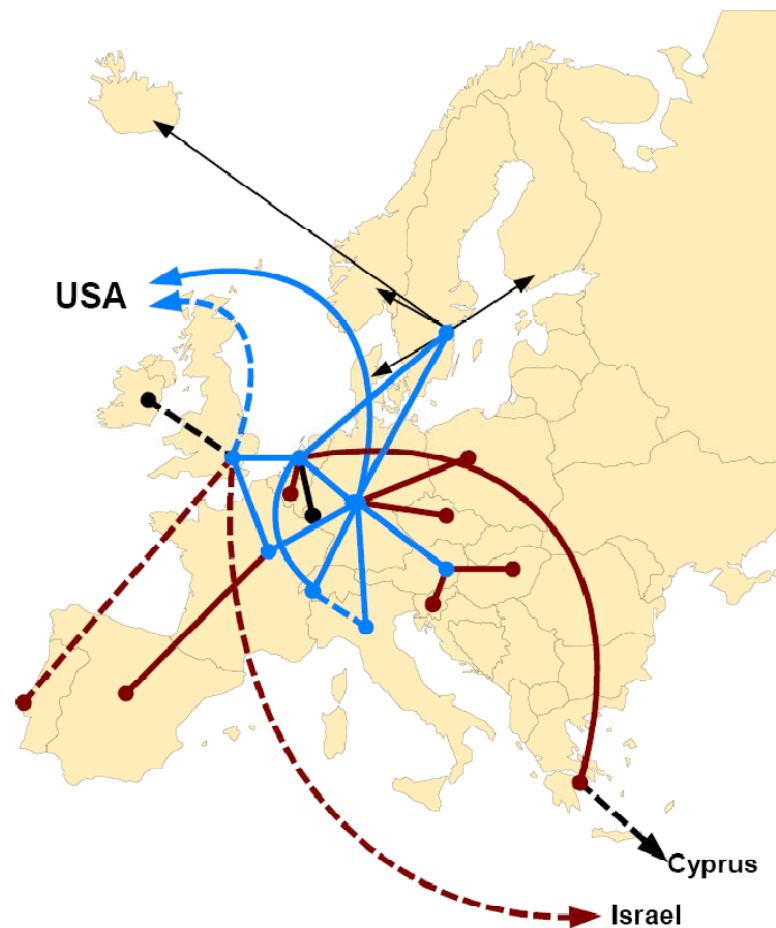
- pre akademické a výskumné inštitúcie
- zvýšenie prenosovej kapacity, ale aj garancia QoS (manažovanie šírky prenosového pásma)
- 155 Mbit/s, SDH technológia



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

## Vývoj ATM sietí – TEN-155

- STM-1
- 34/45 Mbit/s
- 10 Mbit/s
- ..... plánované počas r. 1999



fyzická topológia TEN-155 v apríli 1999



# Integrácia digitálnych sietí a služieb

---

## ATM siete na Slovensku

**1996** – Telekomunikačná sieť energetiky

**1996** – Sieť Slovenského plynárenského priemyslu

**1997** – ATM sieť Slovenských telekomunikácií

(1999 - prvý videokonferenčný prenos na Slovensku)

**1999** – Podniková sieť EBO – Jaslovské Bohunice

Ďalšie projekty:

Transpetrol, a.s.

Železiarne Podbrezová, a.s.

Katedra telekomunikácií, FEI STU Bratislava