

## 7. Kontrola priepustnosti (traffic control) v sieťach ATM

---

### 7.1. Úvod

Hlavná úloha kontroly priepustnosti – Traffic Control (TC) v sieťach BISDN je chrániť sieť a užívateľa, aby sa dosiahli preddefinované ciele výkonnosti siete, napr. pravdepodobnosť straty bunky alebo oneskorenia pri prenose bunky. Ďalšia úloha kontroly priepustnosti je v optimalizovaní používania zdrojov siete, aby sa dosiahla lepšia efektívnosť siete.

Ciele kontroly priepustnosti (TC) vrstvy ATM v BISDN:

- Flexibilita: mala by podporovať QoS (Quality of Service) vrstvy ATM, kde QoS kontroluje všetky existujúce aj budúce možné služby
- Jednoduchosť / Simplicity : jednoduchá TC vrstvy ATM, ktorá minimalizuje komplexnosť návrhu siete, pričom maximalizuje použiteľnosť siete
- Robustnosť: dosiahnutie veľké využítie zdrojov za akýchkoľvek podmienok

### 7.2. Základné funkcie ATM KP

Na splnenie horeuvedených cieľov sú nutné dve funkcie ATM KP:

- CAC – Connection Admission Control (Kontrola prístupu k spojeniu)
- UPC – Usage Parameter Control (Kontrola parametrov)

#### 7.2.1. CAC Connection Admission Control

CAC reprezentuje sadu akcií, ktoré vykonáva sieť vo fáze set-up-u, aby sa rozhodla, či má povoliť alebo zamietnuť spojenie ATM. Žiadosť o spojenie sa povoľuje iba ak existujú dostupné zdroje, aby toto spojenie mohlo byť prenesené cez celú sieť tak, aby spĺňalo QoS, pričom ďalej budú splnené podmienky QoS vo všetkých existujúcich spojeniach. Počas tohto nadväzovania spojenia, sa “user”(používateľ) a “network” (sieť) musia dohodnúť na nasledovnom:

- Limity na objem prenášaných údajov
- Požadovaná trieda QoS (t.j. povolené oneskorenie, povolený pomer stratených buniek, atď.)
- Toleranciu variácie týchto dohodnutých povolených limitov

#### 7.2.2. UPC Usage Parameter Control

UPC reprezentuje sadu akcií, ktoré vykonáva sieť, aby monitorovala a kontrolovala priepustnosť spojenia ATM (veľkosť bunky, správnosť routovania buniek). Zaručuje dodržiavanie dohodnutých limitov (dohodnutých v CAC).

Má tieto funkcie:

- Schopnosť detekovať situáciu ilegálneho prenosu
- Rýchla odozva prekročenia parametrov

- Jednoduchosť implementácie

### **7.3. Špecifikácia parametrov prenosu**

#### **7.3.1. Definície**

##### **Traffic parameters (Parametre prenosu )**

Sú špecifikáciami aspektu prenosu. Napr. kvantitatívny aspekt môže byť priemerný čas trvania spojenia, rýchlosť prenosu bunky v najväčšej prevádzke, priemerná rýchlosť prenosu bunky. Kvalitatívny aspekt môže byť typ zdroja (videofón, telefón).

##### **ATM traffic descriptor (Opisný parameter Spojenia ATM)**

Zoznam parametrov spojenia, ktoré zachytávajú charakteristické črty tohoto spojenia (rýchlosť prenosu bunky v najväčšej prevádzke, priemerná rýchlosť prenosu bunky).

##### **Source Traffic Descriptor (Opisný parameter Zdroja)**

Sada parametrov spojenia, ktoré patria do ATM traffic descriptor-, a ktoré sa používajú počas fázy nadviazania spojenia, aby sa nimi špecifikovali charakteristické črty spojenia, ktoré sú požadované zdrojom (rýchlosť prenosu bunky v najväčšej prevádzke).

#### **7.3.2. Charakteristika parametrov spojenia**

Každý parameter v ATM traffic descriptor musí byť:

- Jednoduchý a zrozumiteľný pre usera/terminál a sieť jednoznačným spôsobom.
- Potrebný v schémach CAC, aby sa efektívne dosiahli ciele výkonnosti siete.
- Zabezpečiteľný pomocou UPC

#### **7.3.3. Štatistické vs. Operačné špecifikácie spojenia**

##### **Štatistický prístup**

Zameriava sa na stochastické parametre, jako priemerná rýchlosť prenosu bunky. Je to tradičný prístup, avšak tieto parametre sa ťažko získavajú. Vyžadujú dlhý čas pozorovania, kým určia, či sa prekročil niektorý z parametrov.

##### **Operačný prístup**

Natvrdo definuje povolené parametre a prepúšťa iba tie bunky, ktoré ich spĺňajú. Pravidlo definovania parametrov sa štandardizovalo podľa CCITT a budeme ho volať Generic Cell Rate Algorithm.

#### **7.3.4. Generic Cell Rate Algorithm**

Algoritmus má dve špecifikované premenné L, I (increment a limit), a vyhodí hodnotu GCRA (I,L). Keď príde bunka z jedného zdroja, algoritmus vypočíta predpokladaný príchod ďalšej bunky z toho zdroja (TAT – Theoretically predicted Arrival Time), ktorý vypočíta podľa I, čo je dĺžka času medzi dvomi po sebe nasledujúcimi bunkami. Ak ďalšia bunka príde v čase  $t_a$ , algoritmus ju prepustí, ak rozdiel medzi TAT a  $t_a$  je v limite L. Ak príde skôr, algoritmus je označí ako nevyhovujúcu.

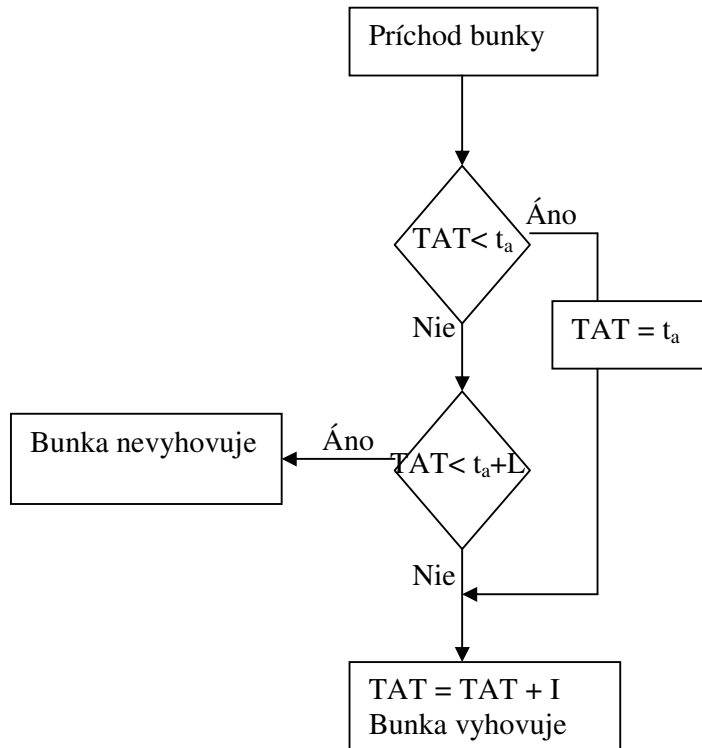


Schéma 7.1. Generic Cell Rate algorithm

## 7.4. Špecifikácia zmluvy o spojení (Traffic Contract)

Dohodnutie zmluvy TC sa skladá z opisných parametrov spojenia (Connection traffic descriptor), požadovanej triedy QoS a definície vyhovujúceho spojenia.

### 7.4.1. Connection traffic descriptor

TD spojenia je definovaný opisnými parametrami zdroja (Source Traffic Descriptor) a jeho toleranciami podľa UNI/NNI. Tolerancie definuje užívateľ pri adviazaní spojenia a obsahuje Peak Cell Rate (rýchlosť prenosu bunky v najväčšej prevádzke), toleranciu variácie oneskorenia bunky (cell delay variation tolerance) a niekedy aj najnižšiu možnú rýchlosť prenosu bunky (sustainable cell rate) a burst tolerance.

#### 7.4.1.1. Peak cell rate (najvyššia rýchlosť prenosu bunky)

Je definovaná na fyzickej vrstve ako prevrátená hodnota minimálneho času  $T$  medzi výkytmi za sebou nasledujúcich dvoch udalostí.  $T$  je najväčší interval medzi dvoma emisiami v spojení ATM. PCR je povinný parameter zdroja.

#### 7.4.1.2. Cell delay variation tolerance (tolerancia variácie oneskorenia bunky)

Keď sú bunky dvoch rôznych spojení ATM multiplexované, môžu byť bunky jedného zo spojení oneskorené. Takisto bunky môžu byť oneskorené, keď dávajú prednosť bunkám OAM. Teda musíme zadať parameter tolerancie oneskorenia,  $\tau$ .  $\tau$  je definované

v súvislosti s PCR podľa algoritmu GCRA ( $T, \tau$ ), kde  $T$  je prevrátenou hodnotou  $R_p$  (Peak cell rate – najnižšej rýchlosti prenosu bunky).

Ak je  $\tau > T-1$ , potom je maximálny počet buniek  $B$ , ktoré môžu byť prenesené na rýchlosti spojenia:

$$(7.1.) \quad B = \left\lfloor 1 + \frac{\tau}{T-1} \right\rfloor \text{ pre } T > 1, \text{ kde } \lfloor x \rfloor \text{ je dolná celá hodnota } x.$$

Hodnotu tolerancie CDV si môže zvoliť používateľ v UNI/NNI.

#### 7.4.1.3. Sustainable cell rate (najnižšia možná rýchlosť prenosu bunky)

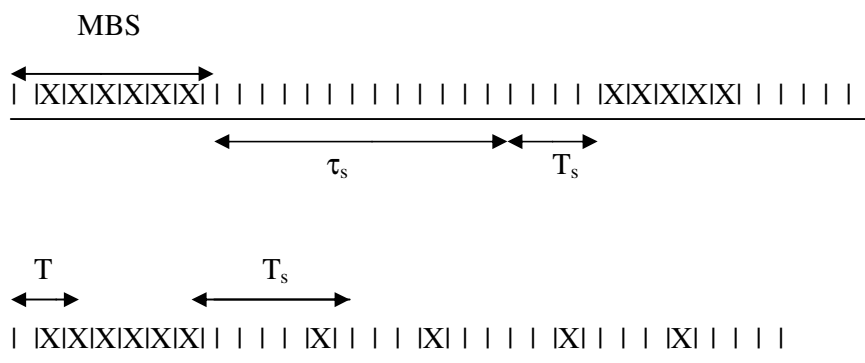
Je potrebná na to, aby sme mohli alokovať zdroje efektívnejšie. Nie je nutná pri definovaní parametrov, ale užívateľ si ju môže definovať na hodnotu nižšiu ako rýchlosť prenosu v najväčšej prevádzke PCR. SCR je jednoznačne definovaná algoritmom GCRA s dvomi parametrami,  $T_s$  a  $BT \tau_s$ , ktoré sú obidva špecifikované v PHY-SAP.

#### 7.4.1.4. Burst tolerance (tolerancia rozdielov v rýchlostiach)

Hodnota  $BT$ , označovaná ako  $\tau_s$ , je parameter zdroja a ukazuje „hodnoty času“, v rámci ktorých sú tolerované výchytky v rýchlosti prenosu bunky. Je definovaná ako GCRA ( $T_s, \tau_s$ ) a určuje horné ohraničenie dĺžky rýchlej sekvencie transmisíí v súlade s PCR spojenia.

Maximálny počet buniek, ktoré môžu transparentne prejsť cez GCRA v PCR je daný ako:

$$BMS = \left\lfloor 1 + \frac{\tau_s}{T_s - T} \right\rfloor, \text{ kde } BMS \text{ je maximálna veľkosť rýchlej sekvencie.}$$



#### 7.4.2. Požadovaná trieda QoS

Špecifikuje požadovaný pomer stratených buniek, oneskorenie počas prenosu buniek a delay jitter.

#### 7.4.3. Defícia vyhovujúceho spojenia

CAC a UPC, ktoré sú obidve špecifické podľa operátora, by mali zobrať do úvahy CTD (connection traffic descriptor) a požadované QoS na to, aby boli efektívne. Keď už bolo nadviazané spojenie, QoS je zabezpečené tak dlho, ako dlho je spojenie vyhovujúce podľa zmluvy o prenose.

Spojenie je definované ako vyhovujúce, pokiaľ počet nevyhovujúcich buniek neprekročí isté stanovené číslo, ktoré bolo špecifikované v zmluve o prenose operátorom siete.. Pri nevyhovujúcich spojeniach sieť nerešpektuje dohodnuté QoS, pri vyhovujúcich vždy dodržiava QoS.

## 7.5. Granularita parametrov TC

Kvôli hardwarovým obmedzeniam sú hodnoty všetkých parametrov diskkrétne. Dôležité je určiť, akú množinu diskrétnych hodnôt, teda granularitu, im určíme. Napríklad PCR a SCR budú mať rovnakú granularitu. Tolerancia CDV  $\tau$  bude mať hodnoty ako násobky času medzi emisiami buniek (napr. 2.73  $\mu$ s, pri 155.52 Mbit/s).

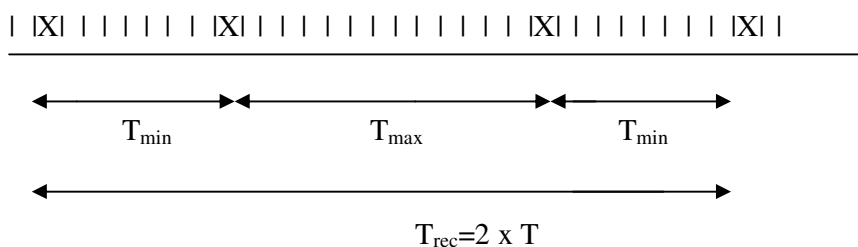
## 7.6. Obmedzenia na variáciu onsekorenia bunky (cell delay variation) a $\tau_s$ (burst tolerance)

Aby sa dodržali QoS, musíme vhodne obmedziť  $\tau_s$  cell delay variation. Najhorší prípad je, keď jedno spojenie má štruktúru ON/OFF, teda, že po krátkych rýchlych sekvenciách rýchlosťou PCR nasedujú pauzy bez emisií. Počas fázy ON UPC funkcia s premennými T ( $T_s$ ) a  $\tau(\tau_s)$  monitoruje PCR(SCR). V prípade PCR, ON fáza je charakterizovaná sekvenciami s najvyššou možnou rýchlosťou, v prípade SCR sú to sekvencie s rýchlosťou PCR. Ďalšie odstavce ukazujú závislosť  $\tau$  na zdrojov sieti a požadovanej QoS.

### 7.6.1. Simulačný model

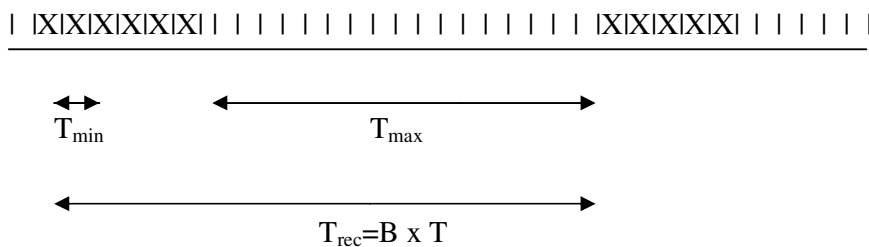
Každý zdroj je charakterizovaný štruktúrou podľa (7.1.) UNI má parametre:

- $T_{\min}$ =minimálny čas medzi dvoma príchodmi buniek
- $T_{\max}$ =maximálny čas medzi dvoma príchodmi buniek
- $T_{\text{rec}}$ =čas, po ktorý je štruktúra medzičasov príchodu rovnaká



$$T_{\min} = T - \tau \quad \text{a} \quad T_{\max} = T + \tau$$

Obr. 7.4. Predpokladaný najhorší prípad štruktúry ON/OFF ( $B=1$ ) (Nie sú povolené hneď za sebou idúce bunky – back-to-back)



$$T_{\min} = \delta \quad \text{a} \quad T_{\max} = BT + (1-B)\delta$$

Obr. 7.5. Predpokladaný najhorší prípad štruktúry ON/OFF ( $B > 1$ ) (Sú povolené hneď za sebou idúce bunky – back-to-back)

Tieto ON/OFF typy ďalej postupujú do jednoúrovňového FIFO multiplexora, v ktorom predpokladáme nekonečnú kapacitu a random rozhodenie fáz vstupov. Z tohto môžeme vypočítať reprezentatívne výsledky distribúcie naplnenia buffera.

Potrebujeme vedieť kapacitu  $K$  buffera, aby zaručil požadovanú CLR (cell loss ratio – pomer stratených buniek)  $10^{-10}$ . Tú odhadneme cez funkciu CDV tolerancie  $\tau$ . Získané pravdepodobnosti overflow-u sú potom extrapolované meodou najmenších štvorcov a potom sú z nich odvodené hodnoty CLR.

### 7.6.2. Referenčný model

Podľa neho získavame vplyv tolerancie  $\tau$  na alokáciu zdrojov CBR. Algoritmus pre povolenie nadviazania spojenia pre zdroje CBR by mal byť nezávislý od svojej polohy v sieti. Používa sa tu Geo(N)/D/1 model.

### 7.6.3. Niektoré výsledky

Uvažujme linku s rýchlosťou 150 Mbit/s, PCR 2 Mbit/s, T 75 bunkových jednotiek. Buffer s kapacitou 54 buniek ATM s CLR  $10^{-10}$ .

$\tau$ (jednotka $\delta$ )	B	Nmax (max. Počet spojení)	Náklad (Erlang)
25	1	60	0.80
50	1	60	0.80
75	2	60	0.80
150	3	42	0.56
225	4	33	0.44
300	5	27	0.36
375	6	22	0.29

Z tabuľky vyplýva, že čím väčšia tolerancia  $\tau$ , tým menej spjení  $N$  môže byť akceptovaných, tak aby sa zachovala veľkosť buffera 0.8 Erlangov a CLR  $10^{-10}$ . Podobné experimenty môže urobiť aj s burst toleranciou  $\tau_s$  a SCR.. Teda, keď máme k dispozícii malé buffre pre bunky, nemôžeme očakávať dobré výsledky, ak dovoľíme veľké tolerancie burst tolerance. Tieto výsledky ukázali, že je dobré mať toleranciu silnejšie ohraničenú.

### 7.6.4. Ohraničenie pre toleranciu CDV

Toleranciu CDV môžeme ohraničiť na hodnotu odvodenú z príslušného referenčného modelu, ako funkciu zmluvne dohodnutej PCR. Napríklad, ak máme ATM sieť s iba jedným multiplexorom, môžeme použiť model M+D/D/1 FIFO.

Keďže potrebujeme UPC/NPC také, aby mohlo byť použité vo všetkých (aj budúcich) modeloch, horné ohraničenie CDV je dosť dôležité. Takéto horné ohraničenie môžeme získať z modelu s prioritami HoL (Head of the Line), pretože tieto najlepšie simulujú ozajstný priebeh v LAN a iných ATM switchov, kde sa z času na čas objavia veľké sekvencie pospájaných buniek.

Niektoré typické hodnoty z tohto modelu sú v tabuľke.

Náklad (Erlang)	$\tau$ (jednotka času prenosu bunky)	$\tau$ (ms)
0.5	93	0.263
0.6	162	0.458

.07	317	0.896
.08	775	2.19
.085	1433	4.05

## **7.7. Meranie výkonu UPC/NPC**

### **7.7.1. Umiestnenie UPC**

UPC sa vykonáva na VCC alebo VPC v bode, kde sú ukončené prvé linky VP alebo VC v sieti. Máme tri možnosti:

- Užívateľ je pripojený priamo k funkcii Virtual Channel Relater Funktion CRF(VC) a EPC sa vykonáva vo vnútri CRF(VC) na VCC predtým, ako sa vykoná funkcia prepínania.
- Keď je používateľ pripojený priamo k CRF(VC) cez CRF(VP), potom je UPC vykonané iba vo vnútri CRF(VP) na VPC a vo vnútri CRF(VC) na VCC.
- V prípade, že užívateľ je pripojený na ďalšieho užívateľa alebo na sieťového providera cez CRF(VP), UPC sa vykoná iba vo vnútri DRF(VP) na VPC. Kontrola parametrov VCC sa vykoná iným sieťovým providerom, keď bude prítomné CRF(VC).

### **7.7.2. Činosti UPC/NPC**

Cieľ UPC/NPC je zaručiť, aby užívateľ neprekročil zmluvu o prenose. Na úrovni buniek to môže znamenať:

- a) Nechá bunku prejsť
- b) Pridá bunke tag (na CLP=0 bunkách tým, že prepíše CLP na 1)
- c) Zruší bunku

### **7.7.3. Meranie výkonu UPC**

Na meranie výkonu UPC sa zatiaľ určili dve hodnoty:

- Čas odozvy – čas, za ktorý určí danú nevyhovujúcu situáciu na spojení za daných okolností.
- Transparencia – Pri tých istých podmienkach, presnosť, s akou iniciuje potrebné kontrolné aktivity na nevyhovujúcom spojení a vyhne sa kontrolným aktivitám na vyhovujúcom spojení.

## **7.8. Ďalšie kontrolné funkcie**

Okrem už spomenutých kontrolných funkcií, ešte ďalšie môžu byť použité na podporu a dopĺňanie už definovaných funkcií UPC/NPC a CAC:

- Priority Control (PC)
- Traffic shaping (TS)
- Network Resource Management (NRM)
- Feedback Controls (FC)

### **7.8.1. Priority Control (PC)**

Keď ATM používa možnosť CLP na požiadanie užívateľa, zdroje siete sú nastavené na prioritu CLP=0 (vysoká priorita) a CLP=1 (nizka priorita). Keď sa kontrolujú CLP=0 a CLP=1 priepustnosti, a alokujú sa adekvátne zdroje a vhodne sa routuje, potom operátor siete môže poskytnúť 2 triedy QoS pre toky s CLP=0 a CLP=1.

Ak sa o CLP=0 bunke zistí, že nevyhovuje na toku s CLP=0, táto bunka je konvertovaná na CLP=1 a ide do toku s CLP=1 ešte predtým, ako toky CLP=0+1 vojdú do kontroly UPC/NPC. Bunka, o ktorej UPC/NPC rozhodne, že nevyhovuje na CLP=0+1, sa vyradí. Ak neboli pridelené žiadne zdroje pre tok CLP=1, potom bunky s CLP=0, o ktorých UPC zistí, že nevyhovujú na toku s CLP=0, sú vyradené.

### **7.8.2. Traffic shaping (TS)**

Traffic shaping (TS) kompenzuje efekt CDV na PCR v spojení ATM. Napríklad dá nové rozostupy bunkám na individuálnych spojeniach ATM, podľa ich PCR alebo vhodných schém.

Ak sa používa na konci ATM, TS zaručuje požadované vlastnosti toku buniek do VCC alebo VPC. Ak sa používa v ATM switch-i, TS mení vlastnosti toku na VCC alebo VPC, aby sa dosiahla požadovaná modifikácia vlastností toku. TS musí zachovať sekvenčnú integritu buniek.

Npar. TS môže redukovať PCR, limitovať dĺžku burstov, alebo redukcia CDV, tým, že vhodne rozostúpi bunky v čase.

TS je voliteľná funkcia, môže byť nastavená v zhode s traffic descriptorom a parametrami, ktoré boli dohodnuté v zmluve so sieťou.

### **7.8.3. Network Resource Management (NRM)**

Dôležitý komponent TC a NRM v BISSDN sú Virtual Paths. Môžu:

- Zjednodušiť CAC
- Implementovať druh kontroly priority tým, že segregujú typy tokov, ktoré požadujú rôzne QoS
- Efektívne distribuovať správy pre operáciu jednotlivých schém kontroly priepustnosti
- Agregovať user-to-user služby, aby UPC mohla byť aplikovaná agregovanému toku