

Multimédia továbbítása IP felett – szolgáltatásminőség (QoS) biztosítása

1. rész

QoS összeköttetés-alapú hálózatokban:
alfogalmak

Példa: ATM – Asynchronous Transfer Mode

Multimédia alkalmazások

- *A multimédia alkalmazások fő csoportjai:*
 - Tárolt audió- és videó-streaming
 - Élő audió- és videó-streaming
 - Interaktív real-time audió és videó
- *Szolgáltatásminőség-igényeik:*
 - Késleltetés-érzékenyek
(késleltetés és késleltetés-ingadozás)
 - Adatvesztésre általában nem érzékenyek
 - *Éppen ellentétesen az adatkommunikációval:*
- *Adatkommunikáció*
 - távoli számítógéphasználat, file transzfer, web-elérés
 - késleltetés általában nem fontos
 - adatvesztés nem megengedhető

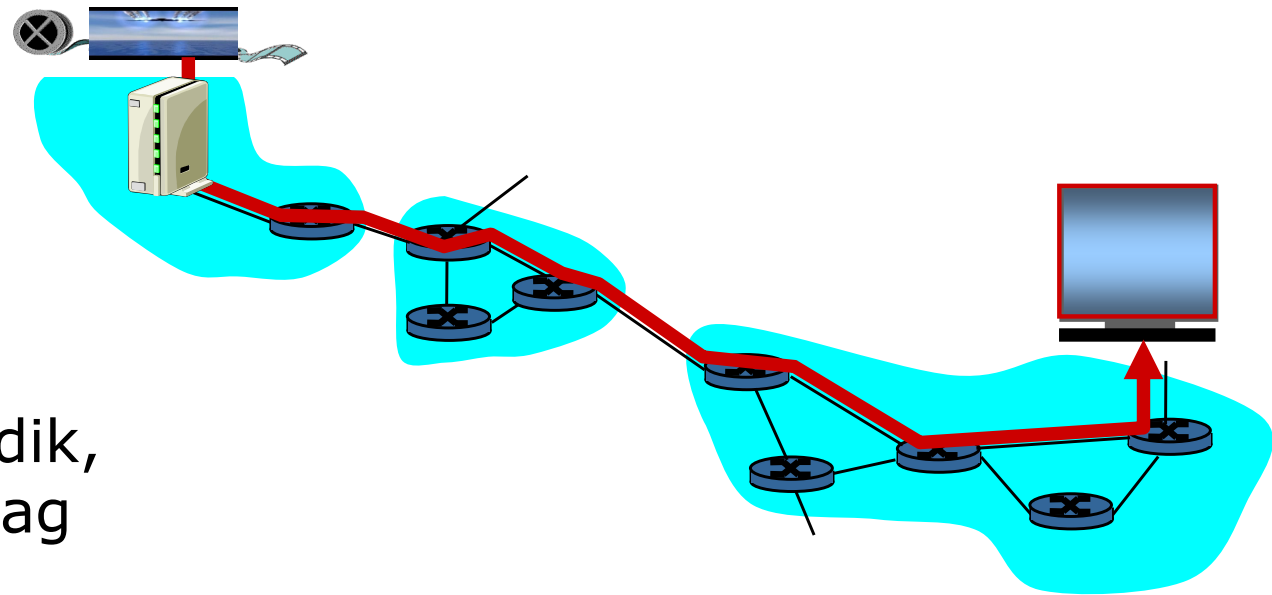
Médiastreaming

A tartalom a forrásnál tárolódik (médiaszerver) és lejátszásra kerül a kliensnek

A lejátszás elkezdődik, mielőtt a teljes anyag megérkezik

Interaktivitás: videomagnó-szerű funkciók szükségesek (előre-hátra, szünet, állj stb.)

QoS-igények: **gondoljuk végig!**



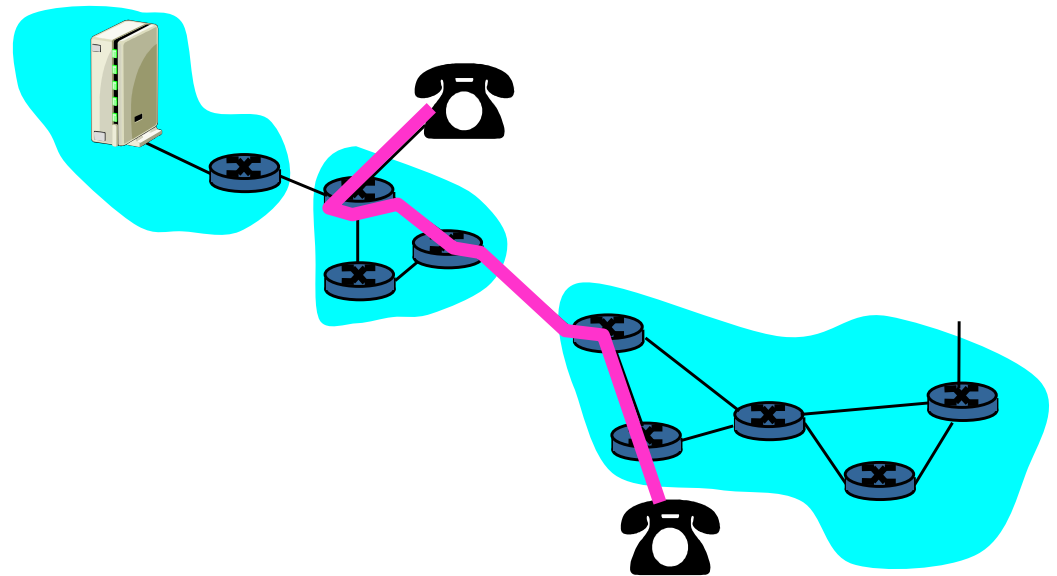
Élőmédiá-streaming

- Alkalmazási példák:
 - rádió-, TV-állomások az interneten
 - élő előadások („webinar”)
 - élő sportesemények
- Streaming:
 - playback-tár
 - lejátszás késleltetéssel
- Interaktivitás:
 - néhány, a tárolt média lejátszásánál használt funkció (persze pl. gyors előre nincs)
- QoS-igények: **gondoljuk végig!**

Interaktív real-time audió és videó

- Alkalmazási példák:
 - VoIP, IP feletti telefonálás
 - videokonferencia

- QoS-igények:
 - **gondoljuk végig!**



Mi a QoS?

- QoS = végpontok közötti garanciák, adott időszakra és adott forgalom mellett, az alábbi és hasonló paraméterekre vonatkozóan:
 - Rendelkezésreállítás
 - Átviteli sebesség, „sáv szélesség”
 - Késleltetés, késleltetésingadozás
 - Veszteség

- A QoS biztosításának eszközei:
 - Forgalmi méretezés
 - Protokollválasztás
 - Hálózati architektúra megválasztása, hálózati biztonság
 - Tárhely menedzselése

A QoS biztosításának módszerei

- „Nyers erő” (over-provisioning)
- ATM
 - Összeköttetés-alapú kommunikáció (virtuális utak és áramkörök plusz felhasználó-hálózat közötti szerződés, beengedésszabályozás, erőforrás-menedzselés)
- Folyamankénti (per-flow) QoS-biztosítás
 - IETF's Integrated Services (IntServ) módszer
- Forgalomosztály-alapú (class-based) QoS-biztosítás
 - IETF's Differentiated Services (DiffServ) módszer
- MPLS (Multi-Protocol Label Switching)
 - Az MPLS önmagában nem QoS-módszer, csupán lehetőséget nyújt QoS-biztosításra azzal, hogy az IP-re összeköttetés-alapú képességet ültet
- LAN-okban
 - Virtuális LAN-ok (már volt erről szó)

QoS összeköttetés-alapú hálózatokban:

ATM

Asynchronous Transfer Mode (ATM)

- aszinkron átviteli mód (1)

- Az ATM-et az ITU-T szabványosította 1988-ban, a B-ISDN átviteli módjaként
 - B-ISDN: a (keskenysávú) ISDN fejlettebb, „szélessávú” utódjának szánták
- Fő célkitűzések:
 - különböző típusú forgalmak átvitelére tervezték:
 - **beszéd**
 - **állókép, video**
 - **adat**
 - Tág átvitelisebesség-tartomány: néhányszor 64 kbit/s-tól egészen nagy sebességekig (2,4 Gbit/s-ig)
- *A B-ISDN nem valósult meg, az ATM-rendszer technika azonban ma a távközlő hálózatokban több helyen használt, de a felhasználó általában nem „látja” (pl. 3G mobil rendszerek gerinchálózatában, vagy ADSL-vezérlőegységben)*

Asynchronous Transfer Mode (ATM)

- aszinkron átviteli mód (2)

- *Az elnevezés magyarázata:*
 - *„Asynchronous”* a távközlésben addig egyeduralkodó, ún. *Synchronous Transfer Mode (STM)* ellentéte
 - *„Transfer Mode”* – átviteli mód, általános megjelölés
- Ami a mi számunkra most lényeges:
 - az ATM „gyors csomagkapcsolási” technika
 - gyors: rövid csomagok, nincs forgalomszabályozás, nincs linkenkénti hibajavítás
 - rövid, fix hosszúságú adatcsomagok hordoznak mindenféle típusú adatot
 - Összeköttetés-alapú elven működik
 - Minden összeköttetéshez specifikus szolgáltatásminőséget képes biztosítani

QoS biztosítása az ATM-nél

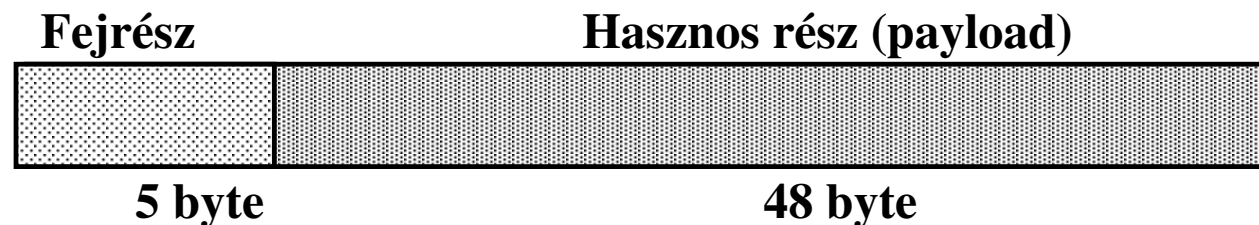
- Az elv tehát:
 - Minden ATM-összeköttetéshez QoS kategória kapcsolódik, és a hálózat garantálja a megállapodás szerinti QoS-t minden összeköttetés számára
- Megvalósítás:
 - A forgalom jellemzése, forgalomleírók
 - QoS paraméterek készlete
 - Szolgáltatási kategóriák
 - Torlódásvezérlés
 - Preventív - *Call Admission Control (CAC)–beengedésszabályozás*
 - Reaktív – *ABR – Available Bit Rate*

Milyen működési elven alapul az ATM?

- Az ATM **összeköttetés-alapú** csomagkapcsolt hálózat
 - ezért az ATM nemcsak a **QoS-re**, hanem az **összeköttetés-alapú kommunikációra**, s az alkalmazott **helyi érvényű címzésre** is példaként szolgál
- Az ATM-ben virtuális összeköttetések épülnek fel
- Közelebbről megnézve: kétszintű virtuális összeköttetések vannak:
 - „virtuális csatorna”
 - „virtuális útvonal”

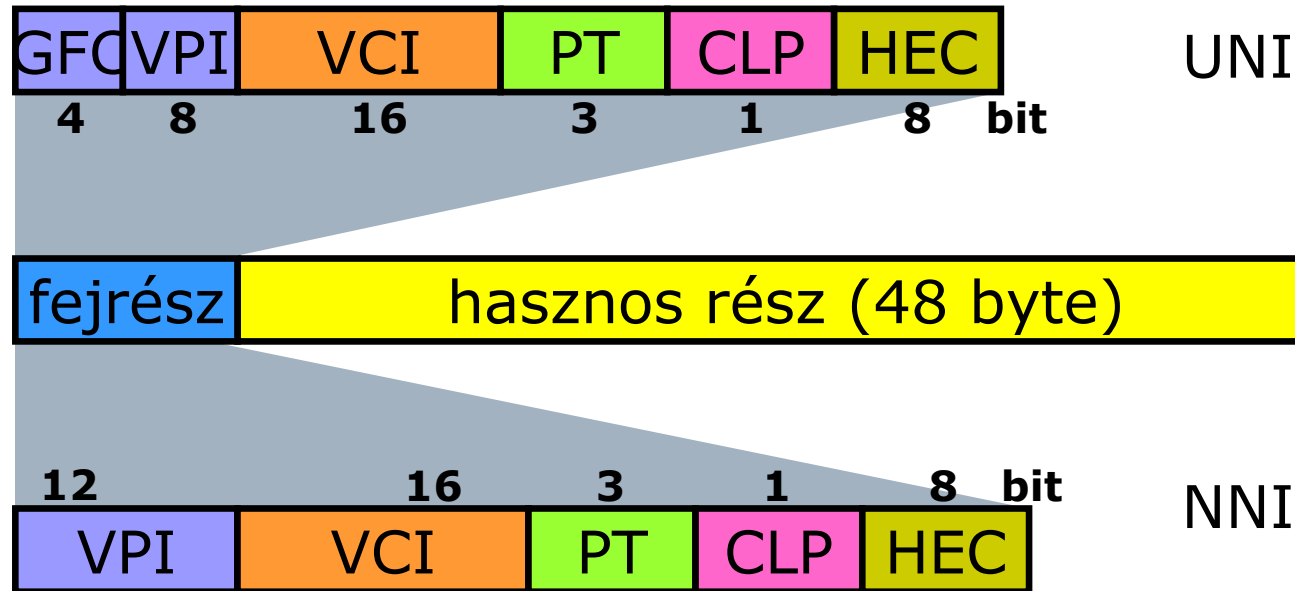
Az ATM-cella fő jellemzői

- ❑ Az ATM összeköttetés-alapú, csomagkapcsolt
- ❑ Csomag: „cella”, *cell*, fix hosszúságú és rövid, innen az elnevezés
- ❑ A cella mérete 48+5 byte (hasznos rész + fejrész, payload + header)
- ❑ A cellaméret megválasztásának szempontjai, kompromisszum
- ❑ Beszédátvitelnél: 125 μ s-onként 1 minta (1 byte), 48 byte tehát 6 ms-nak felel meg
- ❑ A fej- és hasznos rész aránya elég nagy, nagy az „overhead”, a járulékos (de fontos!) információ átvitelére szolgáló rész



Az ATM cella fejrészének felépítése*

Kétféle van: kicsit különbözik a felhasználó-hálózat közötti (UNI) ill. a hálózaton belüli (NNI) interfészen



GFC: általános áramlásvezérlés
VPI: virtuálisútvonala-azonosító
VCI: virtuális csatorna azonosító
PT : hasznos rész típusa
CLP: cellavesztési prioritás
HEC: fejrész-hibaellenőrzés

UNI: felhasználó-hálózat interfész
NNI: hálózat-hálózat interfész

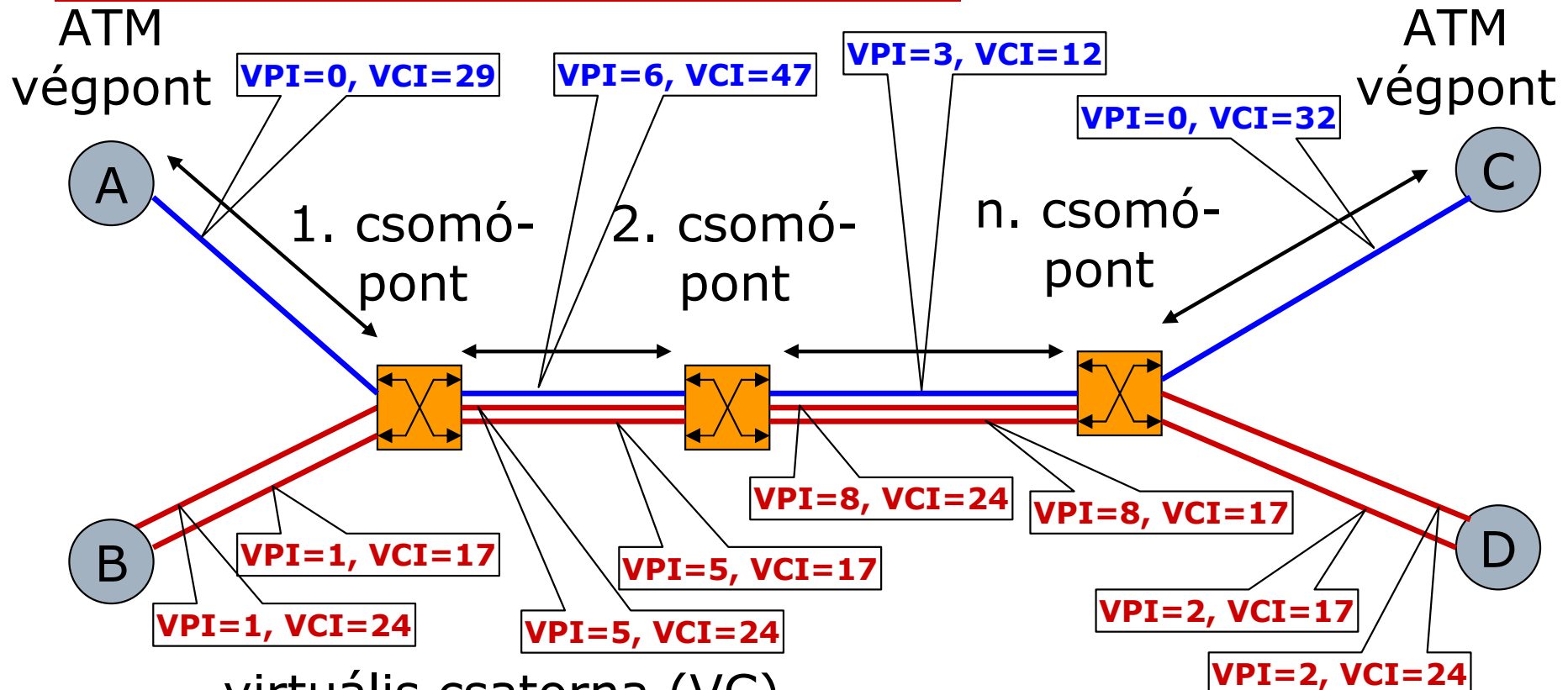
ATM-összeköttetések

- Az ATM-összeköttetéseket a VPI-VCI-pár definiálja
 - VPI: virtuális út azonosító (*virtual path identifier*)
 - VCI: virtuális csatorna azonosító (*virtual channel identifier*)
- VPI mező*:
 - 256 virtuális út a UNI interface-en és
 - 4096 virtuális út az NNI interface-en
- VCI mező*:
 - maximum 65 536 VCI
- A kettőt együtt van (lokális) cím-értelme, nevezik *címkének* is

ATM - összeköttetések (folyt.)

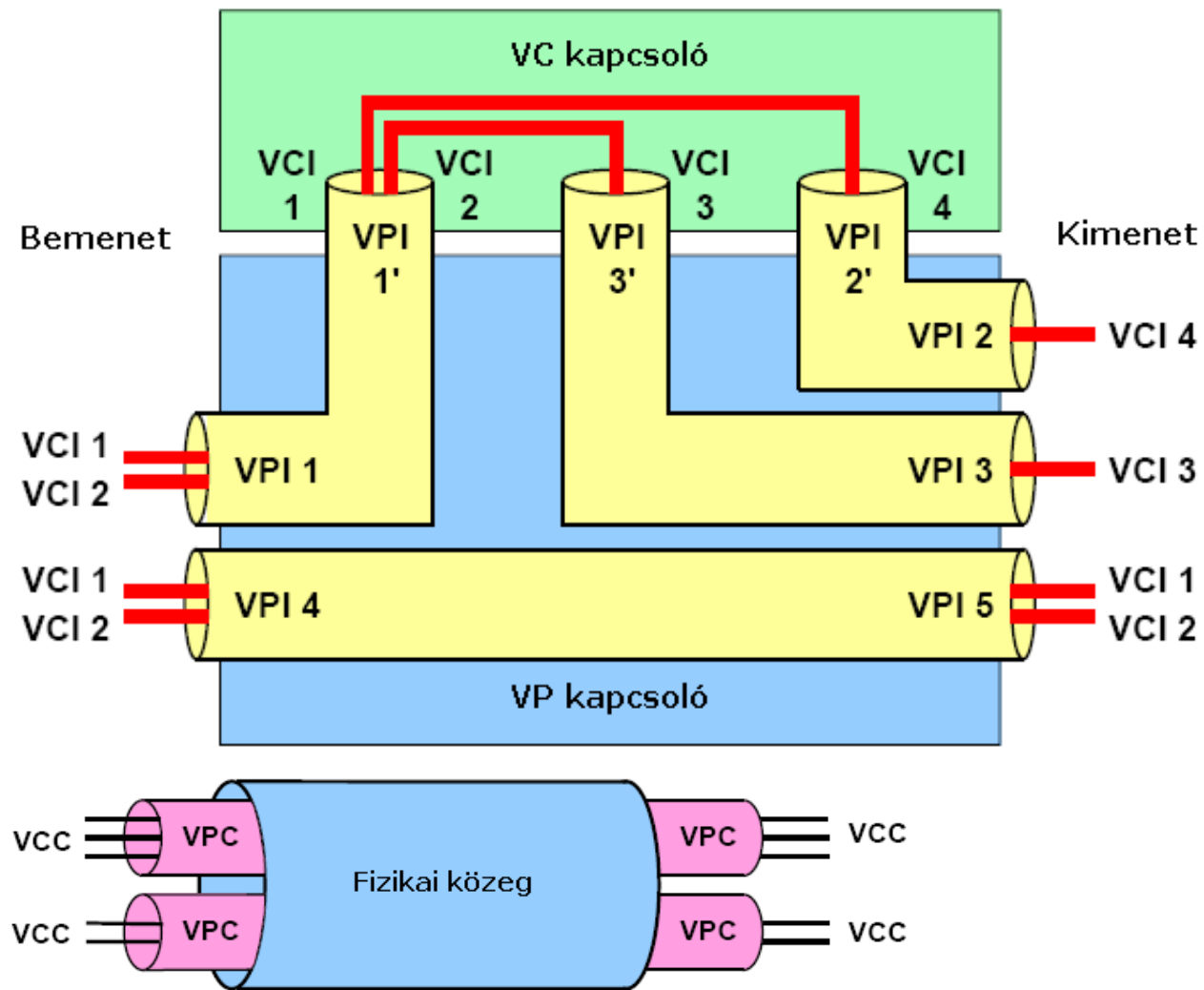
- A VPI/VCI értékek lokális érvényűek, azaz két szomszédos csomópont közötti viszonylatra vonatkoznak
- Több pont-pont kapcsolatból álló összeköttetésen ugrásonként különböző VPI/VCI értékeket használunk
- Az ATM kapcsológépek kapcsolótáblákat tartanak fenn (*útvonalkijelölés!*). Ezek minden összeköttetésre vonatkozóan összerendelik a bejövő és kimenő VCI/VCI értékeket és az input/output portokat

Virtuális csatorna, virtuális útvonal és virtuális csatorna-összeköttetés



- virtuális csatorna (VC)
- virtuális útvonal (VP)
- \longleftrightarrow virtuális csatorna-összeköttetés (VCC)

VPI és VCI kapcsolók

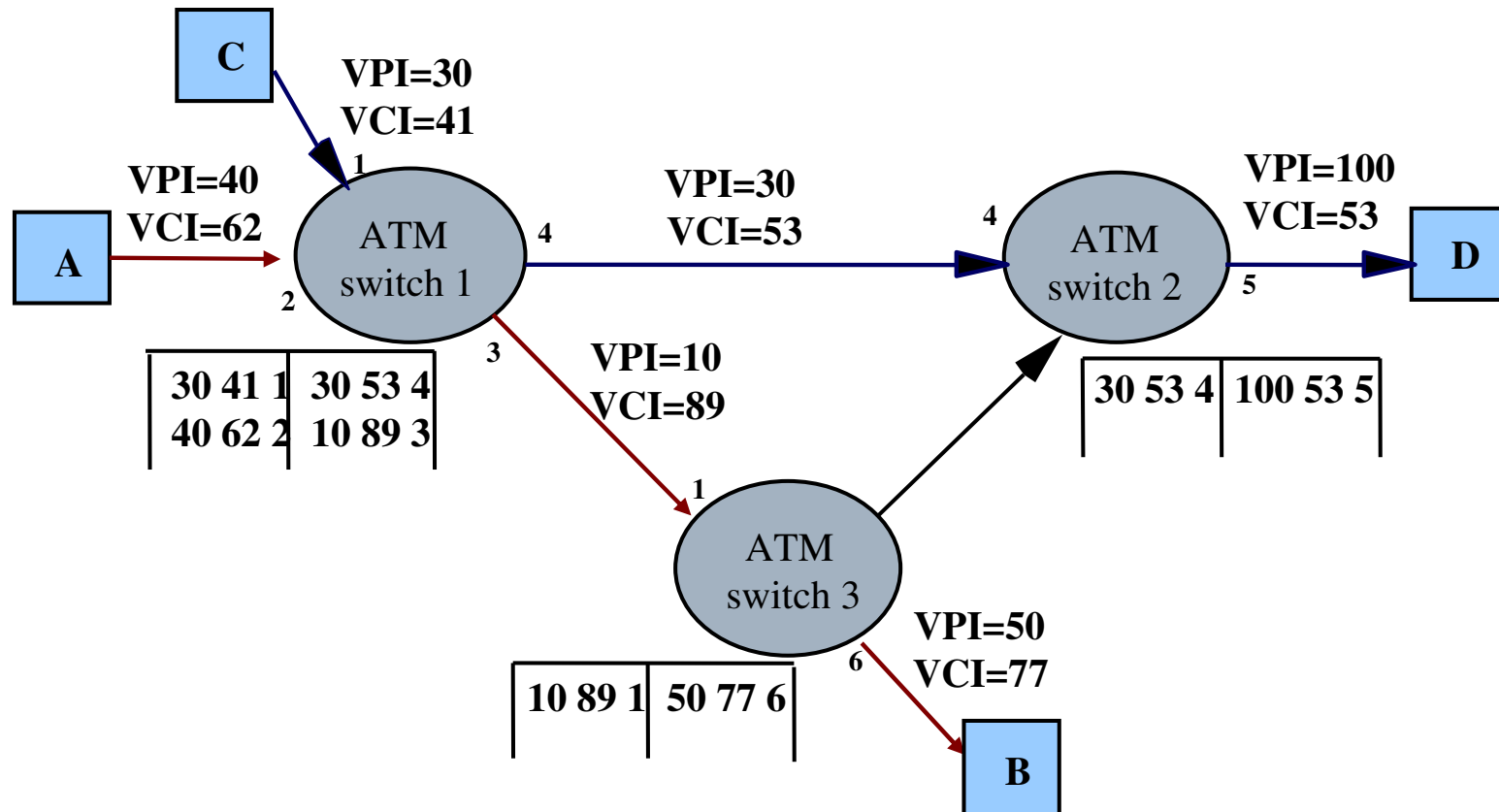


- A VP kapcsoló (szokás ATM keresztpontnak is nevezni) a cellákat a virtuális útvonal szintjén kapcsolja
- Ez hatékonyságnövelő, mert a kapcsolásnál nem kell a VCI-vel foglalkozni
- A VC kapcsoló a virtuális csatorna szintjén kapcsol
- Rendszerint megváltoztatja a VPI és VCI értékét egyaránt
- A két funkciót gyakran kombinálják egyetlen eszközben

ATM címkekapcsolás (ATM label switching)

- ❑ A kapcsoló beolvas egy beérkező cellát egy adott bemeneti porton
- ❑ A beérkező cella fejrészében egy adott címke (VPI/VCI érték) található
- ❑ A kapcsoló megkeresi a bemeneti port és a címke értékét egy táblázatban, amely tartalmazza a kimeneti port számát és egy új címkeértéket
- ❑ A kapcsoló a bementi címkeértéket felcseréli a táblázatban talált kimeneti címkeértékkel
- ❑ A cellát a táblázatban megadott kimeneti porton továbbküldi

Címkekicserélés az ATM hálózatban



Az ATM átviteli és kapcsolási mód fő funkciói

- *Összeköttetés-alapú csomagkapcsolás*
- *Nincs linkenkénti hibavédelem és forgalomszabályozás*
 - A cellavesztés vagy a téves célbajuttatás valószínűsége alacsony
 - Az adatok visszaállítása elveszett vagy hibás cellák esetén a magasabb rétegbeli protokollok (pl. TCP) feladata
- *Címzés*
 - Minden ATM végkészüléknek és ATM kapcsolónak egyedi ATM címe van
 - A magán és nyilvános hálózatokban eltérő ATM címzést alkalmaznak
 - Nyilvános hálózatokban: E.164 szerinti címzés
- *Szolgáltatásminőség - Quality of Service - biztosítása*
 - Minden ATM összeköttetéshez QoS kategória kapcsolódik
 - Az ATM hálózat garantálja a megállapodás szerinti QoS-t minden összeköttetés számára

QoS, szolgáltatási kategóriák és torlódásvezérlés ATM hálózatokban

- Az elv:
 - Minden ATM összeköttetéshez QoS kategória kapcsolódik, és a hálózat garantálja a megállapodás szerinti QoS-t minden összeköttetés számára
- Megvalósítás:
 - A forgalom jellemzése, forgalomleírók
 - QoS paraméterek készlete
 - ATM szolgáltatási kategóriák
 - Torlódásvezérlés
 - Preventív - *Call Admission Control (CAC)–beengedésszabályozás*
 - Reaktív – *ABR – Available Bit Rate*

Forgalmi jellemzők

- ❑ *peak cell rate* (PCR) – csúcs-cellasebesség
- ❑ *sustained cell rate* (SCR) – tartósan fennálló cellasebesség
- ❑ *maximum burst size* (MBS) – maximális burst-méret
- ❑ *cell delay variation tolerance* (CDVT) *
- ❑ ...és még vannak továbbiak...

* **nem foglalkozunk ezzel**

Peak cell rate (PCR)

- Az a maximális cellasebesség, cella/sec-ban, amelyet a forrás bebocsáthat az ATM hálózatba
- A *peak bit rate* is használható a „peak cell rate” helyett. A bitsebesség a felhasználói bitsebesség, a kettő között egyértelmű kapcsolat van, az átszámításhoz szükség van arra, hogy pontosan milyen átalakítások történnek a felhasználói adaton, amíg az cellákba kerül

Sustained cell rate (SCR)*

- Kiszámítjuk az egymást követő rövid T hosszú időszakokra az átlagos cellaszámokat. Ezeknek az átlagoknak a maximuma a *sustained cell rate* (SCR)
- A T időt nem definiálják a szabványokban, a gyakorlatban általában 1 sec-nak veszik
- Az SCR-t nem szabad összetéveszteni a forrás átlagos cellasebességével. (A kettő csak akkor ugyanaz, ha T-t azonosnak vesszük a teljes idővel, amely alatt a forrás ad.)
- Általában:

$$\textit{Average cell rate} \leq \textit{SCR} \leq \textit{PCR}$$

Maximum burst size (MBS)

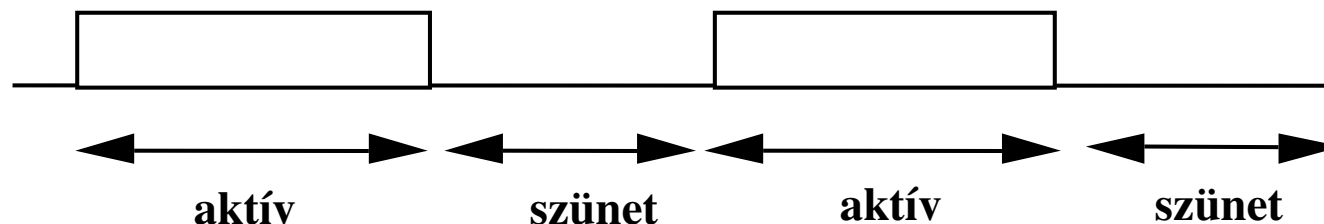
Börsztösség

□ Börsztösség

- Ez a fogalom azt jellemzi, hogy milyen mértékben csomósodik a forrás által kibocsátott cellafolyam

□ MBS

- max. cellaszám, amelyet a forrás a csúcs-cellasebességgel küldhet



Szabványosított forgalomleírók (traffic descriptors)*

- Az ATM Forum az alábbi paramétereket szabványosította:
 - *peak cell rate (PCR)*,
 - *sustained cell rate (SCR)*,
 - *maximum burst size (MBS)*
 - *cell delay variation tolerance (CDVT)*
- Az ITU-T csak a *peak cell rate*-et

Szolgáltatásminőség (Quality of service - QoS) paraméterek

- ❑ *cell loss rate (CLR)* – cellavesztési arány
- ❑ *cell transfer delay (CTD)* – cellakésleltetés
- ❑ *jitter (cell delay variation - CDV)* – cellakésleltetés-ingadozás
- ❑ *peak-to-peak cell delay variation (max CDV)* – csúcsok közötti cellakésleltetés-ingadozás
- ❑ *maximum cell transfer delay (max CTD)* – maximális cellakésleltetés
- ❑ *cell error rate (CER)* – cella-hibarány
- ❑ *cell misinsertion rate (CMR)* – téves cellabeiktatási arány

Cell loss rate - CLR

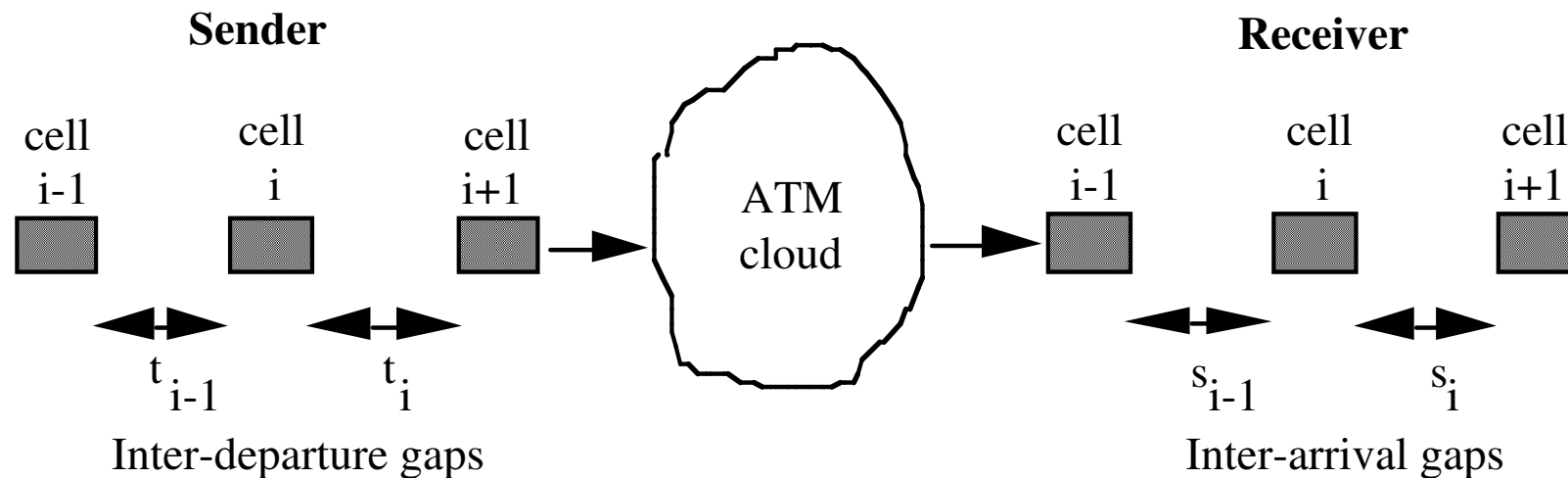
- Igen népszerű QoS paraméter, ez volt az első amelyet kiterjedten használtak ATM hálózatokban
 - ATM kapcsológépek méretezéséhez
 - Hívásengedélyező algoritmusokhoz
- Könnyű számszerűsíteni más QoS paraméterekhez képest (mint amilyen a jitter és a cellakésleltetés)

Cellakésleltetés (cell transfer delay - CTD)

- Amennyi idő alatt a cellát átviszi a hálózat végponttól végpontig, azaz a küldő eszköztől a vételi oldali végkészülékig
 - **Fix cellaátviteli késleltetés**
 - Terjedési késleltetés, az átviteli rendszer okozta állandó késleltetés és a kapcsológépek feldolgozási idejeinek állandó komponensei
 - **Változó cellaátviteli késleltetés (peak-to-peak cell delay variation)**
 - Sorbanállási késleltetés a kapcsológépekben

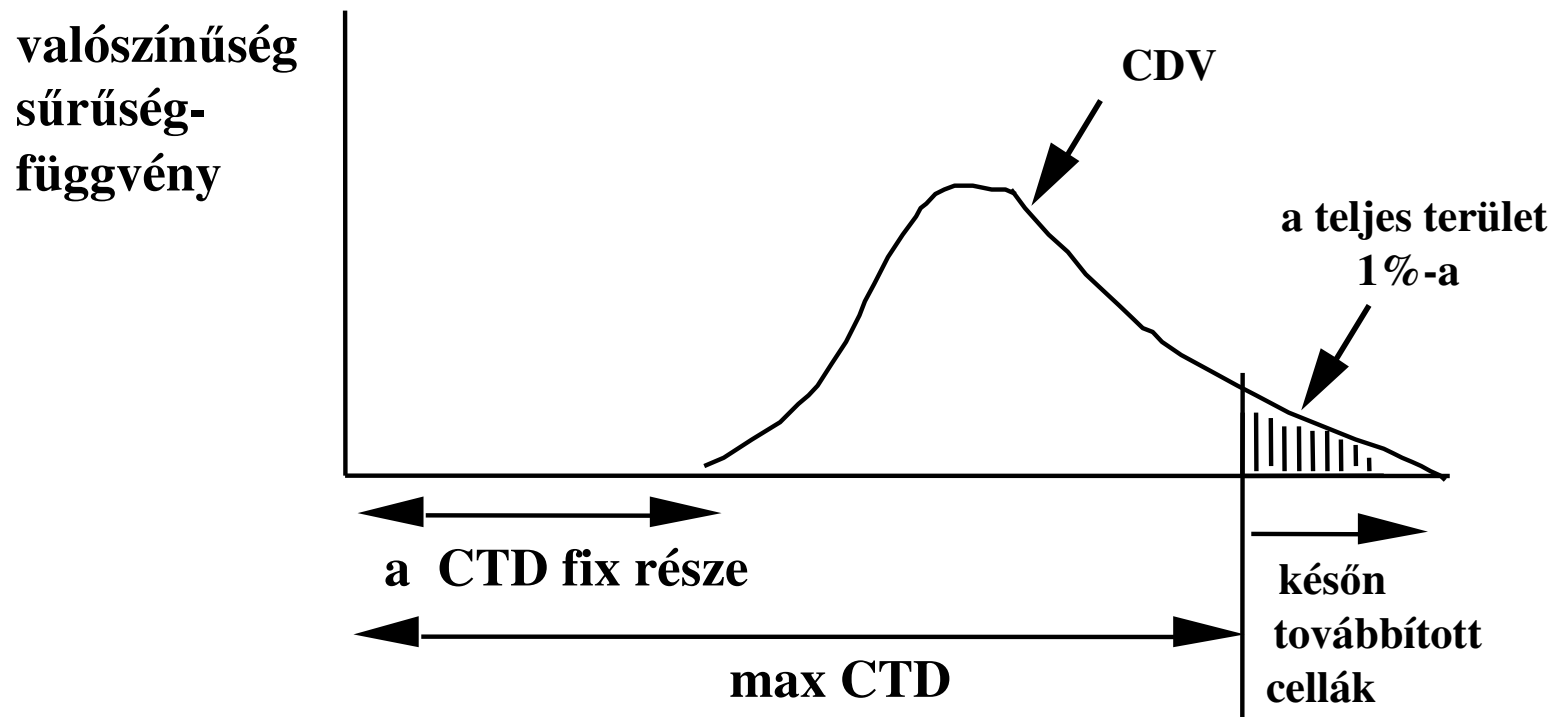
Cellakésleltetés ingadozása (jitter – CDV)

Fontos QoS paraméter beszéd és videó esetén
Azt jellemzi, hogy mennyire ingadoznak a beérkezési időközök a célnál



Maximum cell transfer delay (max CTD)*

Statisztikus felső korlát az end-to-end cell transfer delay-re



Cell error ratio (CER), Cell misinsertion rate (CMR)

- A CER egy összeköttetésen a *hibás* cellák számaránya a forrás által leadott teljes cellaszámhoz képest. *Hibás* cella az, amelynek a payloadja meghibásodott.
- A CMR a tévesen célba szállított cellák aránya adott időszak alatt

Szolgáltatásminőség-osztályok

- Definiálhatunk szolgáltatásminőség-osztályokat (kategóriákat) – *QoS classes (categories)*, melyekhez tartoznak:
 - Forgalomleírók – *traffic descriptors*
 - pl. csúcs-cellasebesség - *PCR*
 - Szolgáltatásminőség-jellemzők – *QoS parameters*
 - pl. cellakésleltetés-ingadozás – *CDV*

ATM szolgáltatási kategóriák

- *Constant bit rate (CBR)*
- *Real time variable bit rate (rt-VBR)*
- *Non-real time variable bit rate (nrt-VBR)*
- *Unspecified bit rate (UBR)*
- *Available bit rate (ABR)*
- *Guaranteed frame rate (GFR)**

CBR - az állandó bitsebességű szolgáltatás

- Real-time alkalmazások számára, amelyek szigorúan rögzített késleltetést és késleltetés-ingadozást igényelnek, mint pl.
 - beszéd és áramkör-emulációs szolgáltatások
 - állandó bitsebességű videó
 - minőségi hangátvitel
- A források állandó sebességgel adnak

rt-VBR és nrt-VBR

□ A real-time VBR szolgáltatás

- Real-time alkalmazások számára, amelyek *korlátos késleltetés és késleltetés-ingadozást* igényelnek:

- videó
- beszéd

- A források változó bitsebességgel és esetleg borsztösen adnak

□ A non-real time VBR szolgáltatás

- Változó bitsebességű és borsztös források, amelyek *nem igényelnek real-time jellegű korlátokat*

UBR, ABR, GFR

- **Unspecified bit rate (UBR)**
 - késleltetést tűrő alkalmazások számára, nem garantál szolgáltatásminőséget.
- **Available bit rate (ABR)**
 - visszacsatolás-alapú, olyan források számára, amelyek képesek adási sebességüket a rendelkezésre álló átbocsátóképességhez igazítani
- **Guaranteed frame rate (GFR)***
 - olyan források számára, amelyek egy minimális cellasebességet igényelnek, tudnak ennél többet is adni, amelyet azonban a hálózat nem garantál („frame” itt azt jelzi, hogy nagyobb egységekre működik a szabályozás)

A CBR, rt-VBR, nrt-VBR, UBR szolgáltatások jellemzésére használt forgalomleírók és QoS-paraméterek*

□ CBR

- Forgalomleírók: PCR, CDVT
- QoS jellemzők: maxCDV, MaxCTD, CLR

□ rt-VBR

- Forgalomleírók: PCR, CDVT, SCR, MBS
- QoS jellemzők: maxCDV, MaxCTD, CLR

□ nrt-VBR

- Forgalomleírók: PCR, CDVT, SCR, MBS
- QoS jellemzők: CLR

□ UBR

- PCR specifikálva van, de nem használja a CAC és a policing
- Nincsenek QoS paraméterek jelezve

Forgalomleírók és QoS-paraméterek az ABR és a GFR számára*

□ ABR

- Forgalomleírók: PCR, CDVT, MCR
- QoS jellemzők: CLR (lehetséges, hálózatfüggően)

□ GFR*

- Forgalomleírók: PCR, CDVT, MCR, MBS, MFS, CDVT
- QoS jellemzők: CLR (lehetséges, hálózatfüggően)

Torlódásvezérlés (Congestion control)

□ Preventív

- Megelőzni a torlódást

- *Hívásengedélyezés (Call Admission Control - CAC)*
és

- *Policing (rendszerabályozás) alkalmazásával*

□ Reaktív

- A hálózat által adott visszacsatoláson alapul, szabályozza az adási sebességet

- *Available bit rate (ABR) szolgáltatás*

Preventív torlódásvezérlés

- Egy új összeköttetésre vonatkozó kérés esetén minden, az útvonal mentén levő ATM switch el kell döntse, hogy elfogadja-e vagy sem
- Két kérdést kell megválaszolni:
 - *Befolyásolja-e az új összeköttetés a kapcsológép által már kezelt összeköttetések szolgáltatásminőségét?*
 - *Képes-e a kapcsoló az új összeköttetés által igényelt szolgáltatásminőség nyújtására?*

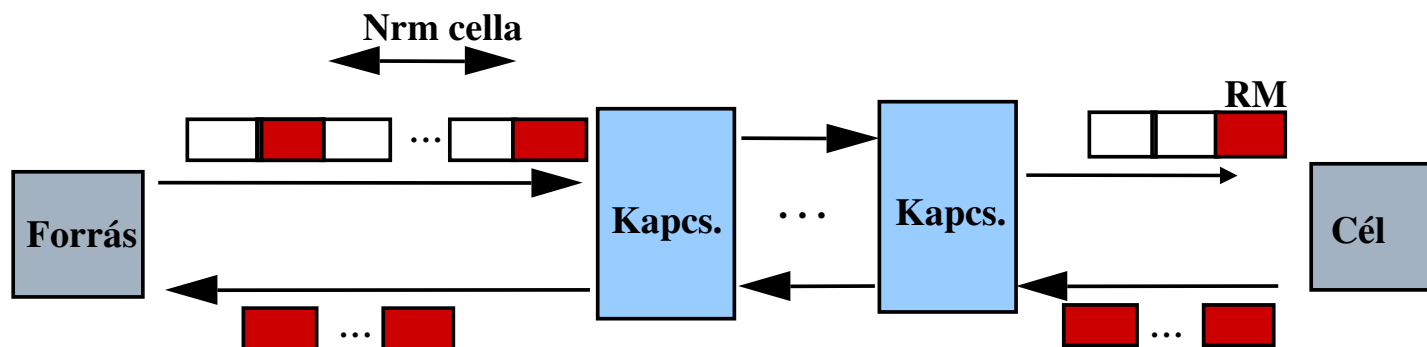
Call admission control (CAC)

- CAC algoritmust használ az ATM switch annak eldöntésére, hogy elfogadja vagy elutasítsa-e az új összeköttetést
- A legtöbb CAC algoritmus a CLR-en alapul
 - Az új összeköttetés elfogadást nyer, ha a switch képes nyújtani a kért cellavesztési arányt anélkül, hogy az hatással lenne a meglévő összeköttetésekre. A jittert vagy CTD-t nem vesszük figyelembe
- Az újabb algoritmusok a cell transfer delay-en alapulnak

Reaktív torlódásvezérlés

Az *Available bit rate (ABR)* szolgáltatás*

- Az összeköttetés felépítésekor az adó *minimum cell rate*-et (MCR) kér. Megadja a maximum cell rate-et is, amely a PCR-je.
- A hálózat elfogadja, ha a kért MCR-t teljesíteni tudja
- A forrás túl is lépheti a kért MCR-t, ha a hálózatban van ehhez szabad kapacitás
- Ha torlódás kezdődik, az adónak csökkentenie kell az adási sebességét



RM – Resource Management cellák, Nrm hasznos cellánként beszúrva
A célpont és a kapcsolók az RM-cellákat használják a torlódás jelzésére,
a forrás ezt figyelembeveszi

Összefoglalás: QoS biztosítása az ATM-nél

- Az elv tehát:
 - Minden ATM-összeköttetéshez QoS kategória kapcsolódik, és a hálózat garantálja a megállapodás szerinti QoS-t minden összeköttetés számára
- Megvalósítás:
 - A forgalom jellemzése, forgalomleírók
 - QoS paraméterek készlete
 - Szolgáltatási kategóriák
 - Torlódásvezérlés
 - Preventív - *Call Admission Control (CAC)* – *beengedésszabályozás*
 - Reaktív – *ABR* – *Available Bit Rate*

QoS: hol tartunk?

- „Nyers erő” (over-provisioning)
- ATM
 - Összeköttetés-alapú kommunikáció (virtuális utak és áramkörök plusz felhasználó-hálózat közötti szerződés, beengedésszabályozás, erőforrás-menedzselés)
- **Folyamankénti (per-flow) QoS-biztosítás** **legközelebb**
 - IETF's Integrated Services (IntServ) módszer
- **Forgalomosztály-alapú (class-based) QoS-biztosítás**
 - IETF's Differentiated Services (DiffServ) módszer
- MPLS (Multi-Protocol Label Switching)
 - Az MPLS önmagában nem QoS-módszer, csupán lehetőséget nyújt QoS-biztosításra azzal, hogy az IP-re összeköttetés-alapú képességet ültet
- LAN-okban
 - Virtuális LAN-ok

