

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudomány Egyetem  
Villamosmérnöki kar

# Vezetékes hálózattechnológiák



# B-ISDN

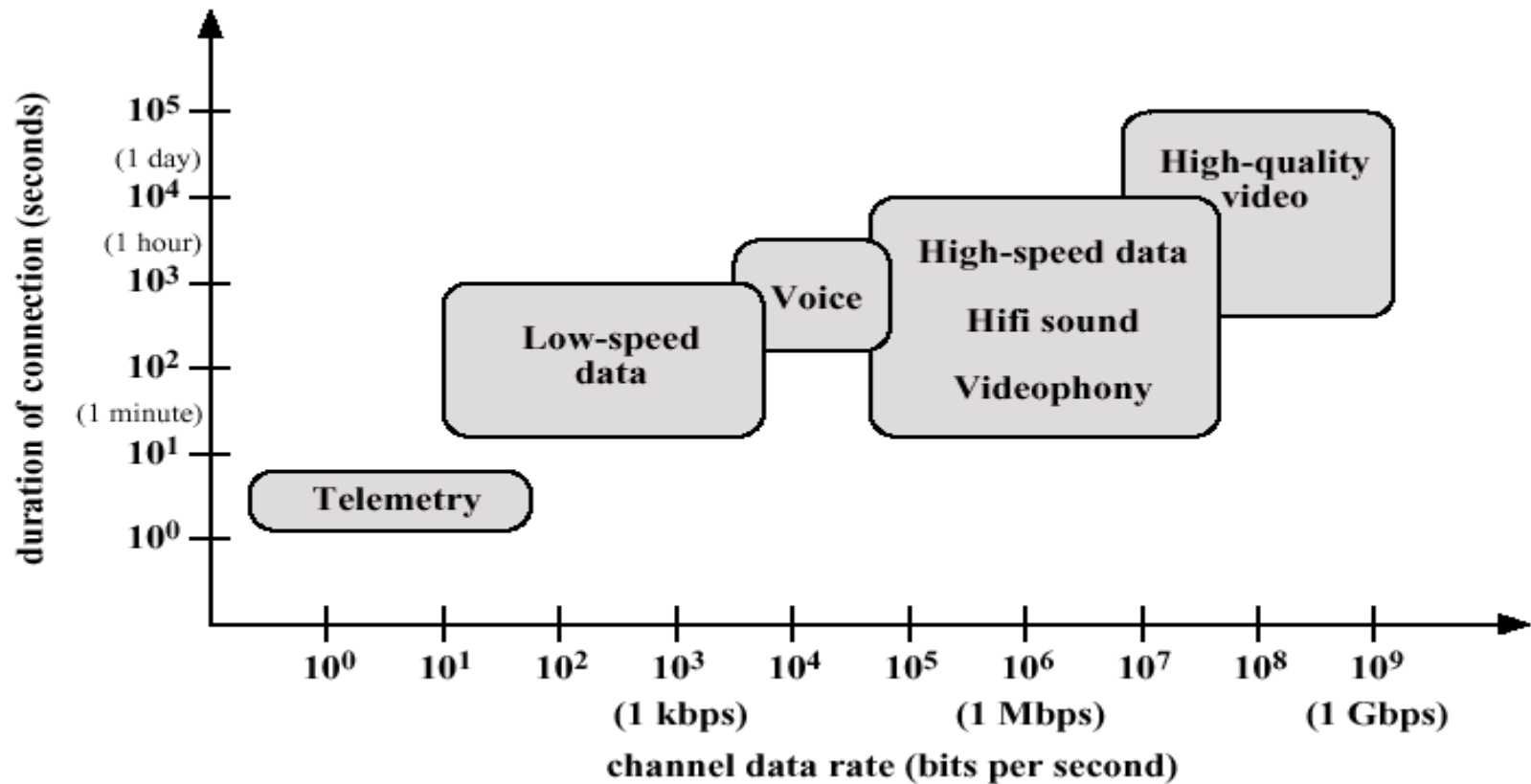


# B-ISDN

- Motiváció és kezdeti feltételezések:
  - Alkalmazások
    - forgalmi jellemzők
    - követelmények (szélessávú)
  - hálózat integráció (üzemeltetési költség, együttműködés megvalósítása)
  - kiterjeszhető (scalable)
- ITU-T:
  - B-ISDN
  - ATM
- ATM Fórum



# Alkalmazások



# Milyen jellemzői lehetnek egy hálózati alkalmazásnak?

- Forrás és cél idő-kapcsolata (időzítés)
- Kapcsolási üzemmód
- Sebesség



# B-ISDN alkalmazások osztályozása

	Class A	Class B	Class C	Class D
Timing relation between source and destination	Required		Not required	
Bit rate	Constant		Variable	
Connection mode	Connection-oriented			Connectionless
AAL Protocol	Type 1	Type 2	Type 3/4, Type 5	Type 3/4



# ATM (Asynchronous Transfer Mode)



# Kis kitérő: Módszertan

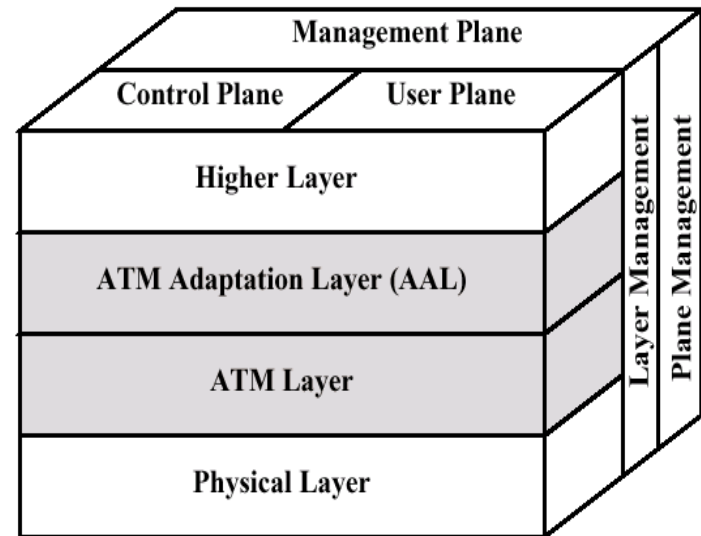
- Funkciók és funkciókat „megtestesítő” protokollok rögzítése a nemzetközi szabványokban
- Protokollok szervezése OSI-szerű
- Funkciók három sík (plane)
  - adattovábbítás
  - vezérlés (jelzés) és forgalomszabályozás
  - menedzsment



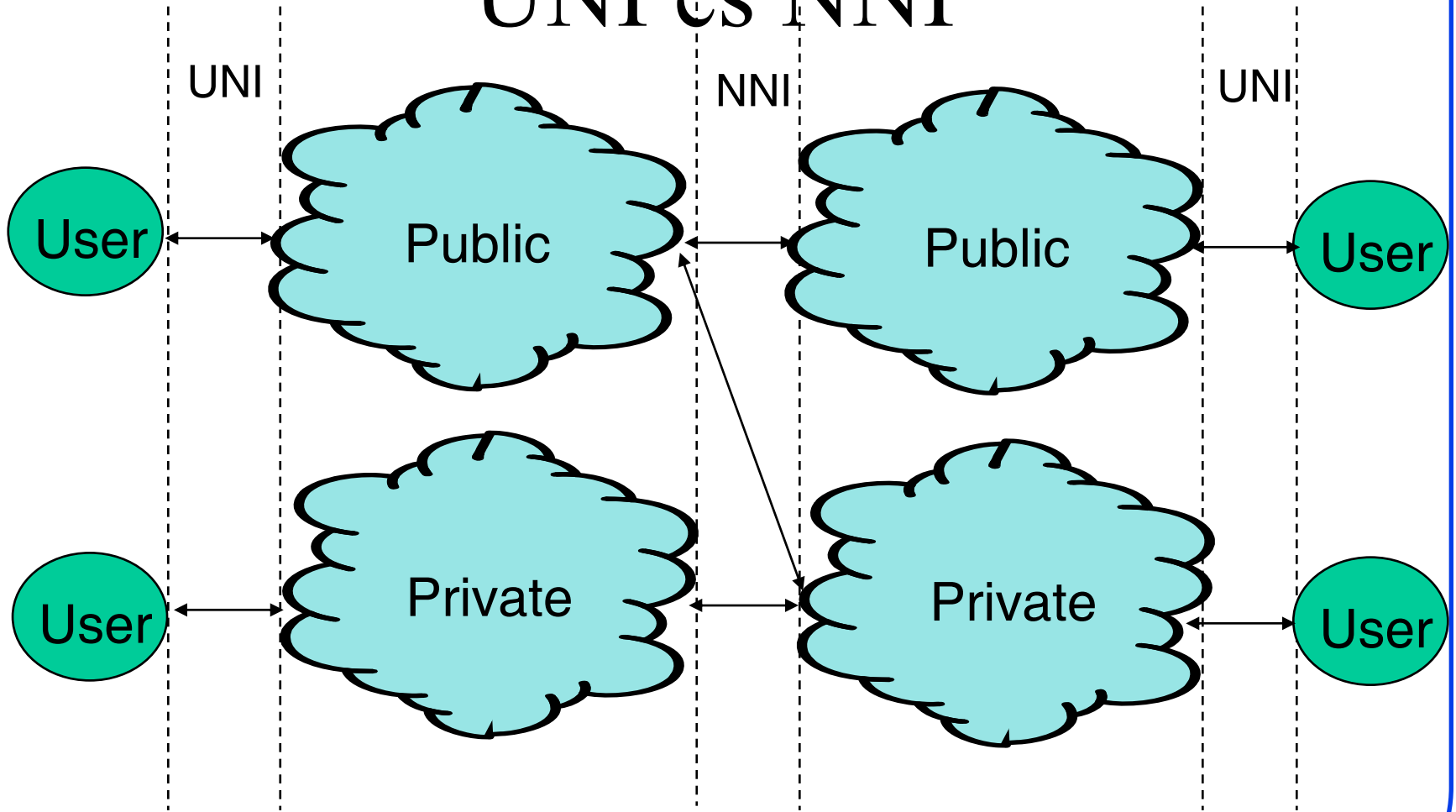


# ATM protokoll architektúra

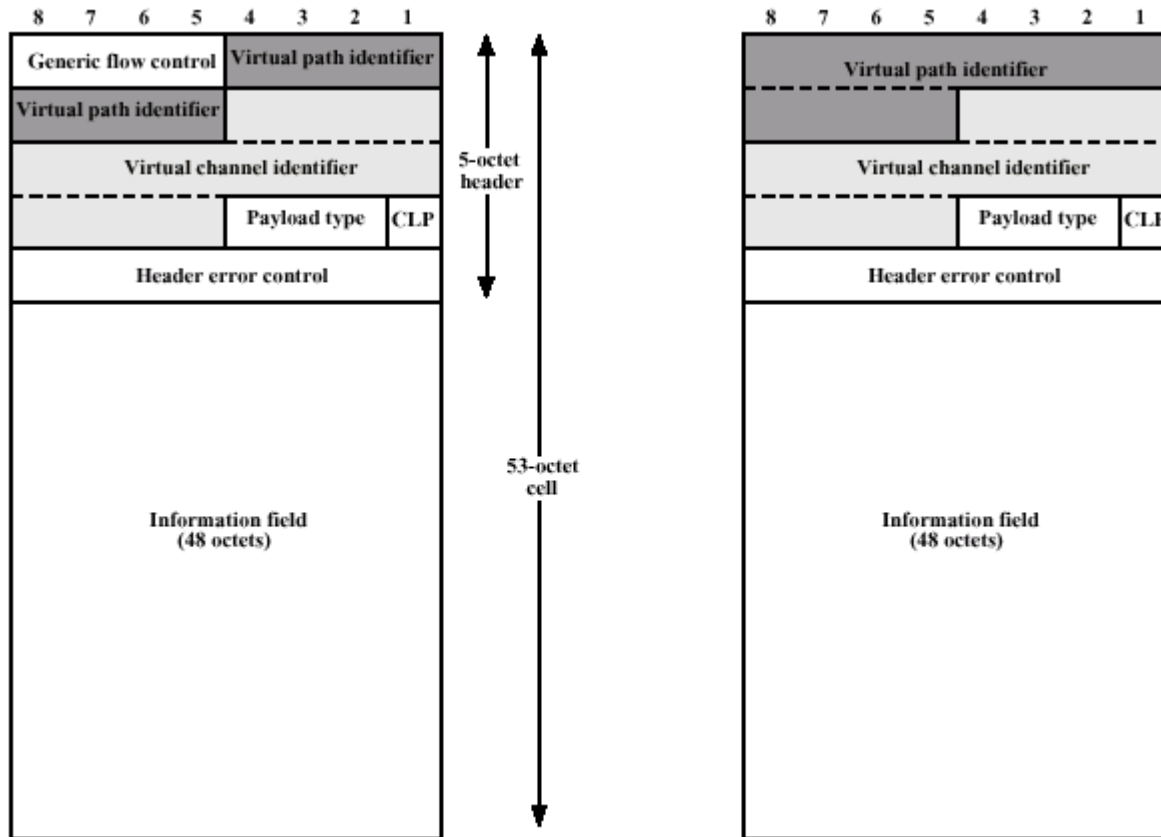
- Data (User) Plane
- Control Plane
- Management Plane
  - Layer management
  - Plane management



# UNI és NNI



# ATM cella struktúra



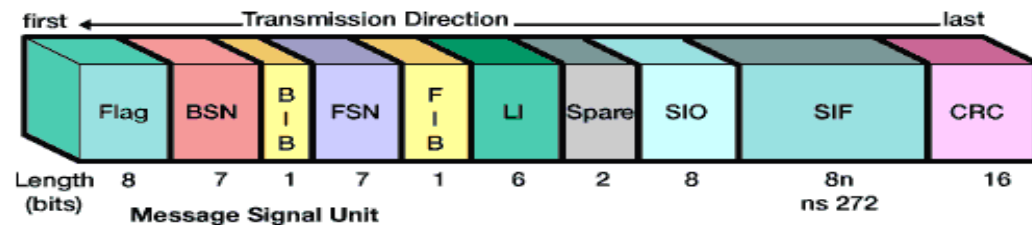
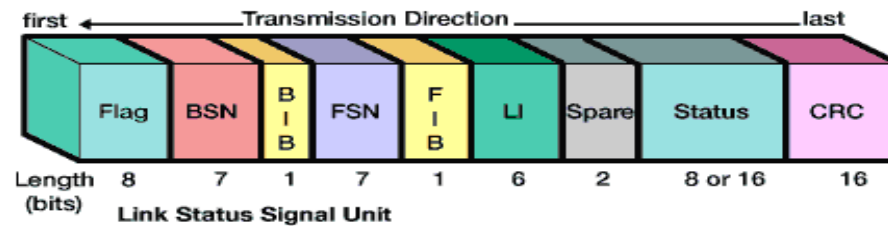
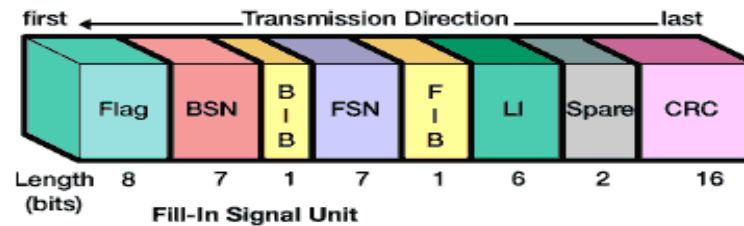
(a) User-Network Interface

(b) Network-Network Interface

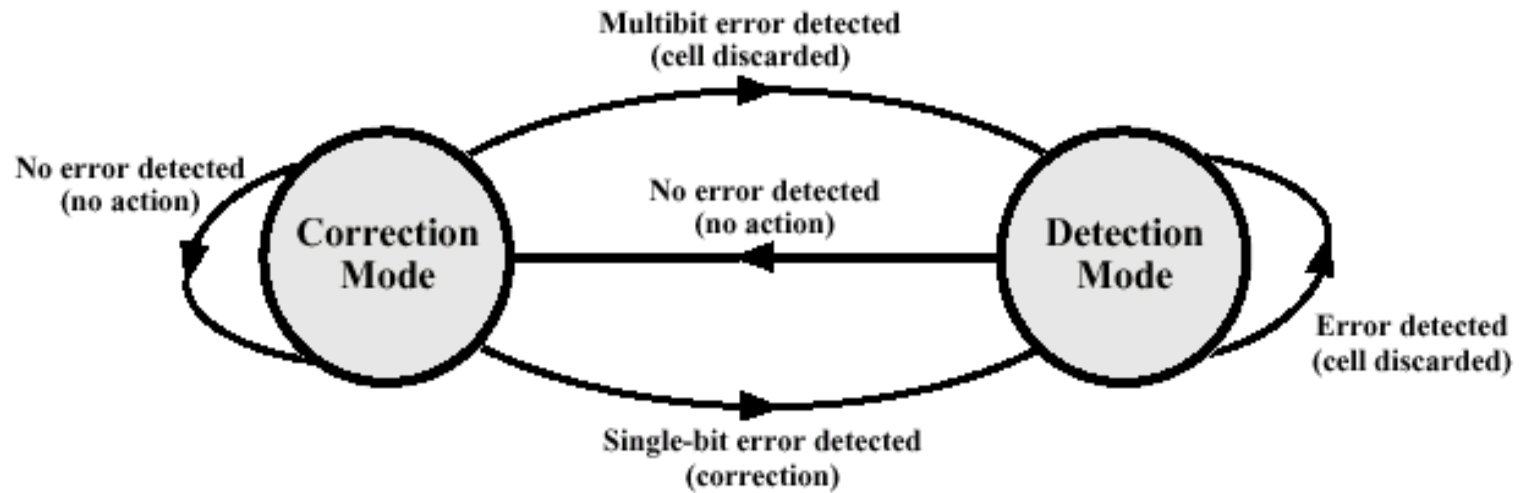


# Összehasonlítás: SS7 MTP2 üzenet

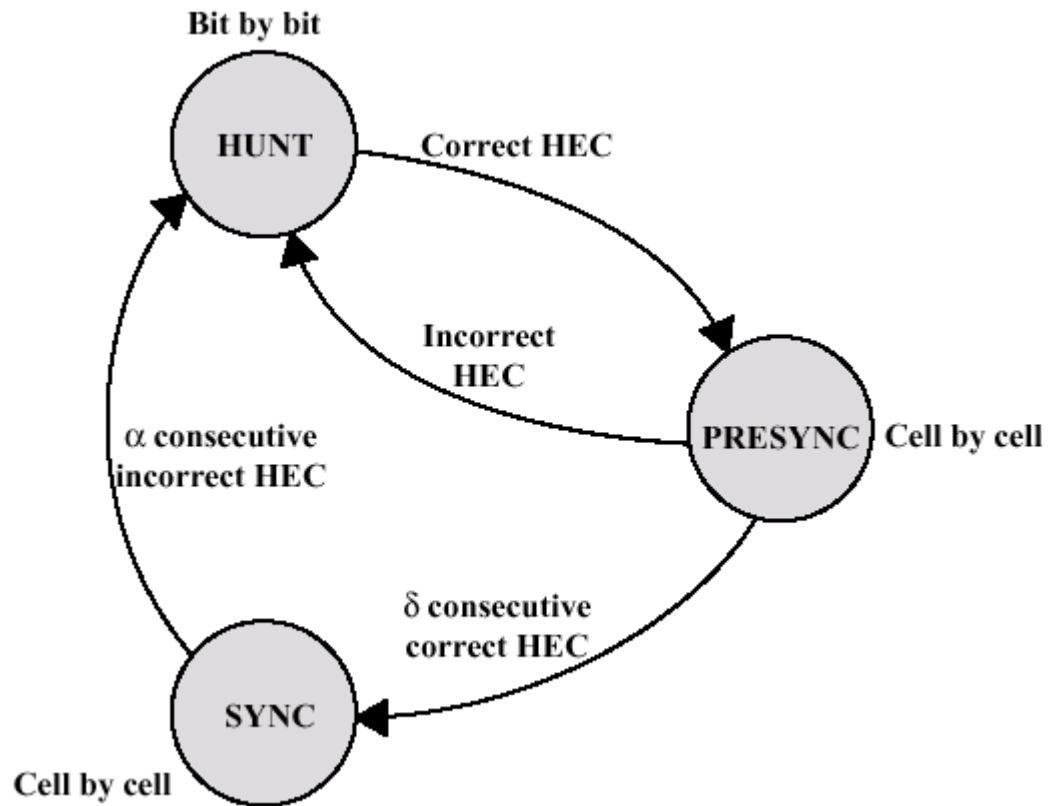
- Flag azonosítja a csomag határát illetve kezdetét



# HEC



# HEC



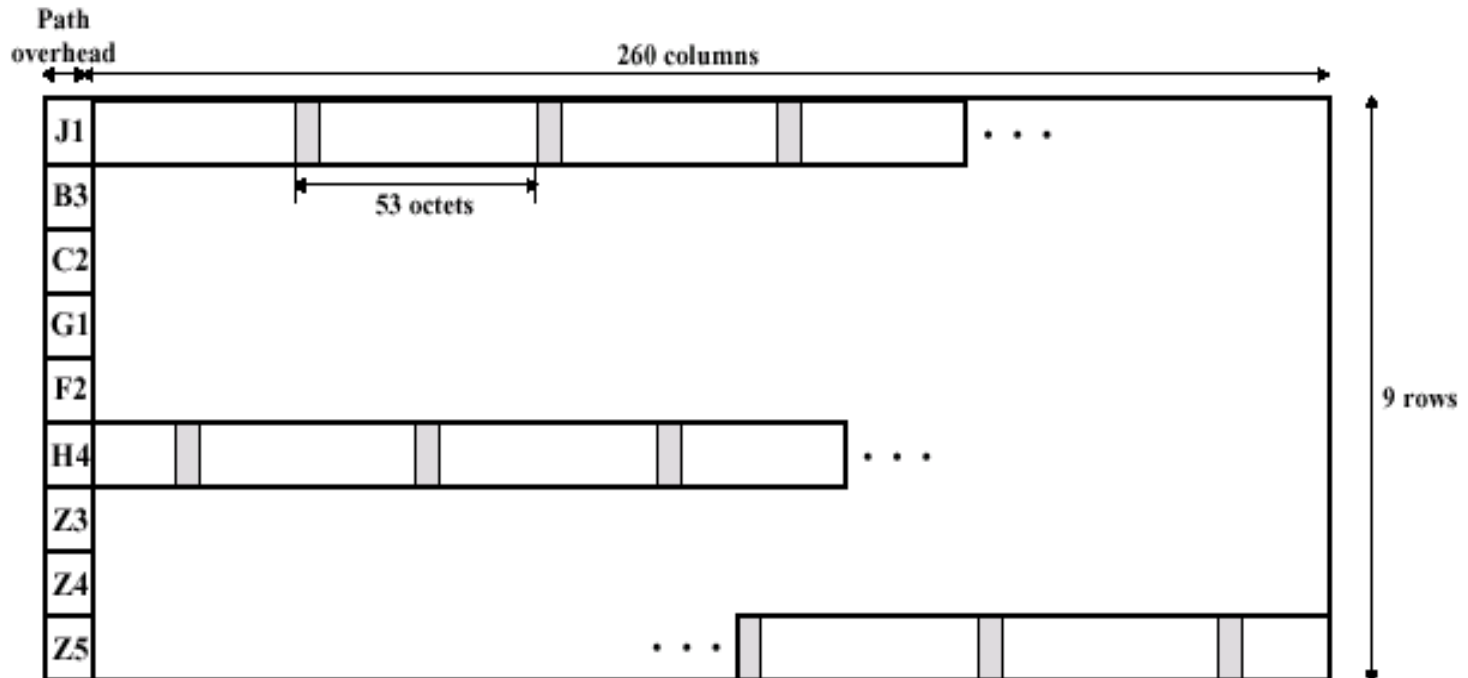
# ATM fizikai közege

- DS1: sodrott érpár (1.544 Mbps)
- E1: coax (2 Mbps)
- nxDS1
- nxE1
- E3: coax (34 Mbps)
- STM-1: 155.52 (optikai, coax)
- STM-4
- .....



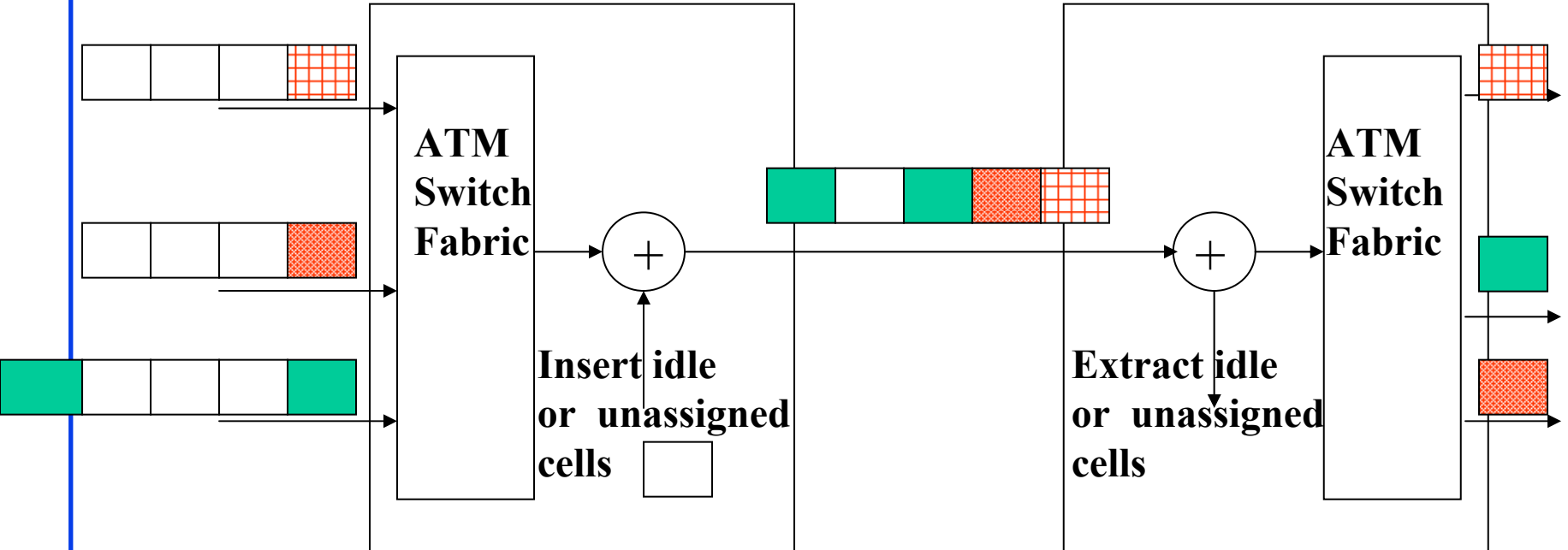
# ATM az SDH STM-1 fölött

- SDH keretidő  $(270 \cdot 9 \cdot 8) / 155520000 = 125 \mu\text{s}$
- maximális cella sebesség  
 $(155520000 / 270) \cdot 260 / (8 \cdot 53) = 353207.547 \text{ cells/s}$
- egy cella idő  $125 \cdot 53 / (260 \cdot 9) = 2,83 \mu\text{s}$

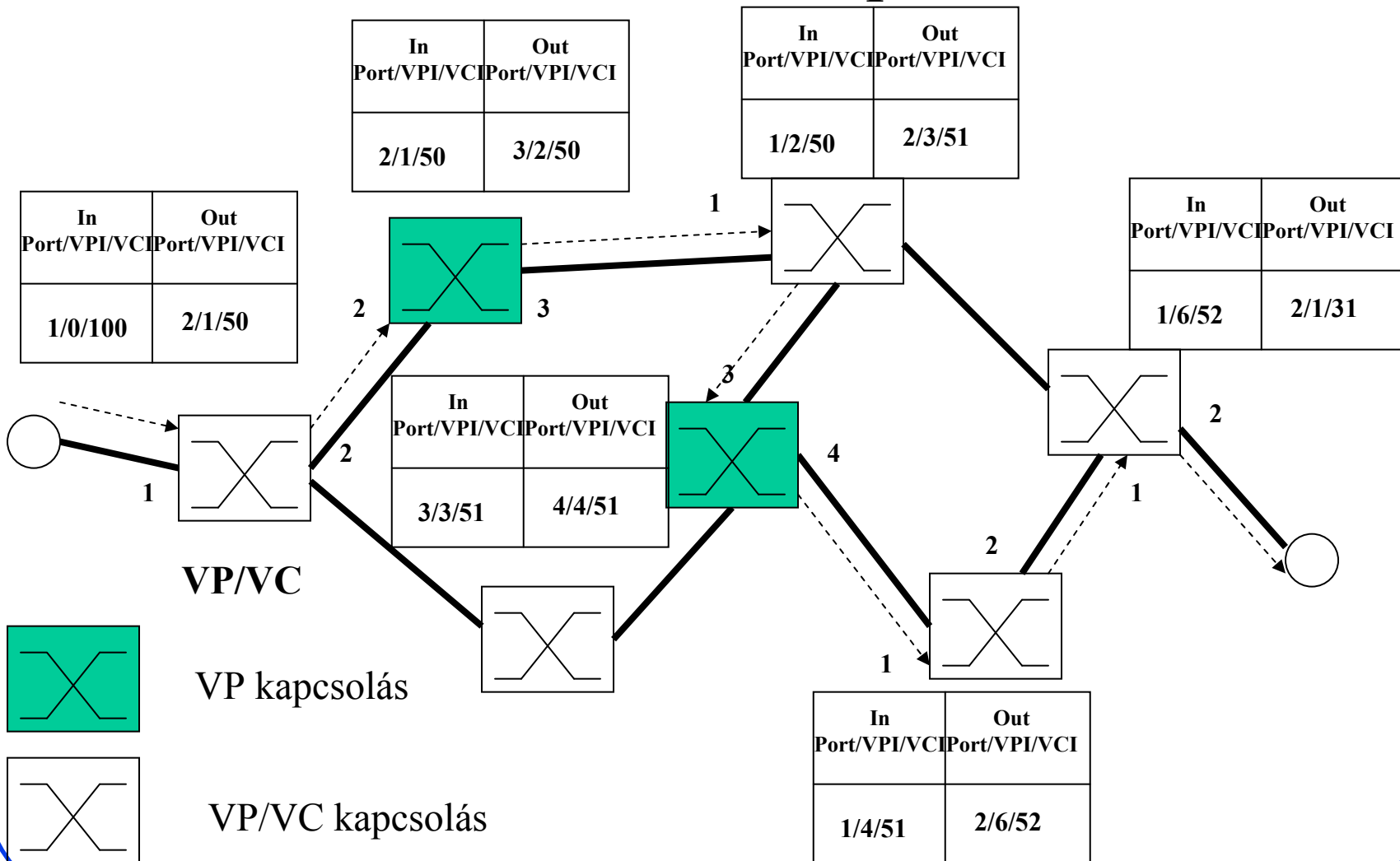




# TC (Transmission Convergence)



# Transzlációs tábla a kapcsolókban



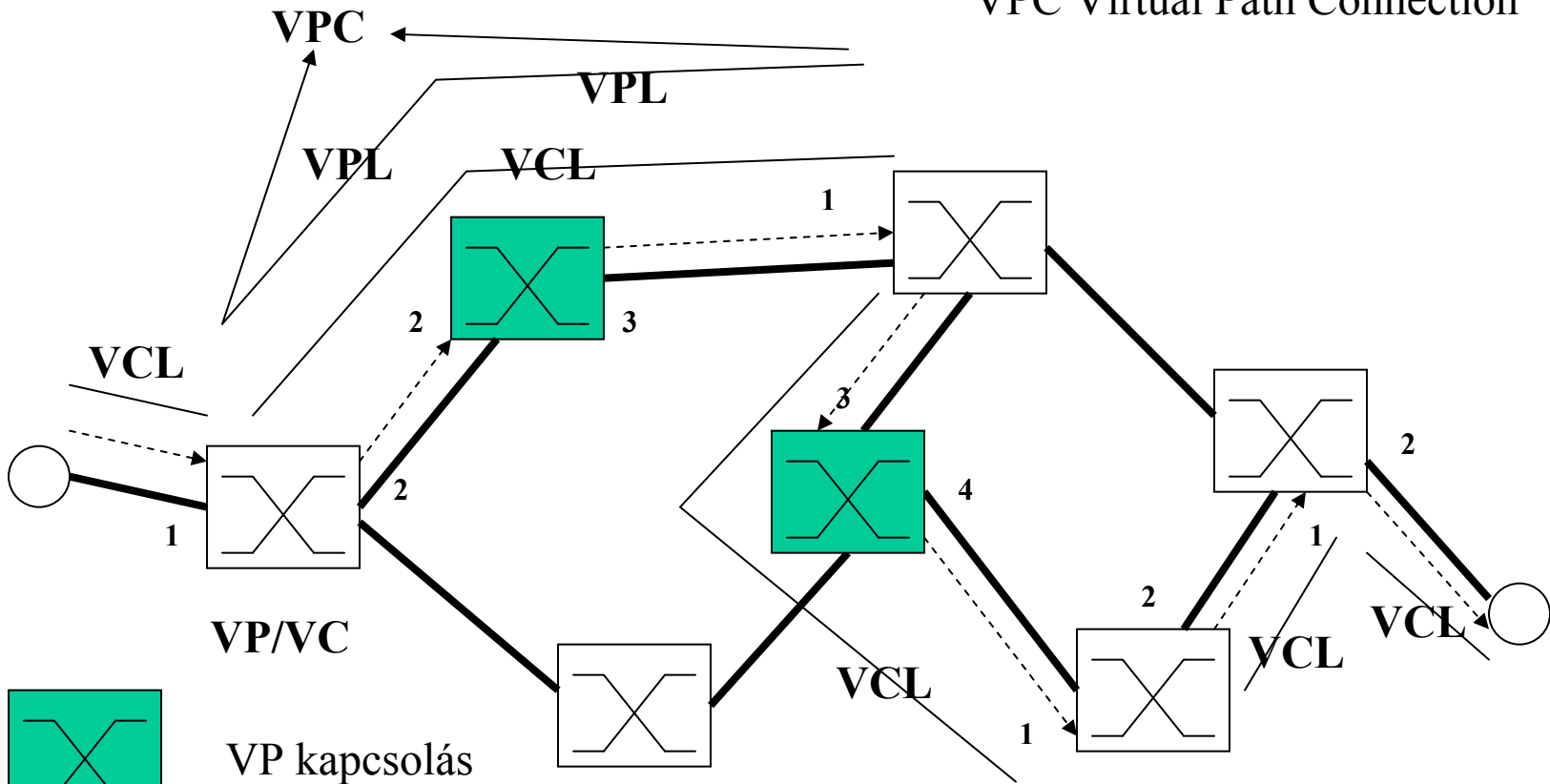
# VPI/VCI

- VCI foglalt csatornaszámok
  - 0 (CLP=0): üres cella
  - 1 Meta-signaling
  - 2 broadcast signaling
  - 3 F4 OAM cella
  - 5: jelzés
  - 16: ILMI, cím regisztráció



# VCC, VCL, VPC, VPL

VCC Virtual Channel Connection  
VCL Virtual Channel Link  
VPC Virtual Path Connection



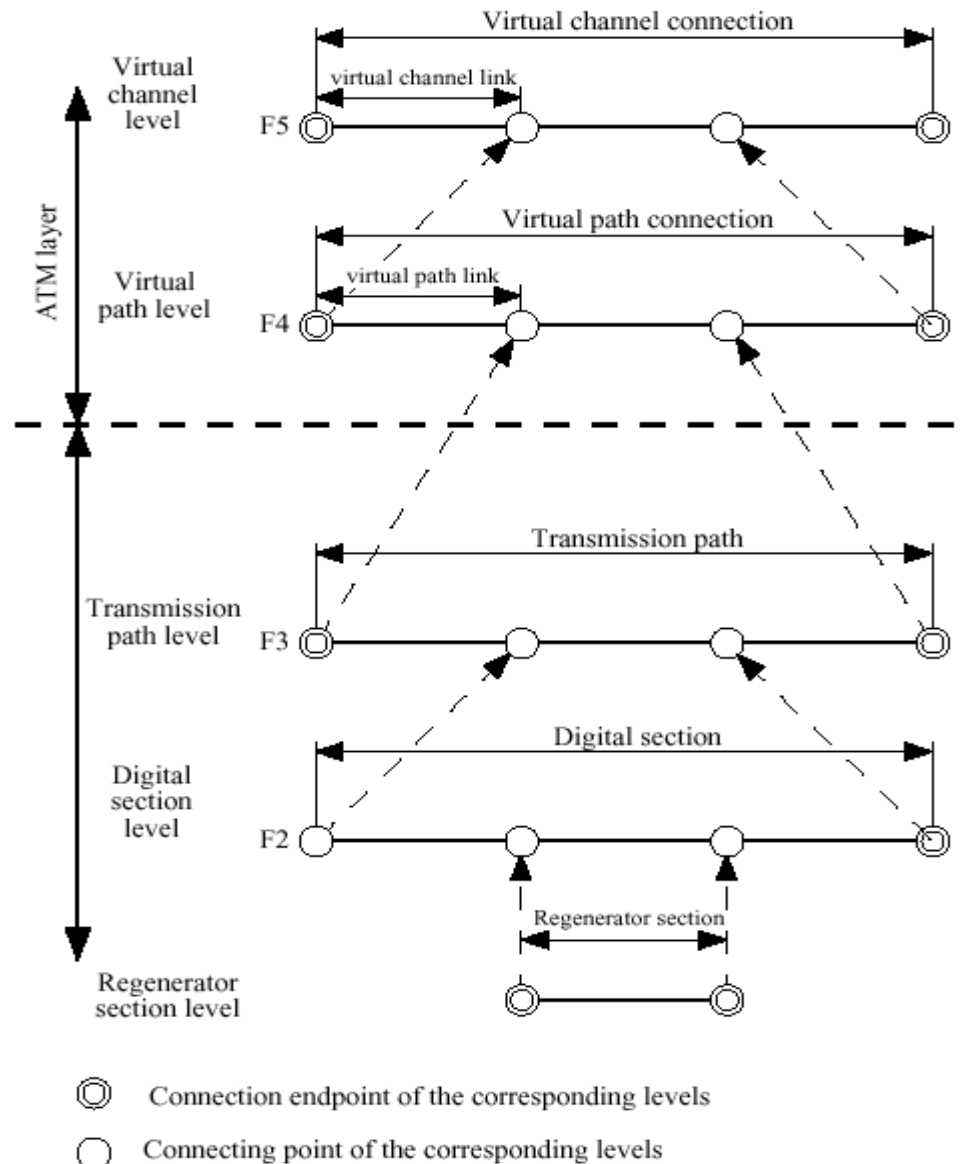
VP/VC

VP kapcsolás

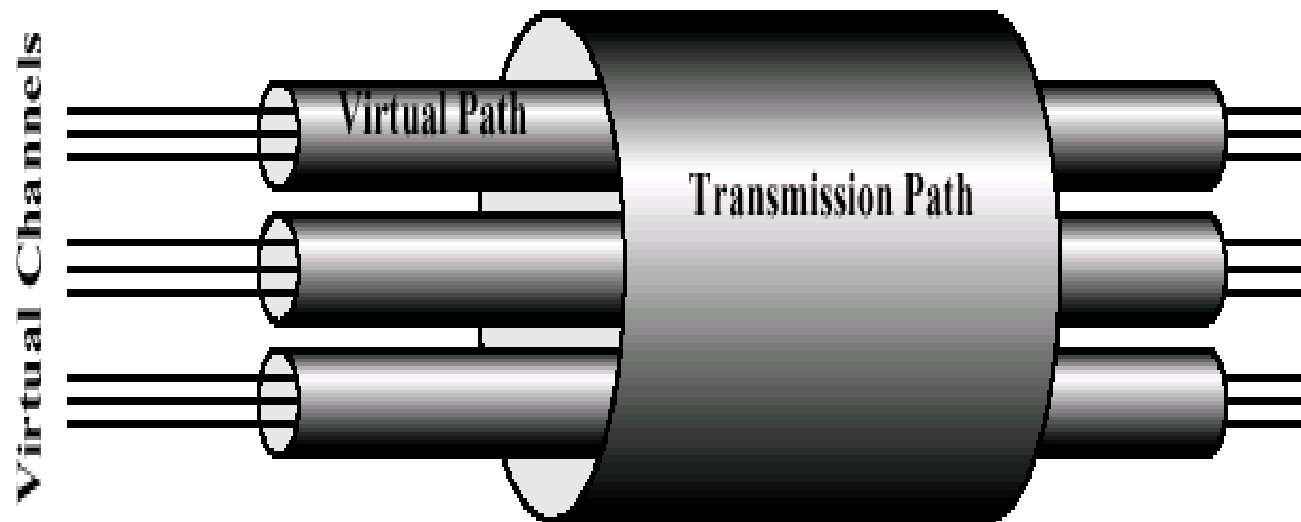
VP/VC kapcsolás



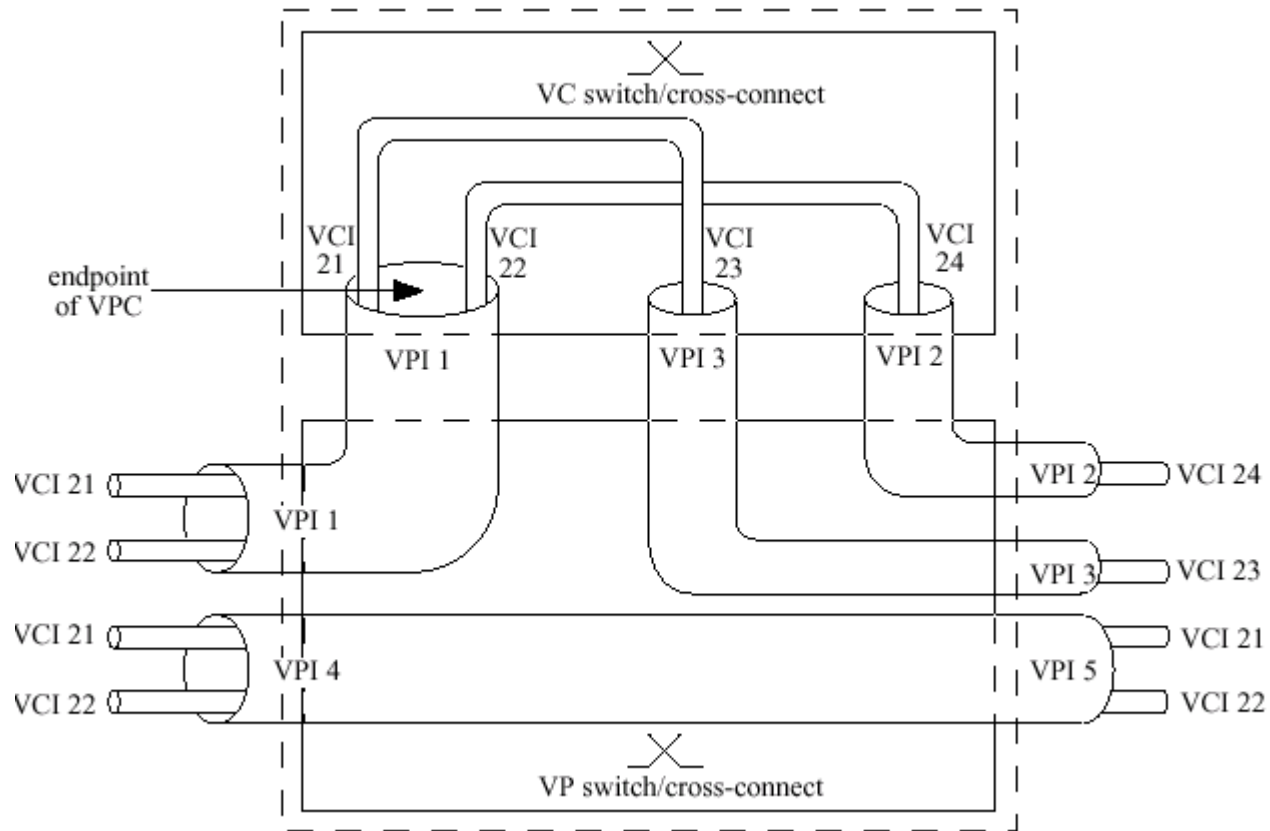
# VP és VC kapcsolata



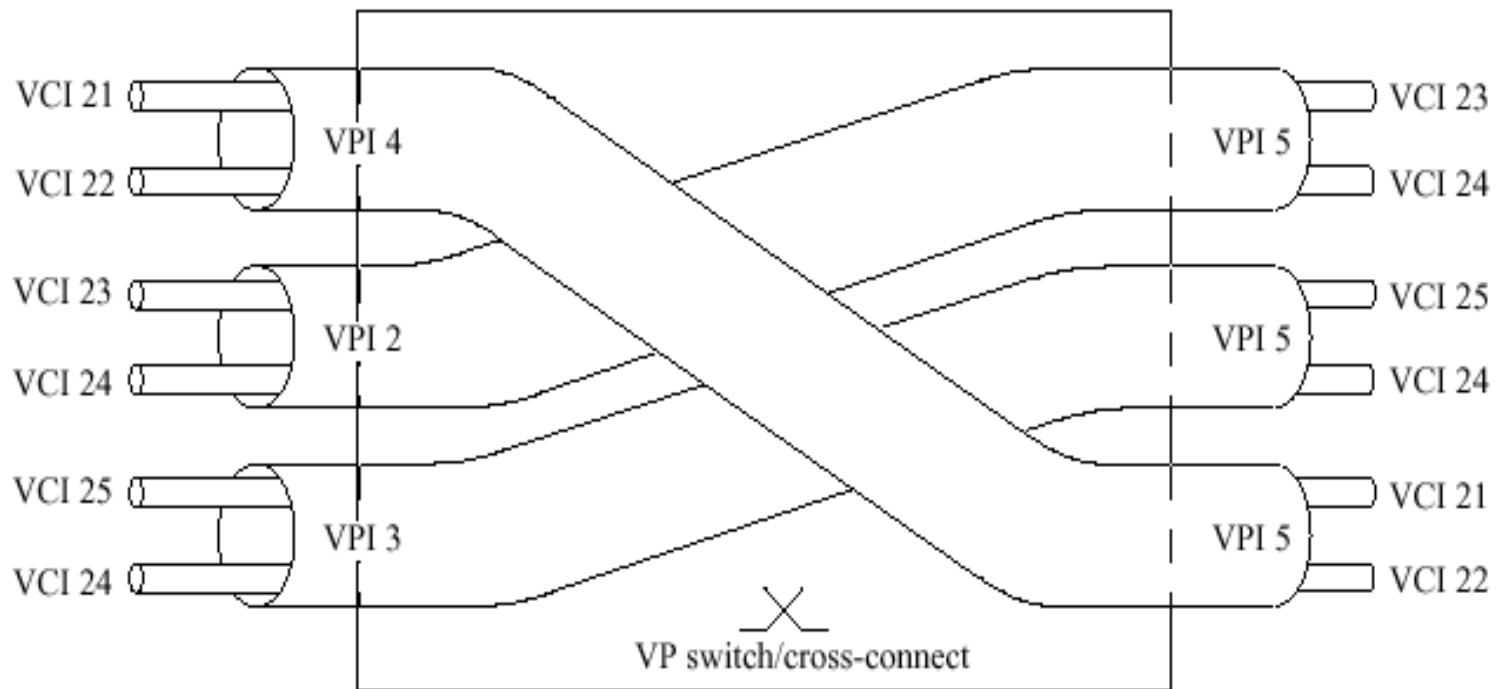
# VC és VP kapcsolata



# VC és VP kapcsolás



# VP kapcsolás



(b) Representation of VP switching



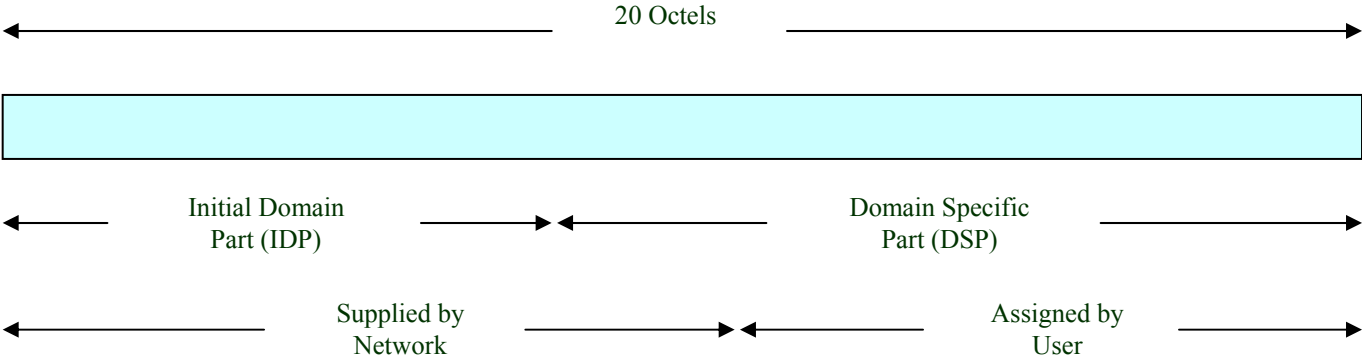


# Rendszer szintű címzés

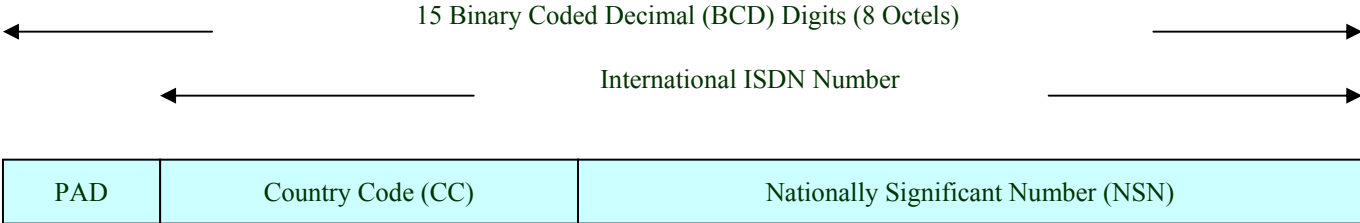


# ATM Fórum UNI cím

## a. ISO Network Service Access Point (NSAP) based Address Format

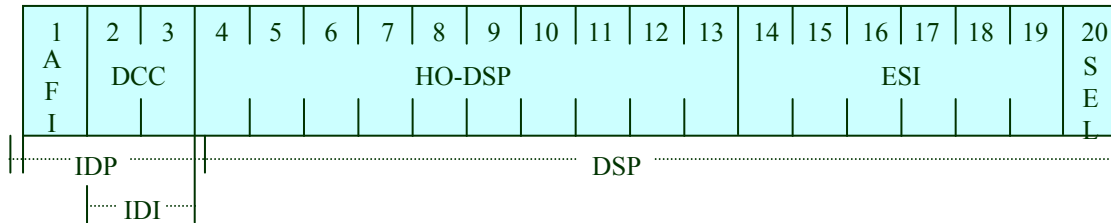


## b. ITU-T E.164 Telephony based Address Format

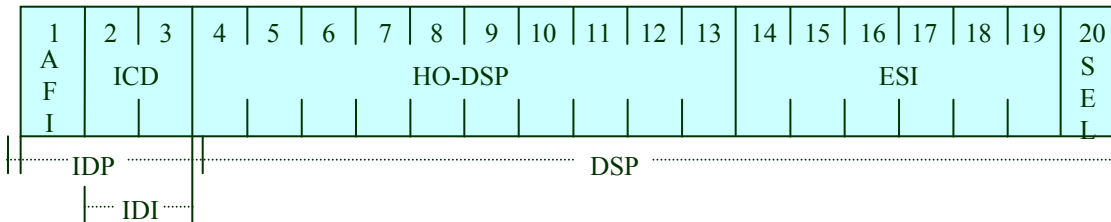


# ATM Fórum UNI 4.0 ATM AESA (ATM End System Address)

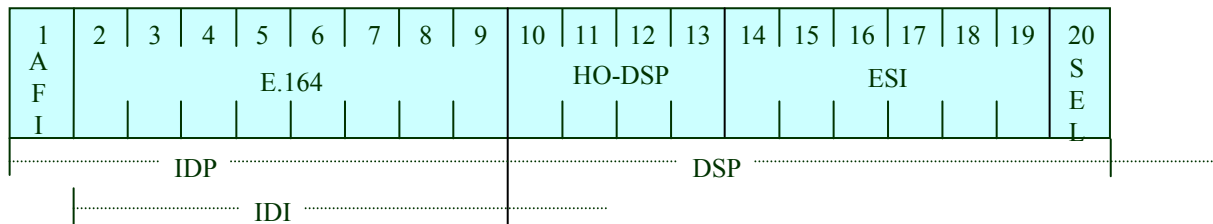
**a. DCC AESA Format (AFI='39' Hex)**



**b. ICD AESA Format (AFI='47' Hex)**



**c. E.164 AESA Format (AFI='45' Hex)**

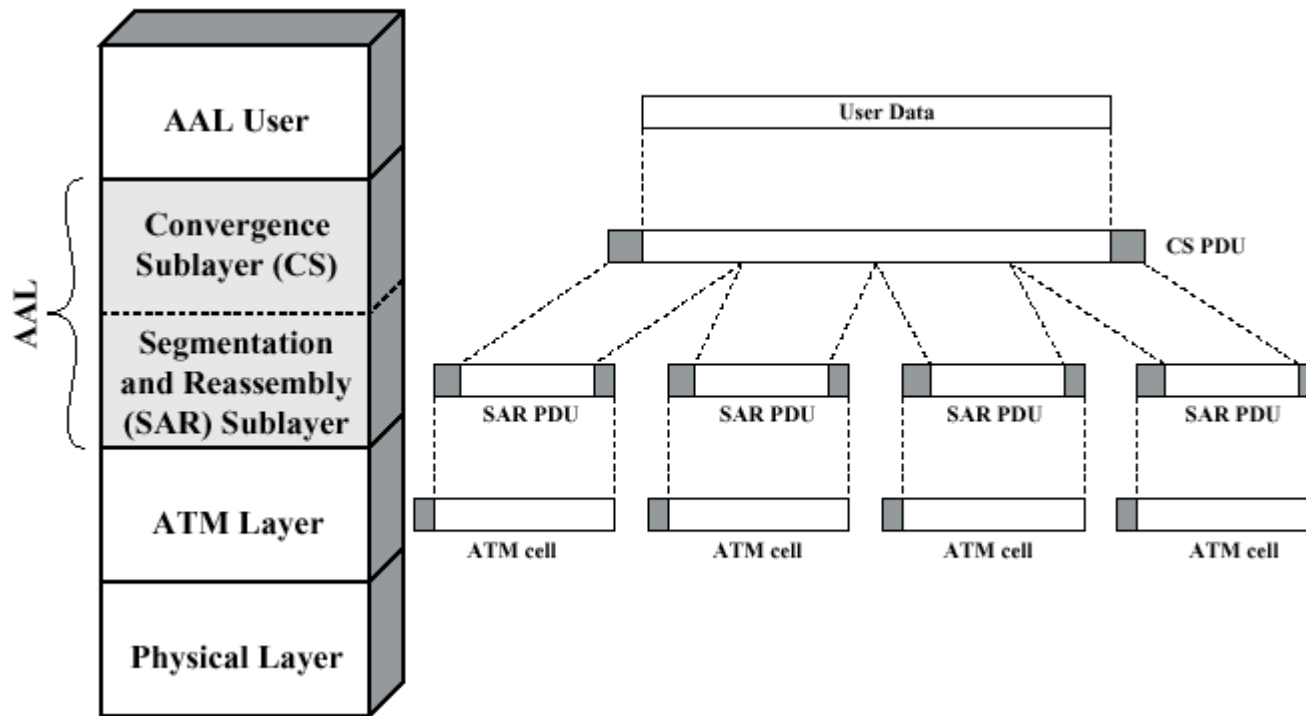


# Szolgáltatások és AAL

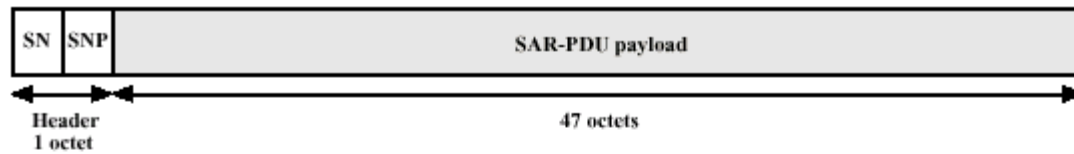
	Class A	Class B	Class C	Class D
Timing relation between source and destination	Required		Not required	
Bit rate	Constant		Variable	
Connection mode	Connection-oriented			Connectionless
AAL Protocol	Type 1	Type 2	Type 3/4, Type 5	Type 3/4



# AAL



# AAL



(a) AAL Type 1



(b) AAL Type 3/4

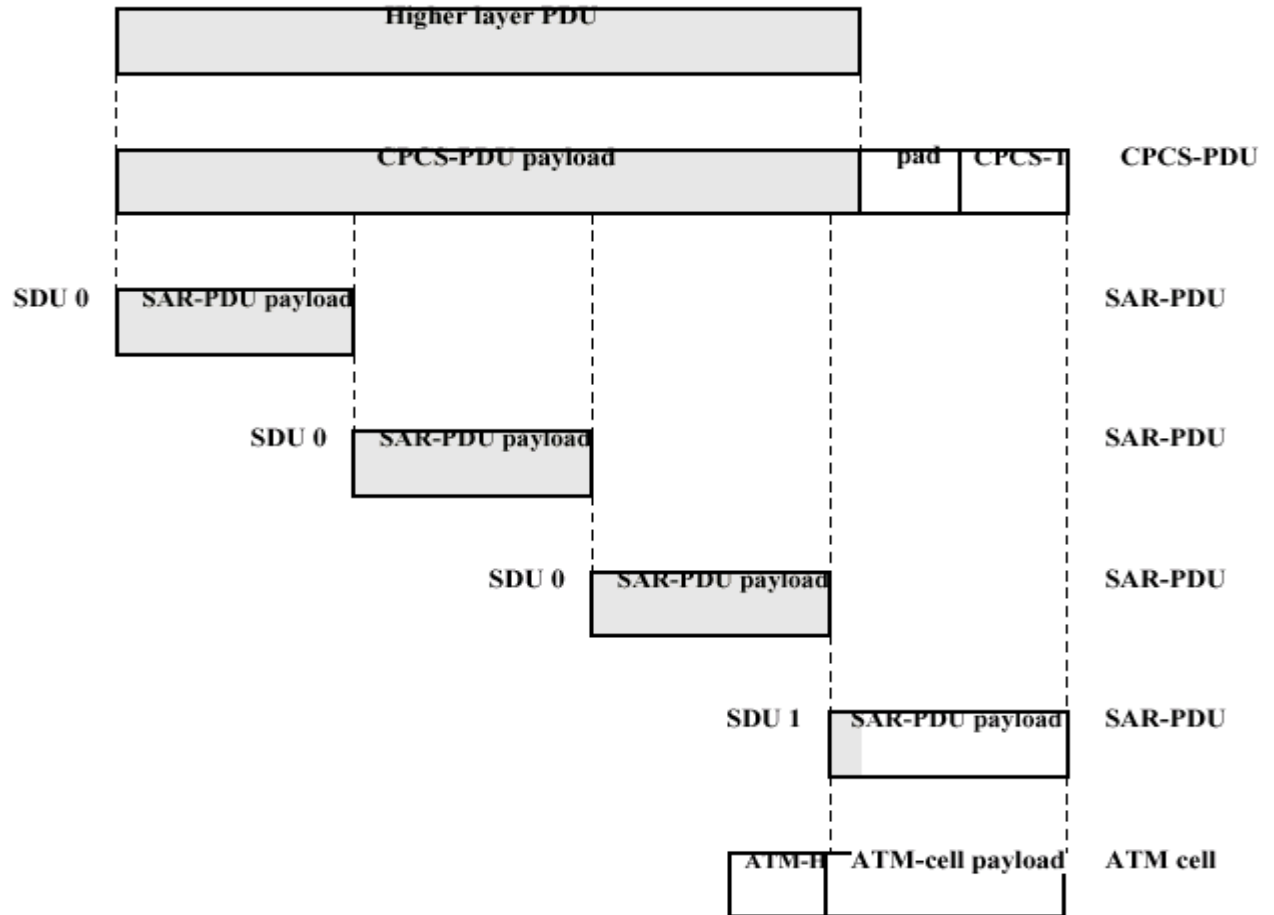


(c) AAL Type 5

- SN = sequence number (4 bits)
- SNP = sequence number protection (4 bits)
- ST = segment type (2 bits)
- MID = multiplexing identification (10 bits)
- LI = length indication (6 bits)
- CRC = cyclic redundancy check (10 bits)



# AAL5



**CPCS** = common part convergence sublayer  
**SAR** = segmentation and reassembly  
**PDU** = protocol data unit  
**CPCS-T** = CPCS trailer  
**ATM-H** = ATM header  
**SDU** = Service Data Unit type bit



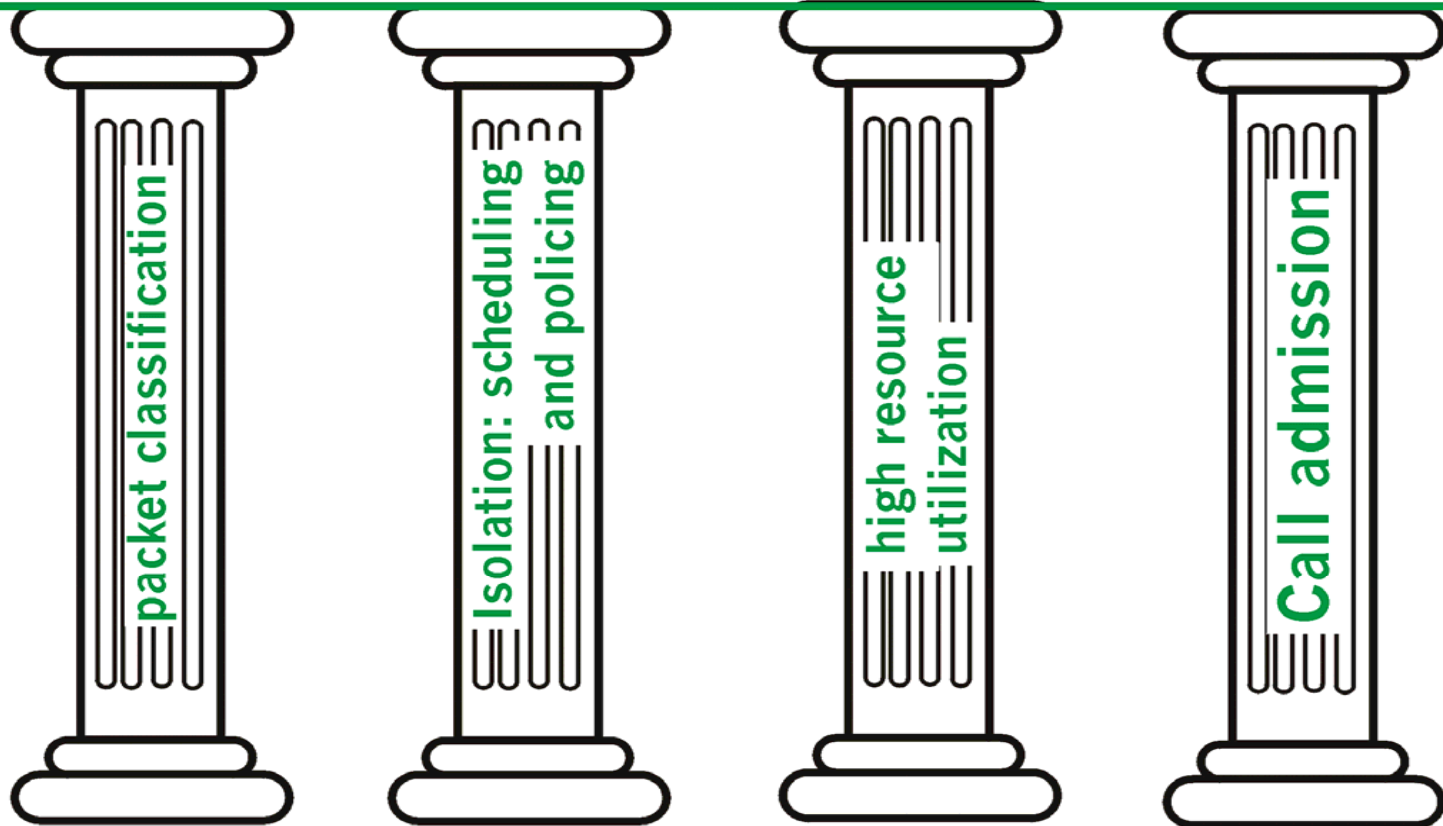
# ATM forgalom menedzsment





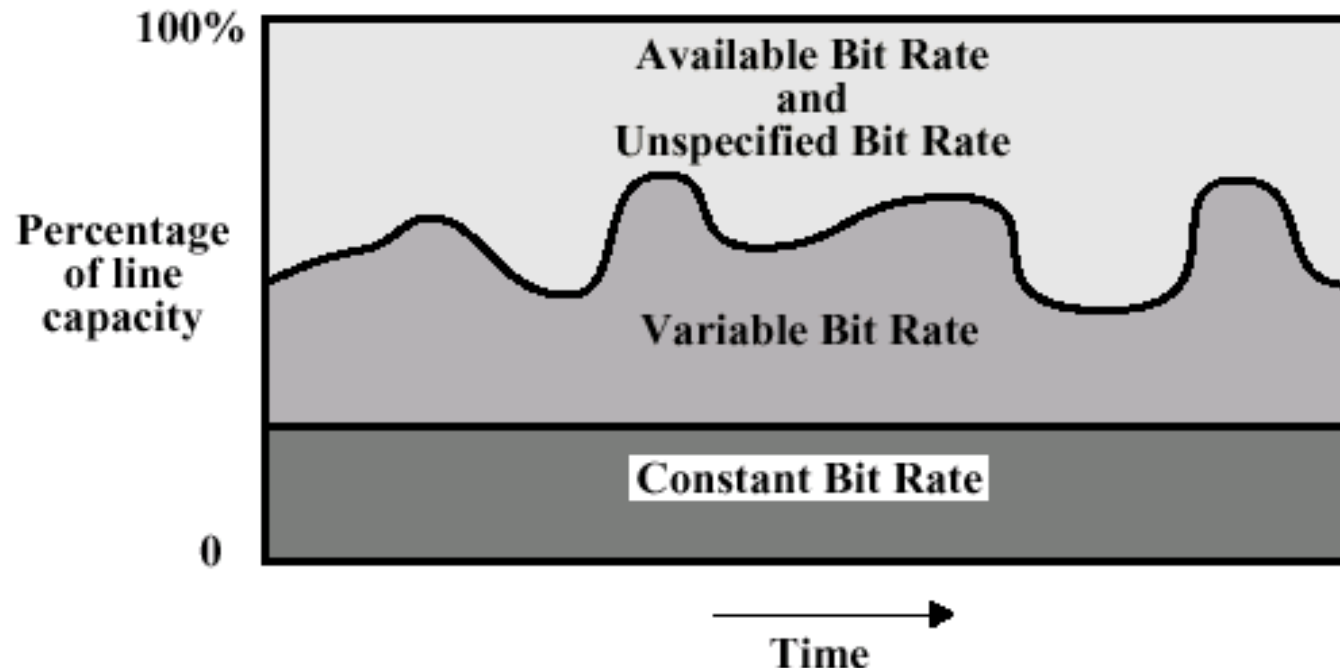
# QoS-t nyújtó hálózati alapelvek

QoS for networked applications



# ATM szolgáltatási képességek

- ATM Forum: ATM Service Category
- ITU-T: ATM Transfer Capability



# ATM Fórum és ITU-T ATM szolgáltatások

- CBR (Constant Bit Rate)
  - valós idejű, QoS garancia
- DBR (Deterministic Bit Rate)
  - valós idejű, QoS garancia

---

- rt-VBR (Real-Time Variable Bit Rate)
  - valós idejű, statisztikai multiplexálás
- jelenleg nincs megfelelője

---

- nrt-VBR (non-Real-Time Variable Bit Rate)
- SBR (Statistical Bit Rate)



# ATM Fórum és ITU-T ATM szolgáltatások

- UBR (Unspecified Bit Rate)
    - Best Effort, nincs QoS garancia
  - jelenleg nincs megfelelője
  - ABT (ATM Block Transfer)
  - ABR (Available Bit Rate)
  - jelenleg nincs megfelelője
  - ABR (Available Bit Rate)
- 
- 



# Szolgáltatások

	Class A	Class B	Class C	Class D
Timing relation between source and destination	Required		Not required	
Bit rate	Constant		Variable	
Connection mode	Connection-oriented			Connectionless
AAL Protocol	Type 1	Type 2	Type 3/4, Type 5	Type 3/4



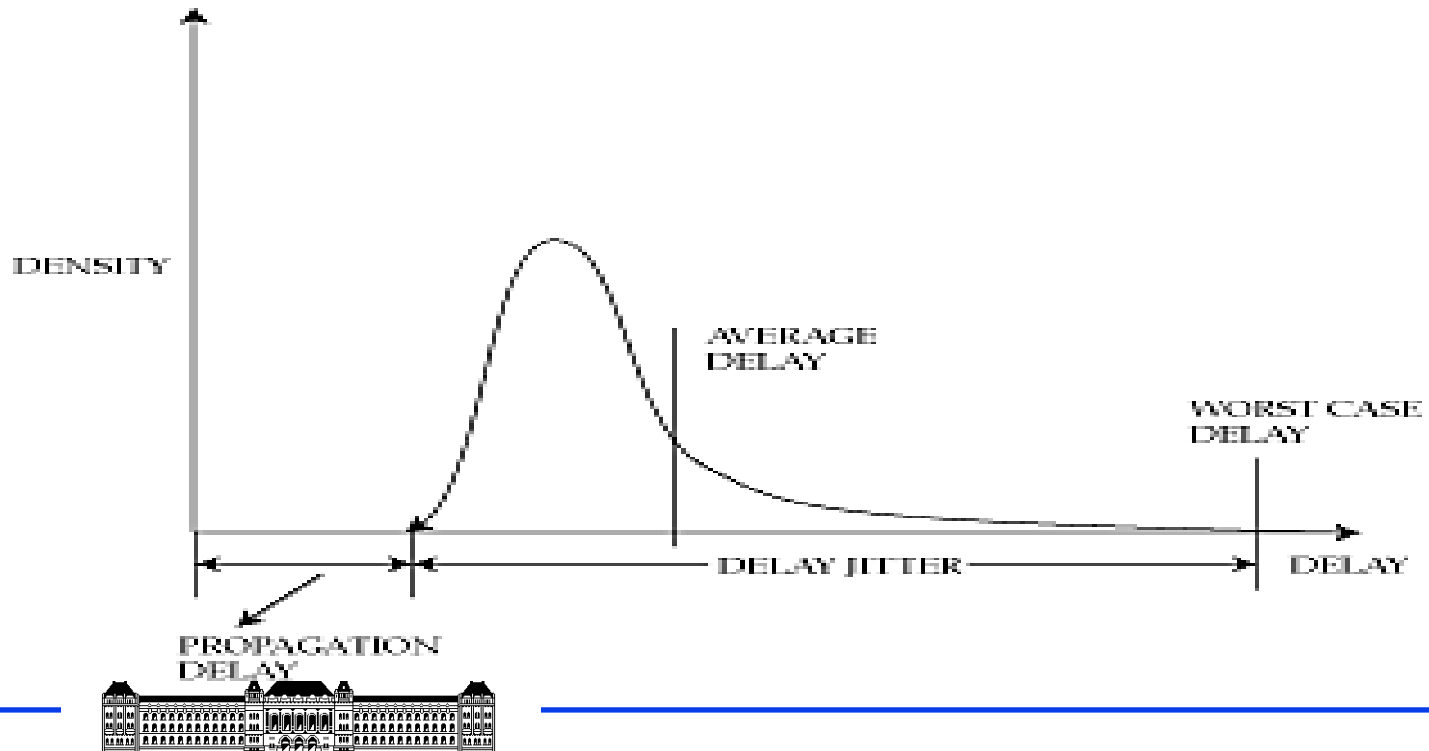
# Valós idejű szolgáltatás (real-time services)

- folyamatos információ
  - interaktív (pl. beszéd, élő videó átvitel): korlátos késleltetés (250 ms a beszédátvitelnél)
  - újraátvitel kizárása
  - folytonosság vesztese (cella illetve csomagvesztése) a felhasználó által tapasztalt minőség csökkentése
- Állandó bitsebességű
  - tömörítetlen videó illetve audió átvitel
- Változó bitsebességű
  - MPEG videó
  - tömörített hang



# Valós idejű szolgáltatás (real-time services)

- késleltetés ingadozás (dzsitter)



# Nem valósidejű

- Adatkapcsolatok
- Best-Effort
- Minimált szolgáltatási szint garantálása





# Szolgáltatások és alkalmazások forgalmi jellemezése

- Alkalmazások és szolgáltatások forgalmi viselkedése sztochasztikus folyamatokkal leírható
  - pontos ismerete fontos
    - a hálózat méretezéséhez (hosszútávú érdekek)
    - algoritmusok tervezése
  - sztochasztikus folyamatok mérése (paramétereinek meghatározása) nem egyszerű feladat
    - mérési pontok
    - mérési idő
    - feldolgozási igény
- A hálózat üzemeltetése során (forgalomszabályozás és torlódásvezérlés) a sztochasztikus folyamatok használata viszont nem kifizetődő



## ATM szolgáltatások és alkalmazások jellemezése

- ATM forgalmi szerződés (Traffic contract) az előfizető és hálózat között (hasonló dolog tapasztalható DiffServ-nél a SLA, IntServ-nél Tspec, Rspec)
- ATM forgalmi jellemzők (ATM attributes)
  - Forgalmi leírók (Source Traffic descriptors)
  - QoS paraméterek
  - Más (other): visszacsatolás (feedback attributes)
- Forrás forgalmi leírói
  - PCR (Peak Cell Rate)= $1/T$ , ahol T a minimális normalizált követésidő az egymást követő cella között
  - SCR (Sustainable Cell Rate): az átlagos cella sebesség felső korlátja (mérési időszak  $>T$ )
  - MBS (Maximum Burst Size): maximális cellák száma, amelyek a PCR-ral folyamatosan küldhetők
  - MCR (Minimum Cell Rate): minimális elvárás a hálózattól

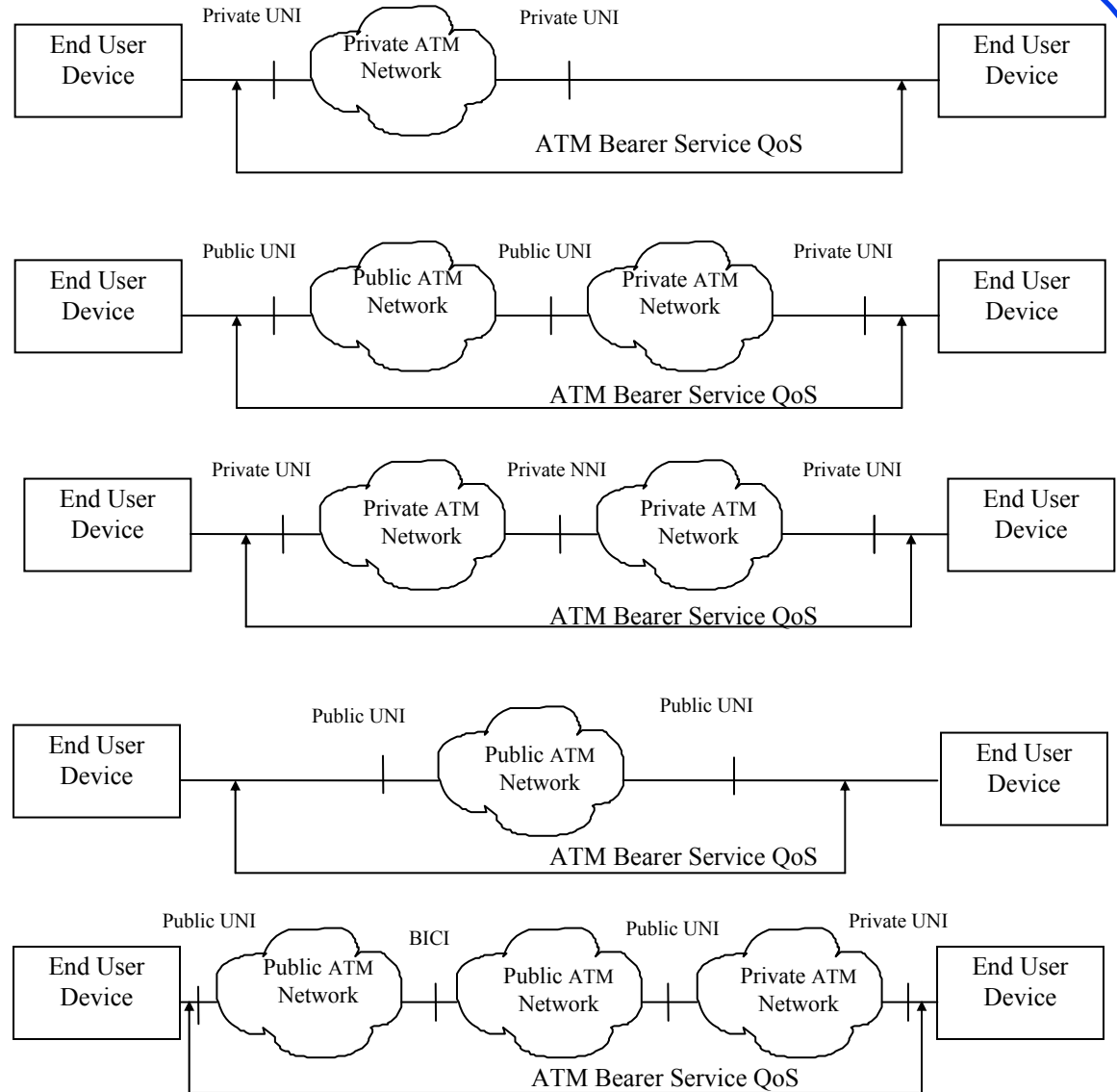


# ATM szolgáltatások és alkalmazások forgalmi jellemzői

- Forgalmi leírók nézőszempontja
  - források által generált forgalom jellemzői
  - a hálózat által okozott torzítás a forrás forgalmi leíróin
- Kapcsolat forgalmi leírói
  - Forrás forgalmi leírói
    - PCR (Peak Cell Rate)
    - SCR (Sustainable Cell Rate)
    - MBS (Maximum Burst Size)
    - MCR (Minimum Cell Rate)
  - CDVT (Cell Delay Variation Tolerance)
  - Konformancia definíció (Conformance)



# QoS mérési pontjai



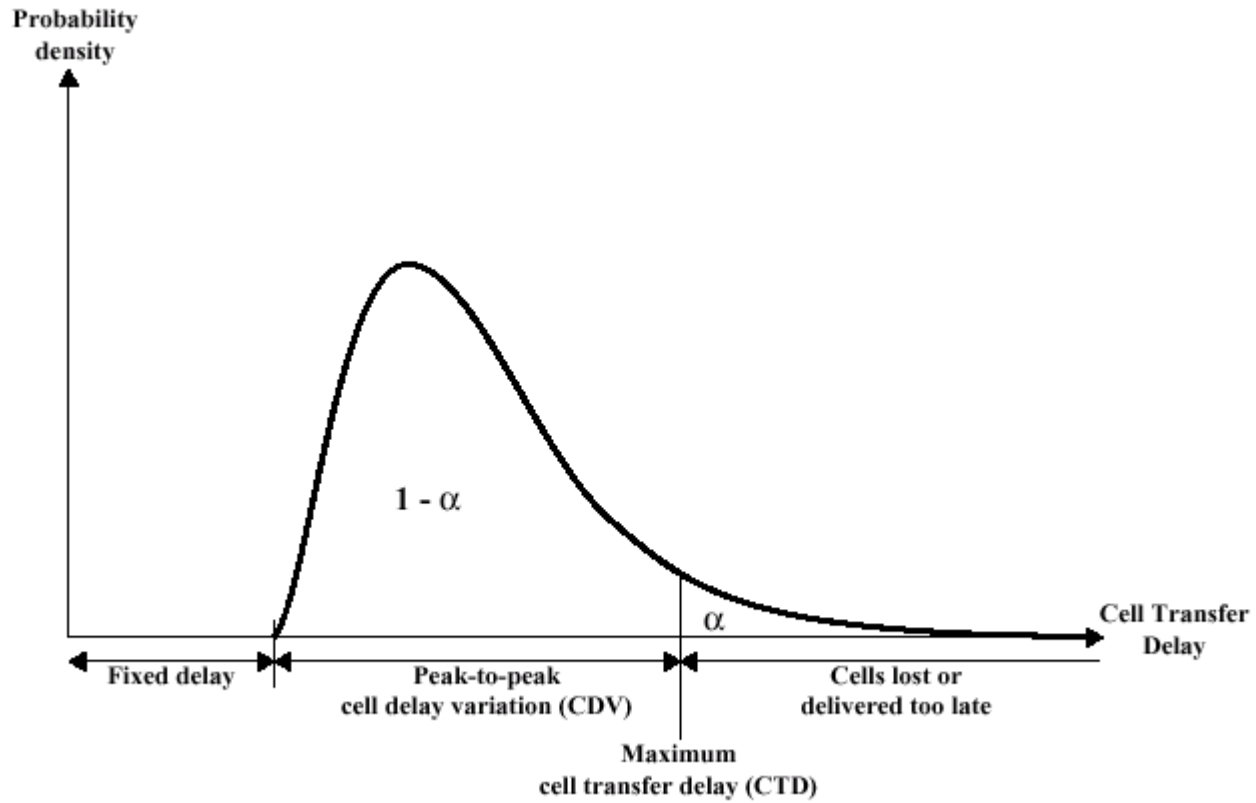
# ATM szolgáltatások és alkalmazások jellemzése

- QoS paraméterek
  - Peak-to-peak CDV
  - maxCTD
  - CLR (Cell Loss Rate)

$$\text{CLR} = \frac{\text{Lost Cells}}{\text{Total Transmitted Cells}}$$



# CDV



# Egy pontos CDV

- A  $k$ . cella CDV

$$y_k = c_k - a_k$$

- $a_k$  a  $k$ . cella érkezési ideje
- $1/T$  a csúcs cella sebesség
- $c_k$  a referencia időpont:

$$c_0 = a_0$$

$$c_{k+1} = \begin{cases} a_k + T & \text{if } c_k \leq a_k \\ c_k + T & \text{otherwise} \end{cases}$$



## 2 pontos CDV

- 2 mérési pont:  $MP_1$  és  $MP_2$

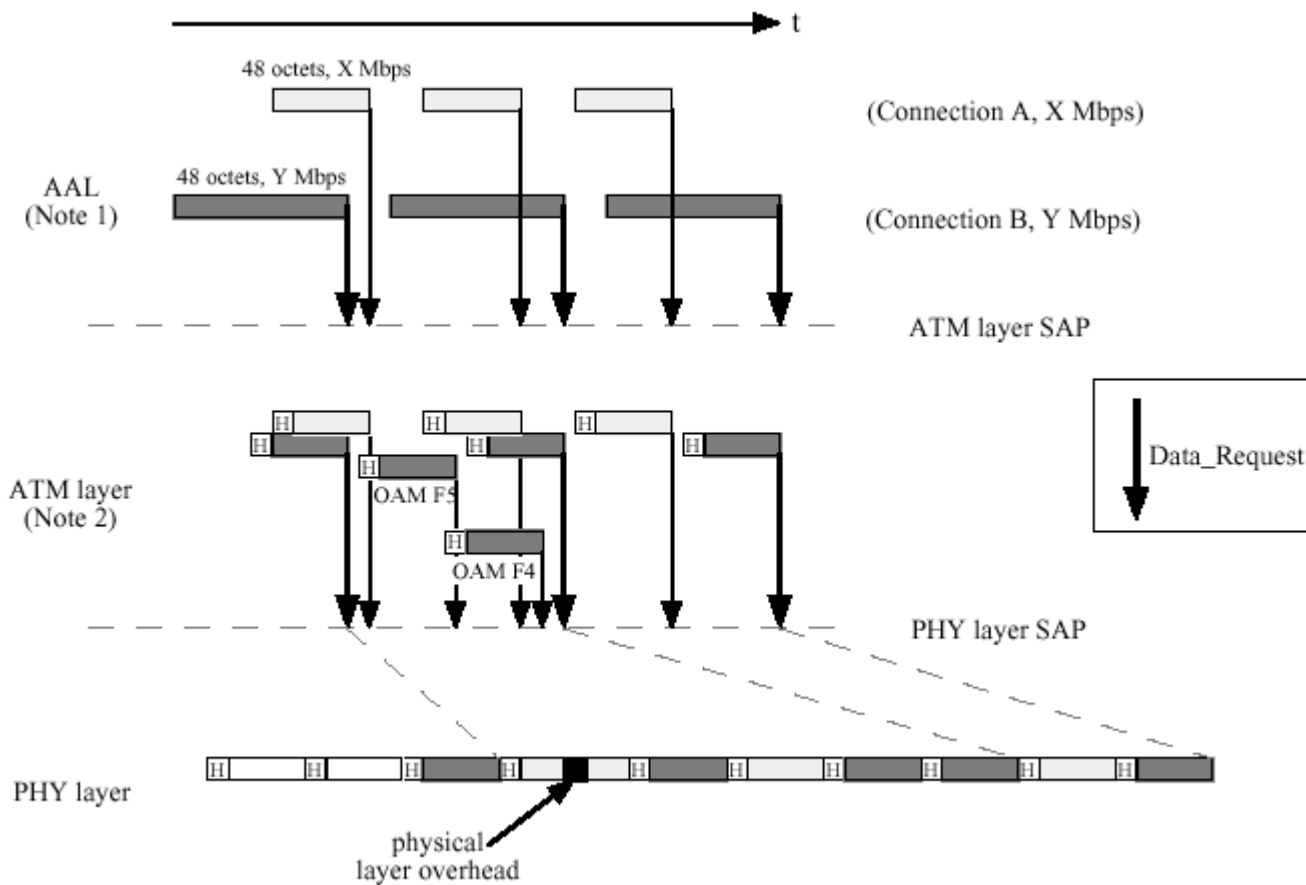
$$V_k = x_k - d_{1,2}$$

- A k. cella aktuális késleltetése ( $x_k$ )
- A definiált referencia késleltetés az  $MP_1$  és  $MP_2$  között  $d_{1,2}$





# CDV okozója





# ATM forgalomszabályozási és torlódásvezérlési funkciók

Response Time	Traffic Control Functions	Congestion Control Functions
Long Term	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Resource management using virtual paths</li> </ul>	
Connection Duration	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Connection admission control (CAC)</li> </ul>	
Round-trip Propagation Time	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Fast resource management</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Explicit forward congestion indication (EFCI)</li> <li>•ABR flow control</li> </ul>
Cell Insertion Time	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Usage parameter control (UPC)</li> <li>•Priority control</li> <li>•Traffic shaping</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Selective cell discard</li> <li>•Frame discard</li> </ul>



# ATM forgalomszabályozási és torlódásvezérlési funkciók működési ideje

- Rövidtávú
  - Cella inzertálási idő: azonnal kell reagálni
  - RTPT (Round Trip Propagation Time):  
visszacsatolásos
  - Kapcsolat idő: hívás beengedhető-e más hívás  
érdekeinek megsértése nélkül?
- Hosszútávú
  - hálózat erőforrásainak gazdálkodása
  - hálózat bővítése



# Forgalom menedzsment stratégia

- Forgalmi szerződés az előfizető és hálózat között
  - Kapcsolat leíró (forgalom leíró, QoS, CDVT)
- Előfizető ígéri, hogy nem fogja megszegni a szerződést
- Megelőzés: hálózat meghatározza, hogy van-e elég erőforrás a kapcsolat lebonyolítására (más meglévő kapcsolatok QoS-jének megsértése nélkül)
  - megfelelő forgalomszabályozási paraméterek beállítása és nyilvántartása a hálózatban
  - szerződés betartatása
- Reaktív: bizonyos okok miatt mégis történik a torlódás, akkor a torlódásvezérlési funkciók lépnek életbe



# Erőforrás menedzsment a virtuális utakkal

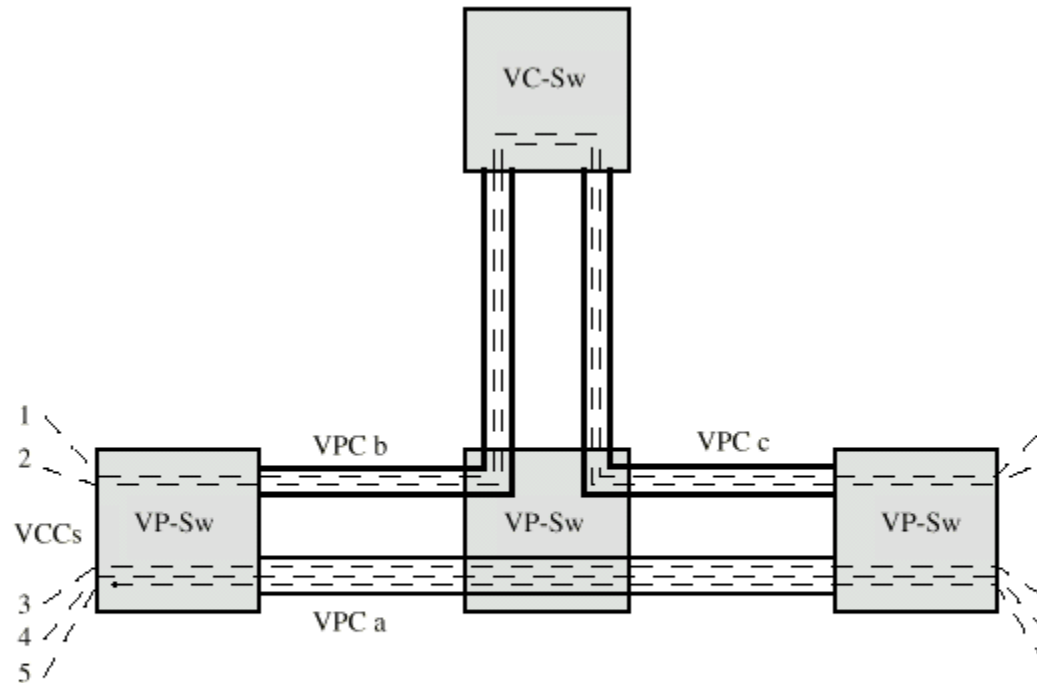


# VP menedzsment

- VPC
  - VCC-k közösen használják
  - aggregált kapacitás és teljesítőképességi jellemzők (CLR, peak-to-peak CDV, maximum CTD)
- VPC menedzsment lehetséges scenáriói
  - 1. scenárió: előfizető-előfizető VPC
    - hálózatnak nincs tudomása a VPC-n belüli VCC minőségéről
    - előfizetői felelőssége, hogy a megfelelő mennyiségű hívást engedje be
  - 2. scenárió: előfizető-hálózat VPC illetve a kapcsolók közti VPC:
    - hálózatnak tudomása van a VCC paramétereitől
    - hívás-engedélyezés a hálózat feladata



# VPC menedzsment



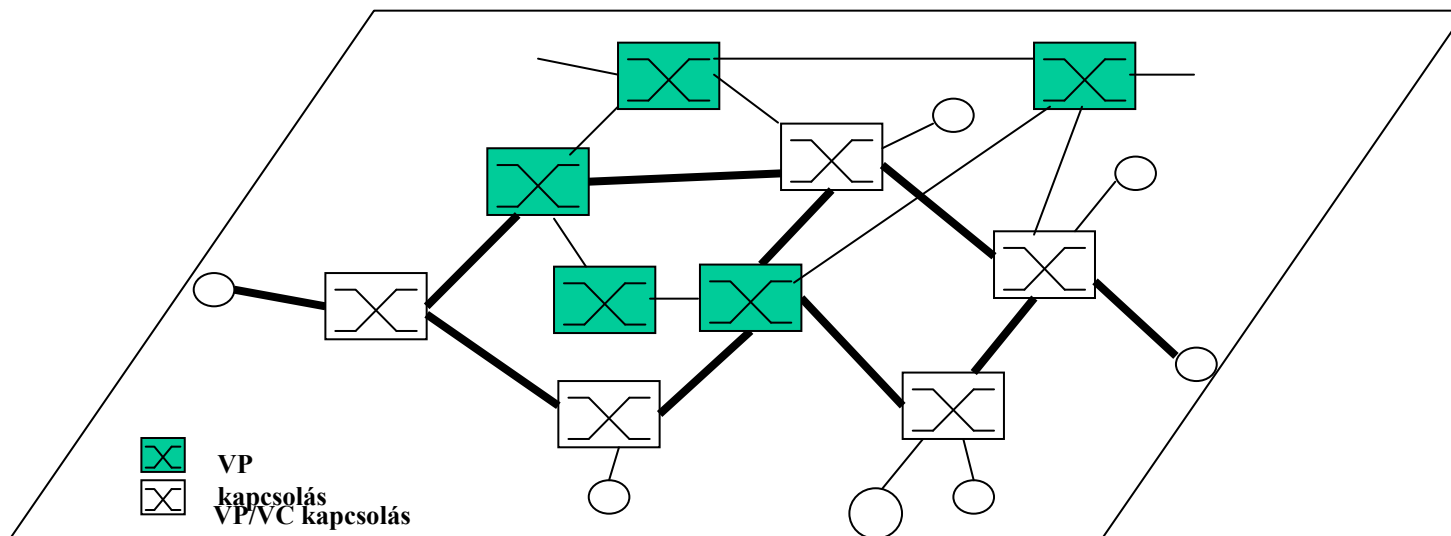
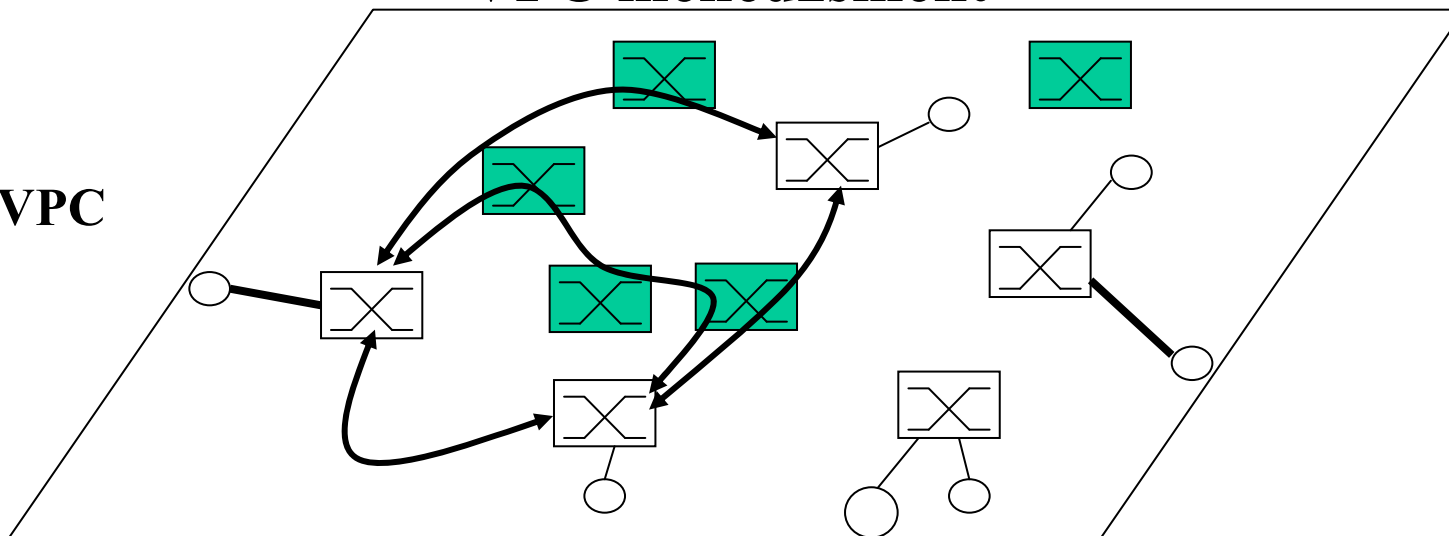
VPC = Virtual path connection  
VCC = Virtual channel connection  
VP-Sw = Virtual path switching function  
VC-Sw = Virtual channel switching function







# VPC menedzsment

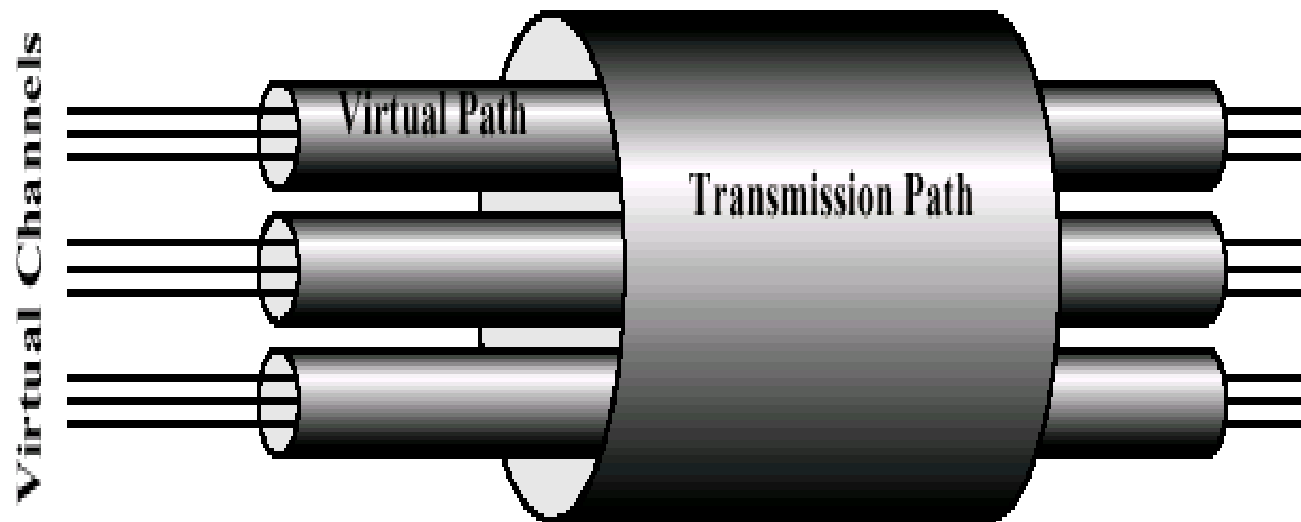
↔ VPC



 VP  
 kapcsolás  
VP/VPC kapcsolás



# VPC menedzsment



# VPC menedzsment alapgondolata

- QoS
  - homogén VCC: azonos QoS igényű VCC-k
  - heterogén VCC: különböző QoS igényű VCC-k, legnagyobb igényű VCC QoS paraméterei alapján kell tárgyalni a hálózattal
- Kapacitás beállítás
  - Aggregált csúcs sebesség (pazarlás)
  - Statisztikus multiplexálás figyelembevétele
    - VPC átlagos kapacitás  $\geq$  össz átlagos kapacitás,
    - VPC csúcssebesség  $<$  össz VCC csúcssebesség
    - érdemesebb homogén VCC-eket összefogni (nehéz igazságosnak lenni a heterogén VCC esetén)
    - nagyobb CDV és CTD várható



CAC



# CAC hívásengedélyezés

- Az előfizető által indított hívás szerződési paramétereit:
  - Szolgáltatási kategória (CBR, rt-VBR, nrt-VBR, UBR, GFR)
  - Forgalmi leírók
  - CDVT
  - konformancia
  - QoS paraméter
- Hálózat dönti, hogy beengedi a hívást vagy nem



# ATM forgalmi szerződés paramétereinek beállítási módszere

	Explicitly Specified Parameters		Implicitly Specified Parameters
	Parameter values set at connection-setup time	Parameter values specified at subscription time	Parameter values set using default rules
	Requested by user/NMS	assigned by network operator	
SVC	signaling	by subscription	network-operator default rules
PVC	NMS	by subscription	network-operator default rules

SVC = switched virtual connection  
 PVC = permanent virtual connection  
 NMS = network management system

**implicit paraméter lehet pl. a hívás blokkolási valószínűség**



# Hívásengedélyezés

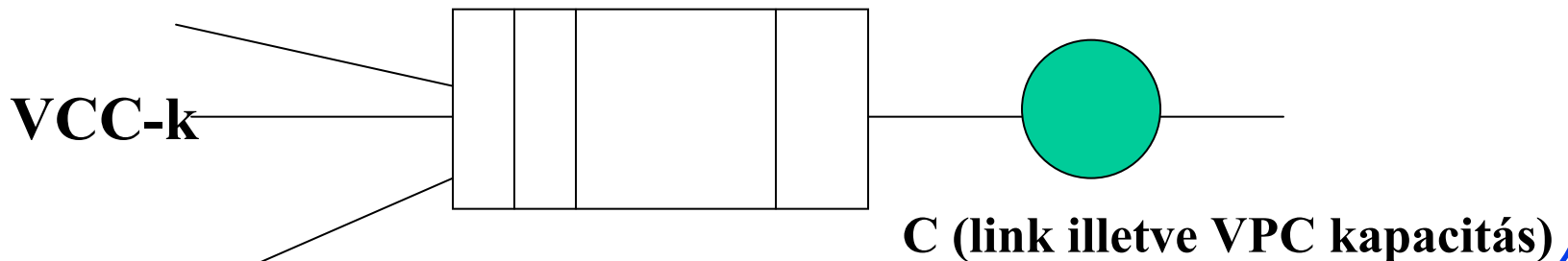
- Telefon hálózat:
  - trönk kapacitás alapján
  - fix kapacitás (egy adott időrés a TM rendszerben) allokálása
  - hívás-blokkolási valószínűség (0.01)
- Csomagkapcsolt hálózat
  - nincs hívás engedélyezés
- ATM
  - QoS (Cell grade of Service)
    - cell delay
    - CDV
    - CLR
  - Hívás-blokkolás valószínűség (Call level Grade of Service)



# ATM CAC

$$P\{Y_1+Y_2+\dots+Y_N > N*c\} < 10^{-x}$$

- Sorbanállási elmélet (theory of large deviation) szerint
  - ha a multiplexált VCC-k száma kicsi,
    - VCC-k beengedélyezése a PCR alapon
    - nulla a cellavesztés, kis sorbanállási késleltetés
  - ha a multiplexált VCC-k száma nagy,
    - PCR-nél kisebb sáv szélességet (effektív sáv szélesség) kell garantálni
    - (végtelen számú VCC esetén az átlagos sáv szélesség)





# Példa

- 155 Mbps link
- VBR forrás
  - PCR=15.5 Mbps
  - PCR/ACR=r (pl. videó esetén 4-5)
- Alternatívák
  - 1. PCR alapú engedélyezés: 10 hívás
  - 2. AVR alapú engedélyezés: 10\*r (40-50)
  - Az igazságnak valahol a kettő között kell lennie.
- Feltegyük, hogy a forrás ON-OFF forrásként modellezhető (r=4)
  - $P_{on}=0.25$
  - n forrást engedélyezünk, akkor annak a valószínűsége, hogy az igények együttesen meghaladja a link kapacitását

$$\sum_{i=11}^n \binom{n}{i} (P_{on})^i P_{off}^{n-i}$$



# CAC

## Forrás pontos paramétereit és viselkedése

- **Ismertek**
  - **Effektív sávszélesség meghatározása a sorbanállási modellek segítségével**
- **Nem állnak rendelkezésünkre**
  - **Mérés-alapú CAC**
    - **átlagos terhelést ( $a_m$ ) kell mérni (a meglévő hívások átlagos össz sávszélessége)**
    - **$a_m + PCR \leq C$**
    - **Probléma:**
      - **a múlt megfigyelése mennyire jó alapot szolgál ?**
      - **egy új hívás engedélyezése annak az esélyét rontja-e, hogy a hálózat jövőben más hívásokat (több profittal) is engedélyezzen be ?**



# Hívás-blokkolás és CAC

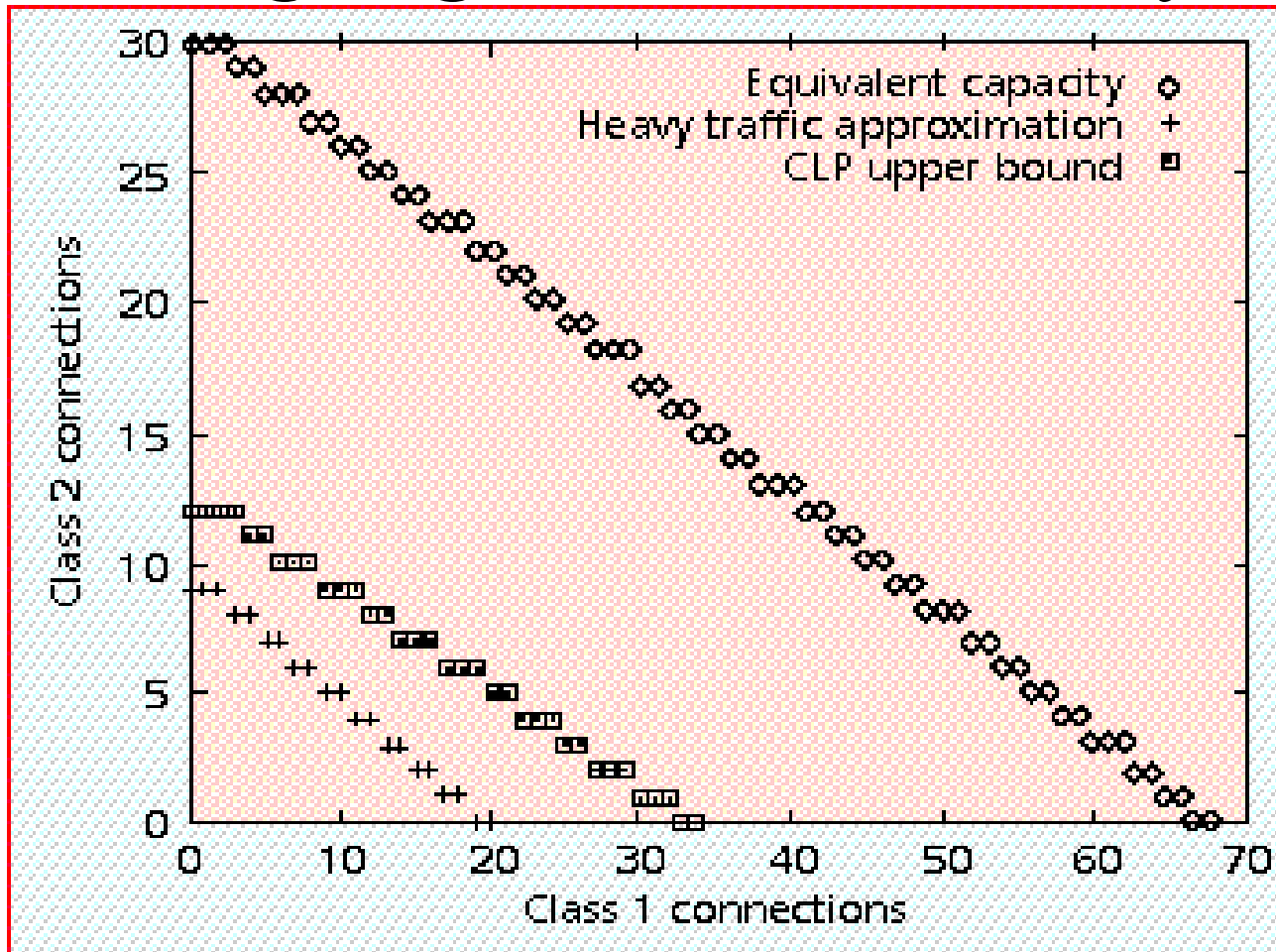
- $n = \{n_1, n_2, \dots, n_K\}$  a rendszer állapotvektora
- $n_i$  a linken  $i$ . típusú hívásosztályhoz tartozó hívások száma
- $Q_i(n)$  az  $i$ . hívásosztály QoS-je
- $\underline{Q}_i(n)$  az  $i$ . hívásosztály QoS előírása
- $C$  a link illetve VPC kapacitás
- $A$  a megengedett tartomány

$$A = \{n, Q_i(n) \leq \underline{Q}_i(n)\}, i=1, \dots, K$$

$$B_i = Pr\{n \in \partial A\}$$



# Megengedett tartomány



# Hívás-blokkolás és CAC

- $W_i$  az  $i$ . hívás effektív sávzélessége

$$A = \{n, \sum_{i=1}^K W_i n_i \leq C\},$$

$$B_i = Pr \{Q(n) \geq \underline{Q}(n)\} = Pr \left\{ \sum_{i=1}^K W_i n_i \geq C \right\}$$

- Egy hívásosztályhoz tartozó hívás esetén

$$n_i^* = \max \{n_i, \underline{Q}(n_i) > \underline{Q}_i\}$$

$$W_i = \frac{C}{n_i^*}$$



# Konformancia definició (UPC)

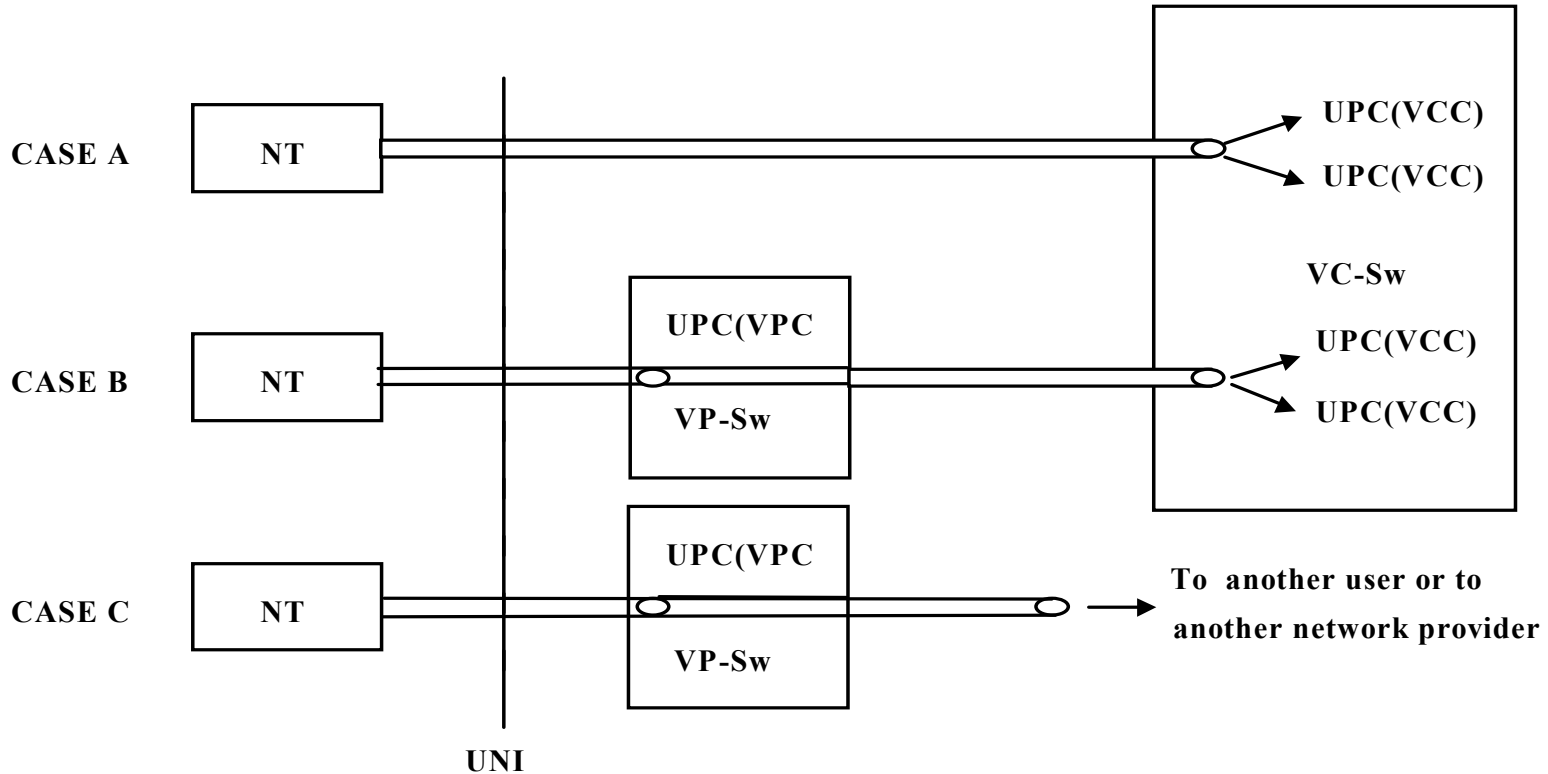


# UPC

- VCC és VPC forgalom monitorozása és felügyelete
  - VPI/VCI érvényessége,
  - szerződés ellenőrzése
    - cella beléptetése megjelölés nélkül
    - cella törlése
    - cella beléptetése megjelöléssel (CLP =1)



# UPC (Usage Parameter Control) pontjai



NT : Network Termination

VC-Sw : Virtual Channel Switching Function

VP-Sw : Virtual Path Switching Function



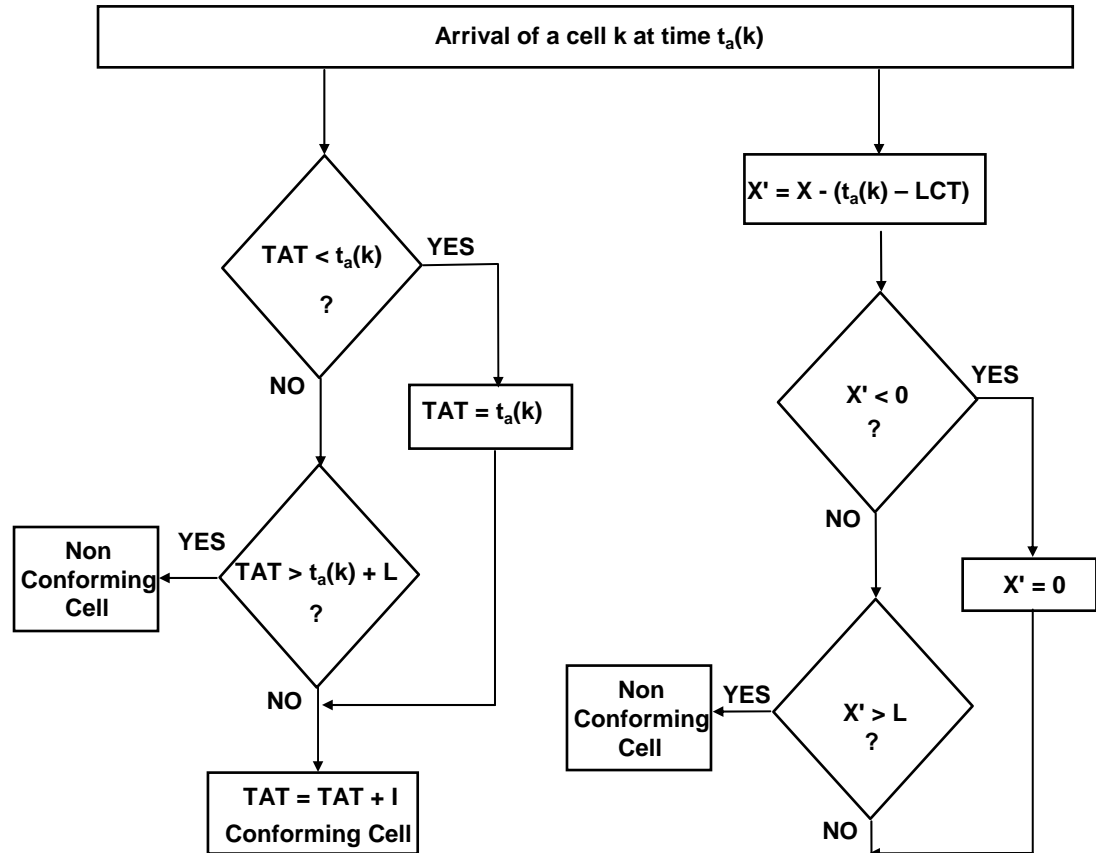


# GCRA Generic Cell Rate Algorithm

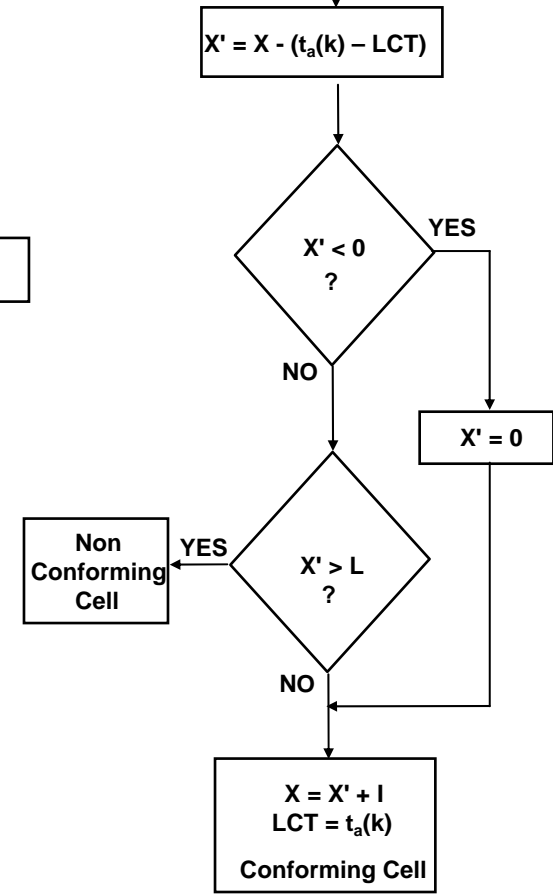
TAT    Theoretical Arrival Time  
 $t_a(k)$     Time of arrival of a cell  
 I    Increment  
 L    Limit

At the time of arrival  $t_a$  of the first cell of the connection,  $TAT = t_a(1)$

LCT: Last conformance time  
 At the time of arrival  $t_a$  of the first cell of the connection,  $X = 0$  and  $LCT = t_a(k)$



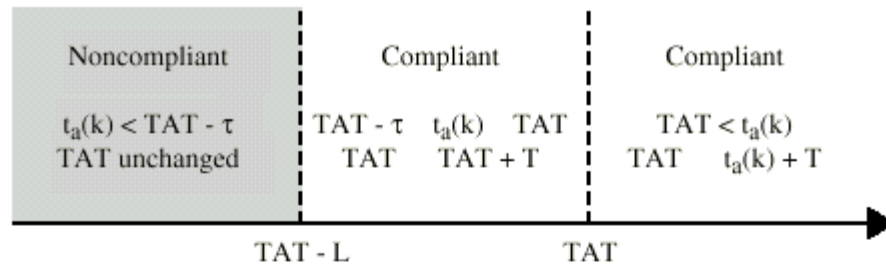
**VIRTUAL SCHEDULING  
ALGORITHM**



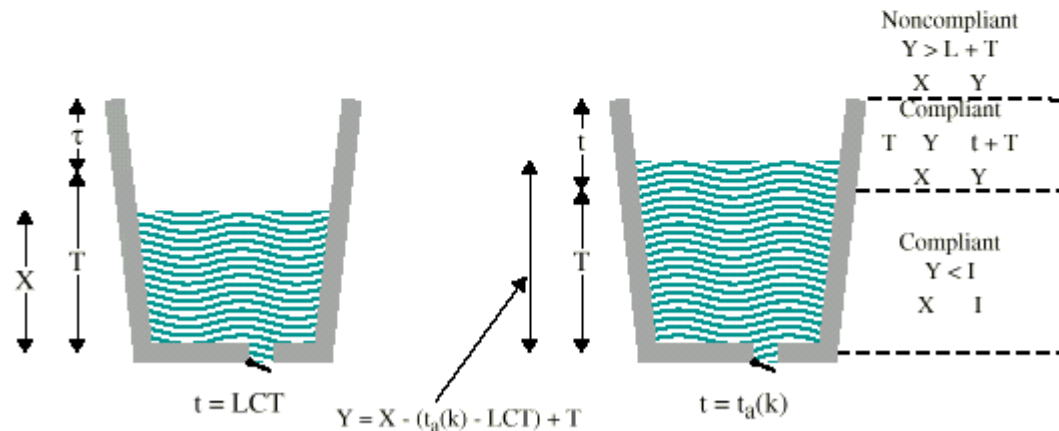
**CONTINUOUS-STATE  
LEAKY BUCKET ALGORITHM**



# GCRA



(a) Virtual scheduling algorithm



(b) Continuous-state leaky bucket algorithm

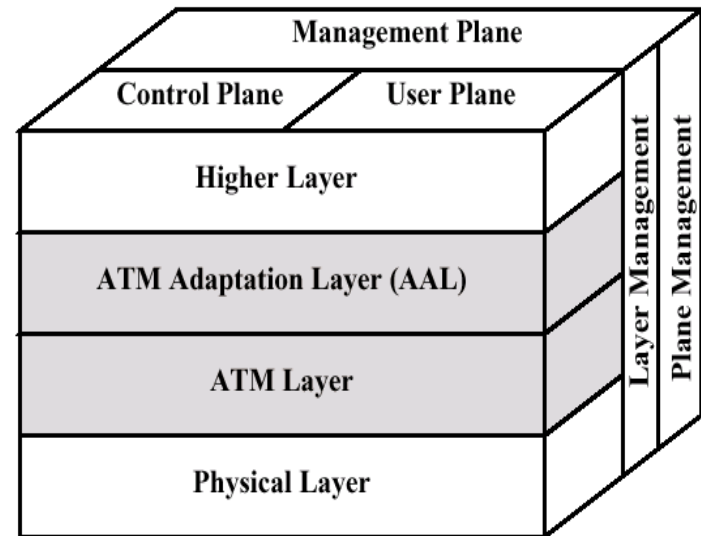


# ATM jelzés (signalling)

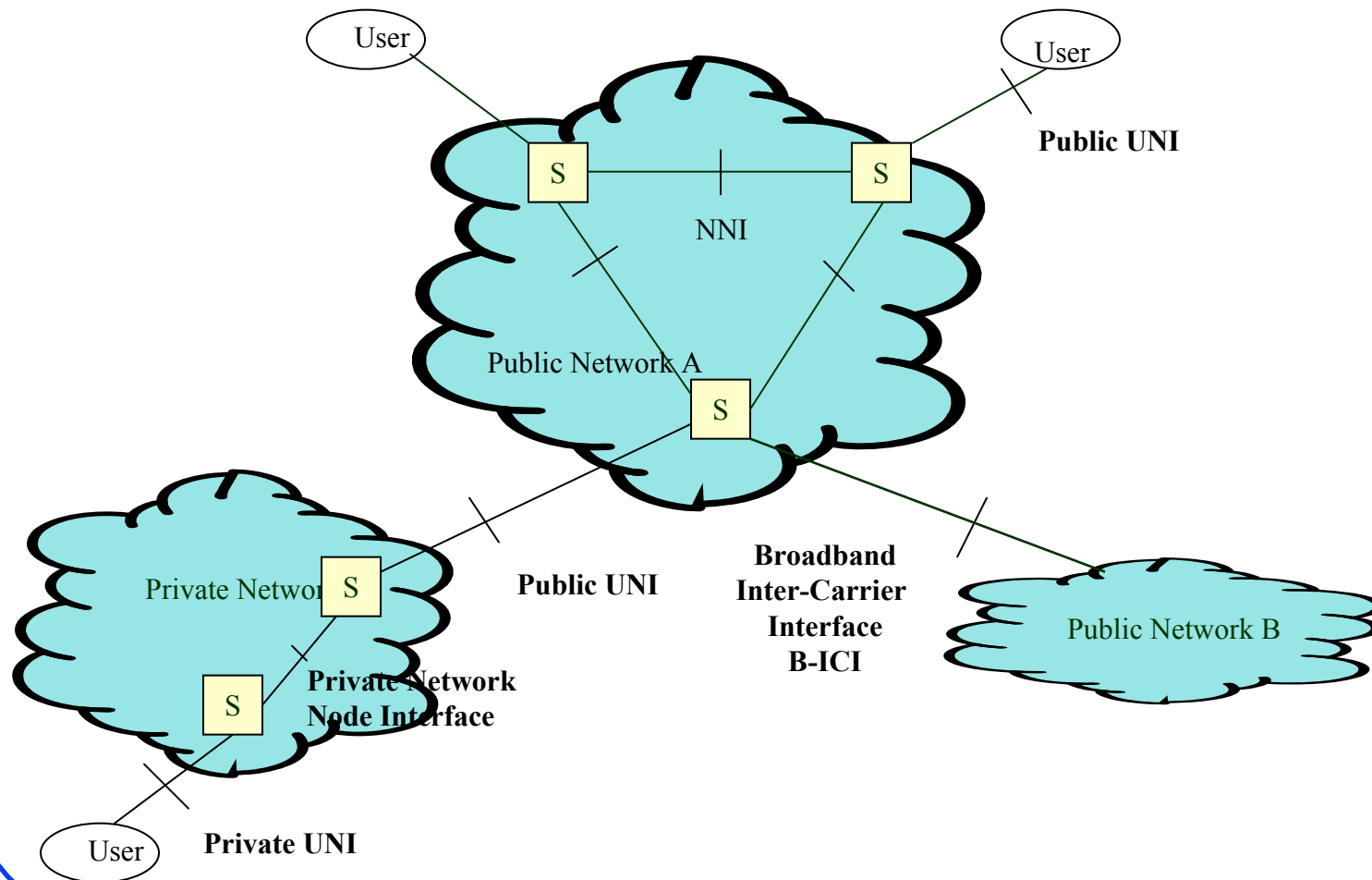


# Vezérlő sík feladat

- pont-pontos illetve pont-több pontos VC-kapcsolatos funkciók
  - SVCs
  - SPVCs (Soft Permanent Virtual Connections)
- Címzés (addressing)
- Routing
- Funkciók ellátása a jelzési protokollok segítségével

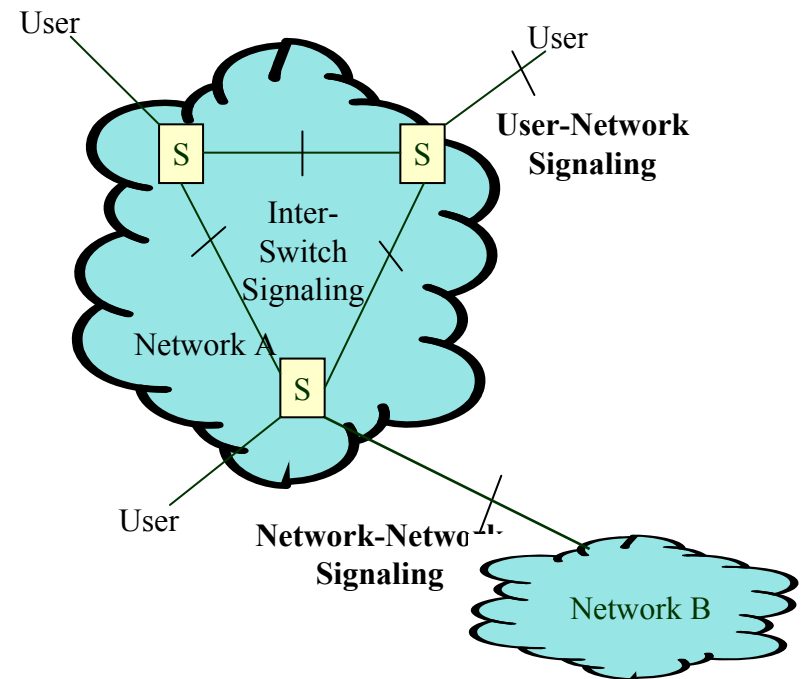


# ATM interfészek



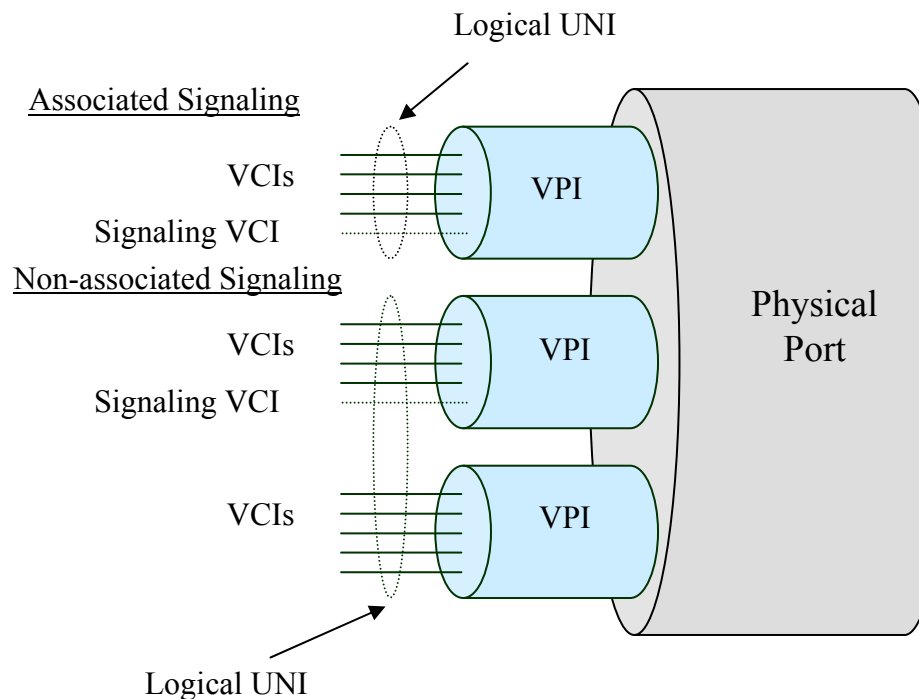
# Jelzési protokollok

- UNI: ATM hálózathoz tartozó előfizetői berendezés (számítógép,...) és hálózat között
- NNI: hálózatok (kapcsolók közti) között
  - privát
  - nyilvános
- IISP (Interim InterSwitch Signaling Protocol): NNI alapú, gyártó specifikus kiterjesztéssel

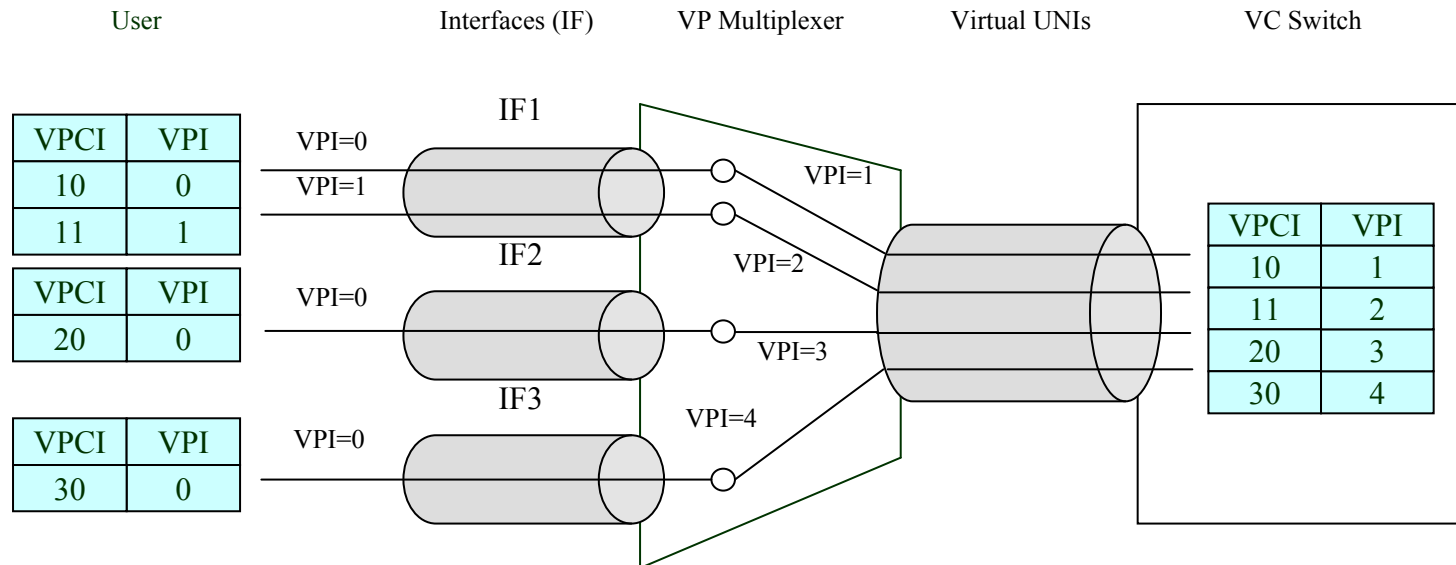


# Jelzési csatorna típusok

- UNI 3.1: associated signalling
  - VCI=5 csatorna átviszi a VP-n levő VCC-kre vonatkozó vezérlési információt
- UNI 4.0: non-associated signalling
  - logikai UNI
  - VPCI



# Non-associated signalling

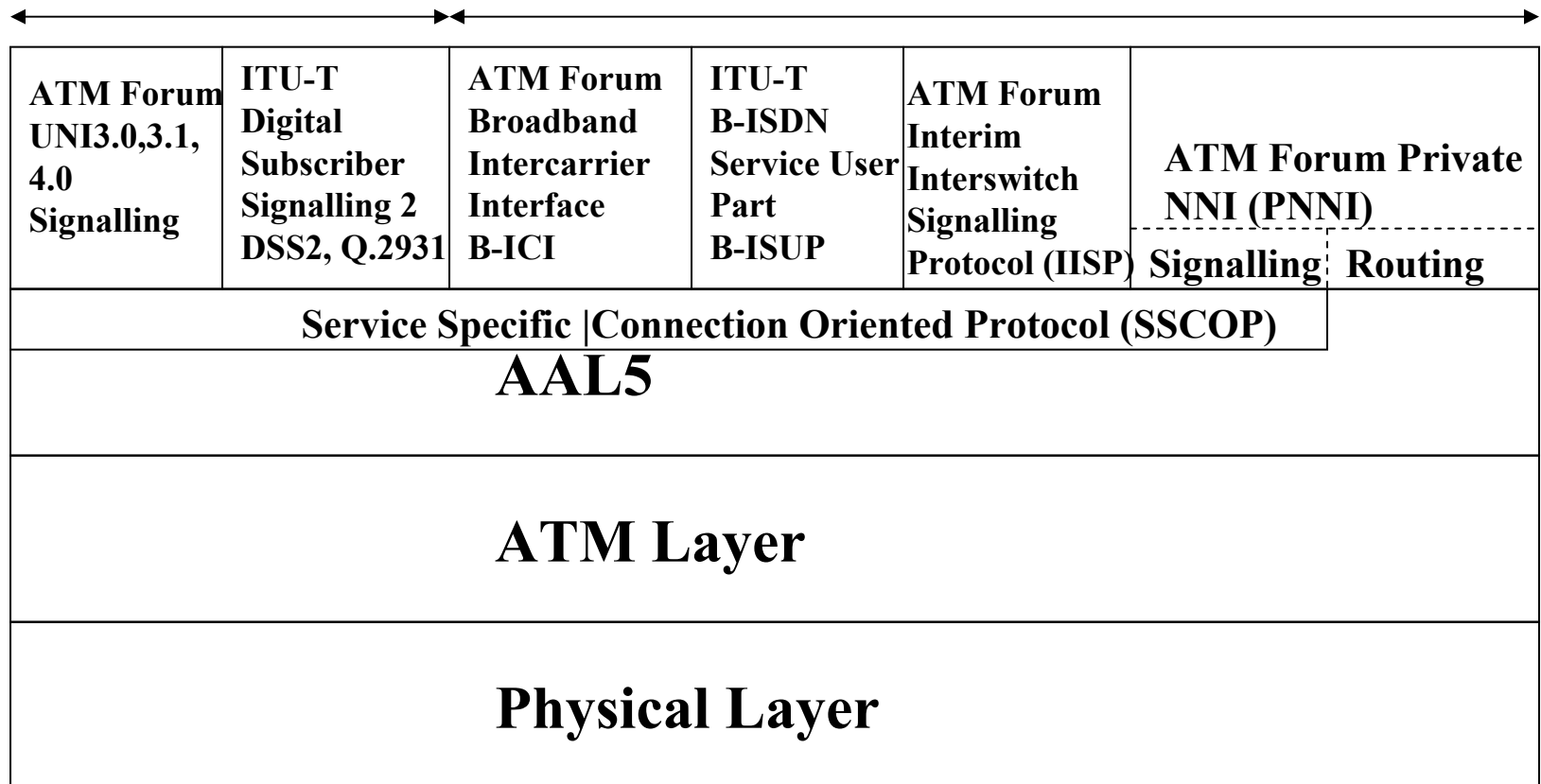




# Vezérlési sík protokolljai

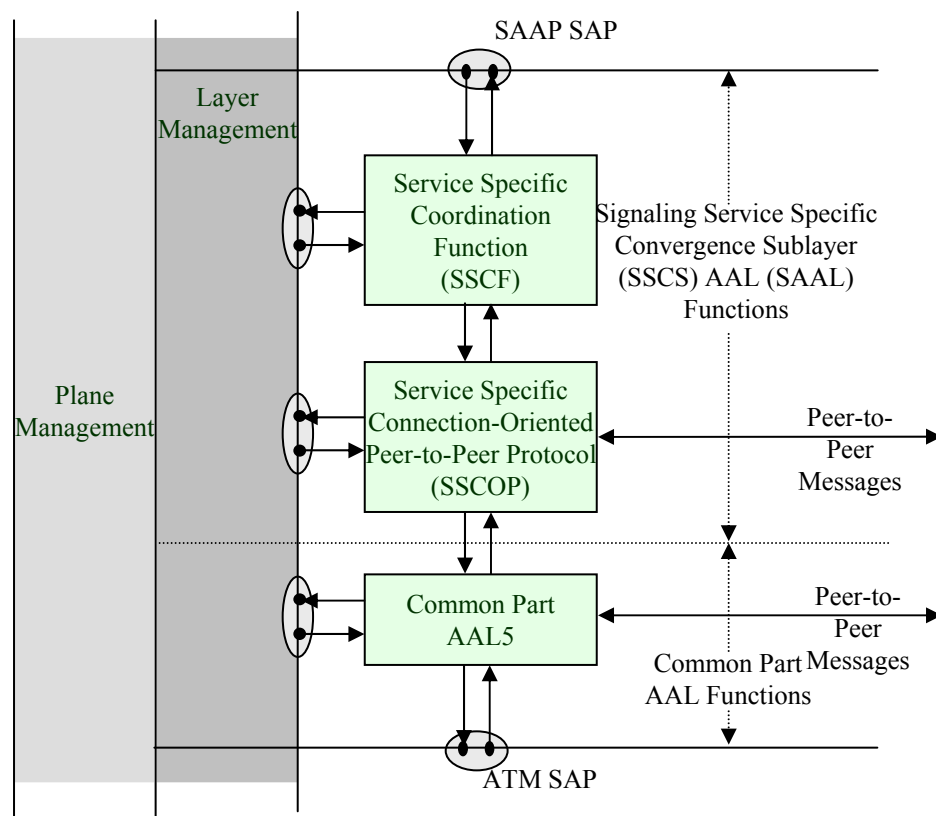
UNI specs

NNI specs



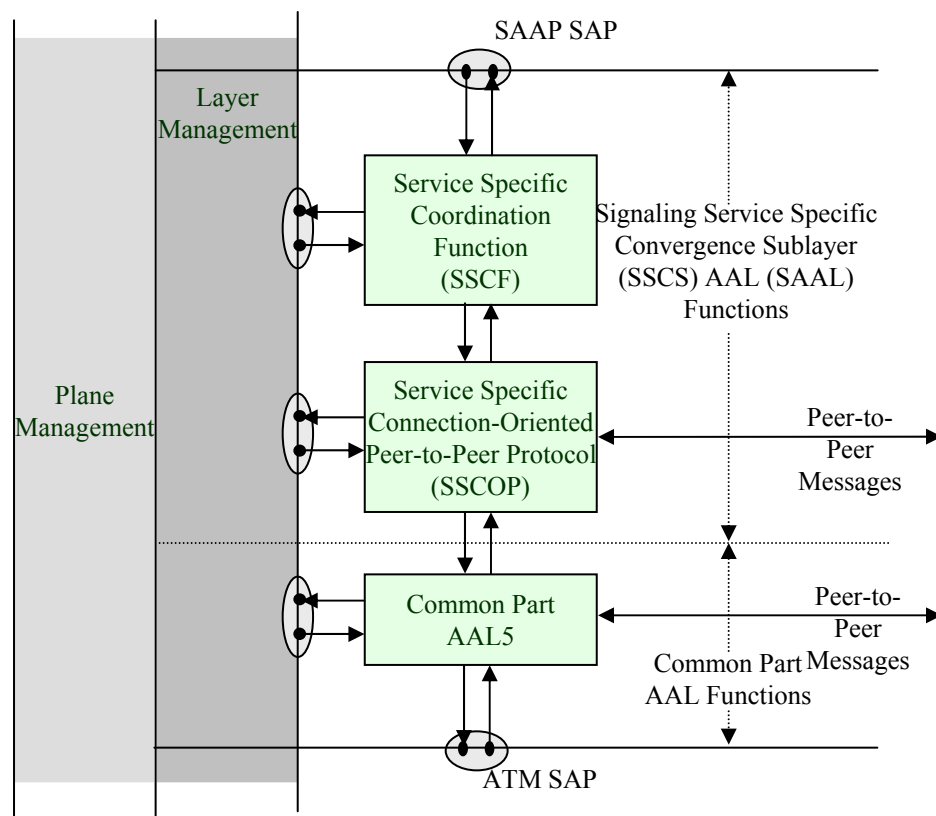
# SAAL (Signaling AAL)

- SSCF (Service Specific Coordination Function)
  - függetlenség az alsóbb rétegtől
  - nyugtázott illetve nyugtázatlan adatátvitel
  - transparent információ átvitel
  - kapcsolat felépítés a nyugtázott adatkapcsolat számára
  - státusz jelzés



# SAAL (Signaling AAL)

- SSCOP (Service Specific Connection-Oriented Protocol)
  - HDLC-szerű
  - sorszámozott jelzési üzenet átvitele
  - hiba detektálás és selective ARQ (24 bit sorszám)
  - keepalive üzenet
  - SSCOP kapcsolat felépítése és lebontása
  - nyugtázott illetve nyugtázatlan adatátvitel
  - státusz jelzés

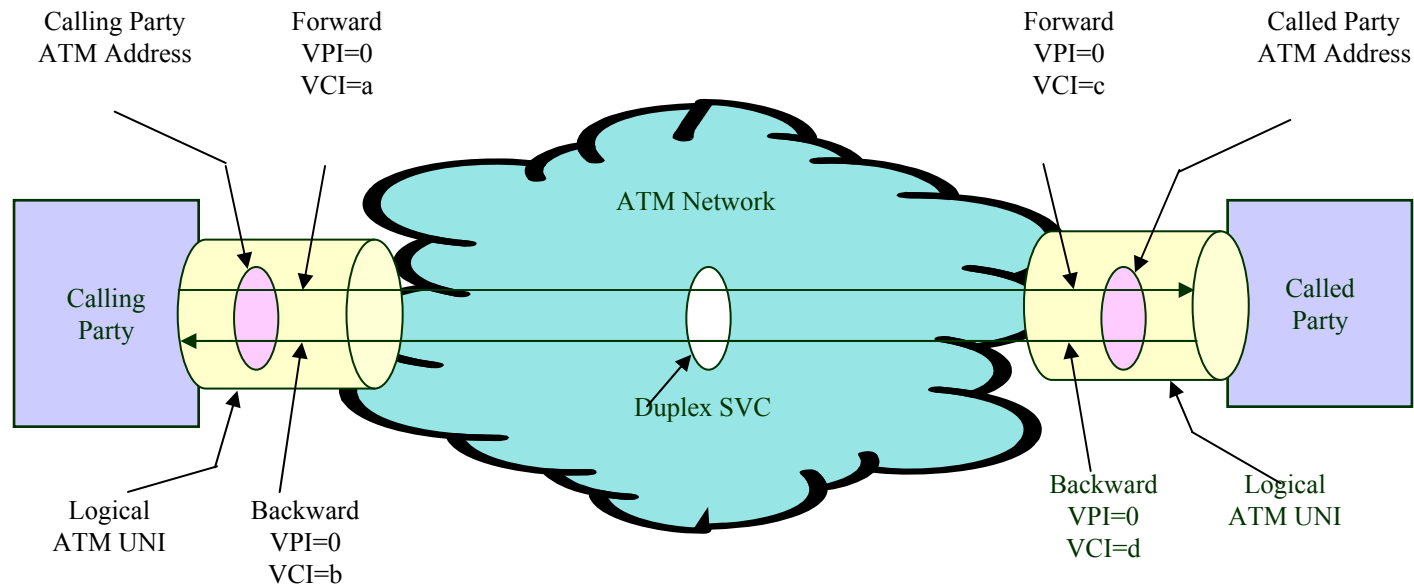


# UNI

- ITU-T Q.2931
- ATM Fórum UNI 3.0, UNI 3.1, UNI 4.0
- Kompatibilitási probléma:
  - UNI 3.0 és UNI 3.1
  - UNI 3.1 és Q.2931
- UNI 4.0 a Q.2931 alapján készült
  - vannak egyéb képesség, amelyet UNI 4.0-ben specifikálnak, de Q.2391-ben nem pl. ABR jelzés, proxy jelzés, virtuális UNI,...



# Pont-pont SVC



**nem szimmetrikus:**

- sávszélesség
- VPI/VCI hozzárendelése

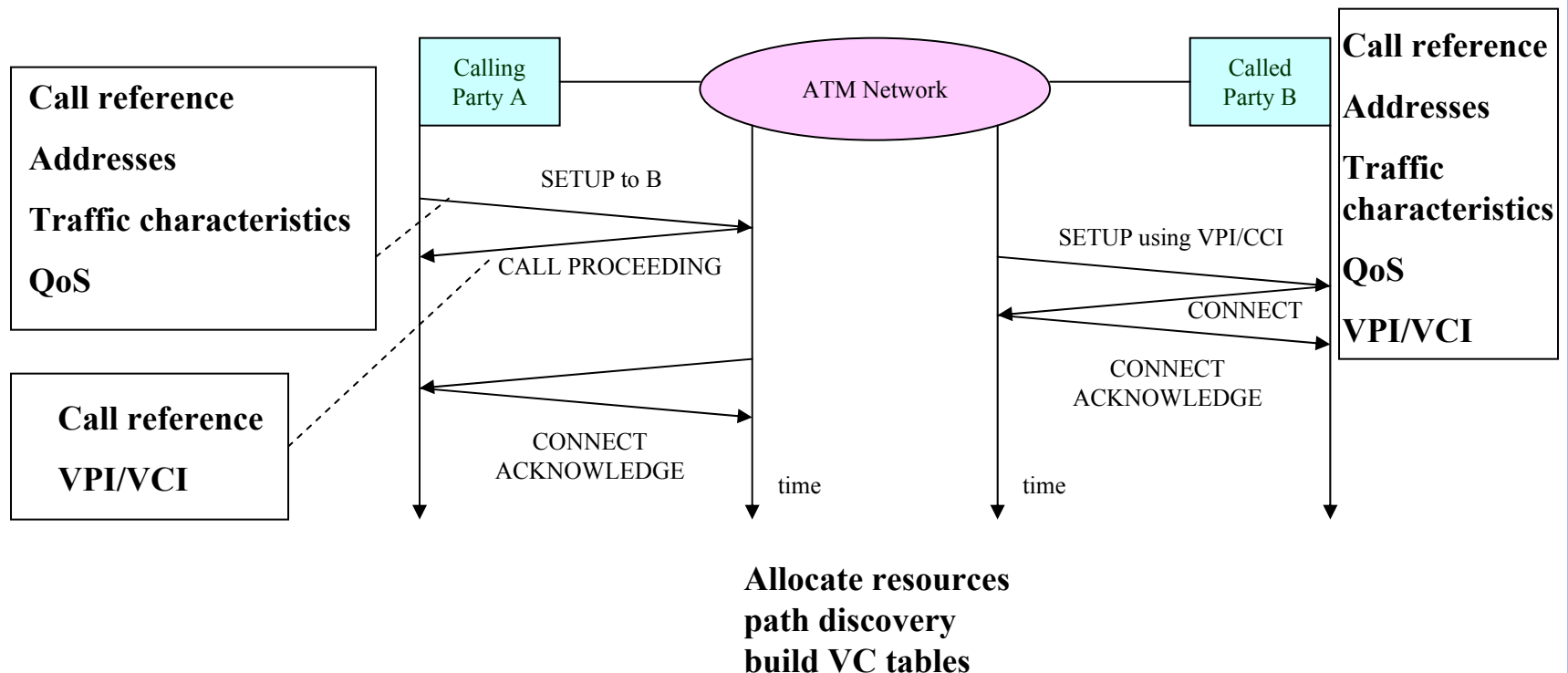


# UNI alapüzenetek

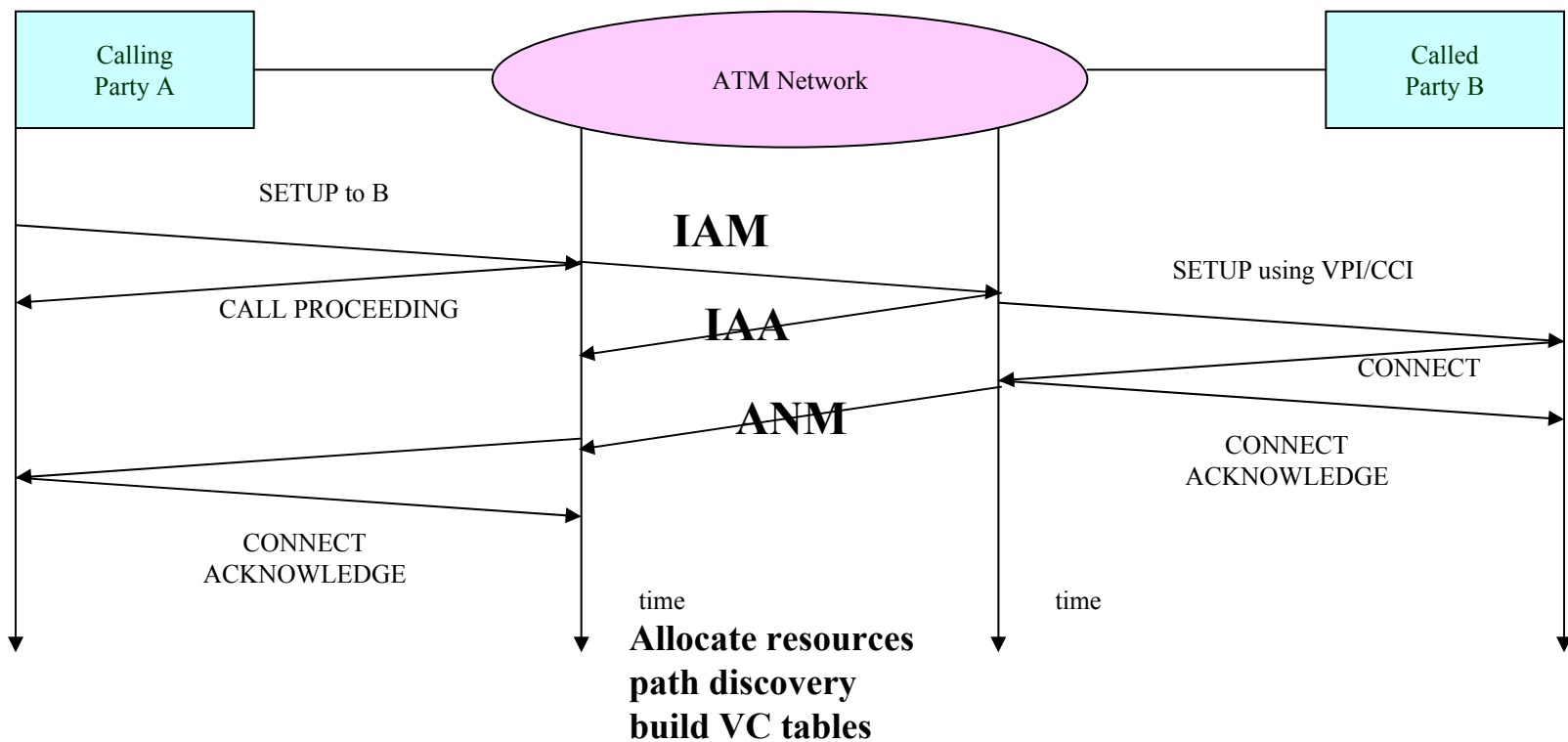
- **Hívás létesítése**
  - **SETUP**
  - **CALL PROCEEDING**
  - **CONNECT**
  - **CONNECT ACKNOWLEDGE**
- **Hívás lebontása**
  - **RELEASE**
  - **RELEASE COMPLETE**
- **Státusz**
  - **STATUS ENQUIRY (S)**
  - **STATUS (S)**
- **Pont-több-pont**
  - **ADD PARTY**
  - **ADD PARTY ACKNOWLEDGEMENT**
  - **ADD PARTY REJECT**
  - **DROP PARTY**
  - **DROP PARTY ACKNOWLEDGEMENT**



# Pont-Pont kapcsolat létesítése

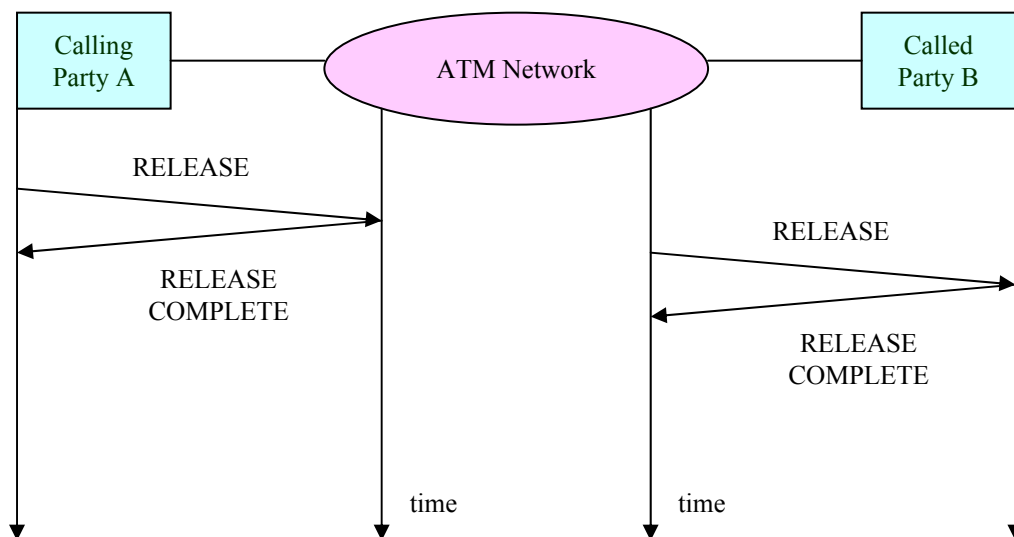


# Pont-Pont kapcsolat létesítése





# Pont-Pont kapcsolat lebontása



# ATM tesztelése

- Konformancia tesztelés (Conformance Testing): a szabvány szerint meg van valósítva ?
- Együtműködési tesztelés (Interoperability Testing): különböző gyártó berendezései hogyan tudnak együttműködni
- Teljesítőképeségi tesztelés (Performance Testing): függ a forgalom nagyságától és jellemzőitől



# PICS és PIXIT

- Absztrakt teszt módszer (Abstract Test Method):
  - hogyan kell tesztelni,
  - általános leírás, független a tesztelés realizációjától
- PICS (Protocol Implementation Conformance Statement): gyártó nyilatkozata arról, hogy az ő berendezése mit tud és mit nem tud (szabvány alapján)
- PICS Proforma: kérdések sorozata, amelyeket a tesztelést specifikáló tesz fel (ATM Fórum)
- PIXIT (Protocol Implementation eXtra Information for Testing): gyártó nyilatkozata arról, hogy az ő berendezése mit tud és mit nem tud (szabvány alapján) a referenciákkal együtt (tesztelés reprodukálhatósága)



# PICS proforma

- If the IUT is Public ATM network equipment, does it support point-to-point VPCs?



# ATM hadver és szoftver



# ATM hadver és szoftver

- Kapcsoló típusok
- NIC (Network Interface Cards)



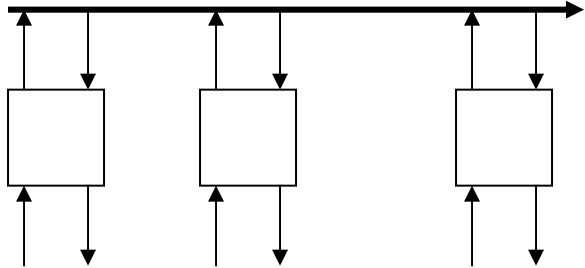
# ATM kapcsoló paramétere

- Modularitás
- Megbízhatóság, rendelkezésre állásidő
- Kiterjeszhetőség (architektúra)
- Bővíthetőség (architektúra)
- Interfész választék
- Kapcsolási kapacitás
- Menedzsment rendszer
- Számlázási rendszer
- Architektúra
  - non-blocking
  - virtual-non blocking
    - blokkolás a puffertől és a terheléstől függ
    - vesztes egy terhelési küszöb alatt garantált

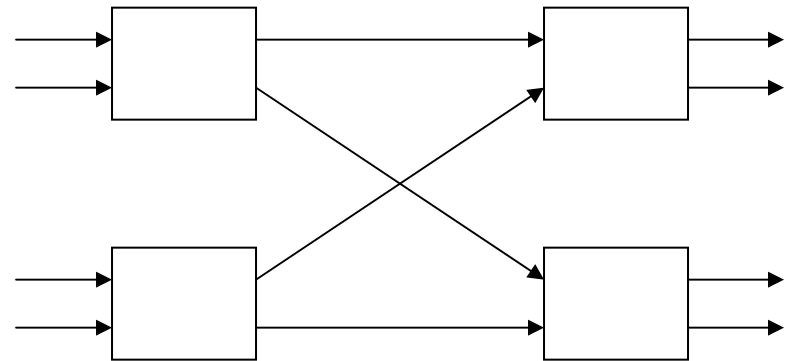


# ATM kapcsoló architektúrák

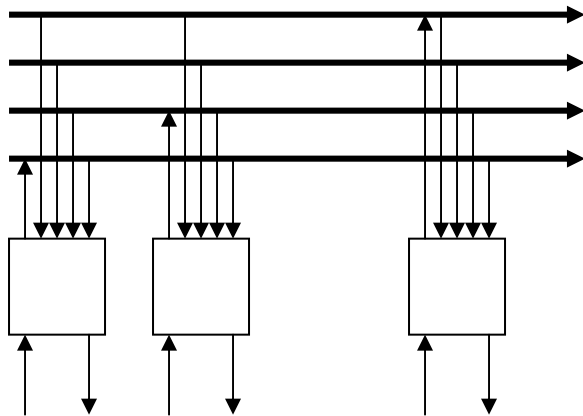
**Single bus (1-5 Gbps)**



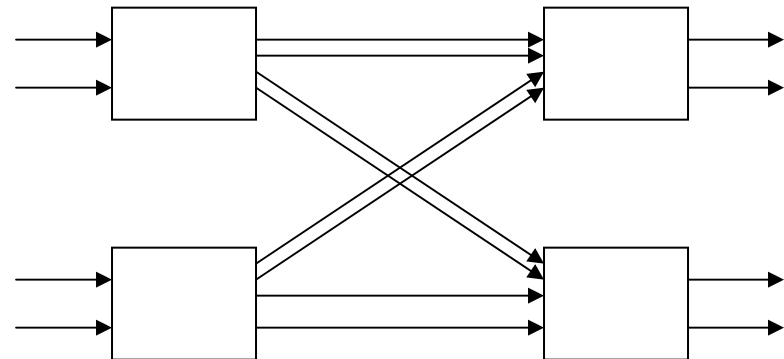
**Self-routing (blocking)**



**Multiple bus (500-1000Mbps)**



**Self-routing (Non-blocking)**





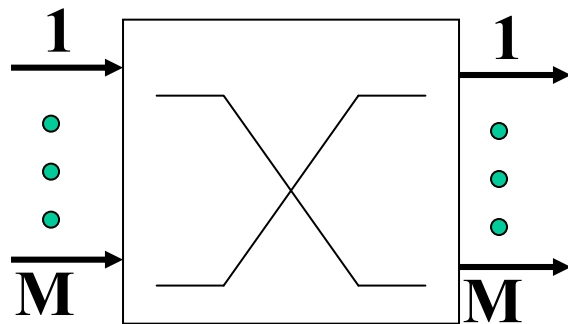
# ATM kapcsoló architektúrák

- Egy busz
  - kapacitás 1-5 Gbps
  - ATM multiplexers,...
  - bus arbitration (közös használat, verseny feloldása)
  - multicast
- Több busz
  - elvileg nem kell “bus arbitration”
  - kimenetén vezérlés kell
  - busz sebessége 500 Mbits-1Gbits, kapacitás 5-15 Gbits
  - knock-out jelenség (egy kimenet csak meghatározott számú bemenetről fogadhat egyidejű cellákat, arbitration)

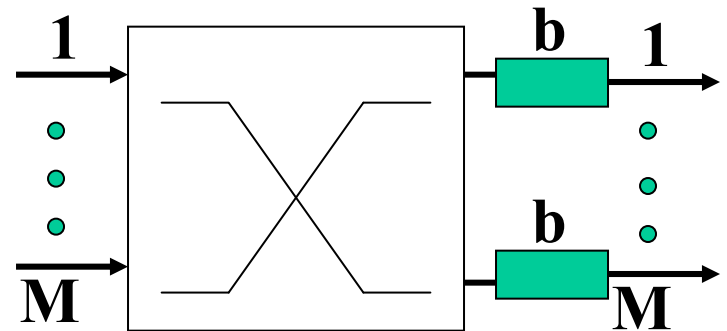


# ATM kapcsoló pufferelési stratégiái

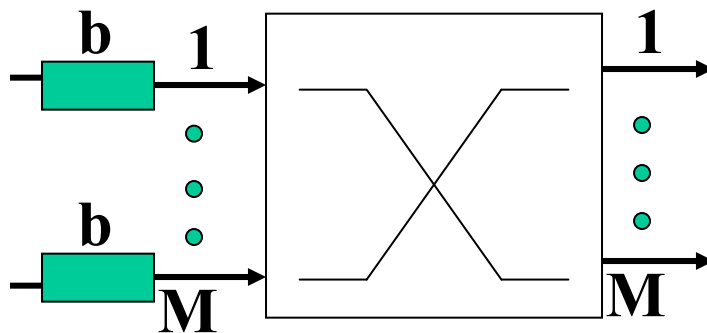
## Internal Queueing



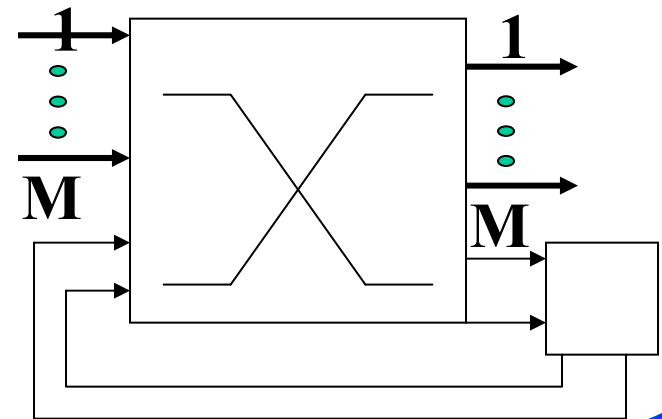
## Output Queueing



## Input Queueing



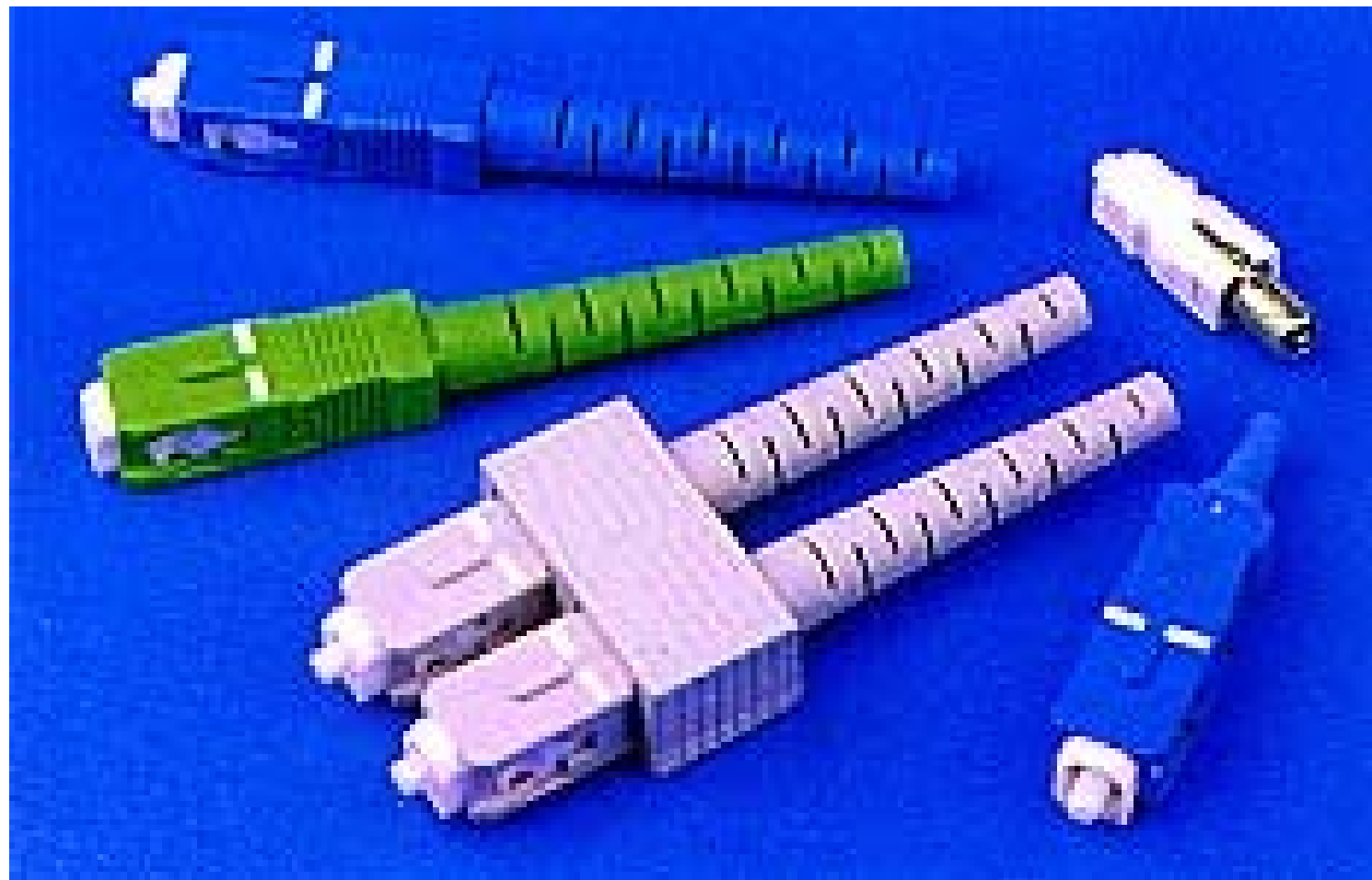
## Output Queueing Shared Buffer



# FC csatlakozó



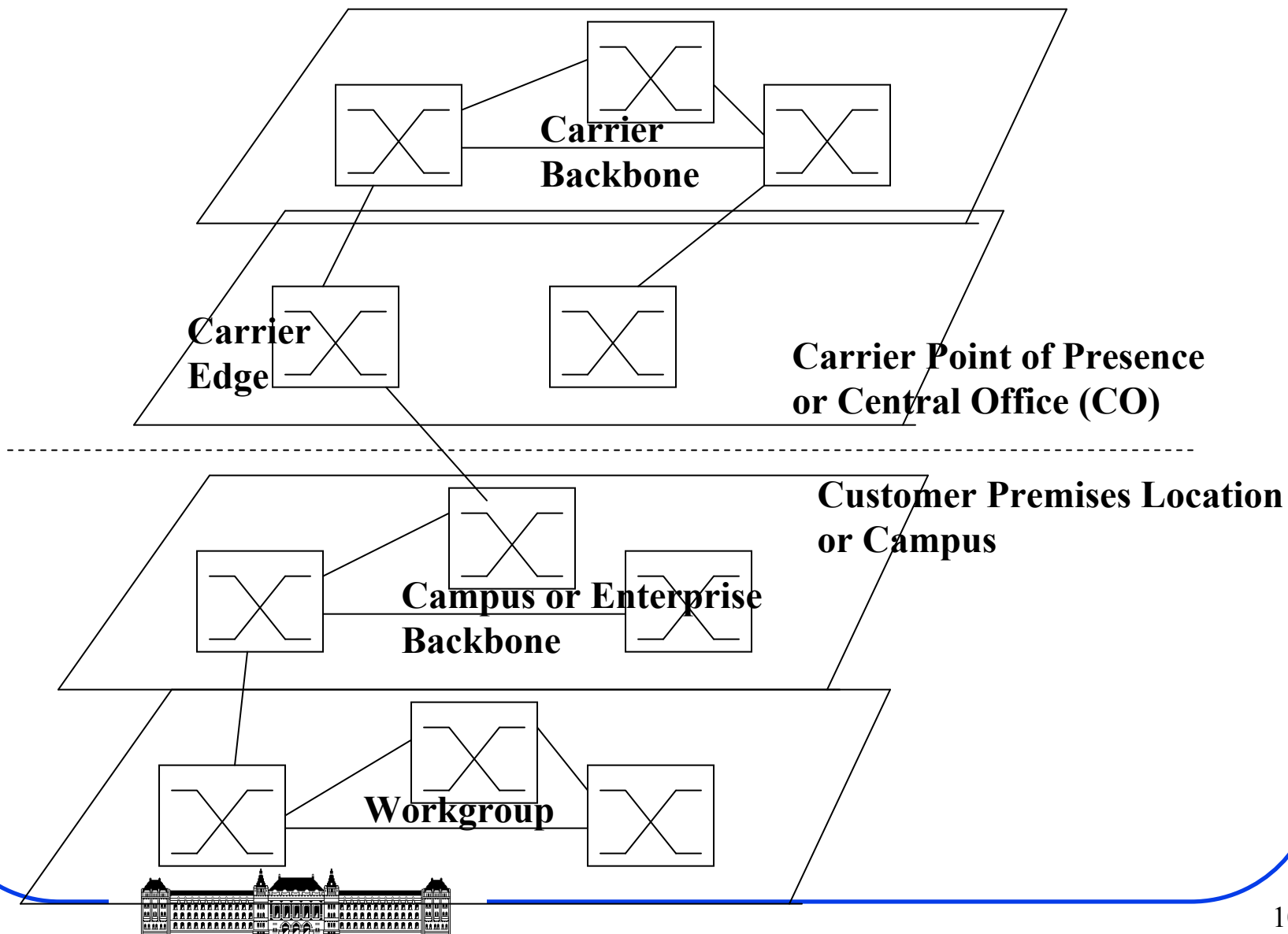
# SC csatlakozó



# ST csatlakozó



# ATM kapcsoló osztályozása



# Gerinc kapcsoló (Core or Carrier Backbone- CO switch)

- tranzit funkció
- nagy kapcsolási kapacitás (40 Gbps-1Tbps)
- bővíthetőség (kártyák száma és portok száma) és modularitás (multis shelves)
- magas a megbízhatósági követelmény
  - stand-by táp
  - hot stand-by kapcsoló mátrix és vezérlő
- SDH védelmi képességek (Automatic Protection Switching)
- Fizikai interfész T3, E3, STM-1, STM-4, STM-16
- UNI és NNI
- CMIP menedzsment interfész támogatása



# Hozzáférési kapcsoló (PoP)

- nagy kapcsolási kapacitás (5 Gbps-20Gbps)
- bővíthetőség (kártyák száma és portok száma) és modularitás
- nagy a fizikai interfész választék
- magas a megbízhatósági követelmény
  - stand-by táp
  - hot stand-by kapcsoló mátrix és vezérlő
- Számlázási funkciók
  - kártya a számlázási információk gyűjtéséhez
  - szoftver külön WS-n, kommunikál a kártyával





# Előfizetői kapcsoló

- Előfizetői kapcsoló
  - Enterprise backbone (CPE)
  - LAN/Campus backbone or Workgroup
- nagy kapcsolási kapacitás (<5 Gbps)
- bővíthetőség (kártyák száma és portok száma) és modularitás
- VPI és VCI mezők
- LAN Emulációs, Classical IP,



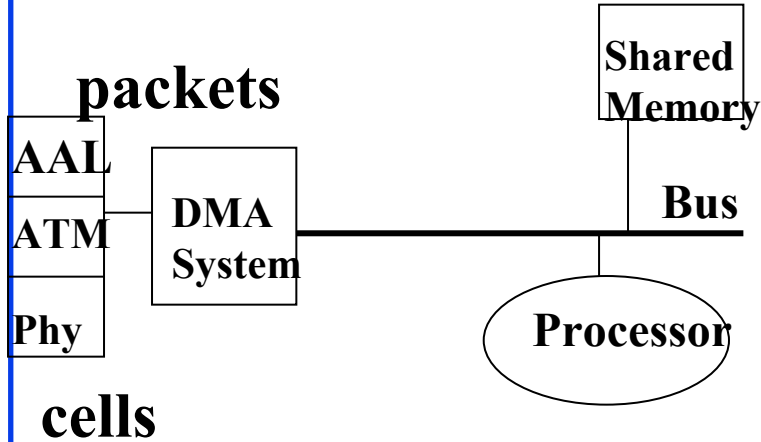
# ATM kártyák

- Busz típus (PCI, ISA, S-bus, Silicon Graphics GIO, MCA...)
- OS támogatás
- Funkciók
  - UNI verzió
  - LANE
  - CIP
- Teljesítmény
- Ár
- Fizikai közeg
  - UTP
  - STP
  - SMF, MMF

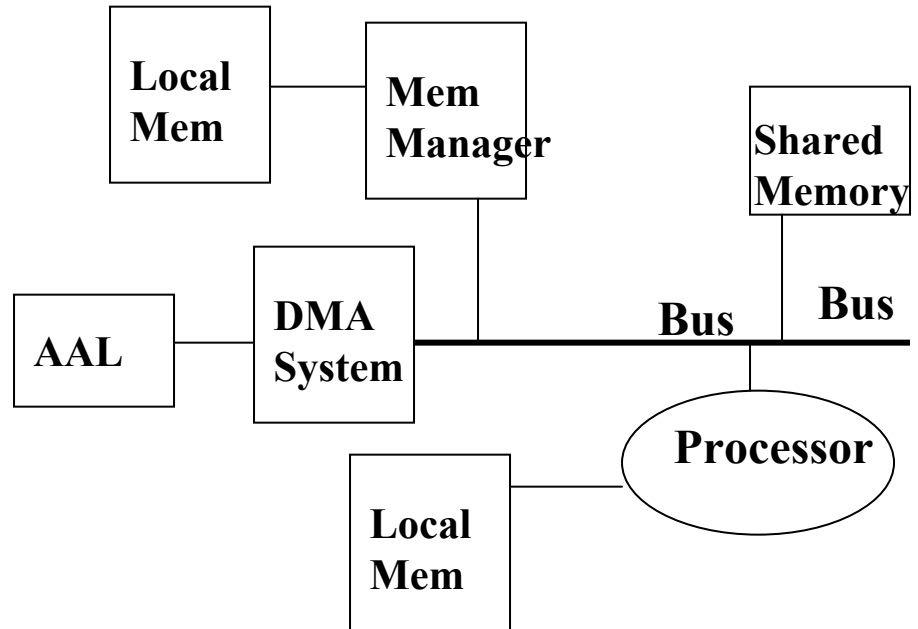


# ATM kártyák

## Egyszerű



## Bonyolult

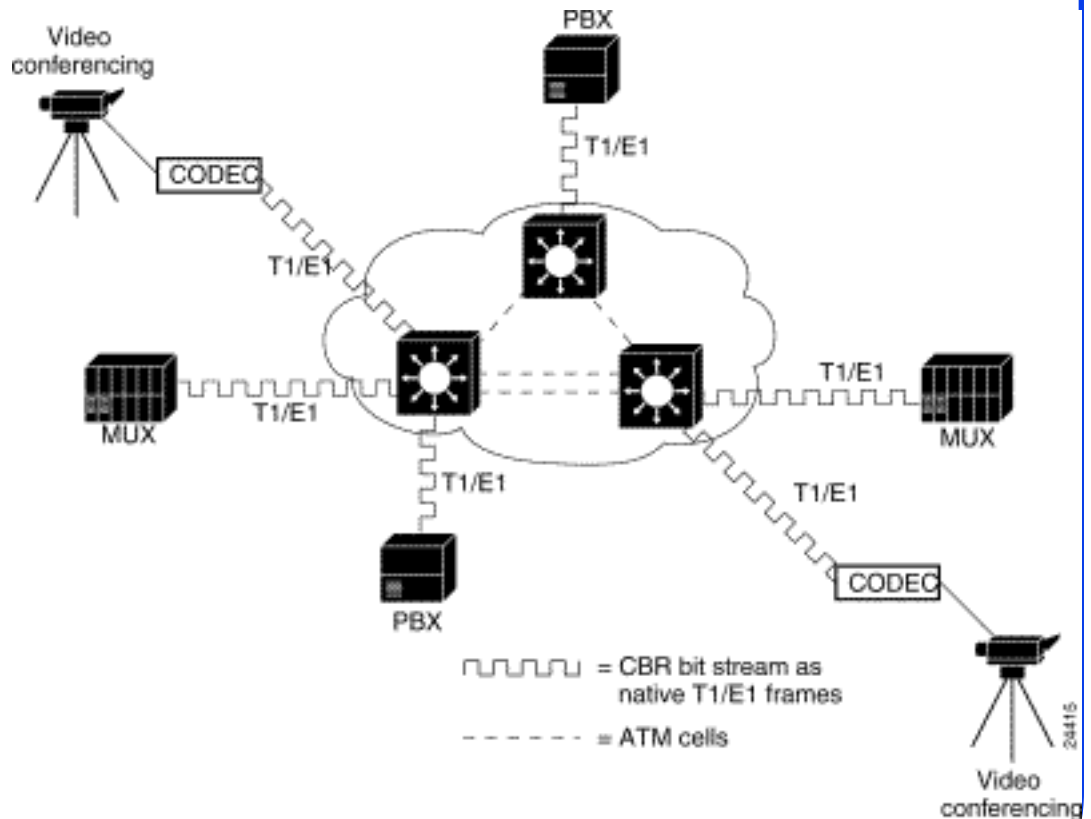


# CES



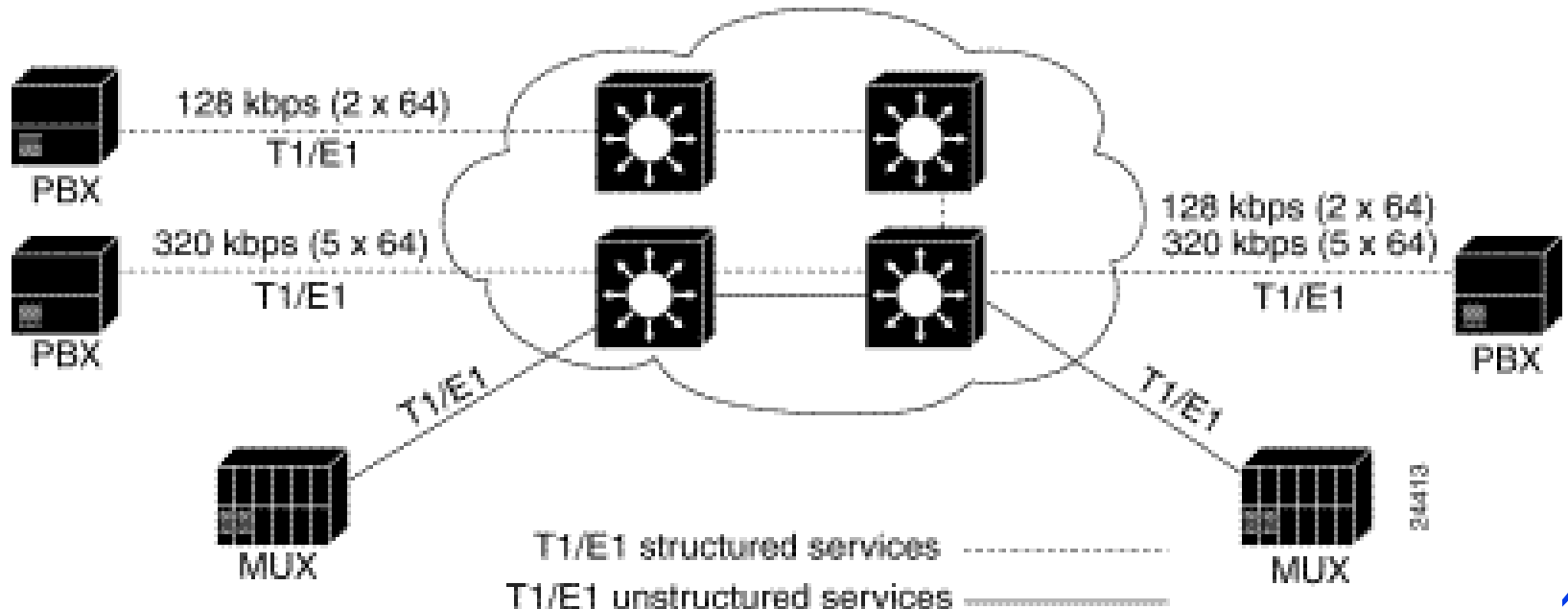
# CES (Circuit Emulation Service)

- PBX-k, videó kommunikációk összeköttetése az ATM hálózaton
- CES- IWF (Circuit Emulation Services Interworking Function): interfész a PBX, MUX és ATM UNI között
  - T1/E1 keretek csomagolása az AAL keretekbe
  - AAL-ből érkező T1/E1 keretek visszaállítása



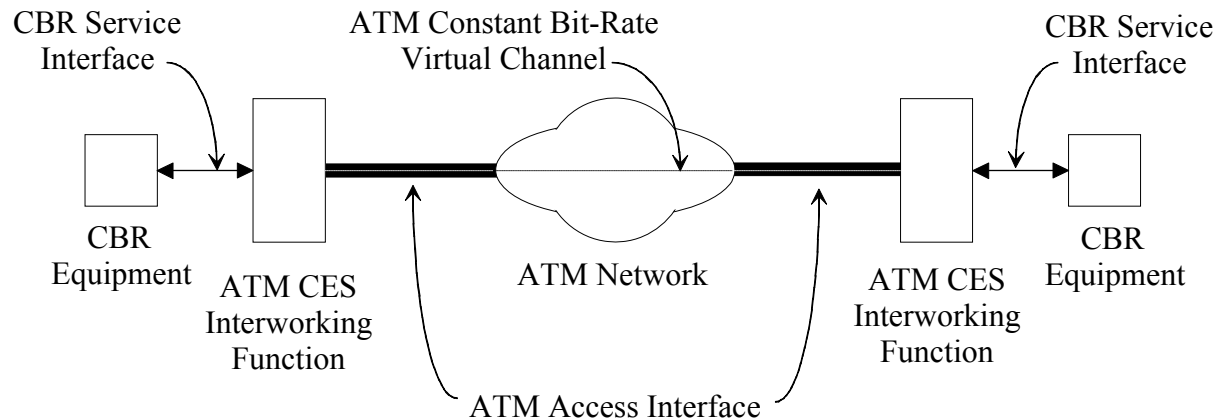
# CES

- Struktúrált DS1/E1:  $N \times 64$  kbits/s
- nem struktúrált DS1/E1: 1.544/2.048 Mbps



# CES

- szinkron TDM áramkörök emulálása az AAL1 segítségével az ATM fölött
- követelmények

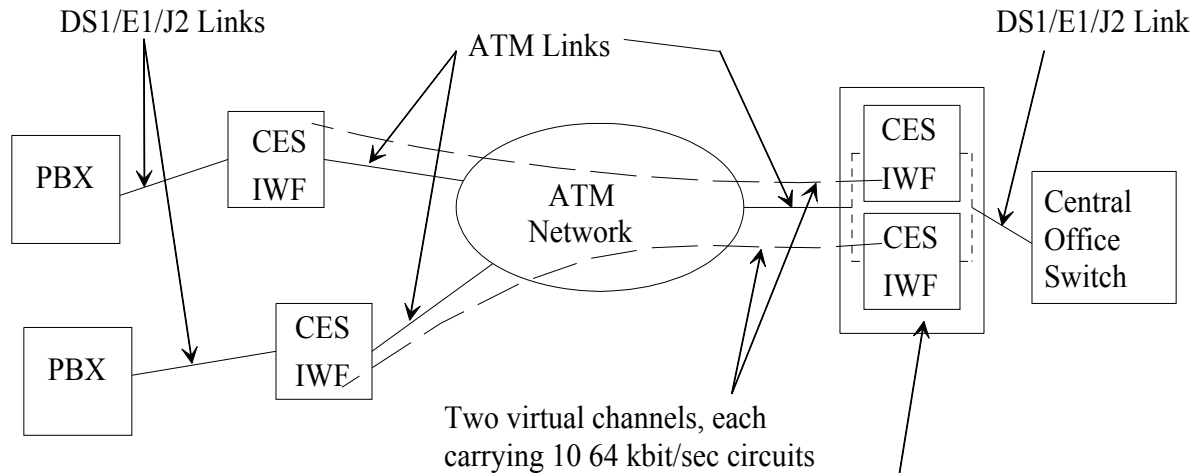


a) CES IWFs with CES-IS-Specified Physical DS1/DS3, J2 or E1/E3 Service Interfaces

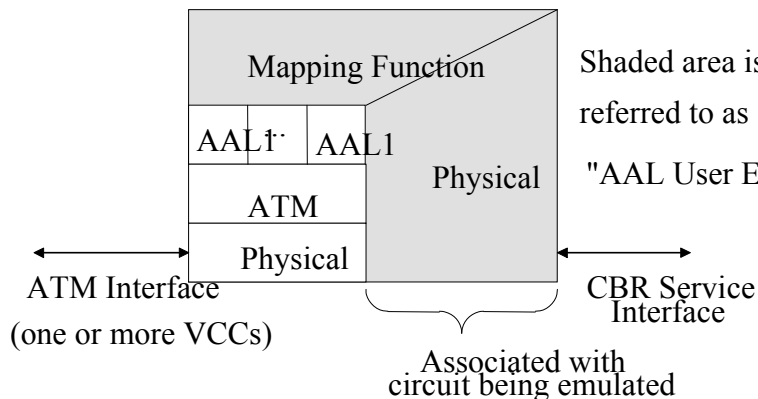
CBR Equipment: PBX, PSTN Switch



# Strukturált CES

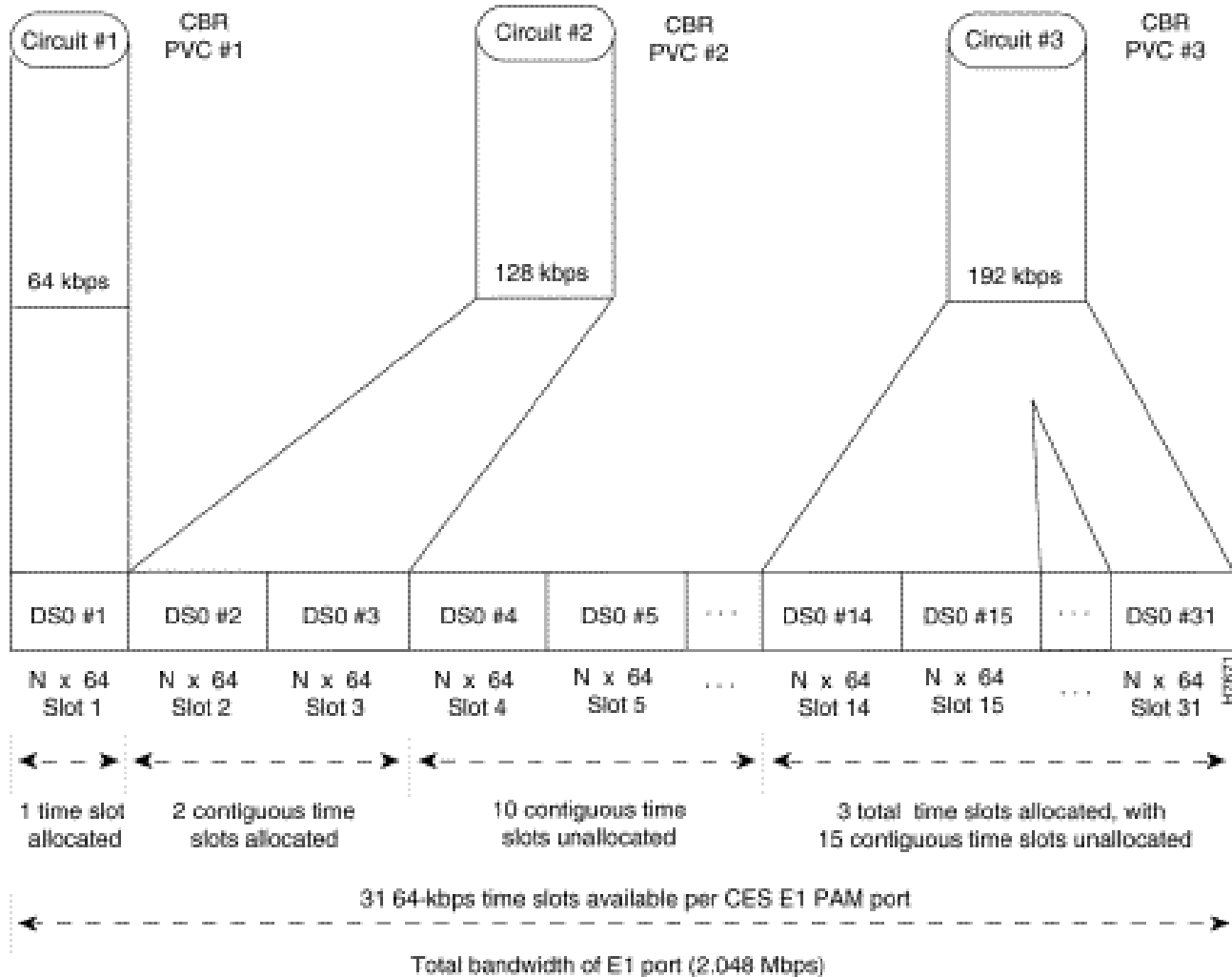


Note: This is an example of a pair of CES Interworking Functions within a node, sharing access to physical interfaces





# Struktúrált CES



# Nem strukturált CES

