

# Távközlő hálózatok és szolgáltatások

## 10. Gerinchálózati (Transzport) Technikák (második rész)

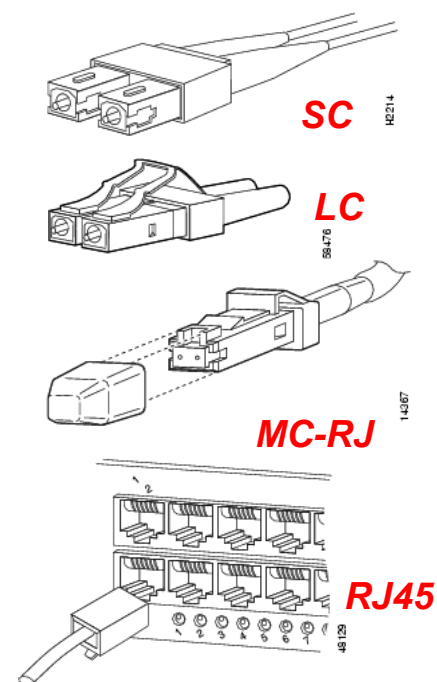
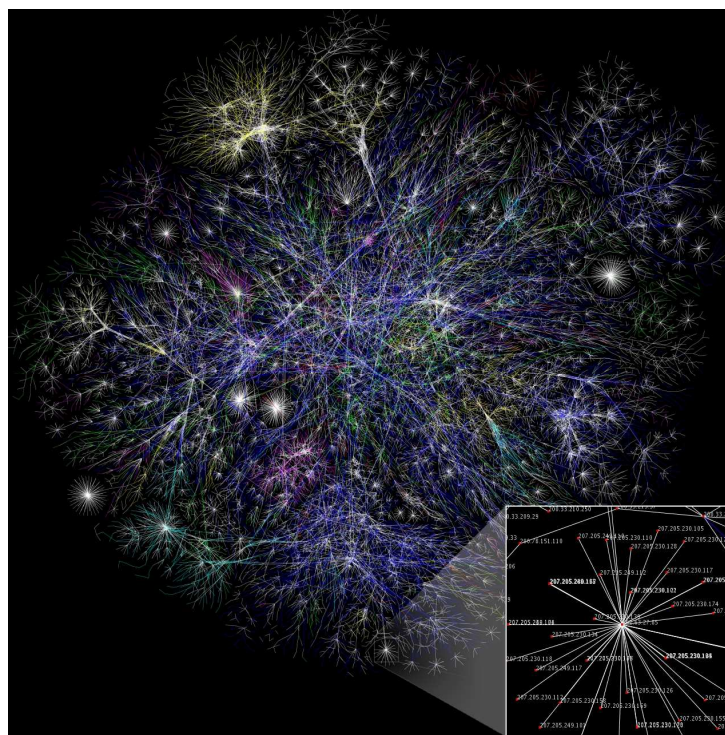
*Cinkler Tibor*

*BME TMIT*

*2010. november 22.*

*Hétfő 8:15-10:00*

*Q.II*



# A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
- 2. PSTN, ISDN hálózatok áttekintése
- 3. Kapcsolástechnika
- 4. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. VoIP
- 7. Kodekek
- 8. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 9. Jelzésátvitel
- **10. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)**
  - **10.1 PDH** (Pleziokron Digitális Hierarchia)
  - **10.2 SDH** (Szinkron Digitális Hierarchia)
  - **10.3 ngSDH** (next generation SDH)
  - **10.4 OTN** (Optical Transport Network)
- 11. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)
- 12. Hálózati szolgáltatások (Henk Tamás)

*Múlt óra!*

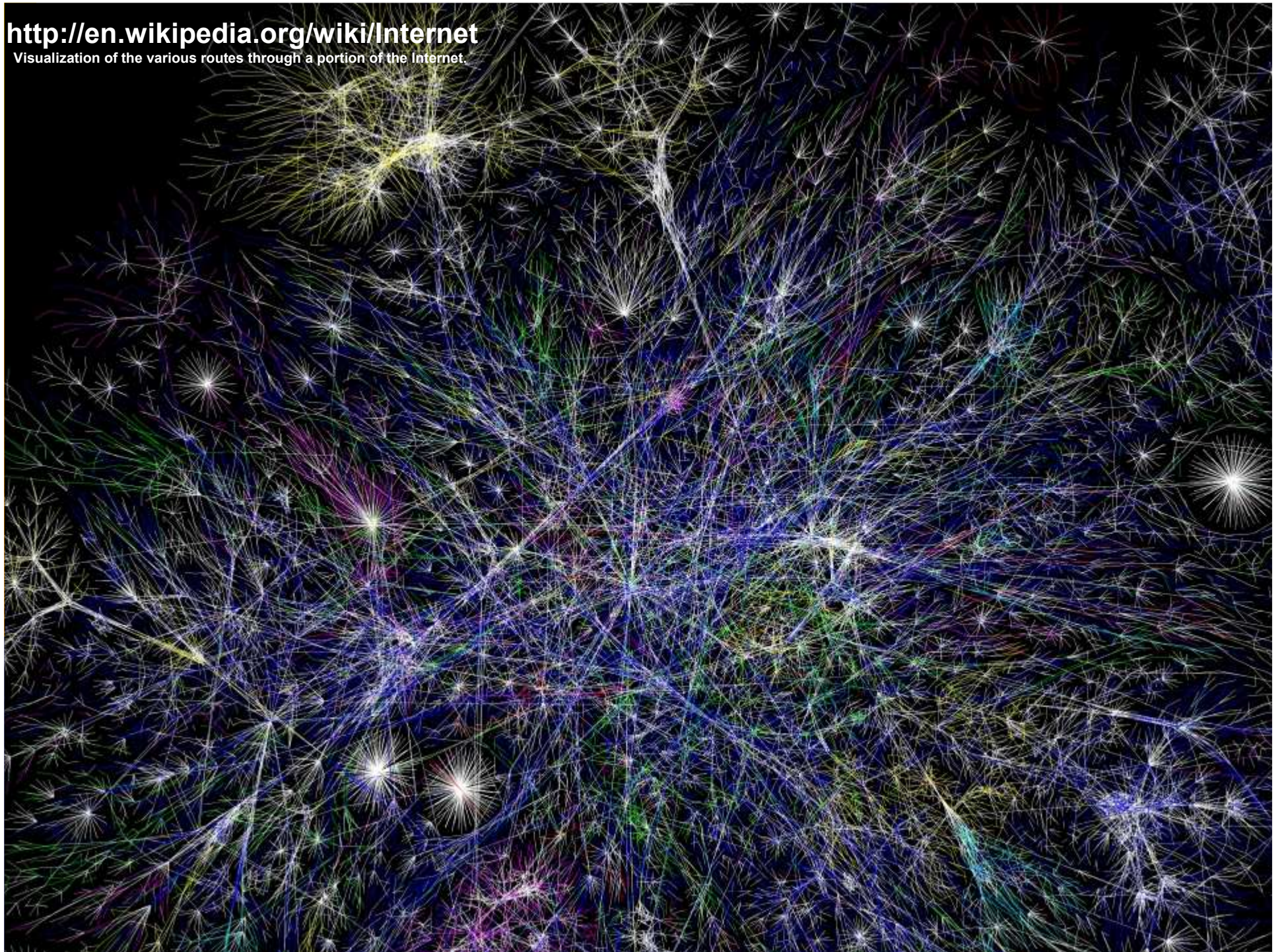
*Ma!*





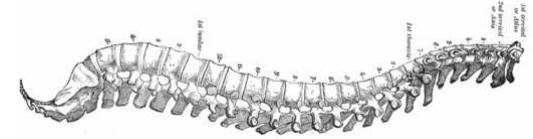
<http://en.wikipedia.org/wiki/Internet>

Visualization of the various routes through a portion of the Internet.

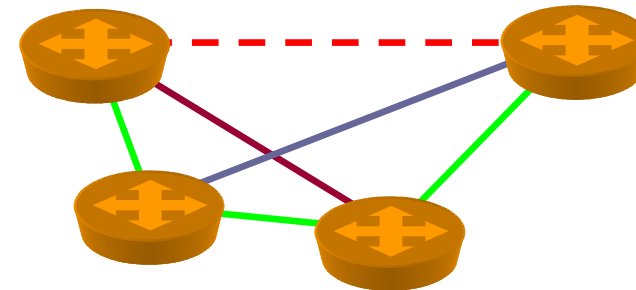
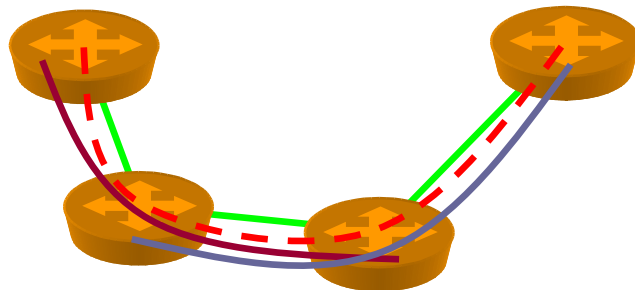
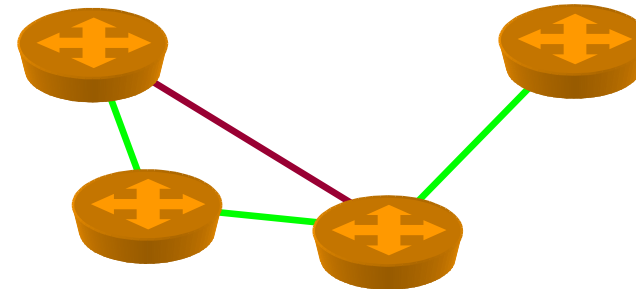
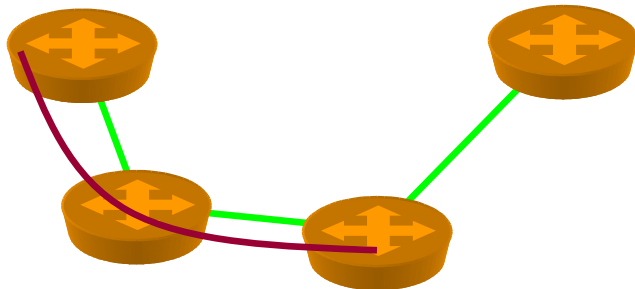




# IP hálózathoz távközlő gerinc



- Nagyobb távra „elviszi” a jelet (ISP-n belül és köztük)
- Sűrűbb topológia → kevesebb ugrás
- Megbízhatóbb, és ha meghibásodik van védelem
- Bevált management rendszer



# De miért nem elég az SDH ???



- Mert beszédre jó, de adatra nem elegendő...
- Mert adatátvitelre olyan bonyolult megoldások, hogy:
  - IP/ATM/SDH
  - IP/Ethernet/ATM/SDH
  - IP/MPLS/SDH
  - IP/PoS/SDH
  - IP/MAPOS/SDH
  - stb....
- **Túl sok keretezés, ismételt funkciók, bonyolult...**



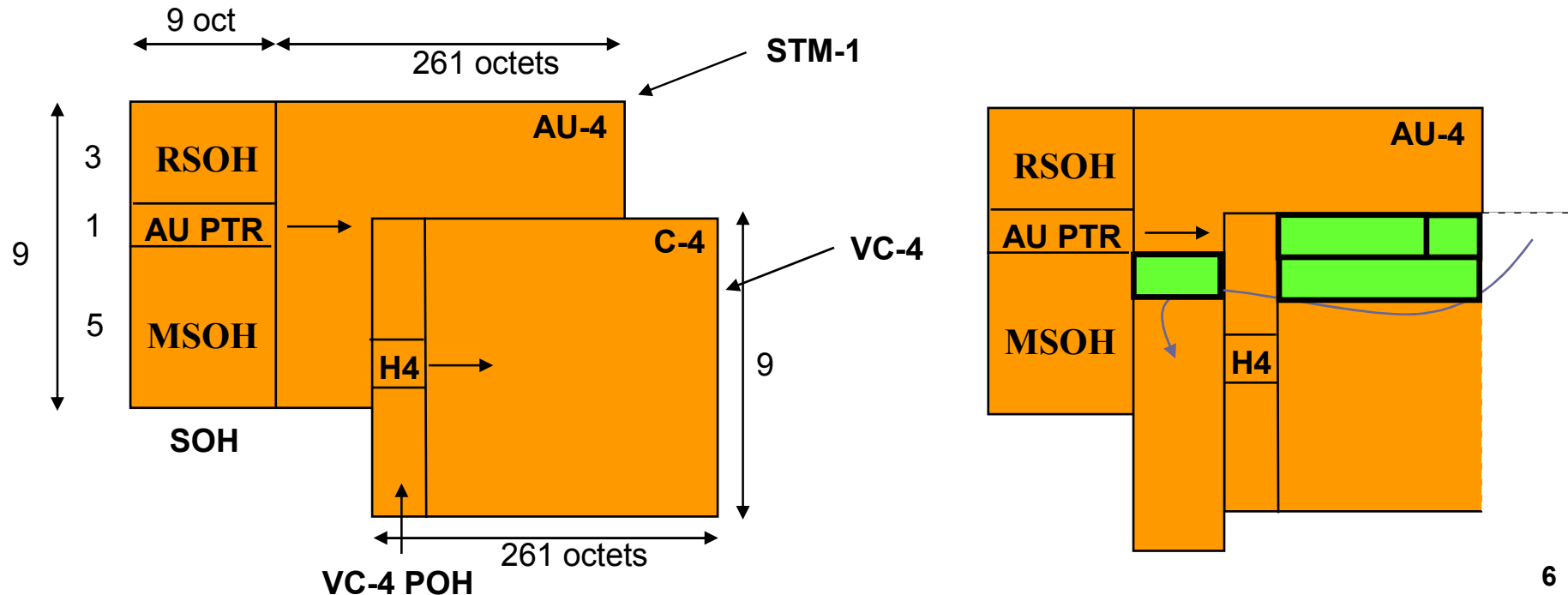
*POS: Packet over SONET/SDH → PPP over SONET/SDH ([RFC2615](#))*

*PPP: Point-to-Point Protocol ([RFC1661](#))*

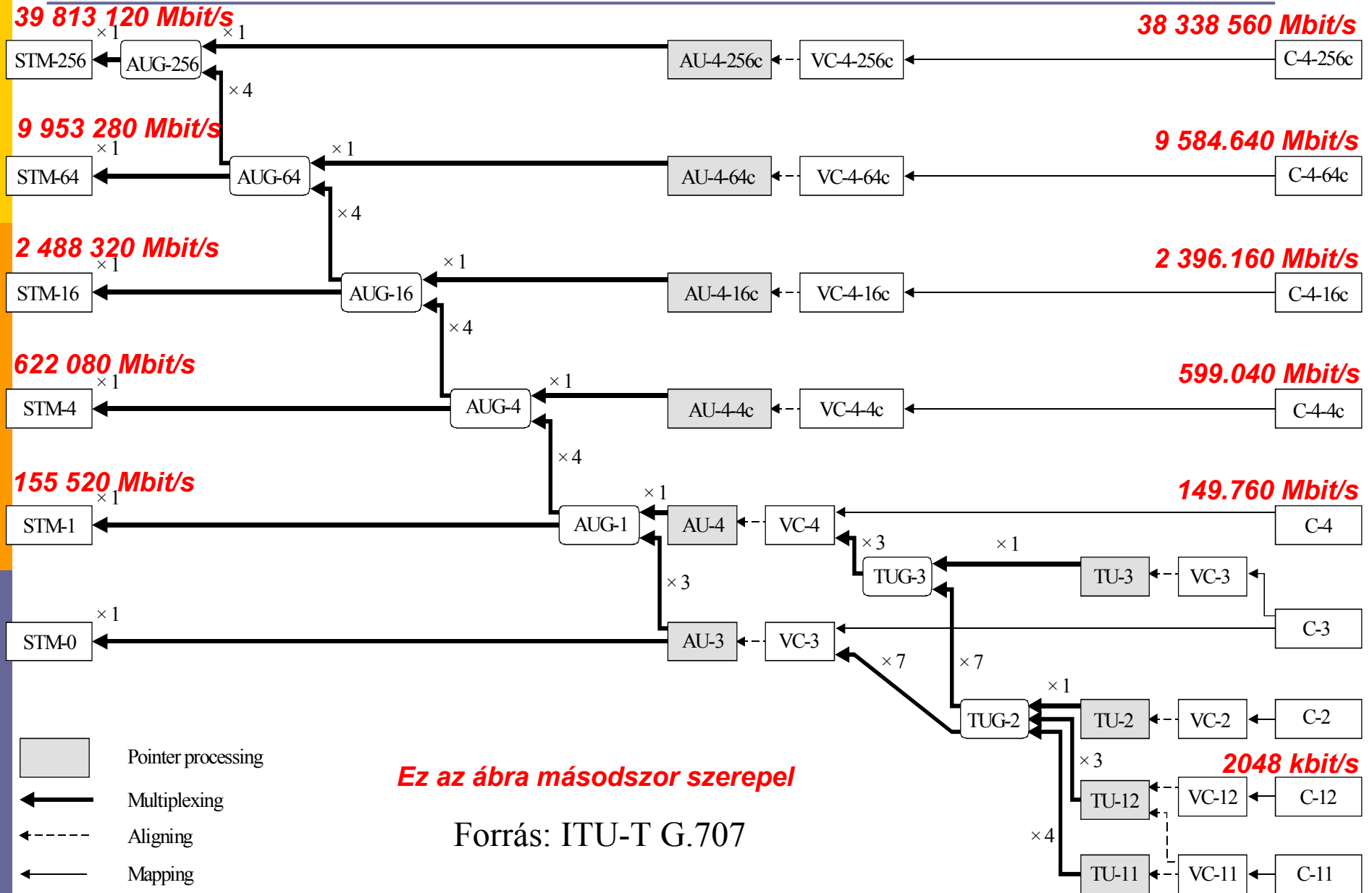
*MAPOS: Multiaccess Protocol over SONET/SDH ([RFC2171](#), [RFC2176](#))*

# SDH keretszervezés (ITU-T G.707)

- Csomagokkal, keretekkel töltjük a konténereket:
  - VC-4: 149.760 Mbit/s = 260 oszlop x 9 sor x 8 bit x 8000 keret/s
  - VC-4-4c: 599.040 Mbit/s
  - VC-4-16c: 2 396.160 Mbit/s
  - VC-4-64c: 9 584.640 Mbit/s
- **Túl merev sáv szélesség lépcsők**



# ITU-T G.707 – Multiplexelési struktúra



*Ez az ábra másodszor szerepel*

Forrás: ITU-T G.707

# SDH/SONET hátrányok

---

- Nincs dinamikus útvonalválasztás
  - Konfigurált (provisioned), nem kapcsolt (nincs is vezérlősík)
- Rossz granularitás
  - Eleve csak állandó sebességű forgalmakra
- Statisztikus nyálábolás (multiplexelés) hiánya



**Egy fényszálszerelő szerszámkészlet:**  
<http://images.cableorganizer.com/Fiberoptic%20Power%20Point.pdf>



## 10.3. ngSDH/SONET



- Következő (új) generációs SDH/SONET
- (Next generation SDH/SONET)

- SDH/SONET

- + GFP
- + VCat
- + LCAS



Egy Patch-kábel és néhány csatlakozó:  
<http://images.cableorganizer.com/Fiberoptic%20Power%20Point.pdf>



# ng SDH/SONET: GFP, VCat, LCAS

---

## “next generation SDH/SONET”

- Különböző felső rétegekhez egységes keretezés
- Egységes áramkörkapcsolt réteg
- Statisztikus nyalábolás (multiplexelés) a GFP révén
- Jó granularitás VCat révén

## SDH/SONET kompatibilis

- Nem kell az összes eszköz támogassa az új képességeket
- A fokozatos átmenet olcsóbb mint a teljes technológia csere

## Generic Framing Procedure

(Általános keretezési eljárás)

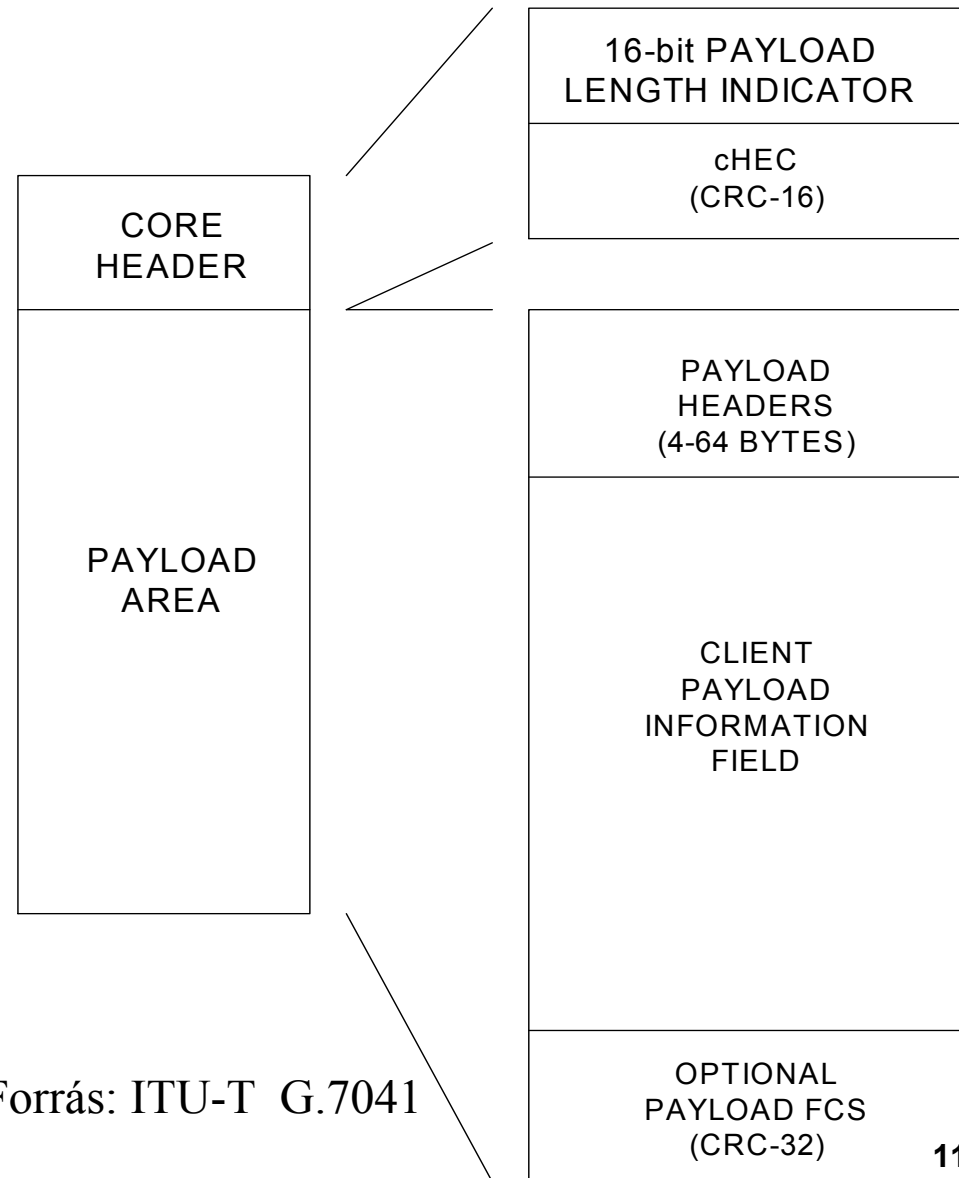
- Core Header (scrambled)
- Payload („rakomány”)
- CRC
- Oktett szinkron

Két üzemmód

- GFP-T: Transparent (átlátszó)
- GFP-F: Frame mapped (keret alapú)

ctrl & felhasználói keretek

Ethernet	IP/PPP	8B/10B	MAPOS
GFP			
VC-n		ODU-k	



Forrás: ITU-T G.7041



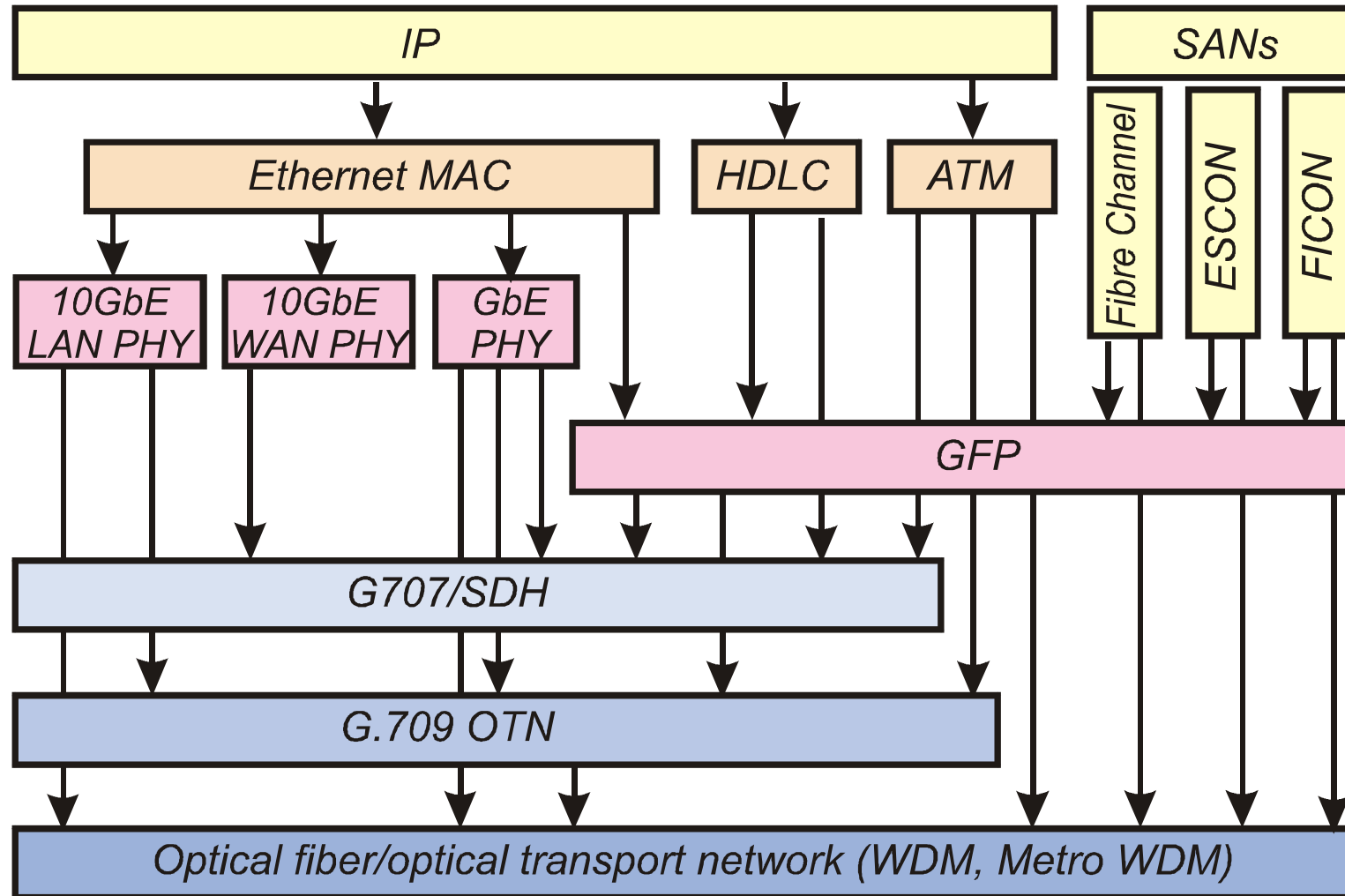
# GFP: Generic: Általános?

---

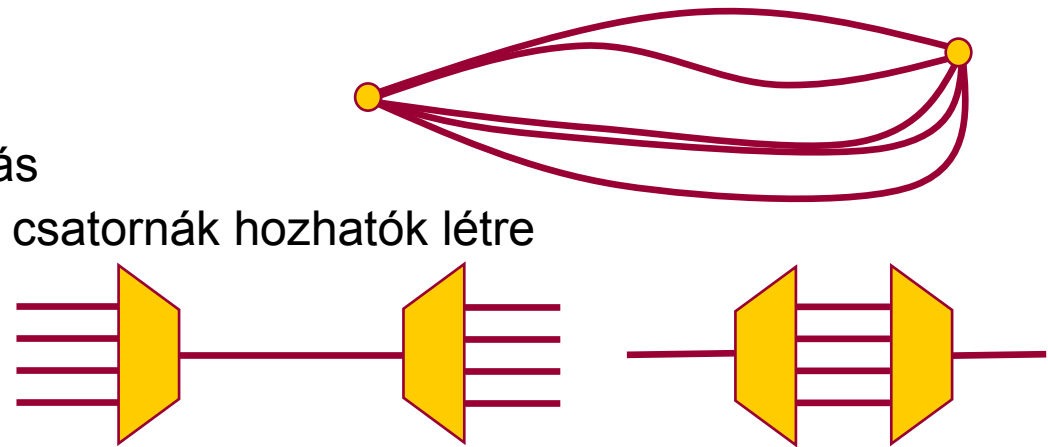
## Generic?

- **Frame-Mapped Ethernet**
- **Frame-Mapped PPP**
- **Transparent Fiber Channel**
- **Transparent FICON**
- **Transparent ESCON**
- **Transparent Gb Ethernet**
- **Frame-Mapped Multiple Access Protocol over SDH (MAPOS)**

# GFP: Általános



- Folytonos helyett virtuális összefűzés (concatenation)
- Virtuális (K4:b2)
  - Jobb granularitás
  - Jobb erőforráskihasználás
  - Nagyobb sávszélességű csatornák hozhatók létre
    - **Inverz MUX!**
    - jobb stat. mux.
  - Multi-Path Protection



## Folytonos (Contiguous)

VC-4-4c: 599.04 Mbps

VC-4-16c: 2396.16 Mbps

VC-4-64c: 9584.64 Mbps

## Virtuális (Virtual)

VC-12-nv (n=1-64), 2 Mbps - 128 Mbps

VC-3-nv (n=1-64), 49 Mbps- 3.1 Gbps

VC-4-nv (n=1-64), 149 Mbps -9.6 Gbps

**Pl.: Gbit Ethernet VC-4-7v**



# Ethernet over SDH w/wo VirCat

Több réteg (már megint!)  
Hatékonyabb átvitel

Data signal	SONET/SDH payload mapping and bandwidth efficiency	SONET/SDH with virtual concatenation payload mapping and bandwidth efficiency
Ethernet (10 Mb/s)	STS-1/VC-3 — 21%	VT1.5-7v/VC-11-7v — 89%
Fast Ethernet (100 Mb/s)	STS-3c/VC-4 — 67%	VT1.5-64v/VC-11-64v — 98%
Gigabit Ethernet (1000 Mb/s)	STS-48c/VC-4-16c — 42%	STS-3c-7v/VC-4-7v — 95% STS-1-21v/VC-3-21v — 98%

Forrás: P. Bonenfant, A Rodrigez-Moral: GFP: The Catalyst for Efficient Data over Transport, IEEE Communications Magazine May 2002

## Link capacity adjustment scheme (LCAS) (szakasz-kapacitás állító módszer)

- **Átállítja VCat-ot használó SDH és OTN rendszerek út-kapacitásait megszakítás nélkül**
- **Az alkalmazások igényeinek megfelelően**
- **Meghibásodott összefűzött út (VC) leválasztásával javítja a hibatűrést**
- **“...a control mechanism to hitless increase or decrease the capacity of a VCG link to meet the bandwidth needs of the application.”**

# ngSDH összefoglalás

---

- Jelentős előrelépés SDH-hoz képest
- Sok ngSDH eszköz épült be a hálózatokba
- GFP, VCat, LCAS több mint ngSDH!
- OTN-ben is használják!



# A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
- 2. PSTN, ISDN hálózatok áttekintése
- 3. Kapcsolástechnika
- 4. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. VoIP
- 7. Kodekek
- 8. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 9. Jelzésátvitel
- **10. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)**
  - **10.1 PDH** (Pleziokron Digitális Hierarchia)
  - **10.2 SDH** (Szinkron Digitális Hierarchia)
  - **10.3 ngSDH** (next generation SDH)
  - **10.4 OTN** (Optical Transport Network)
- 11. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)
- 12. Hálózati szolgáltatások (Henk Tamás)



*Múlt óra!*

*Ma!*



## 9.4. OTN: G.872 + G. 709 + stb.

---

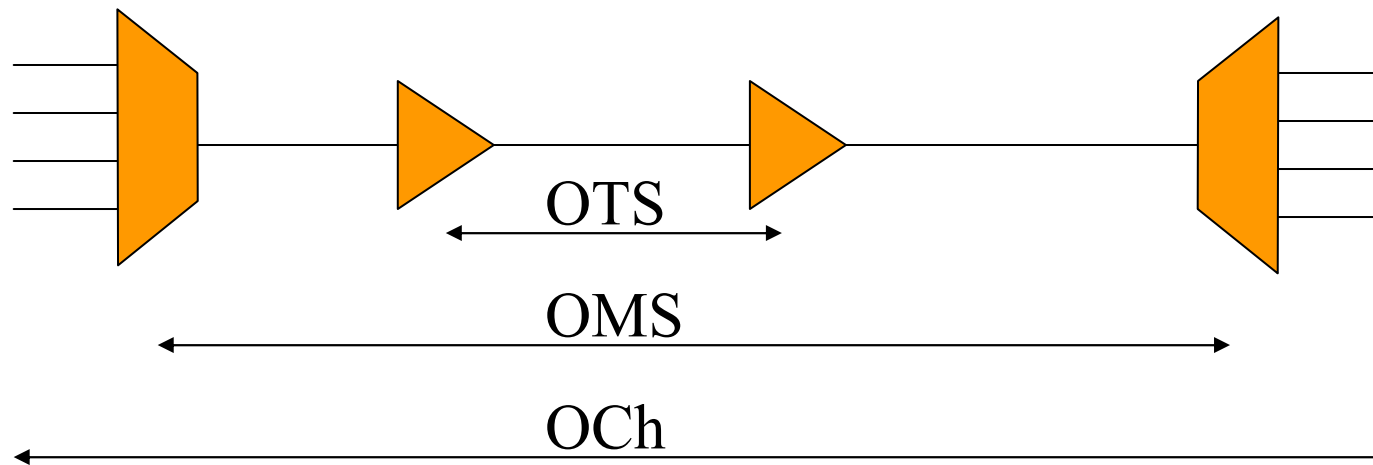
- **Optical Transport Network - Digital Wrapper**
- **Optikai Szállítónálózát**
- **Definiálja:**
  - **Együttes hullámhossz **ÉS** időosztásos nyalábolást!**
  - **Az optikai réteg paramétereit**
  - **Keretezési strukturát az egyes byte-ok definícióival**
  - **Intra- és Inter-Domain Interfészek: IaDI, IrDI**
  - **FEC (Forward Error Correction)**
  - **Alkalmazásokat (Applications)**
- <http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com15/otn/OTNtutorial.pdf>

# G.709 OTN

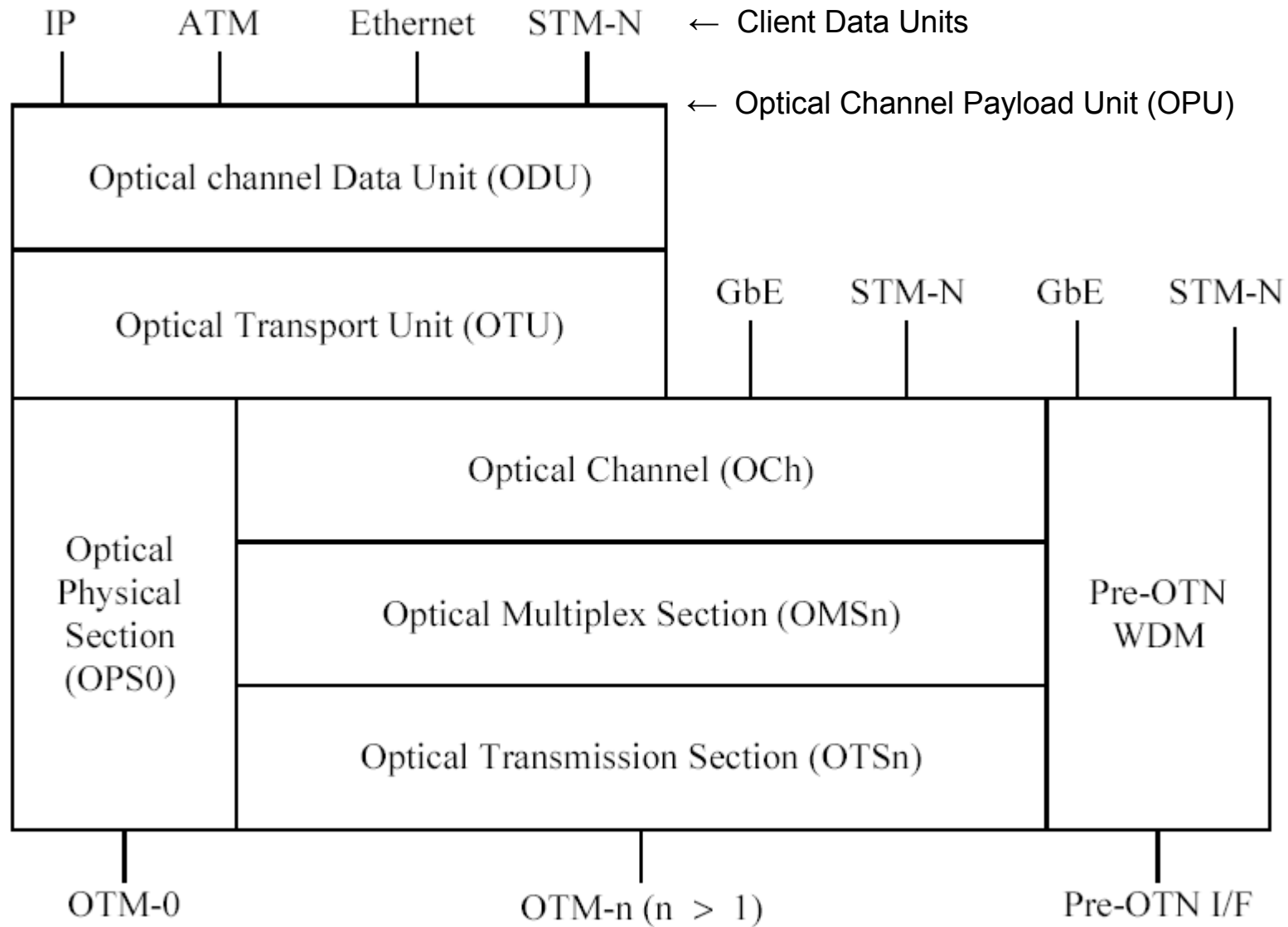
---

## Optical Transport Network (Optikai szállító hálózat):

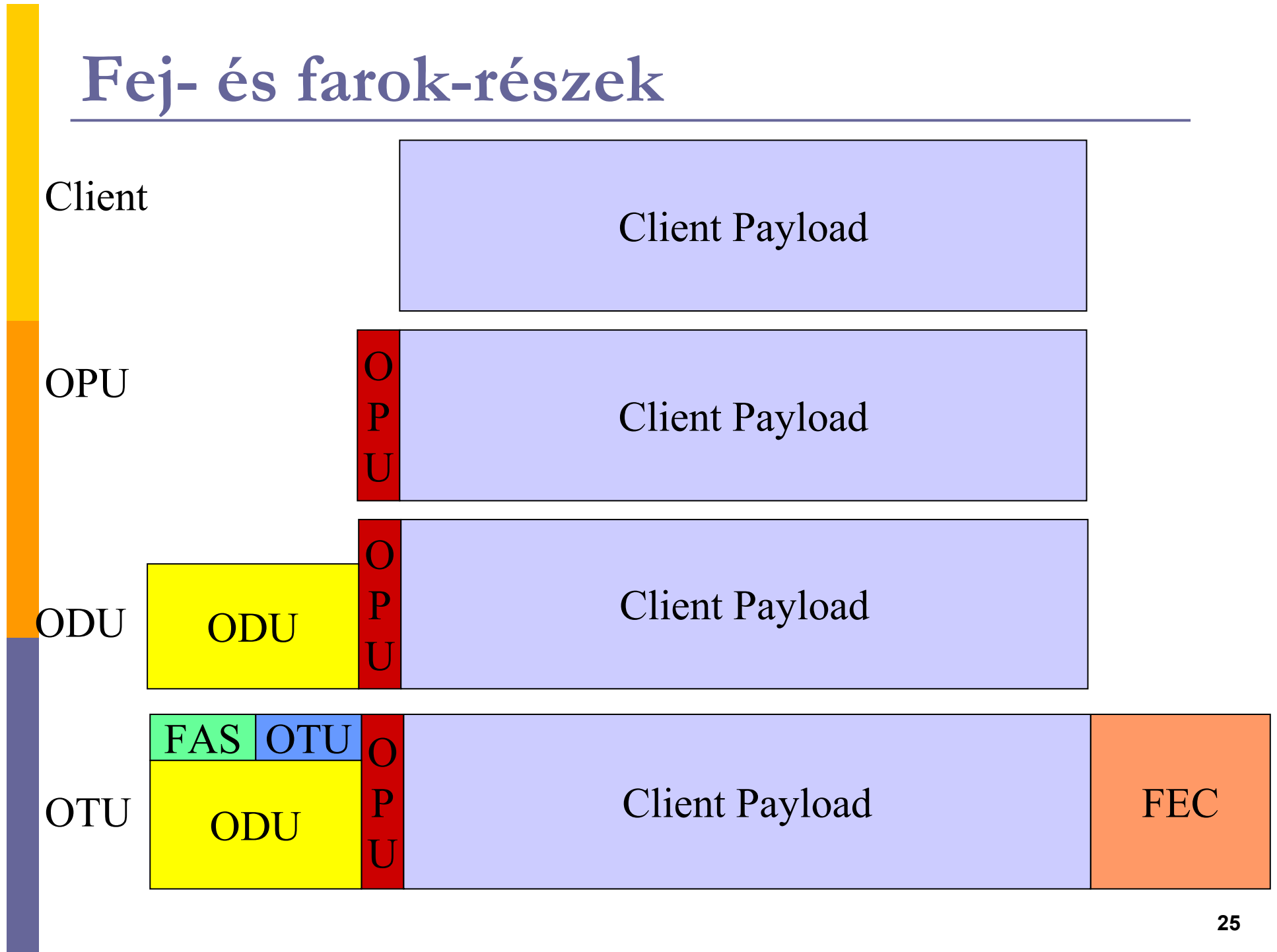
- **OTS: Optical Transmission Section (Átviteli szakasz)**
- **OMS: Optical Multiplex Section (Nyaláboló szakasz)**
- **OCh: Optical (Lambda) Channel (Optikai (hullámhossz) csatorna)**



# Az OTN és WDM viszonya



# Fej- és farok-részek



# Az OCh keret

**OTU:** Optical Channel Transport Unit (Optikai csatorna szállító egysége)

**FAS:** Frame Alignment Signal (+MFAS) (keretszinkronszó)

OTU-OH: Supervision: 16 bit GCCO (General Communication Channel, pl. mngmnt vagy GMPLS jelzés)

**FEC:** Forward Error Correction (OTU FEC)

**ODU:** Optical Channel Data Unit OH (Optikai csatorna adat egysége)

Protection

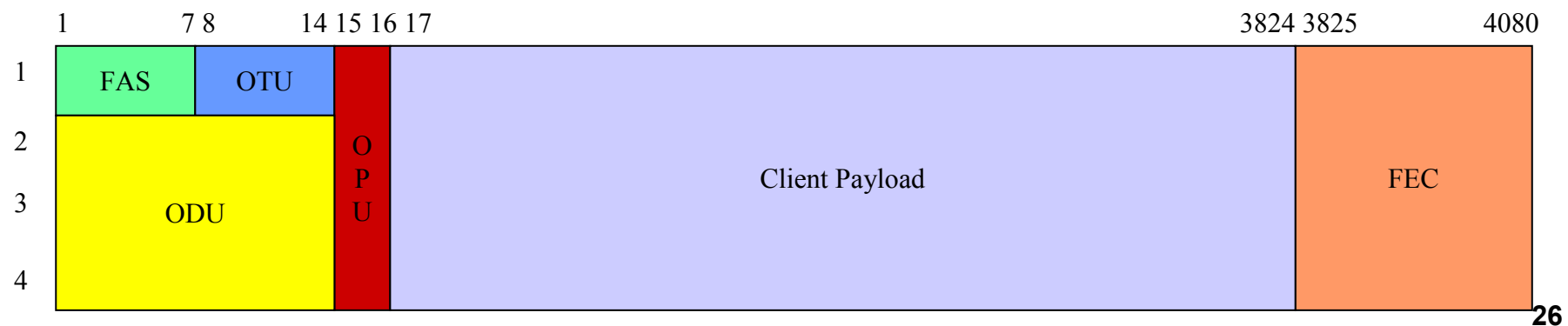
End-to-end path supervision (at ODU level) (GCC1, GCC2)

Tandem connection monitoring

**OPU:** Optical Channel Payload Unit OH (Optikai csatorna hasznos rakománya)

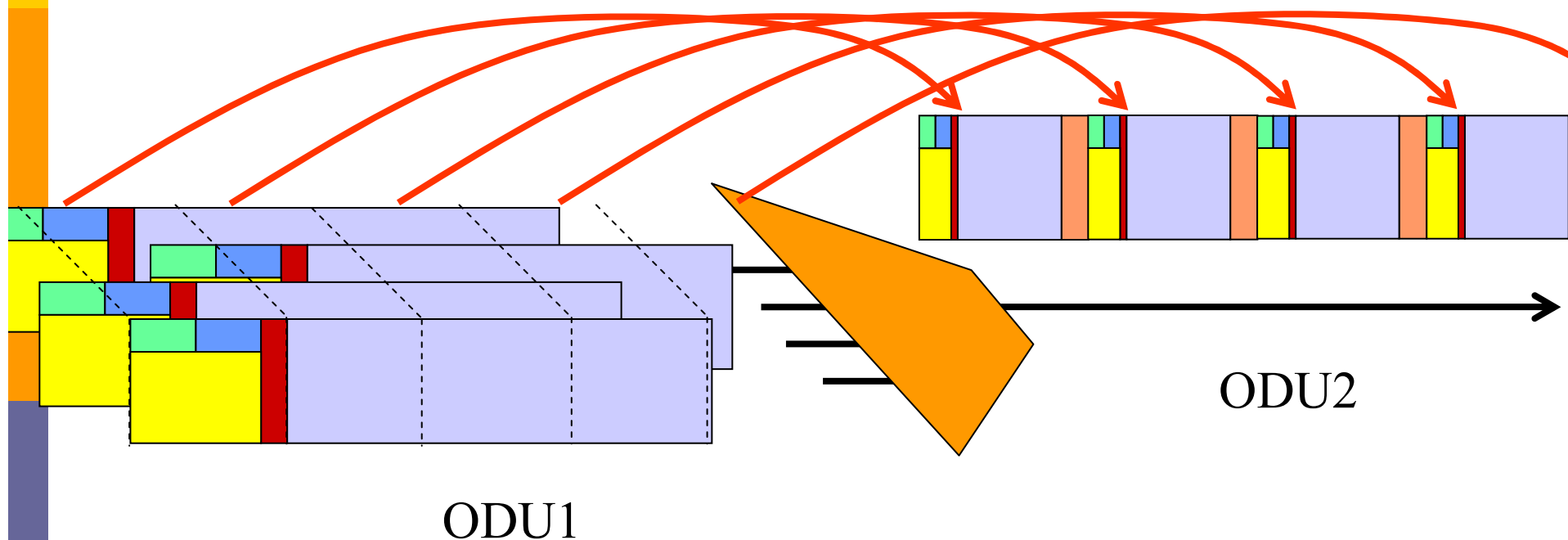
PT: Payload Type, pl: SDH, ATM, GFP

vcPT: virtual concatenation PT





# 4 ODU1 jel nyalábolása egy ODU2-be



**Hierarchiaszinttől függetlenül minden OTU keret 4x4080 oktettből áll!  
A hierarchiában felfelé → időben rövidülnek!**

# Nyalábolási struktúra

**OTH: Optical Transport Hierarchy (optikai szállító hierarchia)**

**OTM: Optical Transport Module (optikai szállító egység (modul))**

**OTM-n.m:**

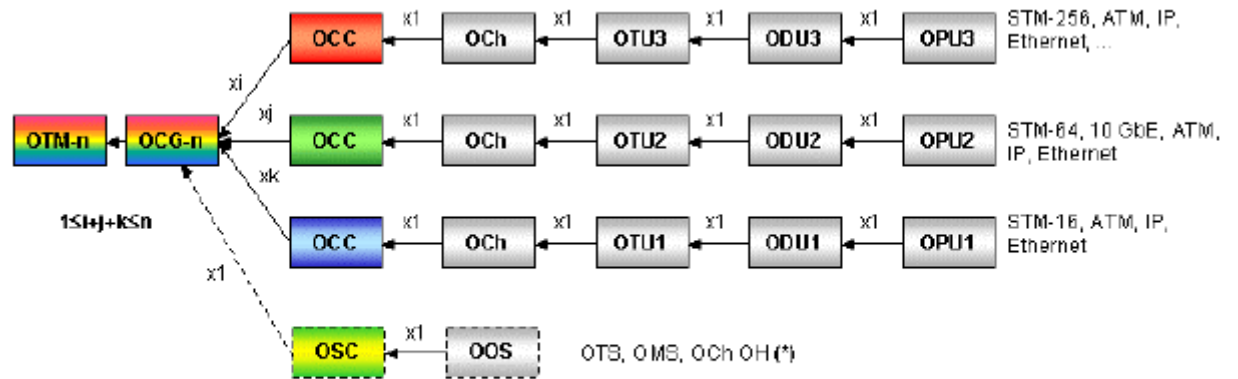
**n:**  $\lambda$ -k száma

**m:** csatornák bitsebessége: (1) 2.5 Gbit/s; (2) 10 Gbit/s; (3) 40 Gbit/s; vagy a fentiek kombinációi

**+ OH (non-associated)**

**OTM-5.12:**

**$5\lambda$ , 2.5 vagy 10 Gbit/s**



(\*) OSC is supported only by OTM-n with full functionality

**OSC: Optical Supervisory Channel**  
**OOS: OTM Overhead Signal**

# Példák

- SDH, GFP közvetlenül OTN keretbe
- 1 STM-16 keret → 2.55 OTU-1 keret  
 $16 \times 270 \times 9 \text{ byte bruttó} / 3809 \times 4 \text{ byte nettó} = 2.55$
- 1 STM-64 keret → 10.2 OTU-2 keret  
 $64 \times 270 \times 9 \text{ byte bruttó} / 3809 \times 4 \text{ byte nettó} = 10.2$

(Virtual Concatenation: pl: egy ODU2-4v szállíthat egy STM-256-ot)

G.709 Interface	Line Rate	Corresponding SONET/SDH Rate	Line Rate
OTU-1	2.666 Gbps	OC-48/STM-16	2.488 Gbps
OTU-2	10.709 Gbps	OC-192/STM-64	9.953 Gbps
OTU-3	43.018 Gbps	OC-768/STM-256	39.813 Gbps

Több mint 4x

+7%  
Redundancia: FEC

Pont 4x

# Bitsebességek és a keretidők

Keretezés szint	OPU [Gbit/s]	ODU [Gbit/s]	OTU [Gbit/s]	Time [ $\mu$ s]
<b>1</b>	2.488320	239/238 * 2.488320	255/238 * 2.488320	48.971
<b>2</b>	238/237 * 9.953280	239/237 * 9.953280	255/237 * 9.953280	12.191
<b>3</b>	238/236 * 39.813120	239/236 * 39.813120	255/236 * 39.813120	3.035

Több mint 4x

Valamennyi esetben  $\pm 20$ ppm a tűrés

# FEC

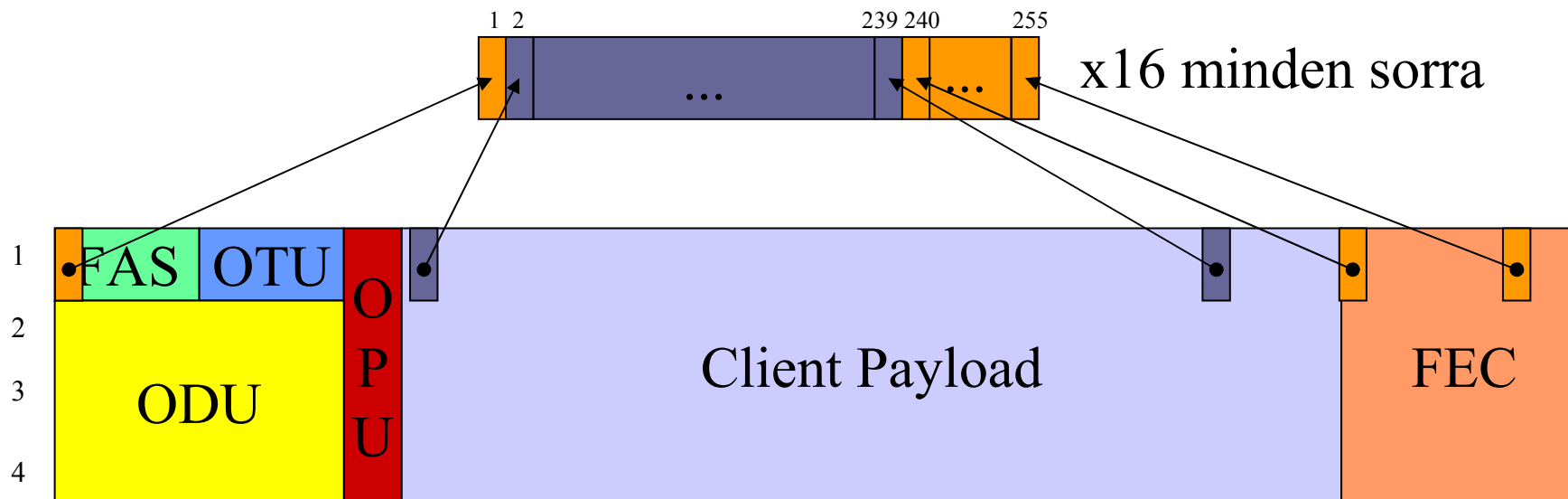


## RS (255,239) Reed Solomon kód, mert

- Egyszerű
- Jelentős hibajavító képesség
- Blokkhibára is jó (max 8 byte)

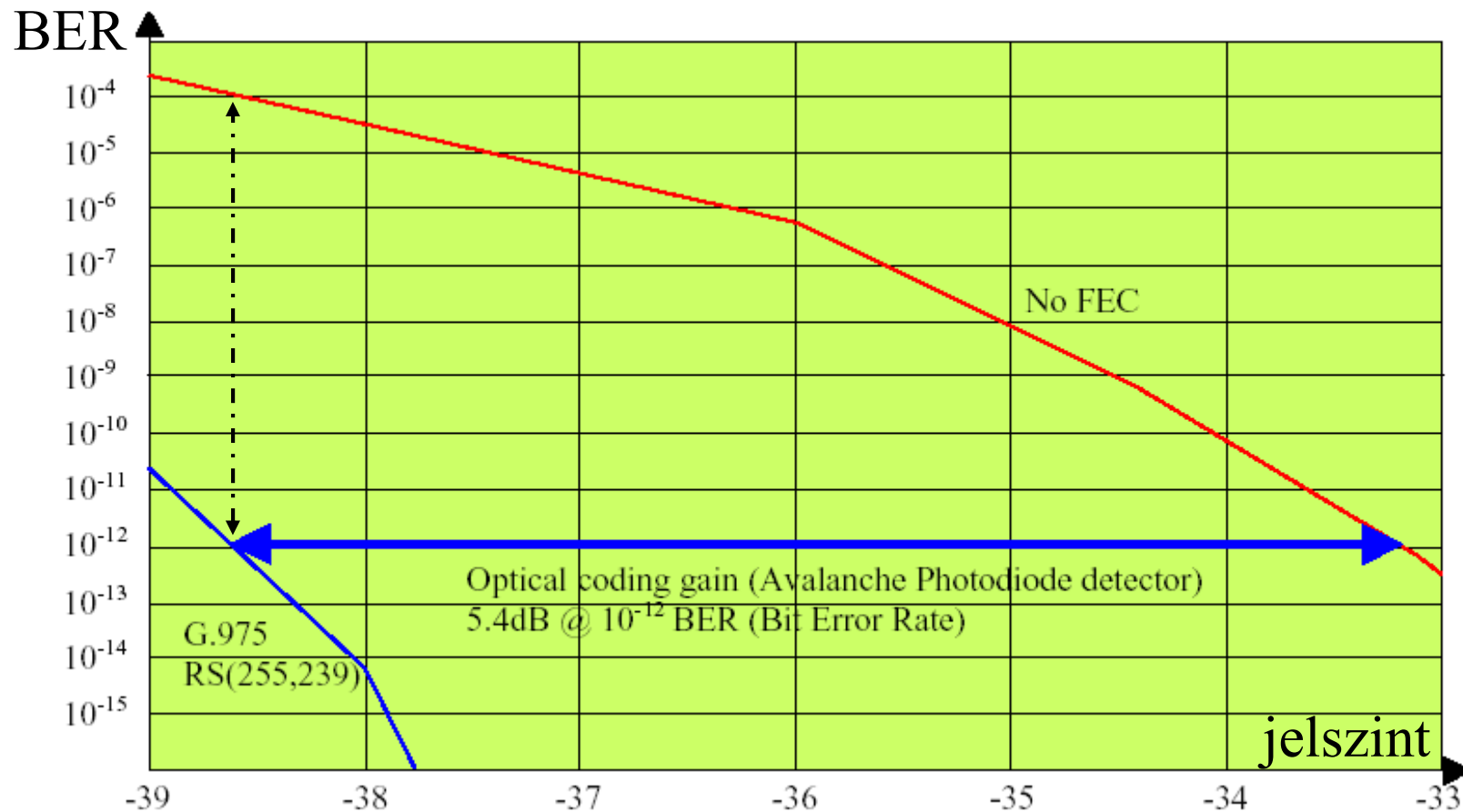
## 16 blokk fésűszerűen

- Blokkonként kisebb a kódolási sebesség mint a vonali bitsebesség
- Kevésbé érzékeny blokkhibára (16x8=128 folytonos byte-hibára is véd)



# A FEC nyeresége (1)

## A BER függése a jelszinttől FEC-el és nélküle



Forrás: Guylain Barlow, Innocor Ltd.: [A G.709 Optical Transport Network Tutorial](#)



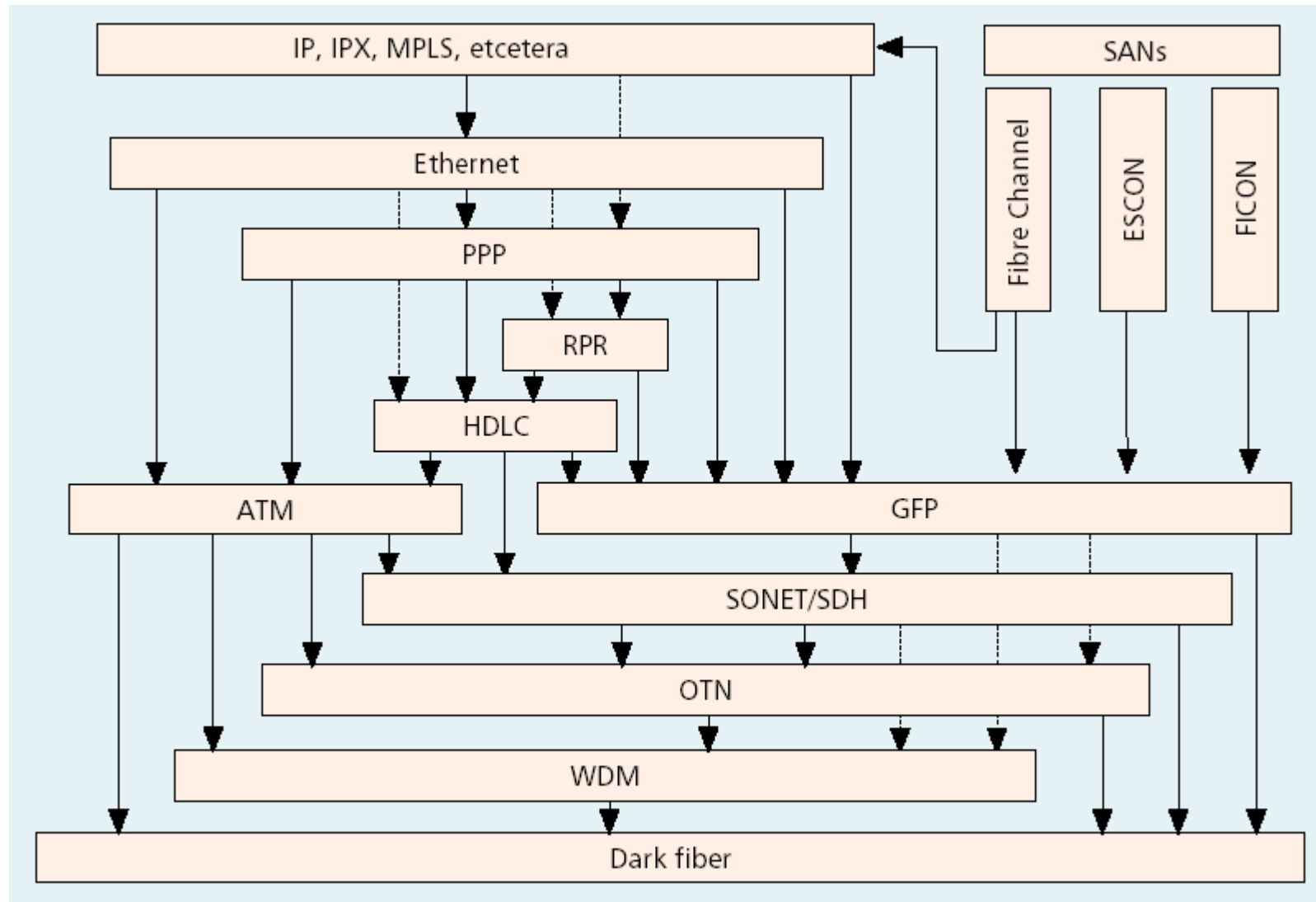
# Miért használjunk FEC-et?

---

## (DW, OTN, G.709)

- Teljesítmény (jelszint) nyereség: 7% FEC: 5dB vagyis
- 20 km-rel hosszabb szakaszok
- $10^{-4}$  BER helyett  $10^{-14}$  BER
- 2.5 Gbit/s-os szakasz használható 10 Gbit/s-on
- Jelminőség romlás korai észlelése
- Jobb SNR „ellenállás”
- Minden negyedik regenerátor (jelfrissítő) kihagyható
- FEC „kikapcsolható” → csupa ‘0’

# Több „réteg” → Több hálózati technika



Forrás: M. Scholten, Z. Zhu, E.H. Valencia, J. Hawkins: GFP, IEEE Communications Magazine, May 2002

# Összefoglalás

---

- SDH nem elég

**SDH +GFP+VirCat+LCAS → ngSDH**

- **(TDM+FEC) + (WDM+Mngmnt) → OTN**

**OTN + GFP+VirCat+LCAS + Ctrl →**



# Rövidítésjegyzék (OTN témakör)

□	3R	Reamplification, Reshaping and Retiming	□	OMU	Optical Multiplex Unit
□	AIS	Alarm Indication Signal	□	ONNI	Optical Network Node Interface
□	APS	Automatic Protection Switching	□	OOS	OTM Overhead Signal
□	BIP	Bit Interleaved Parity	□	OPS	Optical Physical Section
□	CBR	Constant Bit Rate	□	OPU	Optical Channel Payload Unit
□	CRC	Cyclic Redundancy Check	□	OPUk	Optical Channel Payload Unit-k
□	FAS	Frame Alignment Signal	□	OPUk-Xv	X virtually concatenated OPUk's
□	FEC	Forward Error Correction	□	OSC	Optical Supervisory Channel
□	GCC	General Communication Channel	□	OTH	Optical Transport Hierarchy
□	IaDI	Intra-Domain Interface	□	OTM	Optical Transport Module
□	IrDI	Inter-Domain Interface	□	OTN	Optical Transport Network
□	LCAS	Link Capacity Adjustment Scheme	□	OTS	Optical Transmission Section
□	MFAS	MultiFrame Alignment Signal	□	OTS-OH	Optical Transmission Section Overhead
□	MFI	Multiframe Indicator	□	OTU	Optical Channel Transport Unit
□	MSI	Multiplex Structure Identifier	□	OTUk	completely standardized Optical Channel Transport Unit-k
□	naOH	non-associated overhead	□	OTUkV	functionally standardized Optical Channel Transport Unit-k
□	NNI	Network Node Interface	□	PCC	Protection Communication Channel
□	OCC	Optical Channel Carrier	□	PLD	Payload
□	OCCo	Optical Channel Carrier – overhead	□	PM	Path Monitoring
□	OCCp	Optical Channel Carrier – payload	□	PMI	Payload Missing Indication
□	OCCr	Optical Channel Carrier with reduced functionality	□	PMOH	Path Monitoring OverHead
□	OCG	Optical Carrier Group	□	ppm	parts per million
□	OCGr	Optical Carrier Group with reduced functionality	□	PT	Payload Type
□	OCh	Optical channel with full functionality	□	RS	Reed-Solomon
□	OChr	Optical channel with reduced functionality	□	SM	Section Monitoring
□	ODU	Optical Channel Data Unit	□	SMOH	Section Monitoring OverHead
□	ODUk	Optical Channel Data Unit-k	□	TC	Tandem Connection
□	ODTUjk	Optical channel Data Tributary Unit j into k	□	TCM	Tandem Connection Monitoring
□	ODTUG	Optical channel Data Tributary Unit Group	□	TCMOH	Tandem Connection Monitoring OverHead
□	ODUk-Xv	X virtually concatenated ODUk's	□	UNI	User-to-Network Interface
□	OH	Overhead	□	VCG	Virtual Concatenation Group
□	OMS	Optical Multiplex Section	□	VCOH	Virtual Concatenation Overhead
□	OMS-OH	Optical Multiplex Section Overhead	□	vcPT	virtual concatenated Payload Type

# A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
- 2. PSTN, ISDN hálózatok áttekintése
- 3. Kapcsolástechnika
- 4. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. VoIP
- 7. Kodekek
- 8. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 9. Jelzésátvitel
- **10. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)**
  - **10.1 PDH** (Pleziokron Digitális Hierarchia)
  - **10.2 SDH** (Szinkron Digitális Hierarchia)
  - **10.3 ngSDH** (next generation SDH)
  - **10.4 OTN** (Optical Transport Network)
  - **10.5 Kapcsolt Optikai Hálózatok**
- 11. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)
- 12. Hálózati szolgáltatások (Henk Tamás)

*Múlt óra!*

*Ma!*



# 10.5. Kapcsolt optikai hálózatok

---

- Motiváció
- 3 generáció
- Nyalabolás
- Heterogén
- Fejlődés:

**SDH→ATM→MPLS→ngSDH→OTN→ASON/MPλS→ASTN/GMPLS→OBS/OPS**





# Motiváció

---

- Optikai átvitel előnyei:
  - Nagy sáv szélesség
  - Kis csillapítás
  - Kevés jeltorzítás (részben kompenzálható)
  - Zavarérzéketlen (EM, áthallás, környezet hatásai)
  - Olcsó (Cu  $\rightarrow$  SiO<sub>2</sub>)
  - Fémmentes (nem vezet áramot)
  - Kis átmérőjű, kis tömegű
  - Stb.

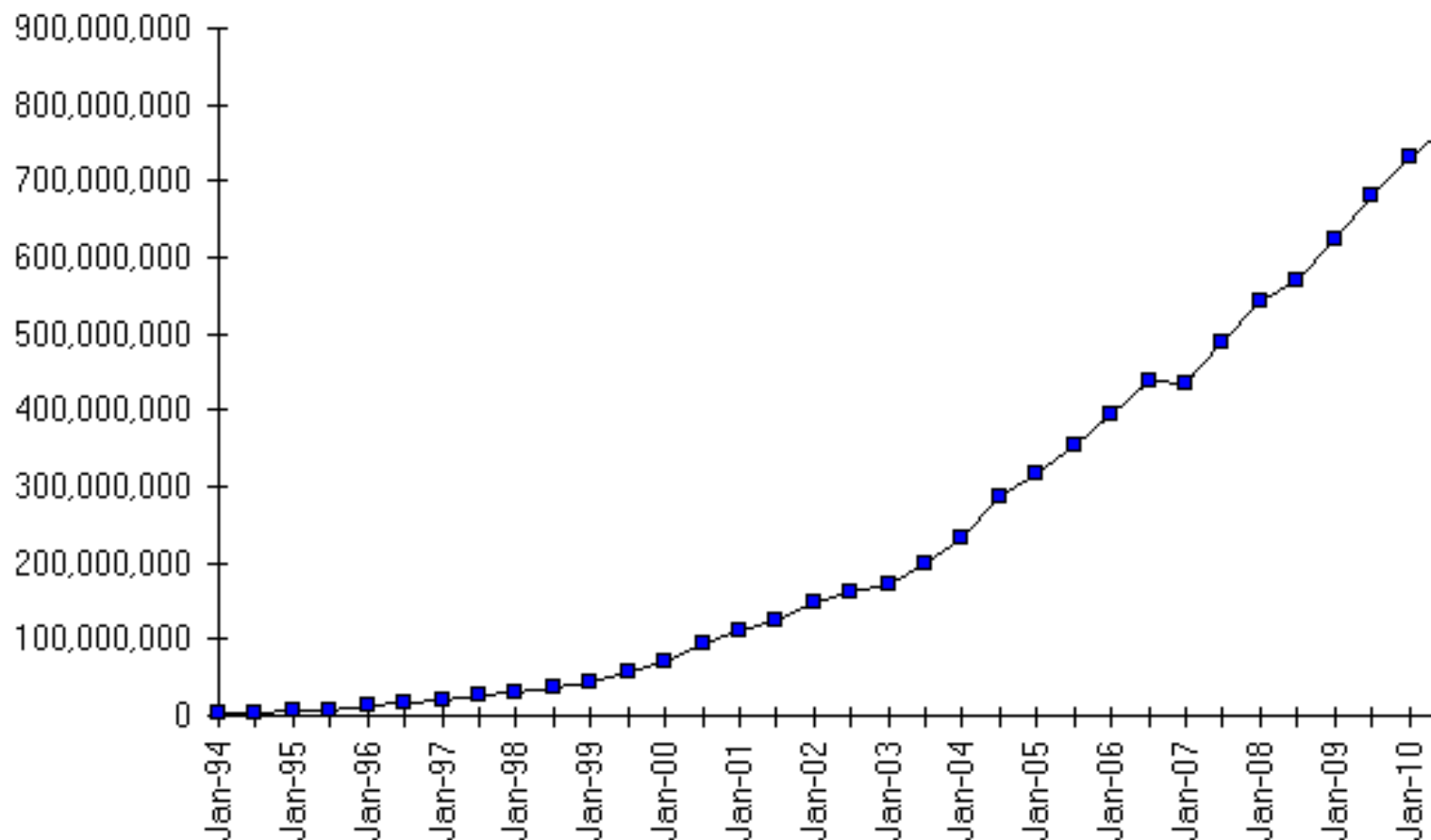
**Számítógép hálózatok 4. előadásán volt optikai átvitel és a 6. előadás vége optikai kapcsolásról szólt!**

\* [www.isc.org](http://www.isc.org)

„...counts the number of IP addresses that have been assigned a name”

## Hálózatba kötött munkállomások száma

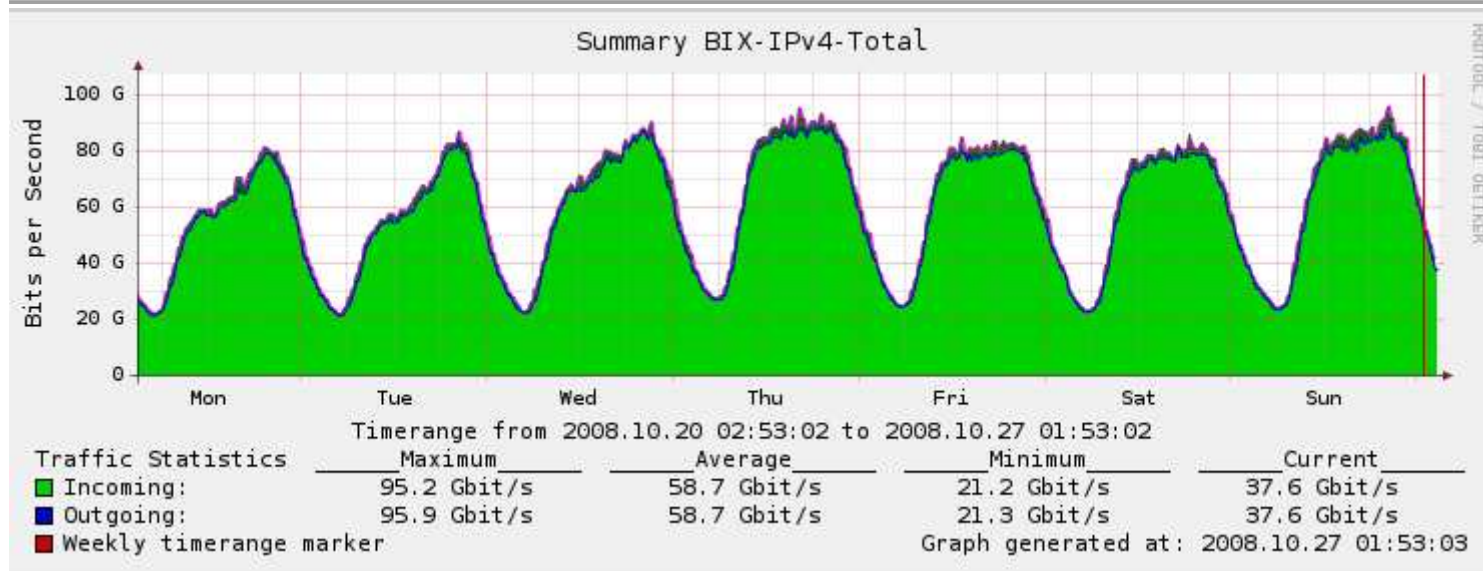
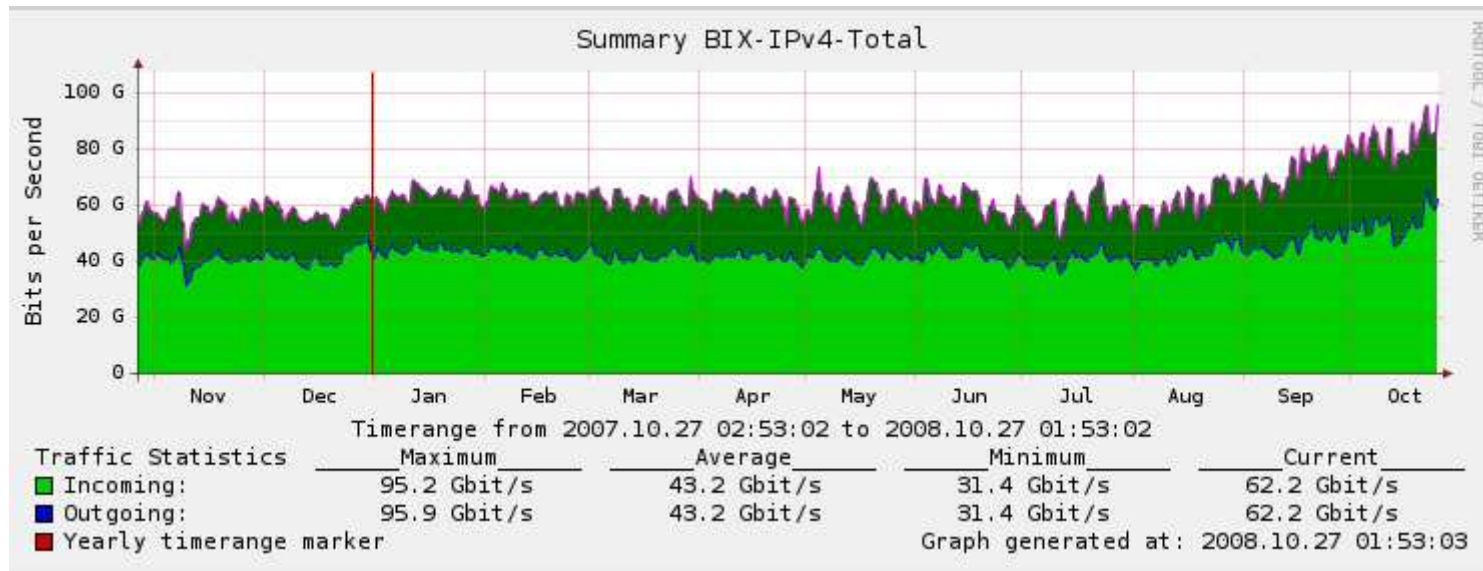
Internet Domain Survey Host Count



Source: Internet Systems Consortium ([www.isc.org](http://www.isc.org))

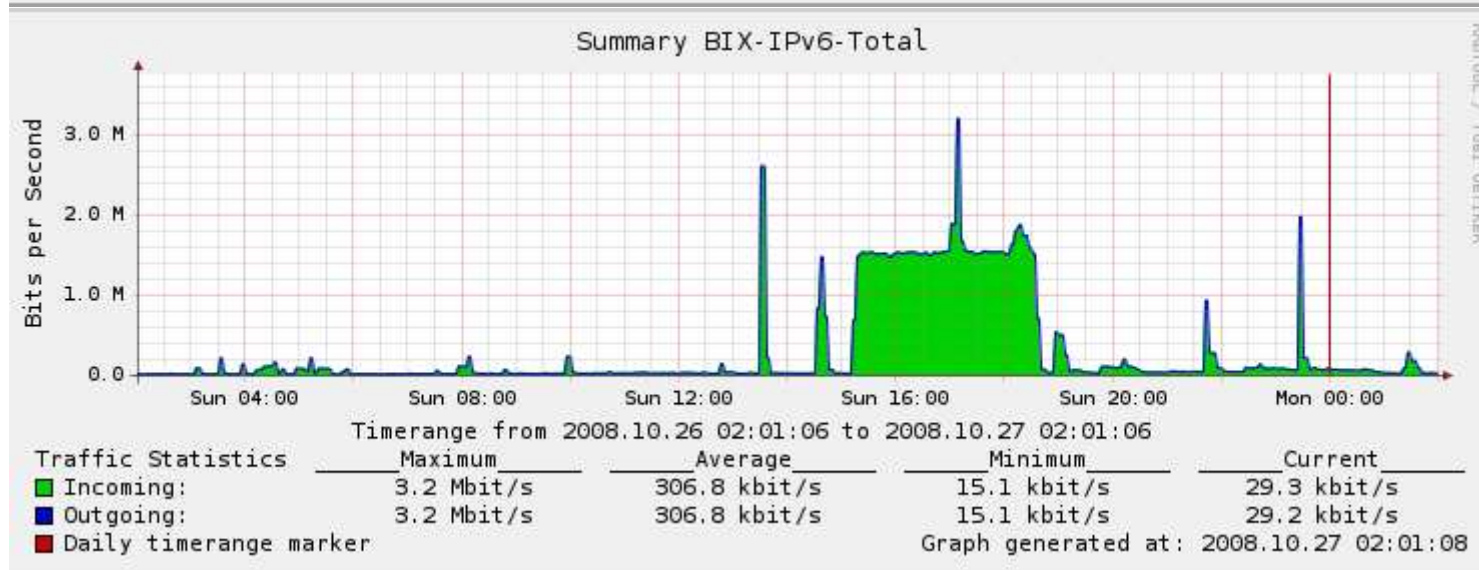
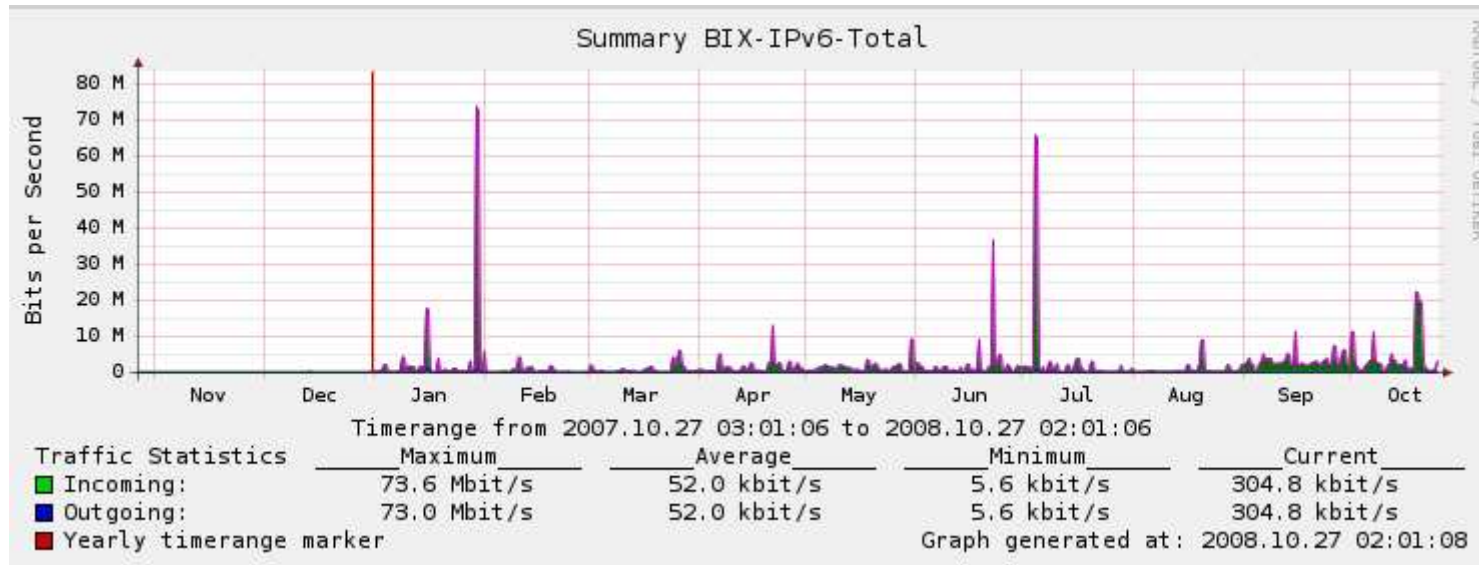
# \* www.bix.hu: IPv4

Yearly Graph (1 day averages)  
 Weekly Graph (30 minute averages)  
 Forrás: <http://www.bix.hu/>



# \* www.bix.hu: IPv6

Yearly Graph (1 day averages)  
 Daily Graph (5 minute averages)  
 Forrás: <http://www.bix.hu/>





# Sávszélességéhes alkalmazások

- Peer-to-Peer (BitTorrent, és tömérdek más...)
- GRIDs
- SAN, oSAN (adattár)
- Audio and Video Broadcast (műsorszétoosztás/szórás)
- VoD (video) (youtube.com), HDTV, 3DTV
- VoIP (beszéd) (skype, stb.)
- Telemedicine (Távorvoslás)
- Distant Learning (Távoktatás)
- Video Conferencing (Videokonferencia)
- Stb.



# 3 Generáció

---

- 1. G: Csak az átviteli szakaszok optikaiak
  - PDH, SDH, ATM, MPLS, ngSDH
- 2. G: Teljes átviteli utak optikaiak
  - OTN, ASON
- 3. G: Már a vezérlés is optikai
  - OBS, OPS



# Optikai nyalábolási technikák

---

- Térosztásos (OSDM)
  - Független fényszál
- Hullámhosszosztásos (WDM (CWDM és DWDM))
  - Különböző hullámhosszon működő adó és vevő párok
- Időosztásos (OTDM)
  - Nagyobb szinkron időrések, esetleg aszinkron csomagok
- Kódosztásos (OCDM)
  - Osztott közeg többszörös hozzáférése
  - Pl. Passzív optikai csillag

# Optikai hálózatok fejlődési mérföldkövei

Statikus szolgáltatott (Provisioned) vagy dinamikusan kapcsolt (Switched)?

