

# Távközlő hálózatok és szolgáltatások

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

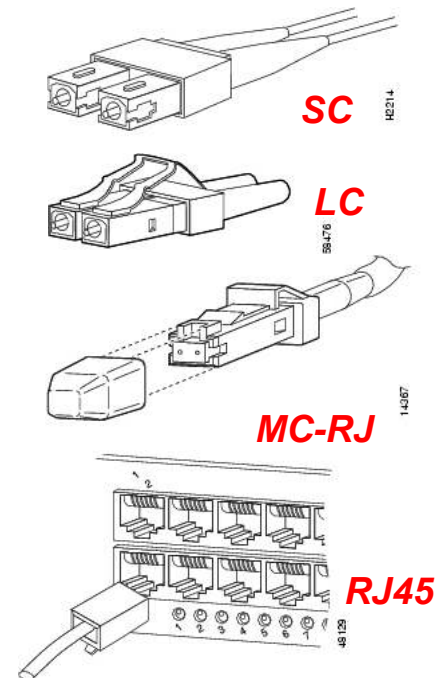
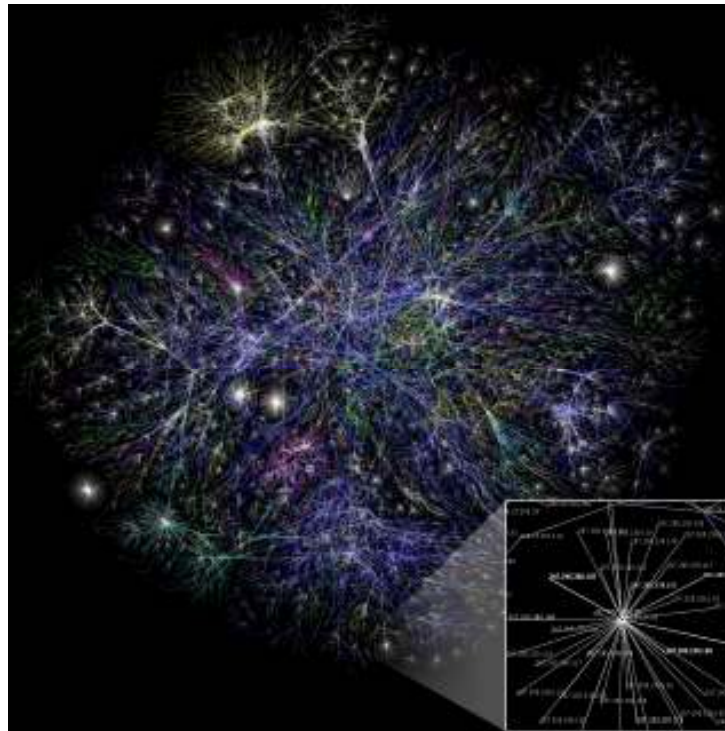
*Cinkler Tibor*

*BME TMIT*

*2012. november 28.*

*Szerda 12:15-14:00*

*Q.II*



# A tárgy felépítése



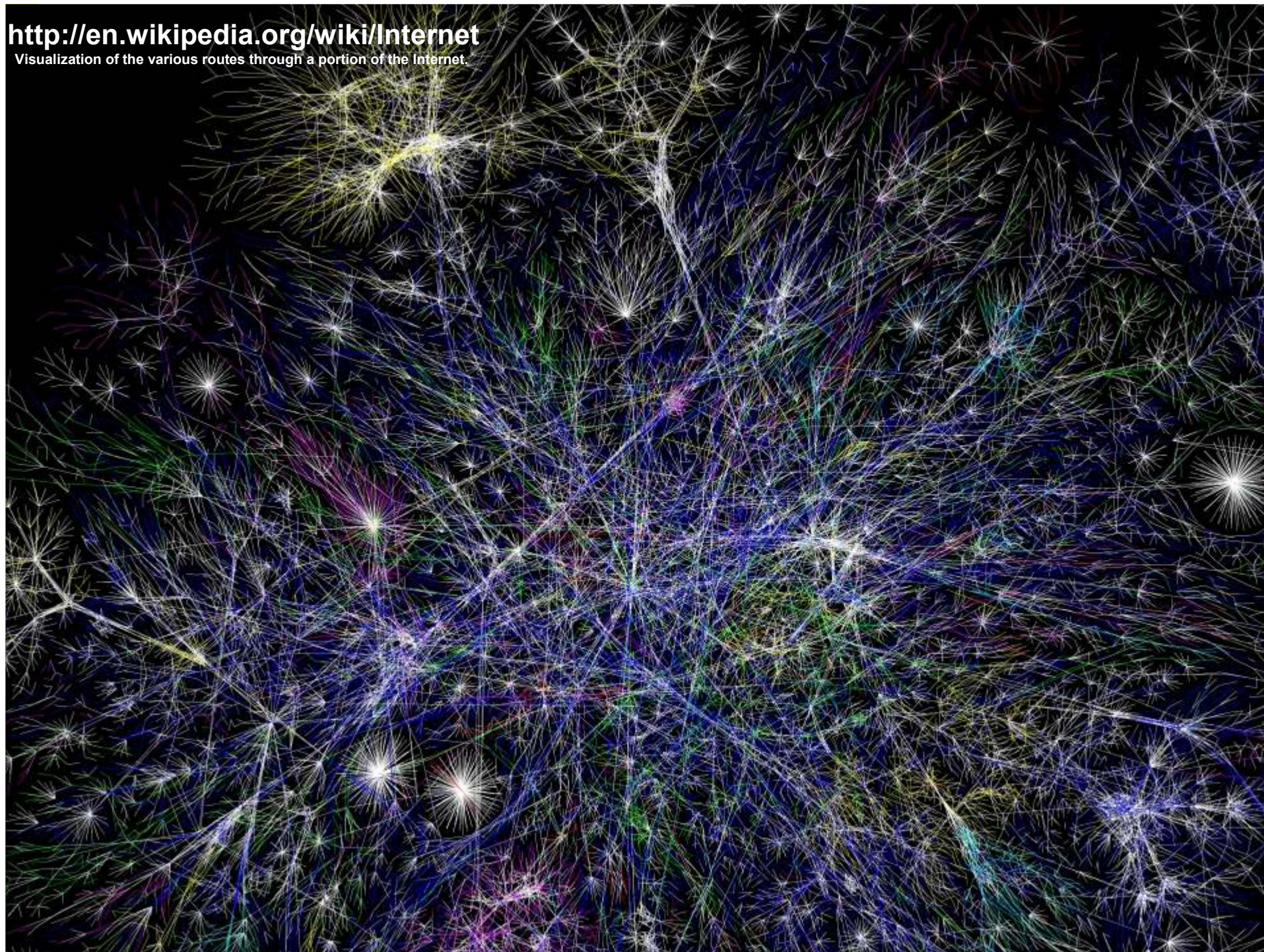
- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Jelátviteli követelmények, kodekek
- 7. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 8. Jelzésátvitel
- 9. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
  - 9.1 PDH (Pleziokron Digitális Hierarchia)
  - 9.2 SDH (Szinkron Digitális Hierarchia)
  - **9.3 ngSDH (next generation SDH)**
  - 9.4 OTN (Optical Transport Network)
  - 9.5 Kapcsolt optikai hálózatok (ASON, ASTN, GMPLS, OBS/OPS)
- 10. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)



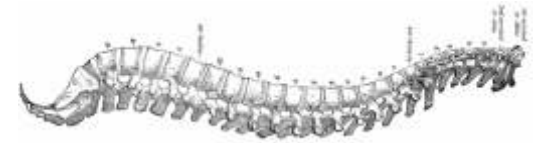
GYAKORLAT

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

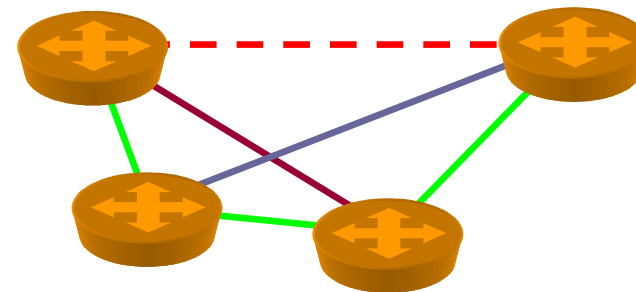
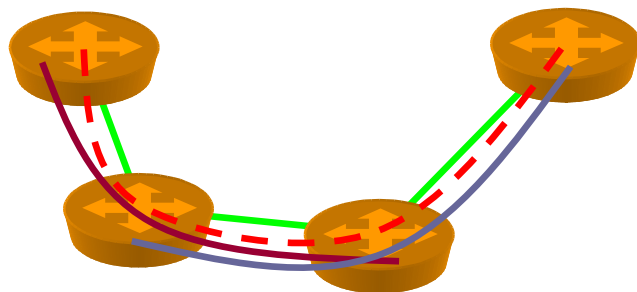
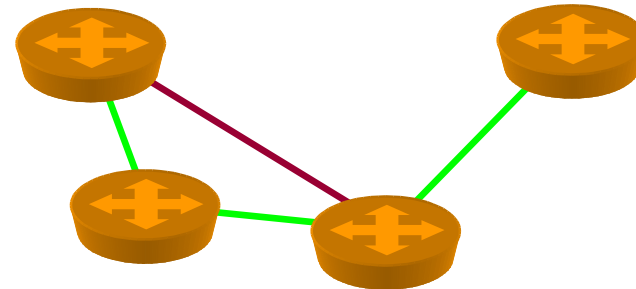
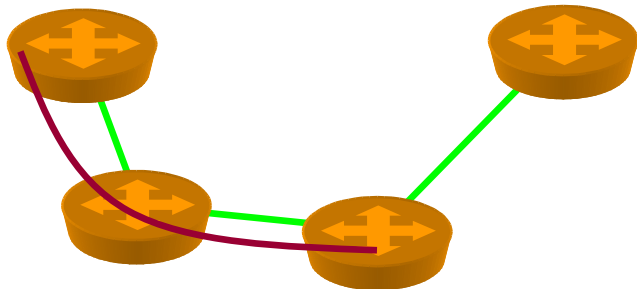
Visualization of the various routes through a portion of the Internet.



# IP hálózathoz távközlő gerinc



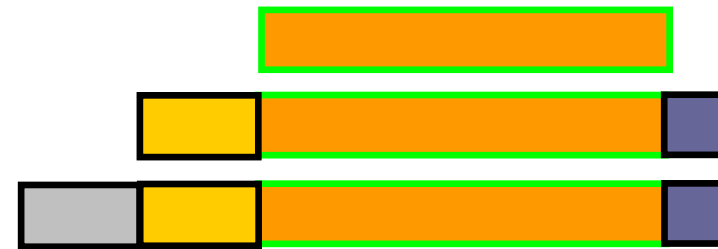
- Nagyobb távra „elviszi” a jelet (ISP-n belül és köztük)
- Sűrűbb topológia → kevesebb ugrás
- Megbízhatóbb, és ha meghibásodik van védelem
- Bevált management rendszer



# 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...**



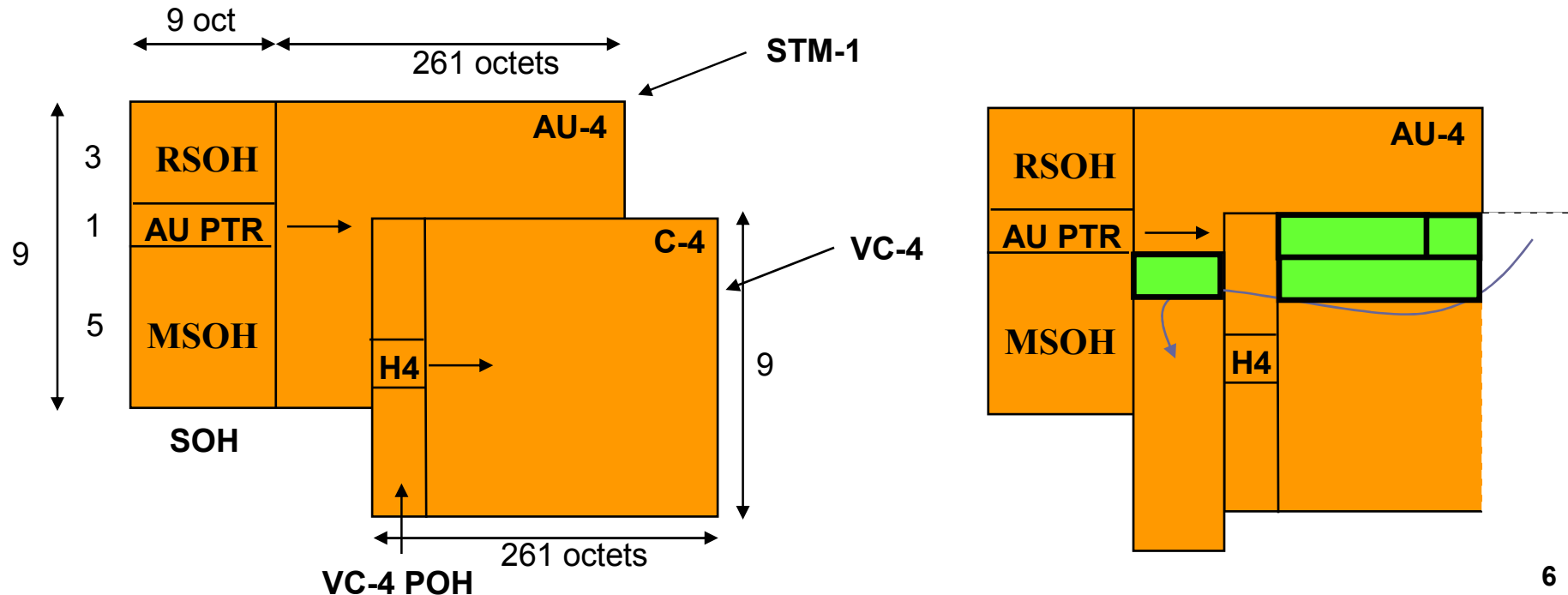
*POS: Packet over SONET/SDH → PPP over SONET/SDH ([RFC2615](#))*

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

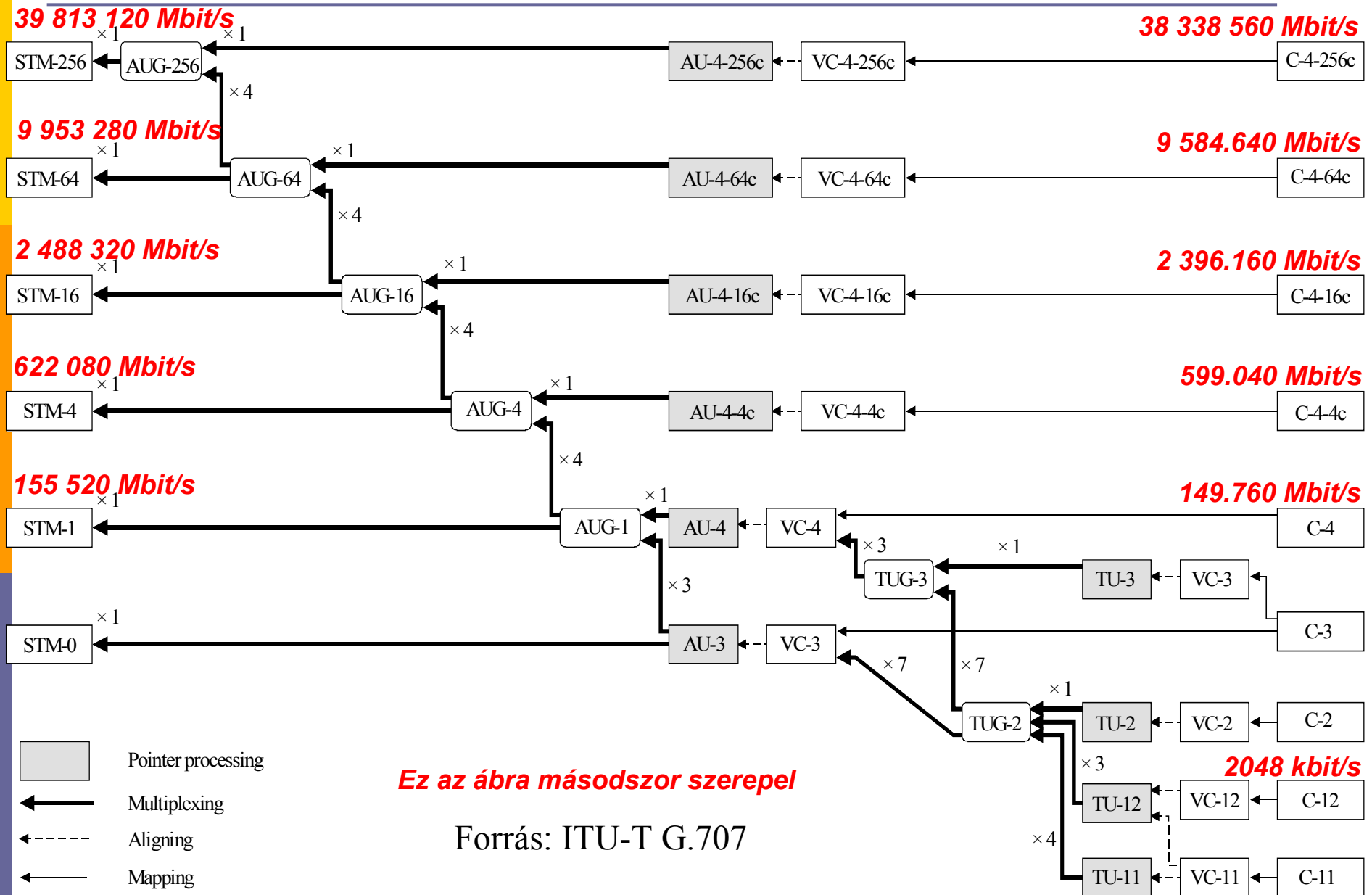
*MAPOS: Multiaccess Protocol over SONET/SDH ([RFC2171](#), [RFC2176](#))*

# 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 nyalábolás (multiplexelés) hiánya



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



## 9.3. 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

## GFP: Generic Framing Procedure

(Általános keretezési eljárás)

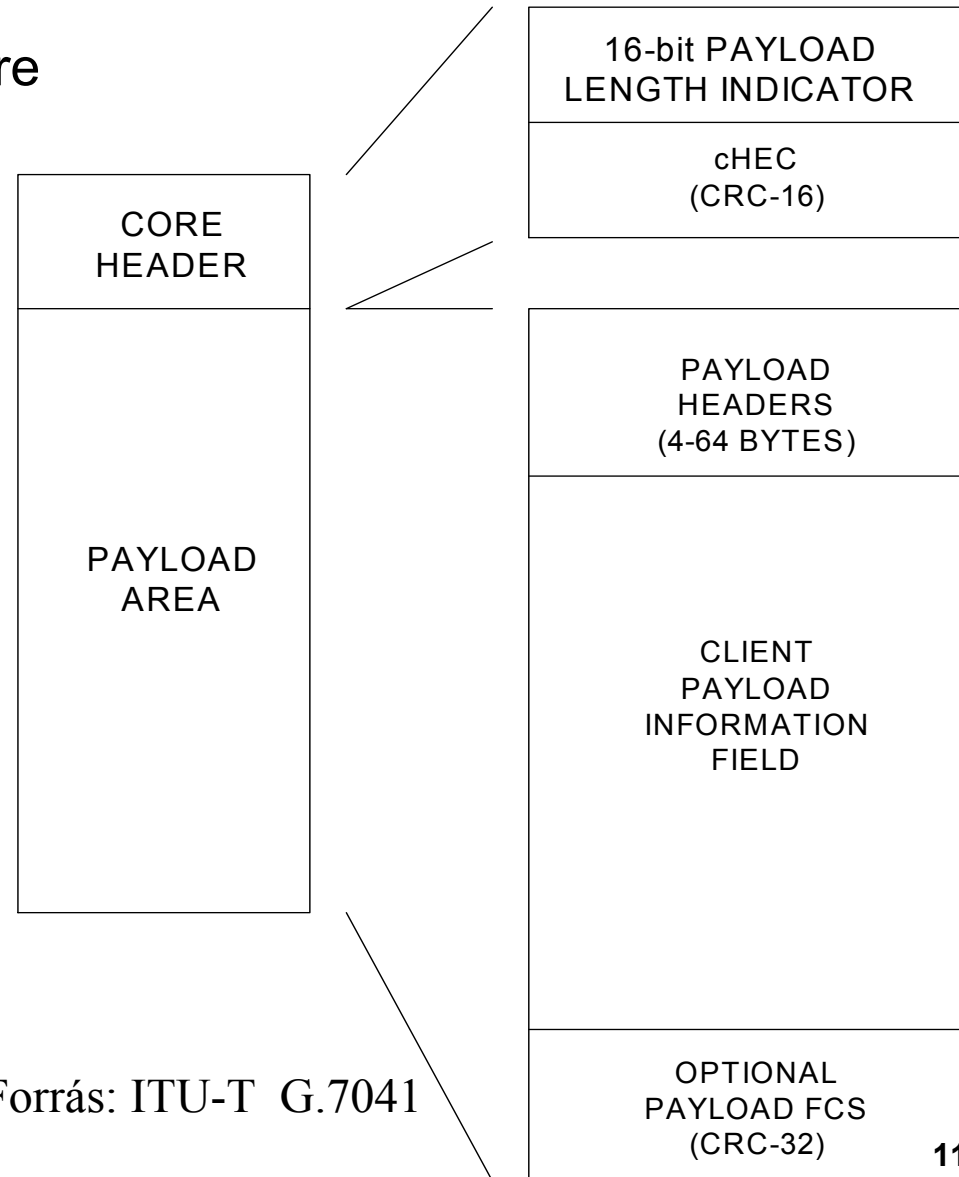
- Core Header (scrambled)
- Payload („rakomány”)
- CRC
- Oktett szinkron

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

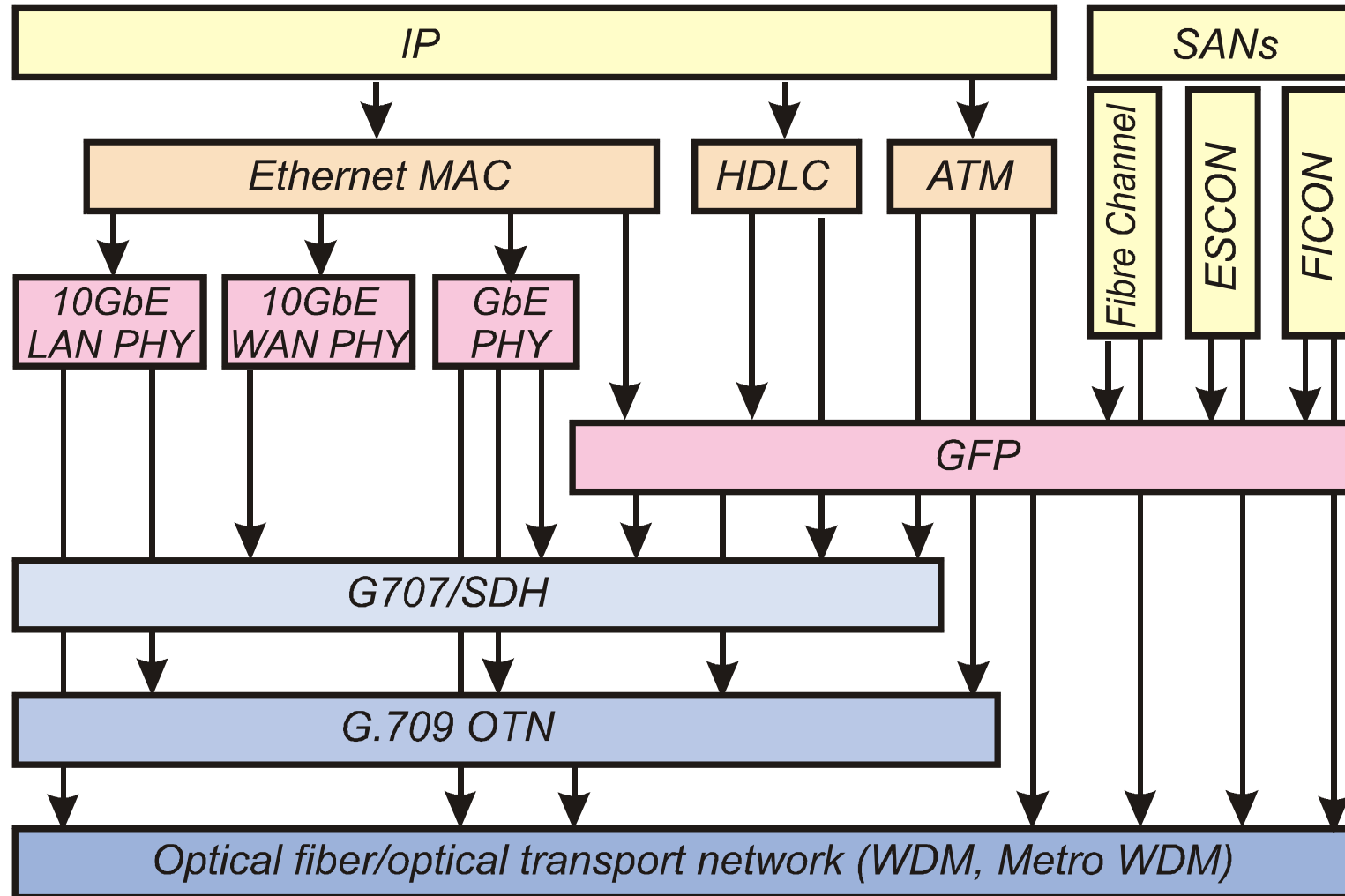
# GFP: Generic: Általános?

---

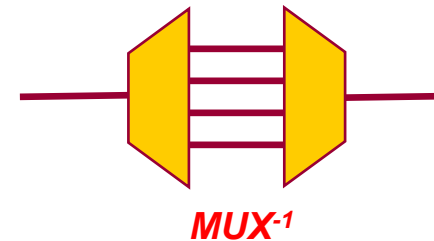
## Generic?

- **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



- Vcat: Virtual Concatenation
- 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=1-63), 2.176 Mbps – 137.088 Mbp

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

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

**x4**

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

## LCAS: Link Capacity Adjustment Scheme (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



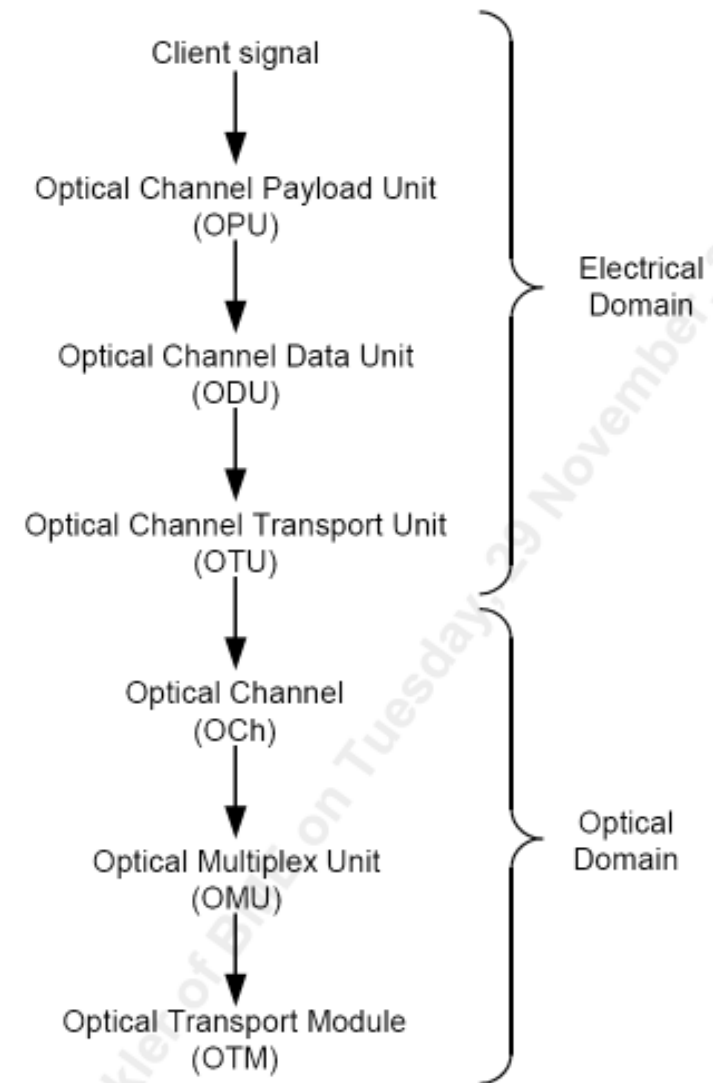
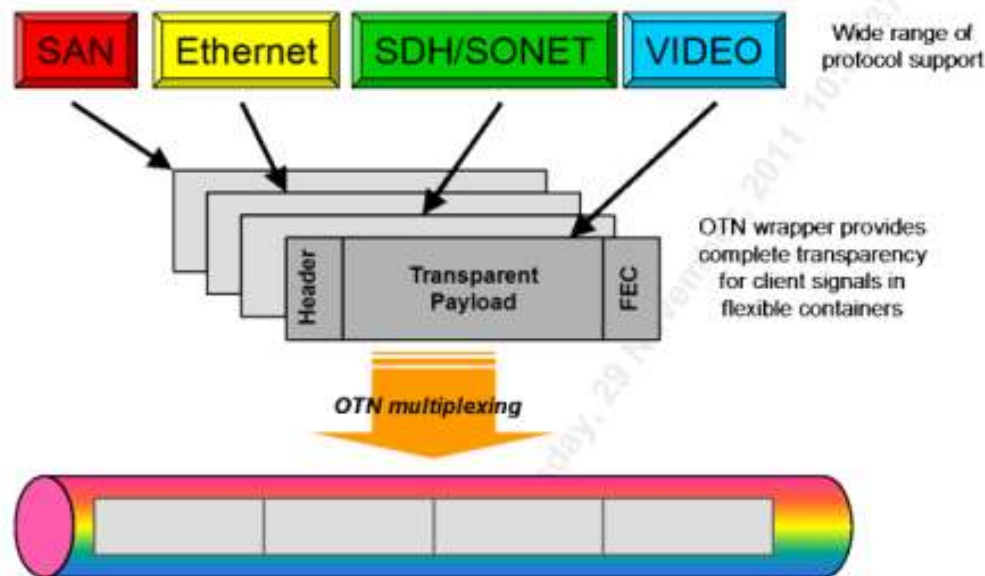
- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Jelátviteli követelmények, kodekek
- 7. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 8. Jelzésátvitel
- 9. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
  - 9.1 PDH (Pleziokron Digitális Hierarchia)
  - 9.2 SDH (Szinkron Digitális Hierarchia)
  - 9.3 ngSDH (next generation SDH)
  - **9.4 OTN (Optical Transport Network)**
  - 9.5 Kapcsolt optikai hálózatok (ASON, ASTN, GMPLS, OBS/OPS)
- 10. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)



GYAKORLAT

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

- ❑ Optical Transport Network - Digital Wrapper
- ❑ Optikai Szállítóhálózat
  - Együttes hullámhossz **ÉS** időosztásos nyalábolás!



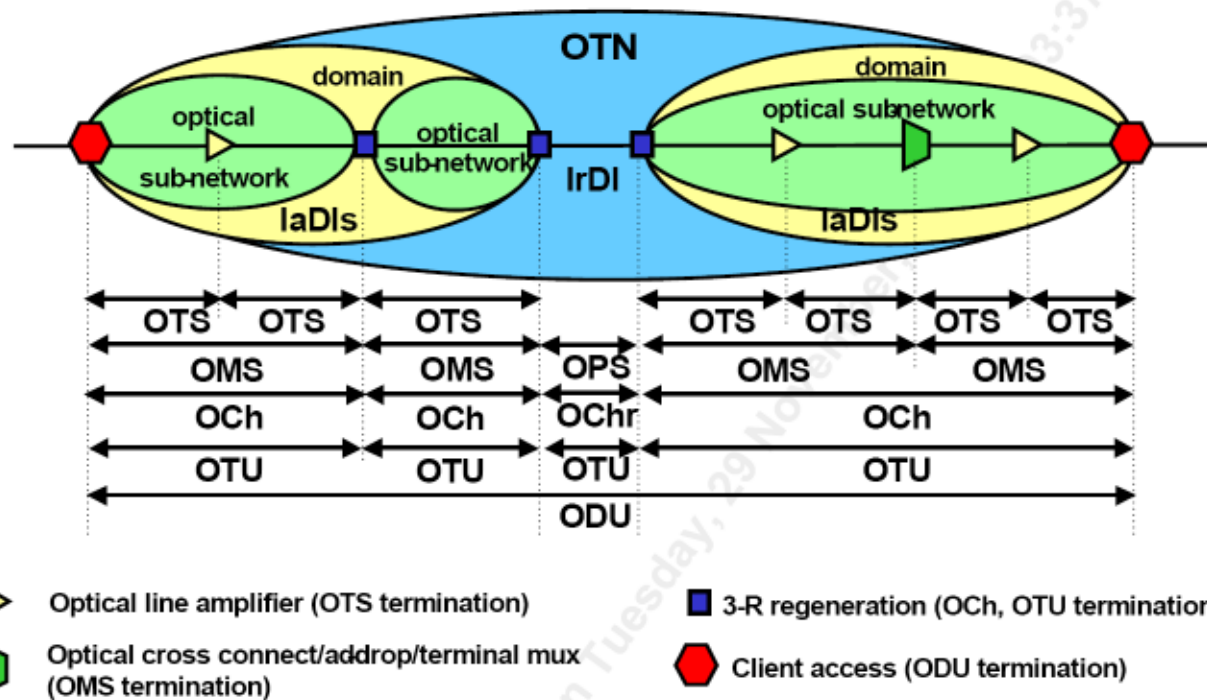
<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com15/otn/OTNtutorial.pdf>

[https://www.pmc-sierra.com/myPMC/download.html?res\\_id=101211&filename=2081250\\_otn\\_tutorial\\_101211.pdf](https://www.pmc-sierra.com/myPMC/download.html?res_id=101211&filename=2081250_otn_tutorial_101211.pdf)

# G.709 OTN

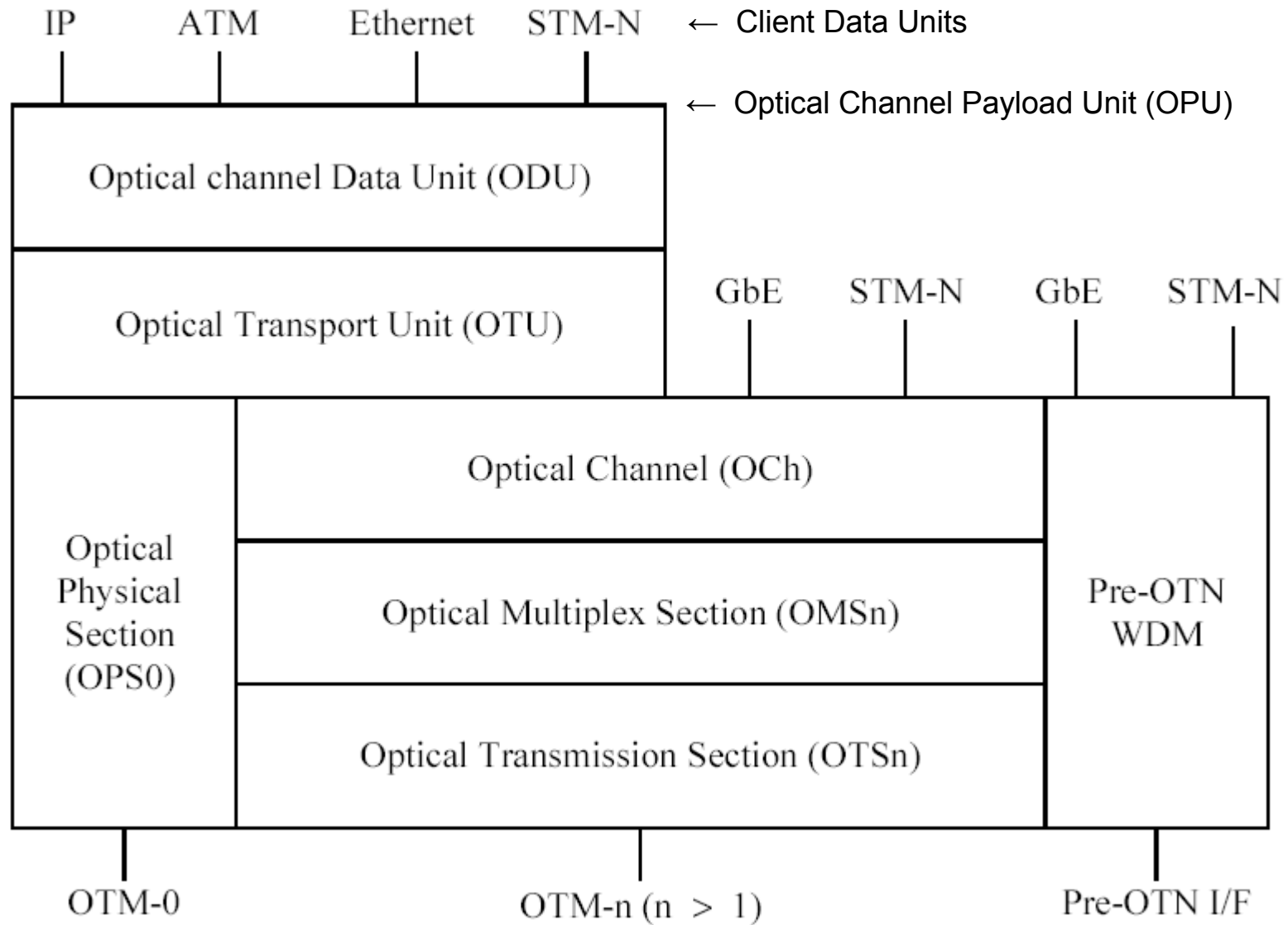
## Optical Transport Network (Optikai szállító hálózat):

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

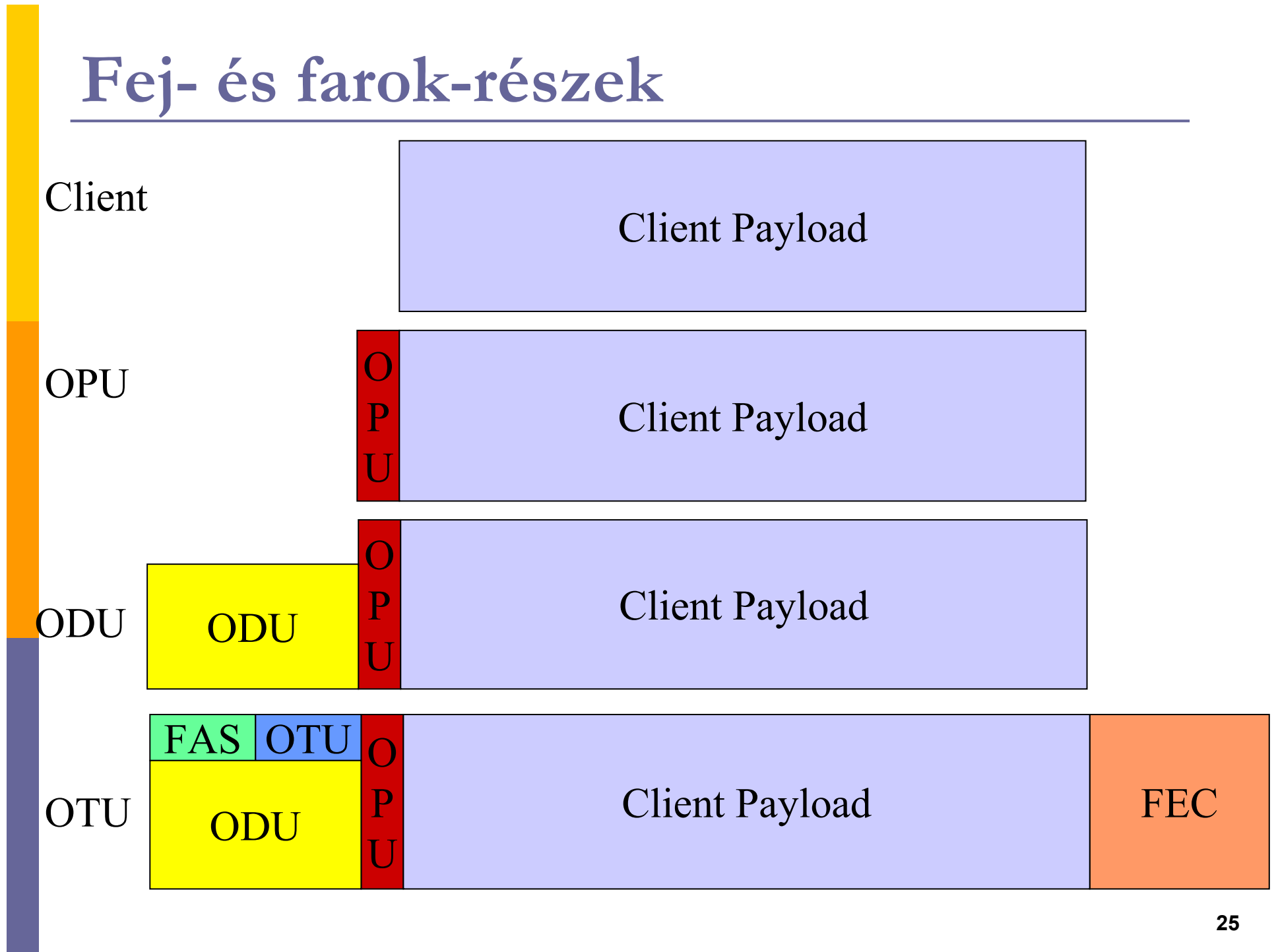


Forrás: [https://www.pmc-sierra.com/myPMC/download.html?res\\_id=101211&filename=2081250\\_otn\\_tutorial\\_101211.pdf](https://www.pmc-sierra.com/myPMC/download.html?res_id=101211&filename=2081250_otn_tutorial_101211.pdf)

# Az OTN és WDM viszonya



# Fej- és farok-részek



# Az OCh keret

---

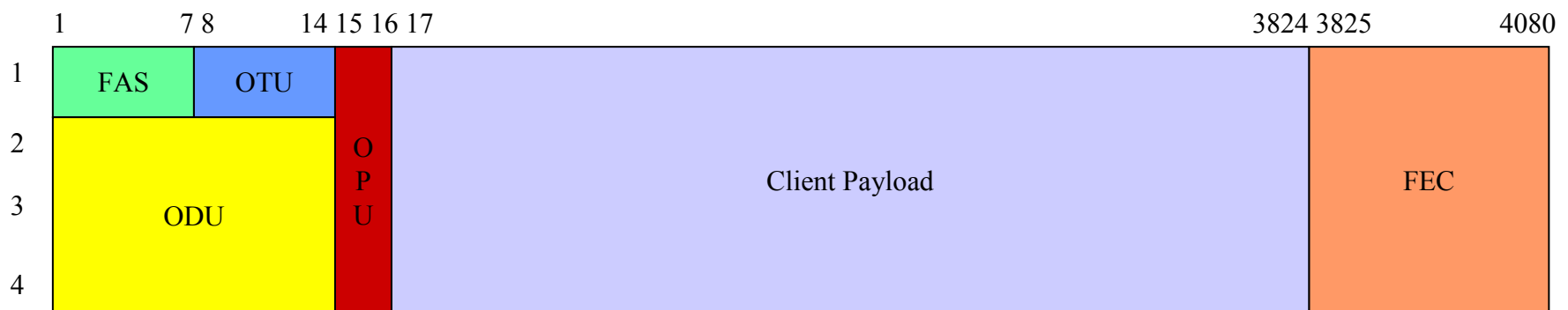
**OTU:** Optical Channel Transport Unit (Optikai csatorna szállító egysége)

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

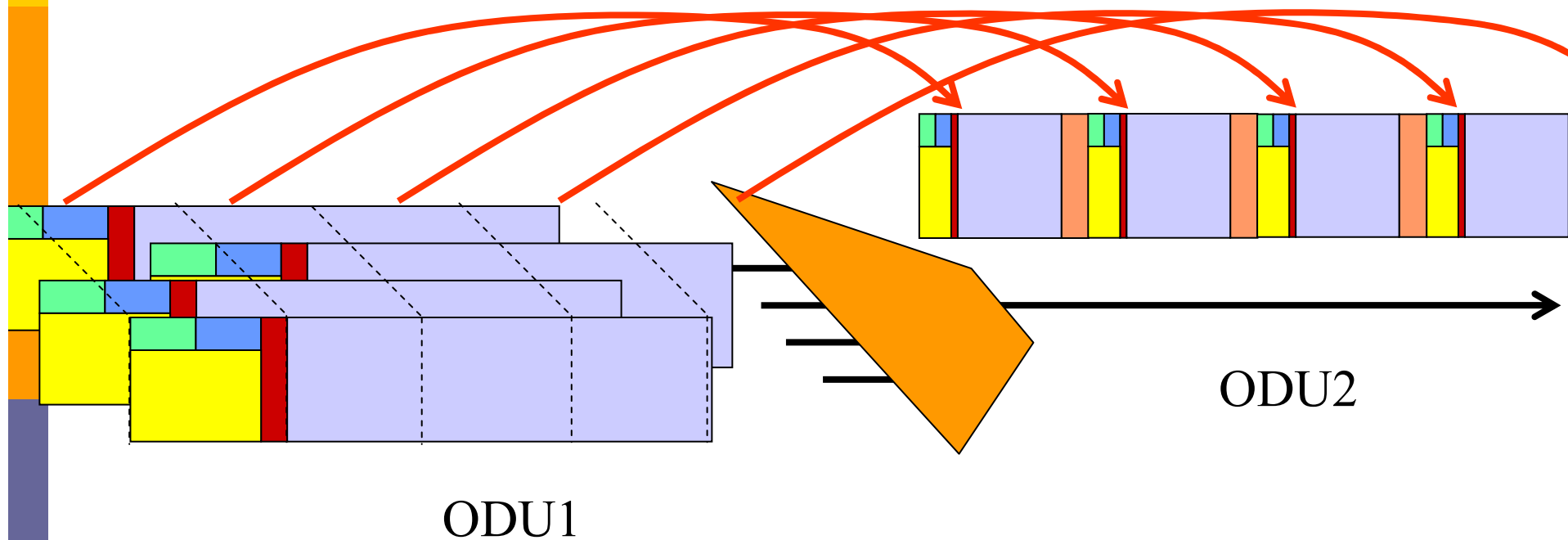
**FEC:** Forward Error Correction (OTU FEC)

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

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



# 4 ODU1 jel nyalábolása egy ODU2-be



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



# Bitsebességek és a keretidők

Keretezés Szint	OTU [Gbit/s]	Time [ $\mu$ s]
1	2.666 057	48.971
2	10.709 225	12.191
3	43.018 414	3.035

Több mint 4x

De a keretméret (bit darabszám) ugyanannyi valamennyi hierarchiaszinten!!!!

Valamennyi esetben  $\pm 20$ ppm a tűrés!  
(kivéve flex ahol 100)



Nem szinkron!!!

Hierarchy	Technique	Adjustment increment
PDH	Positive justification (stuff)	Single bit
SONET / SDH	Positive/negative/zero (pnz) justification (via pointers)	Single byte for SONET VTs and STS-1 (SDH VC-1/2/3). $N$ bytes for SONET STS- $N_c$ , 3 bytes for SDH VC-4, and $3N$ bytes for SDH VC-4- $N_c$ .
OTN	Positive/negative/zero justification	Single byte

# Nyalábolási struktúra

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

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

**OTM-n.m:**

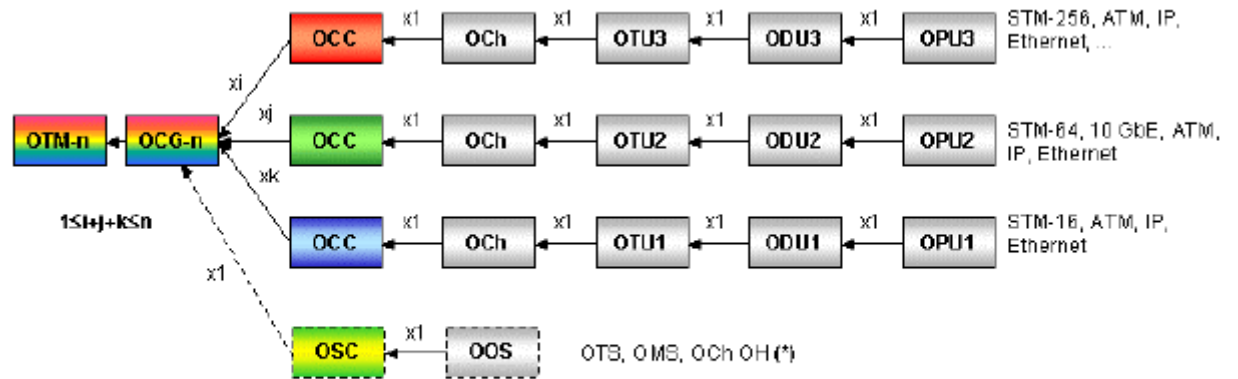
**n:**  $\lambda$ -k száma

**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  
16x270x9 byte bruttó / 3808x4 byte nettó = 2.55
- 1 STM-64 keret → 10.2 OTU-2 keret  
64x270x9 byte bruttó / 3808x4 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	+7.15% Redundancia: FEC
OTU-2	10.709 Gbps	OC-192/STM-64	9.953 Gbps	+7.6% Redundancia
OTU-3	43.018 Gbps	OC-768/STM-256	39.813 Gbps	+8.05% Redundancia

OTN több mint 4x

SDH pont 4x

# FEC

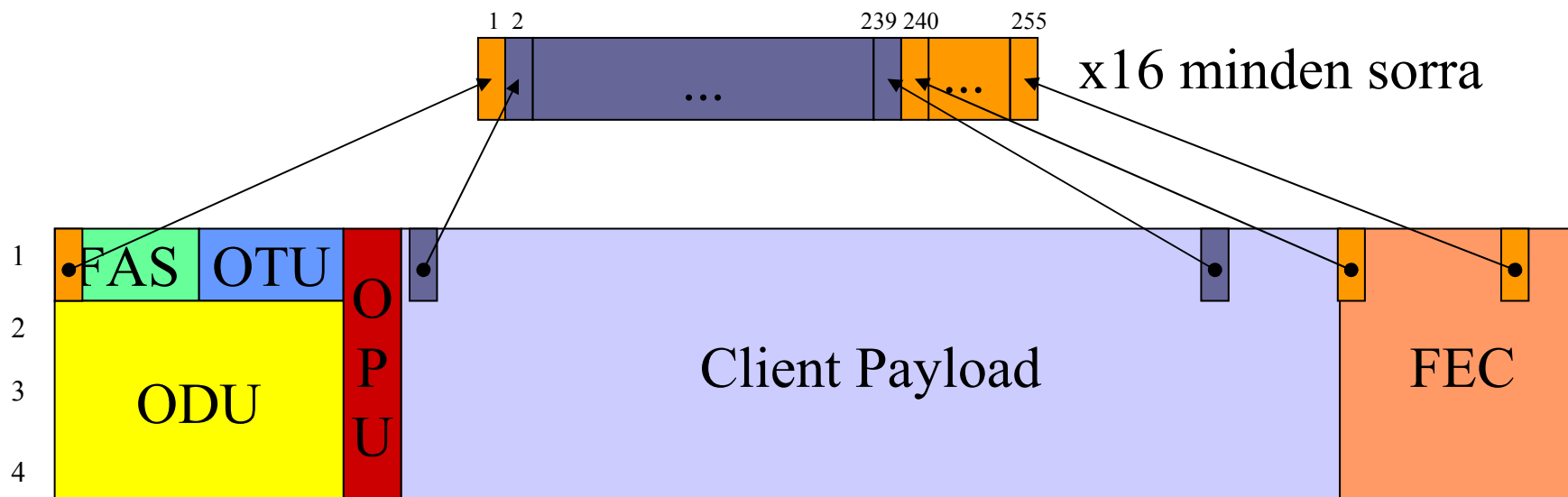


## RS (255,239) Reed Solomon kód, mert

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

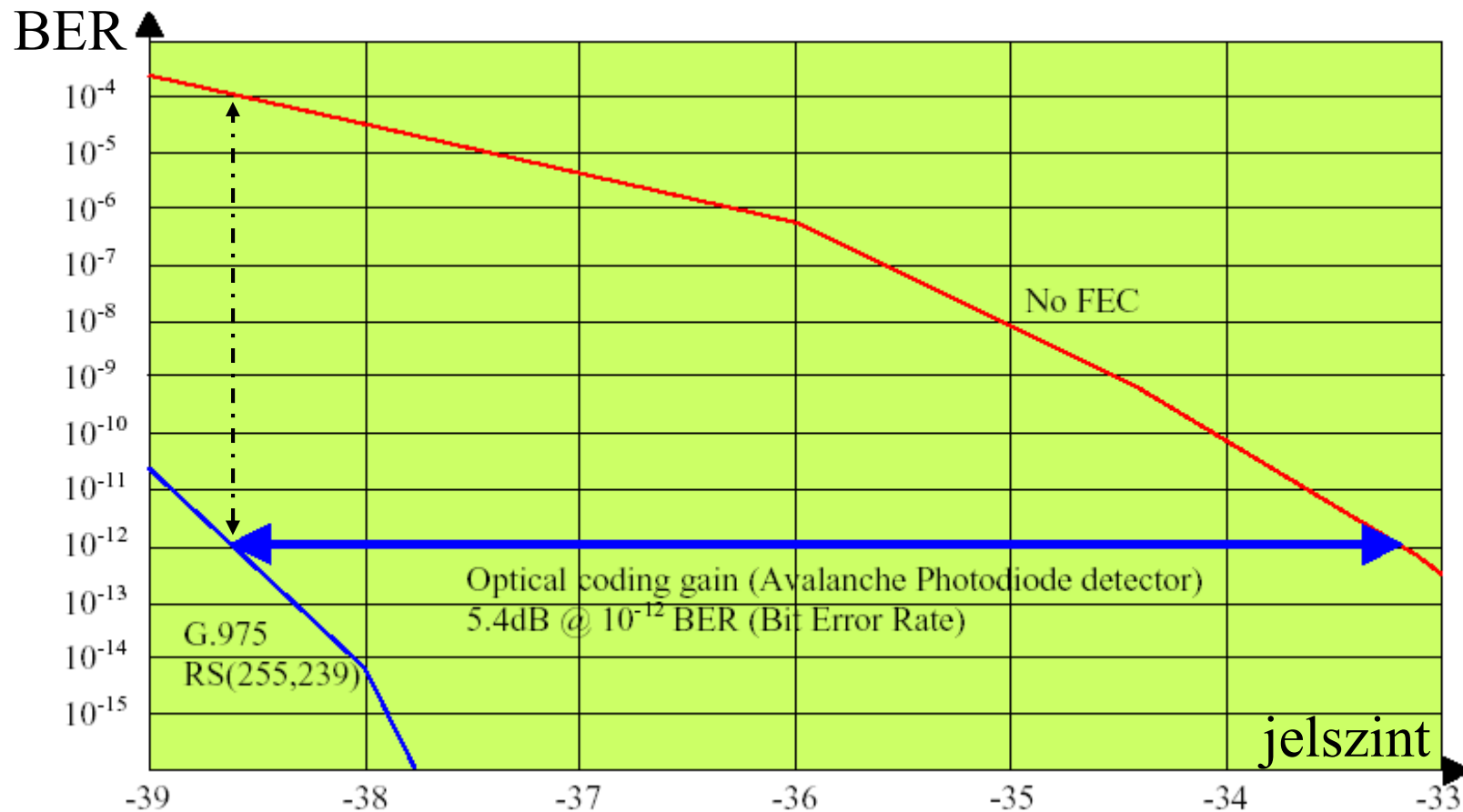
## 16 blokk fésűszerűen

- 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](#)

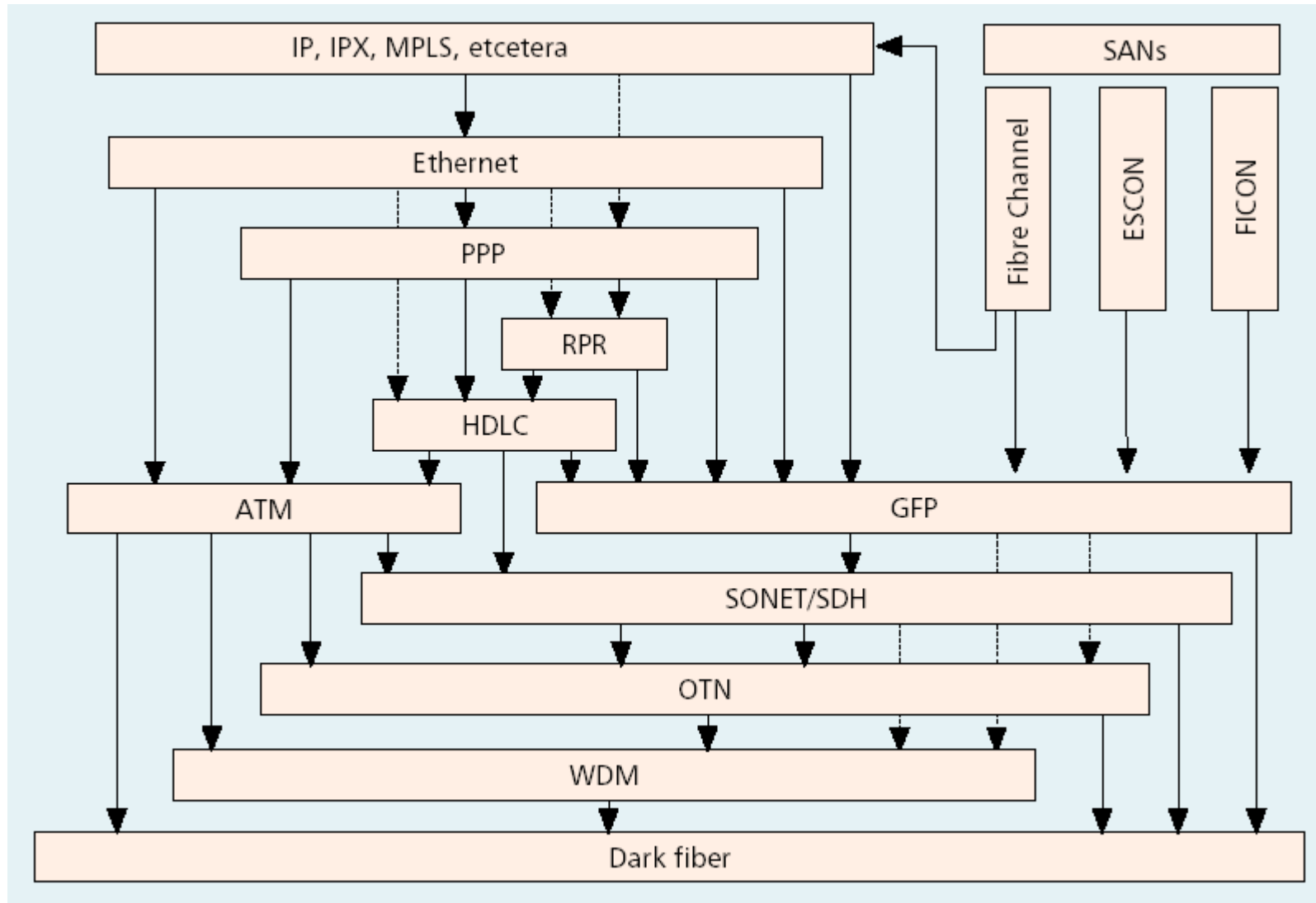
# Miért használjunk FEC-et?

---

## (DW, OTN, G.709)

- Teljesítmény (jelszint) nyereség: 7% FEC: 5dB vagyis
- 20 km-rel hosszabb szakaszok
- $10^{-4}$  BER helyett  $10^{-12}$  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

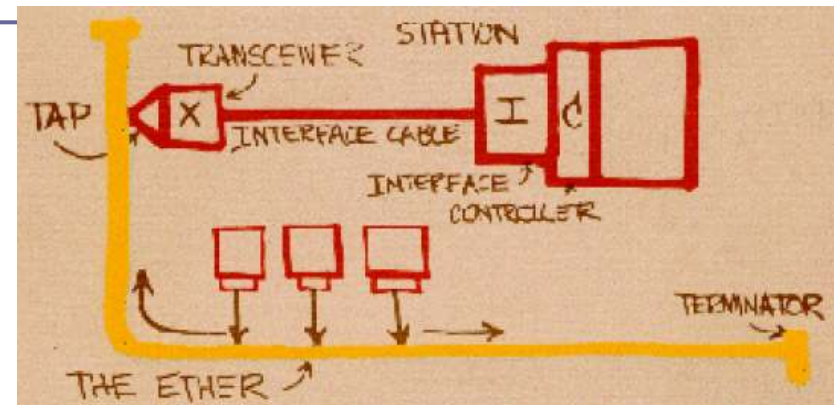
# Ráadás (egy kis inyencség...)

- **MPLS-TP** (ITU-T és IETF összefogás)  
  - „**M**ulti**P**rotocol **L**abel **S**witching – **T**ransport **P**rofile” vagy
  - „Transport-Profile for MPLS”
- Valami az SDH/OTN és IP/MPLS között
  - SDH/OTN jellegű: áramkörök, OAM, menedzsment, védelem
  - IP/MPLS jellegű: vezérlősík, csomagok, útvonalválasztás
- Ethernet keretek szállítására
  - CGE: Carrier-Grade Ethernet
  - CCE: Carrier-Class Ethernet
  - PTT: Packet Transport Technologies
- Konkurencia: IEEE **PBB-TE** Provider Backbone Bridging – Traffic Engineering

# Ethernet



- Elektronikus Interfész
  - 10 Base T
  - 100 Base T **“Fast Ethernet”**
  - 1000 Base T **“Gigabit Ethernet”**
- Optikai Interfész
  - 100 Base FX **“Fast Ethernet”**
  - 1000 Base SX **“Gigabit Ethernet”**
  - 1000 Base LX
  - 10 Gigabit-Ethernet
- 100 GbE [en.wikipedia.org/wiki/100\\_gigabit\\_Ethernet](https://en.wikipedia.org/wiki/100_gigabit_Ethernet)
  - IEEE 802.3 Higher Speed Study Group (HSSG): 100 GbE és 40 GbE
  - October 2008: the study group released draft 1.0 of P802.3ba
  - 10 and 40 km: 4 wavelengths of 25G (100GBASE-LR4 and 100GBASE-ER4)
  - Célok:
    - Support full-duplex operation only
    - Preserve the 802.3 / Ethernet frame format utilizing the 802.3 MAC
    - Preserve minimum and maximum FrameSize of current 802.3 standard
    - Support a BER better than or equal to  $10^{-12}$  at the MAC/PLS service interface
    - Provide appropriate support for OTN



Destination MAC	Source MAC	Type Field	Data of Layers 3 to 7	Check sum
6 Bytes	6 Bytes	2 By	up to 1500 Bytes	4 Bytes

## □ **MPLS-TP Leads In Transport Where T-MPLS Fell Short**

([www.ipmplsforum.org/newsletter/Newsletter\\_Summer\\_08.html](http://www.ipmplsforum.org/newsletter/Newsletter_Summer_08.html))

### □ **BY SULTAN DAWOOD, VP OF MARKETING, IP/MPLS FORUM**

- **First and foremost, T-MPLS (aka Transport-MPLS), a connection-oriented packet standard, that was being formulated by the International Telecommunication Union (ITU-T) specifically for application in transport networks has ceased and is no longer being considered. After considerable debate and controversy related to possible interoperability issues with the widely deployed MPLS networks, a new Joint Working Team (JWT) has been formed consisting of members from both the Internet Engineering Task Force (IETF) and ITU-T to work on extending the current IETF defined MPLS functionality and to develop a new Transport Profile for MPLS which will be referred to as "MPLS-TP".**
- **The "MPLS-TP" will use the current existing MPLS data/forwarding plane architecture while allowing service providers to statically provision Label Switch Paths (LSPs) or tunnels, use traditional protection schemes like 1:1, 1+1 and ring topologies and transport-centric Operation, Administration and Maintenance (OAM) tools that line up with established architectures and support Performance Monitoring (PM) and Fault, Configuration, Accounting and Performance (FCAP) management.**
- **While "MPLS-TP" will not initially use a control plane and will rely on an external management plane, the fact that this profile is based on the traditional MPLS architecture will allow service providers in the future to expand their capabilities and interoperate with the traditional MPLS-based networks which use an integrated control plane.**
- **This change in direction with respect to the T-MPLS standard and the initiation of "MPLS-TP" is a good endorsement for IP/MPLS as a mature and proven technology. "MPLS-TP" allows service providers to extend MPLS from the existing Core and Edge into the Access portion of the network without re-inventing the wheel. MPLS has come a long way over the last decade and while it has still some further refining and improvements associated with it, it is a proven technology. Please feel free to access the [ITU site](#) that highlights the ITU-T's announcement with respect to the "MPLS-TP".**

# MPLS-TP

---

- ❑ **MPLS data/forwarding plane architecture**
- ❑ **access (aggregation) — metro — core → egységes megoldás!**
- ❑ **service providers statically provision Label Switch Paths (LSPs) or tunnels**
- ❑ **use traditional protection schemes like 1:1, 1+1 and ring topologies**
- ❑ **transport-centric Operation, Administration and Maintenance (OAM) tools that line up with established architectures**
- ❑ **support for:**
  - **Performance Monitoring (PM)**
  - **FCAP:**
    - ❑ **Fault Management**
    - ❑ **Configuration Management**
    - ❑ **Accounting Management**
    - ❑ **Performance Management**
  - ❑ **(FCAP = FCAPS – Security Management)**