

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

8. Gerinchálózati (Transzport) Technikák (második rész)

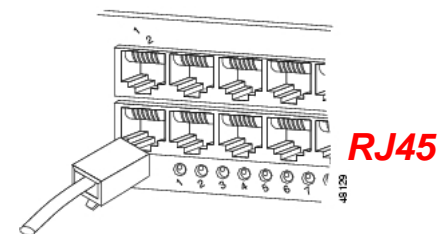
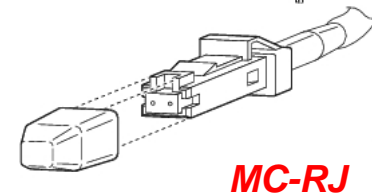
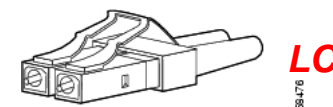
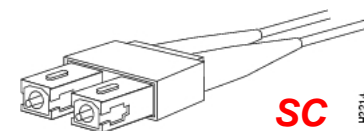
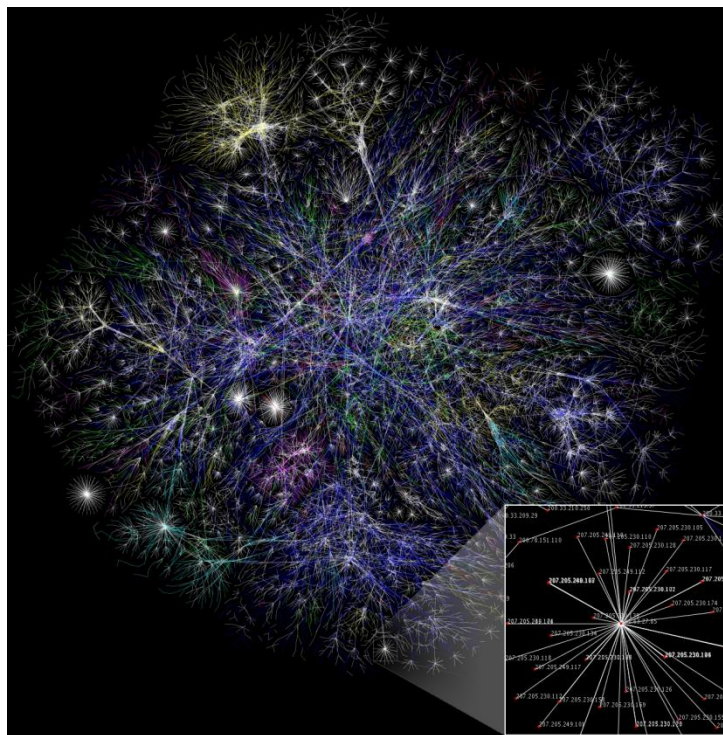
Cinkler Tibor

BME TMIT

2013. december 2.

hétfő 16:15-18:00

Q.I



A tárgy felépítése



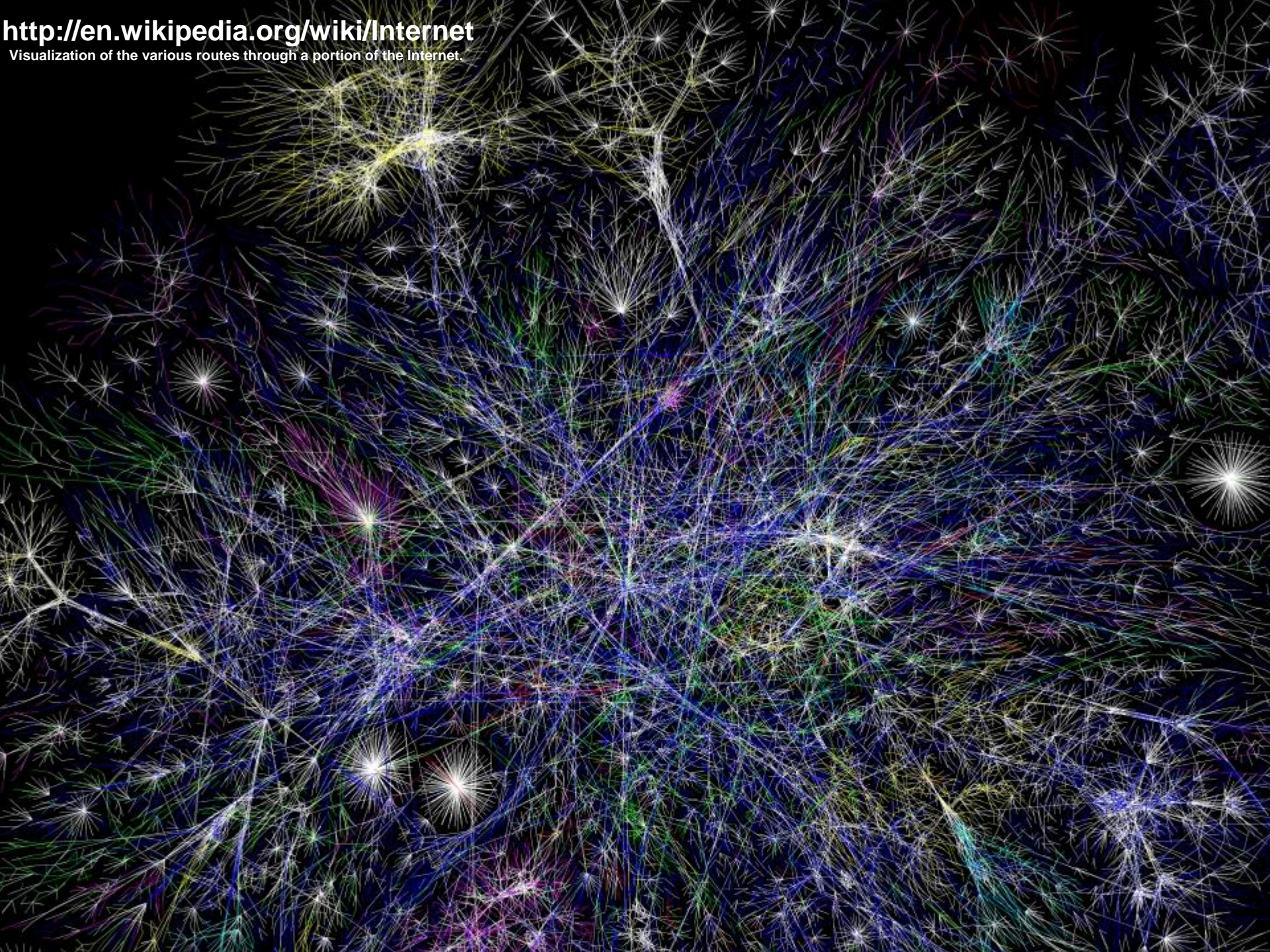
- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
 - 8.1 PDH (Pleziokron Digitális Hierarchia)
 - 8.2 SDH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



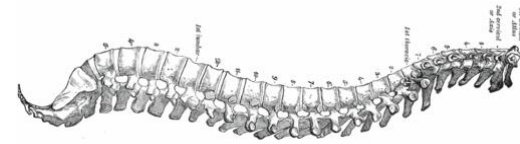
GYAKORLAT

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

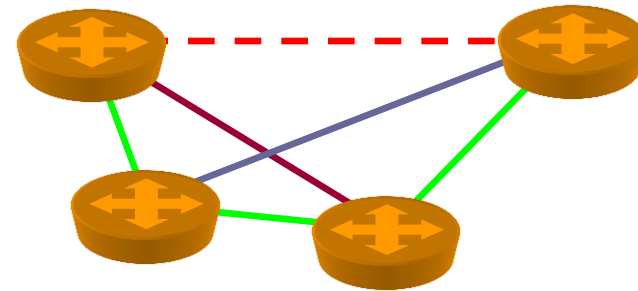
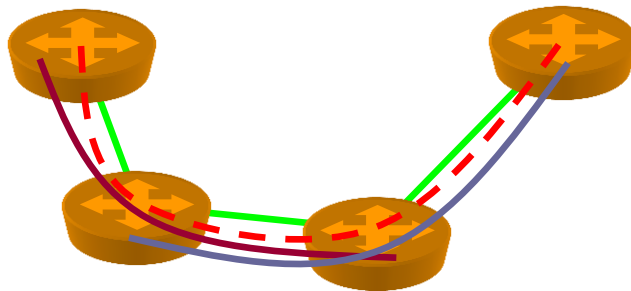
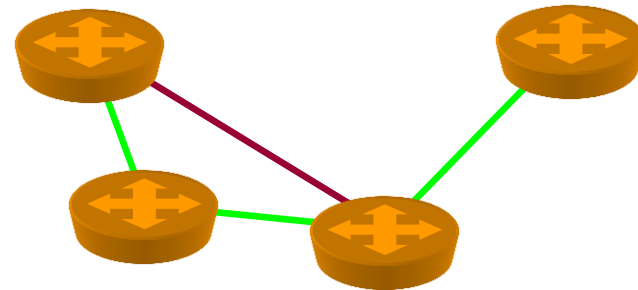
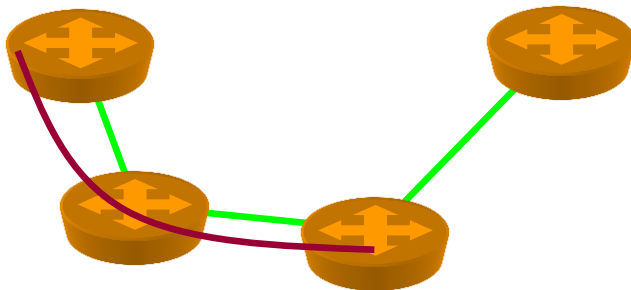
Visualization of the various routes through a portion of the Internet.



IP hálózathoz távközlő gerinc



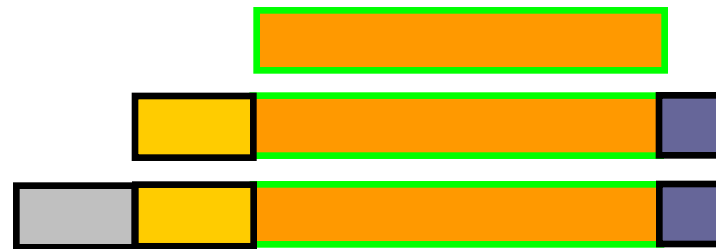
- Nagyobb távra „elviszi” a jelet (ISP-n belül és köztük)
- Sűrűbb topológia → kevesebb ugrás
- Megbízhatóbb, és ha meghibásodik van védelem
- Bevált management rendszer



De miért nem elég az SDH ???



- Mert beszédre jó, de adatra nem elégé...
- 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](#))

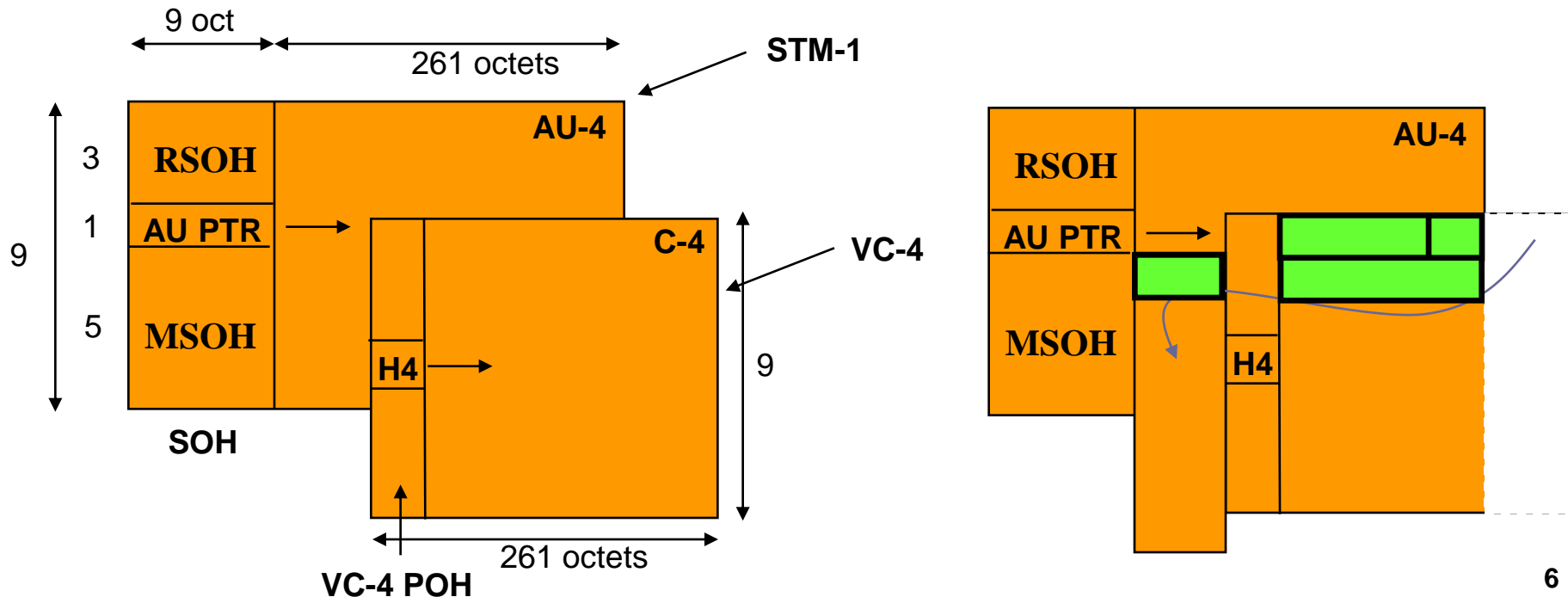
MAPOS: Multiaccess Protocol over SONET/SDH ([RFC2171](#), [RFC2176](#))

SDH keretszervezés (ITU-T G.707)

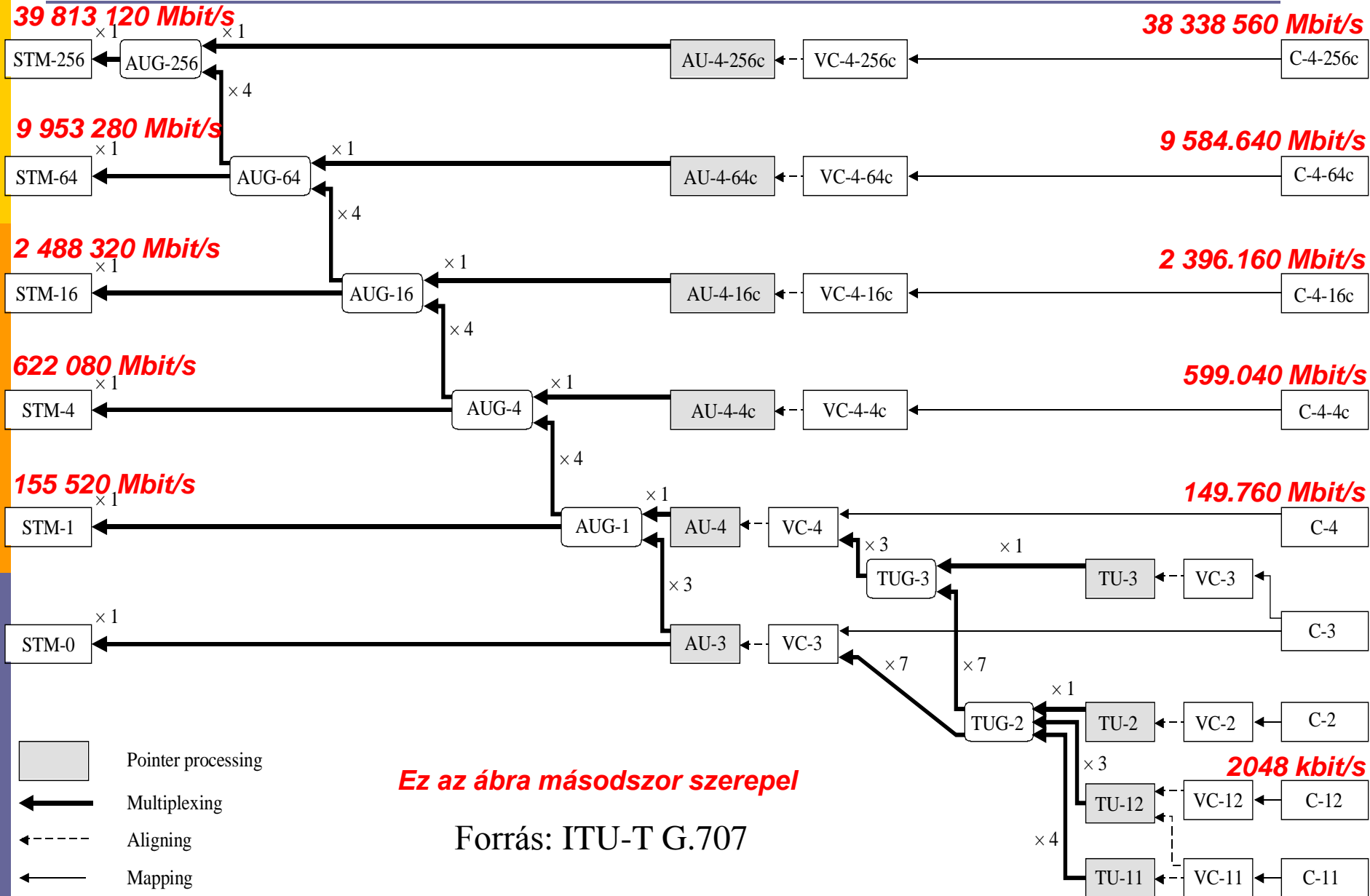
□ Csomagokkal, keretekkel töltjük a konténereket:

- 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>*

8.3. 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 támogatassa az új képességeket
- A fokozatos átmenet olcsóbb mint a teljes technológia csere

GFP: Generic Framing Procedure

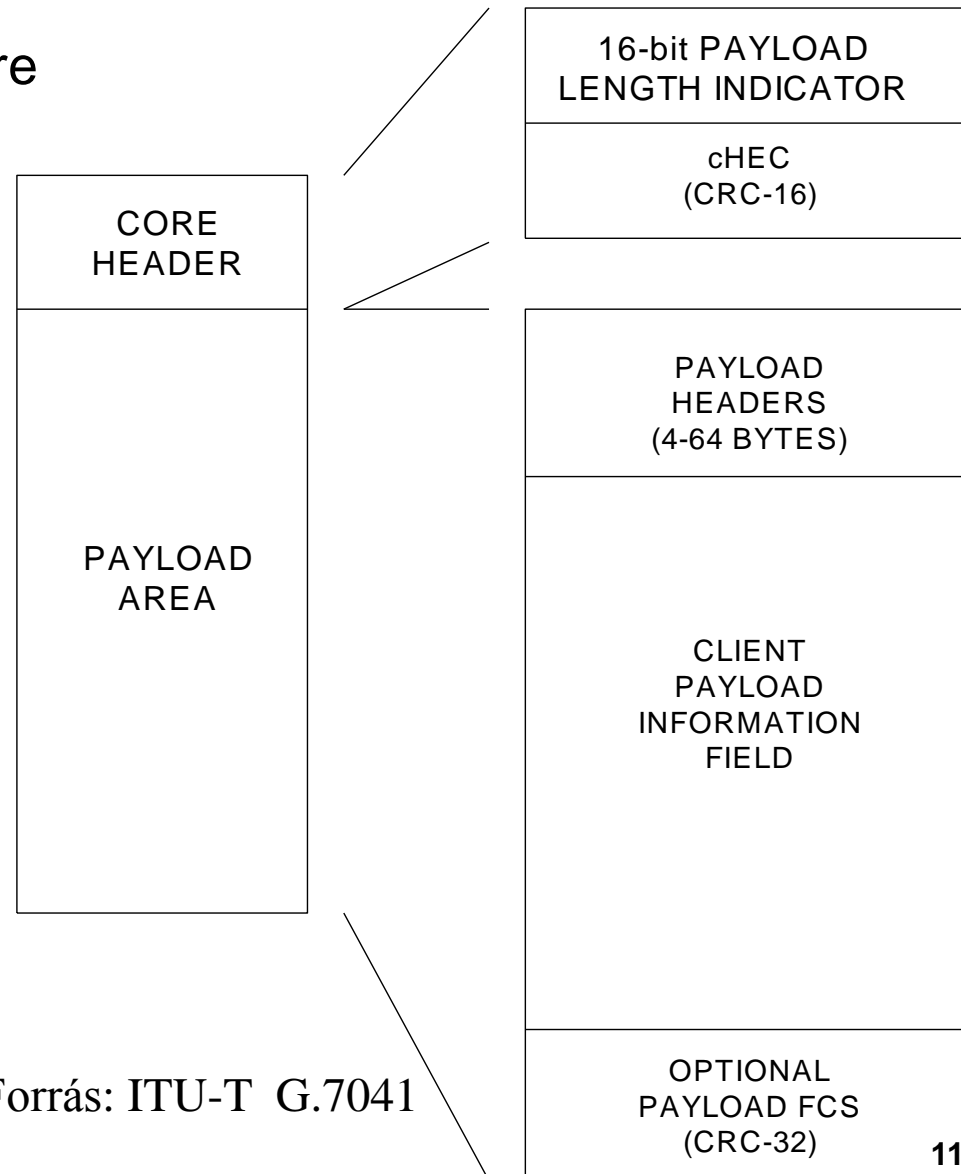
(Általános keretezési eljárás)

- 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	

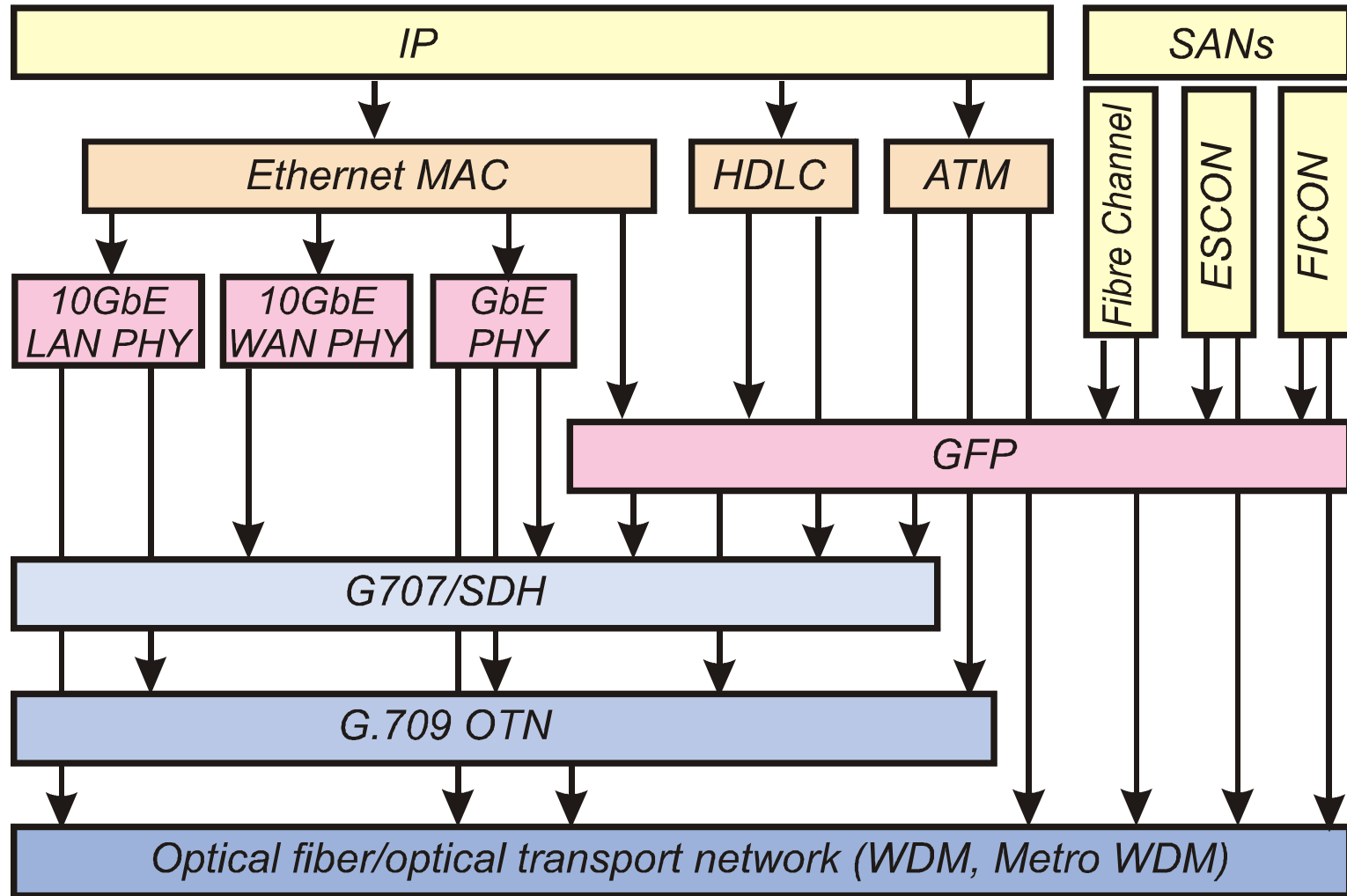
Forrás: ITU-T G.7041

GFP: Generic: Általános?

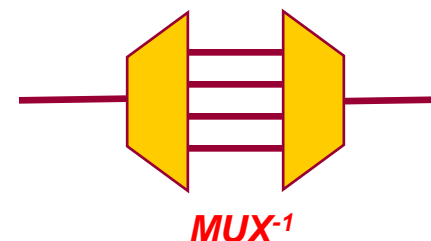
Generic?

- **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)

Virtuális (Virtual)

VC-4-4c: 599.04 Mbps

VC-12-nv (n=1-63), 2.176 Mbps – 137.088 Mbps

VC-4-16c: 2396.16 Mbps

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

VC-4-64c: 9584.64 Mbps

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-kapacitását 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



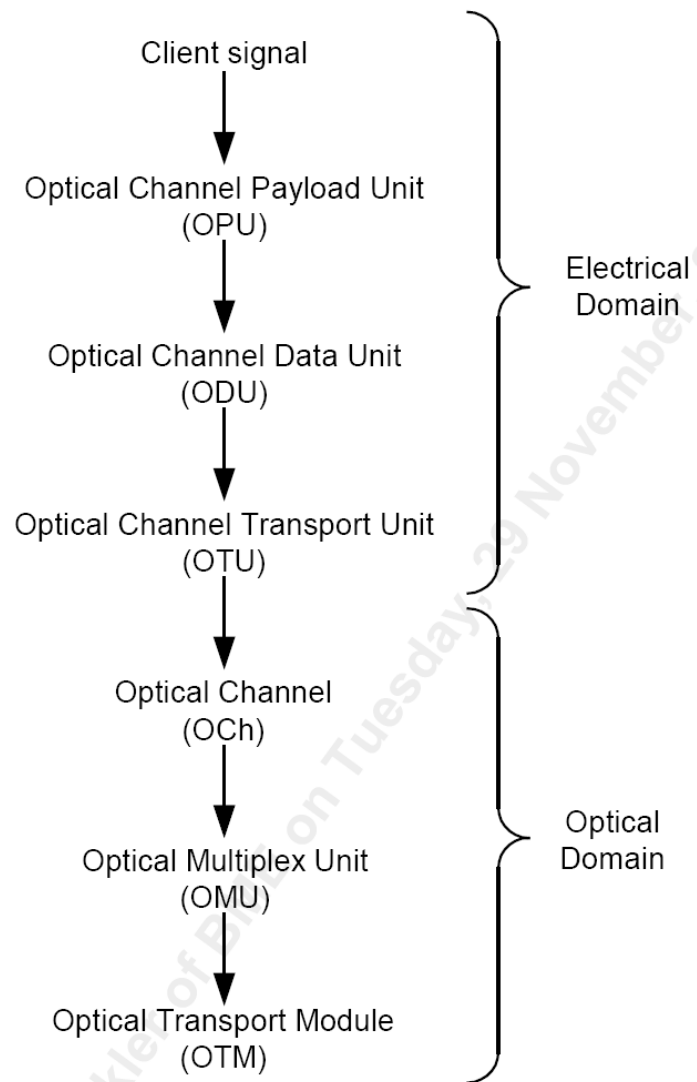
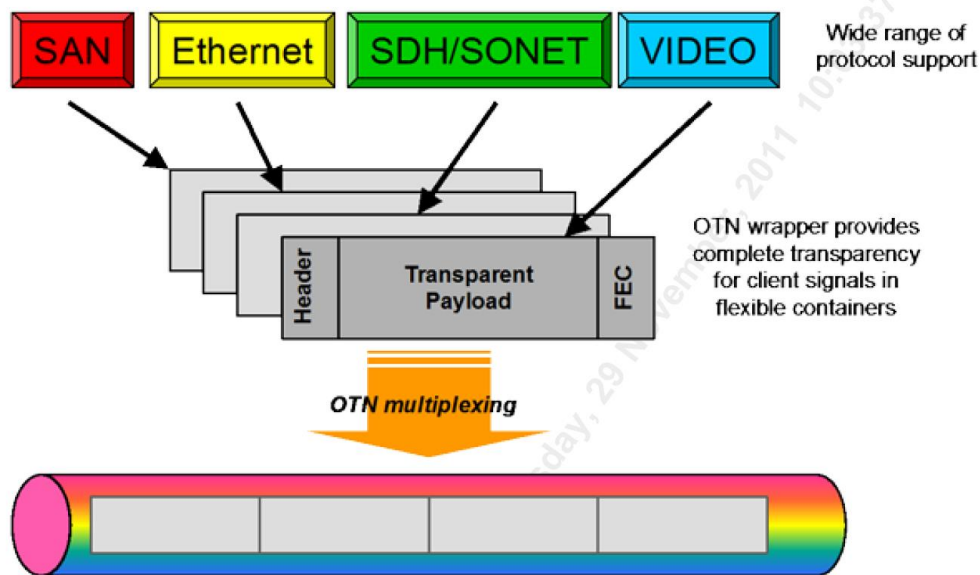
- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
 - 8.1 PDH (Pleziokron Digitális Hierarchia)
 - 8.2 SDH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



GYAKORLAT

8.4. OTN: G.872 + G. 709 + stb.

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



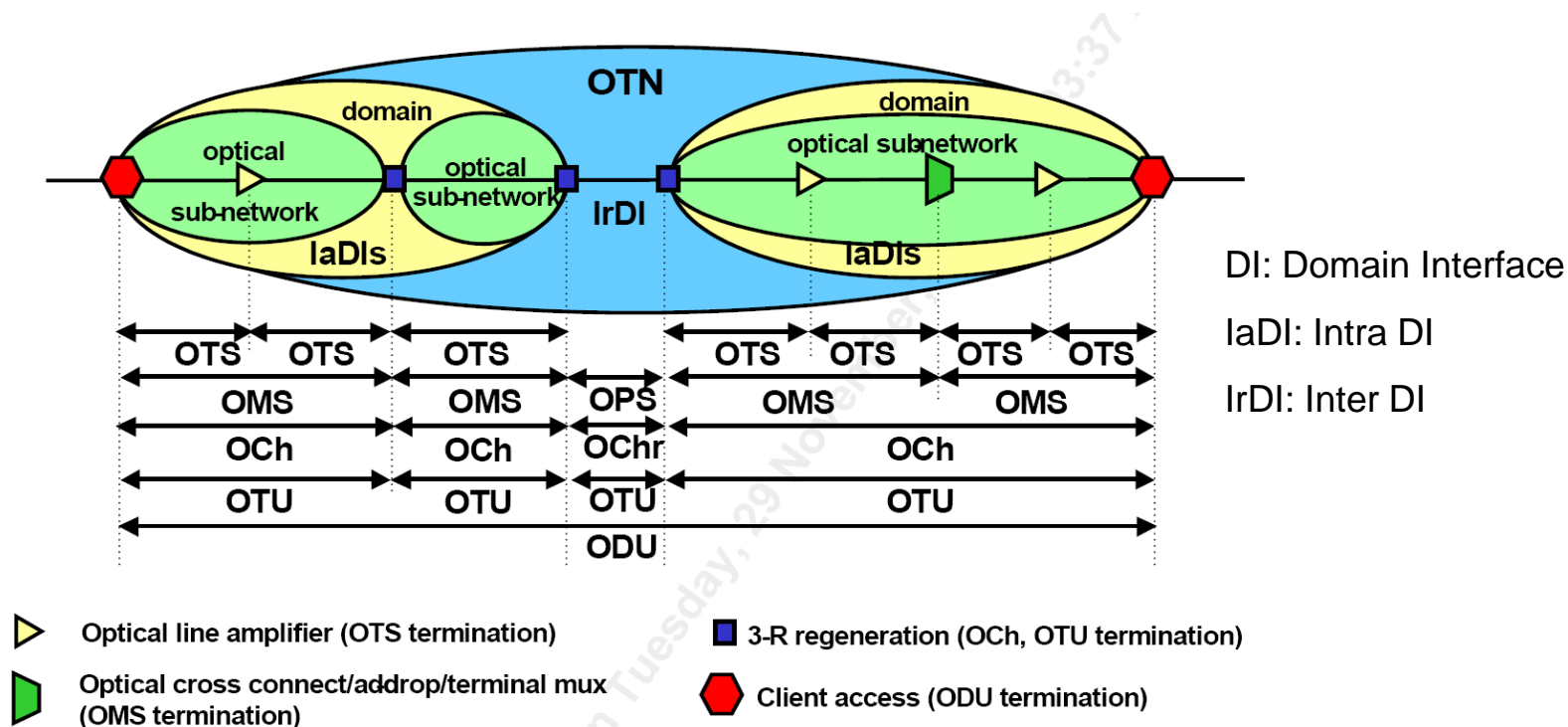
<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com15/otn/OTNtutorial.pdf>

https://www.pmc-sierra.com/myPMC/download.html?res_id=101211&filename=2081250_otn_tutorial_101211.pdf

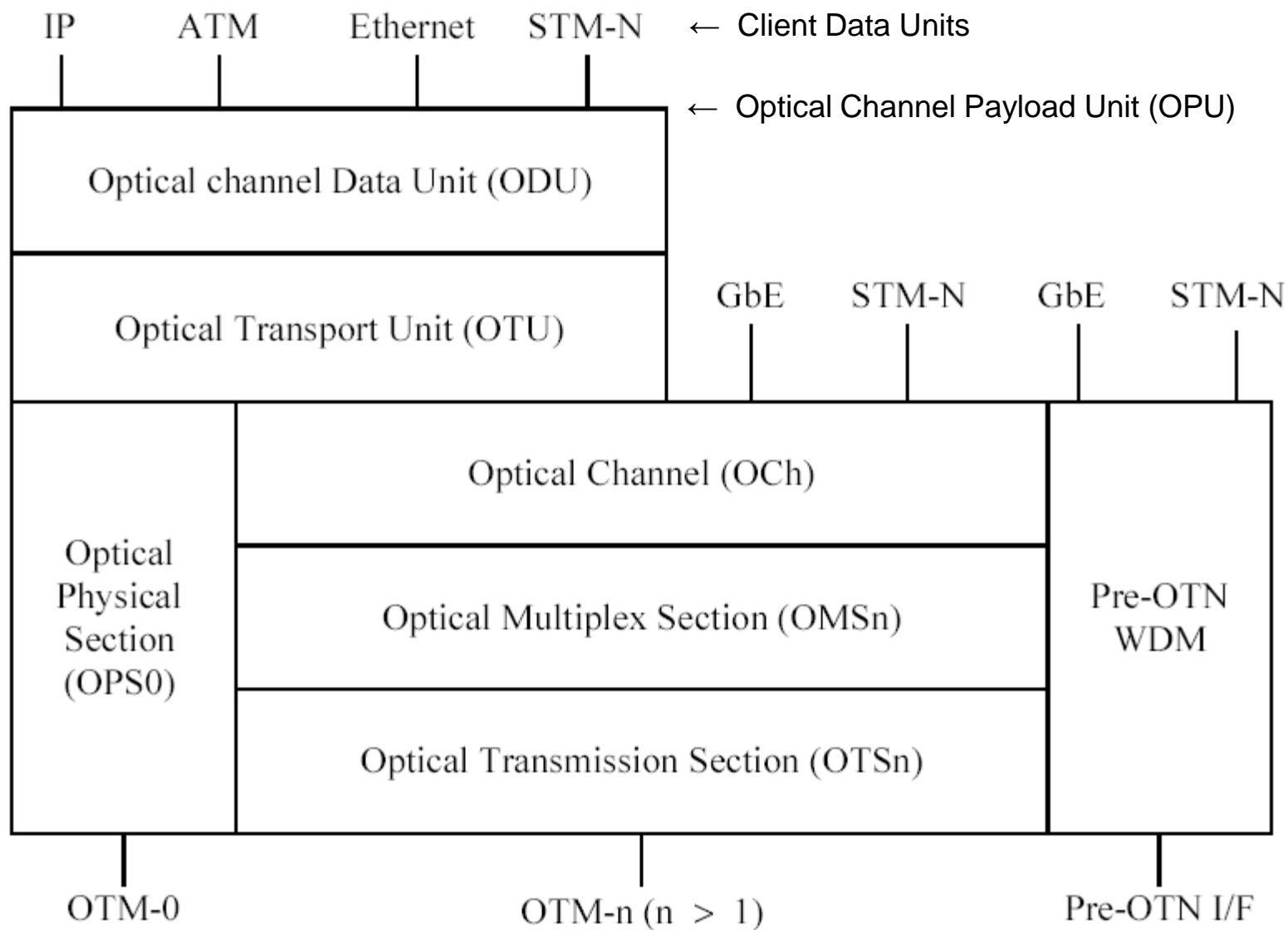
G.709 OTN

Optical Transport Network (Optikai szállító hálózat):

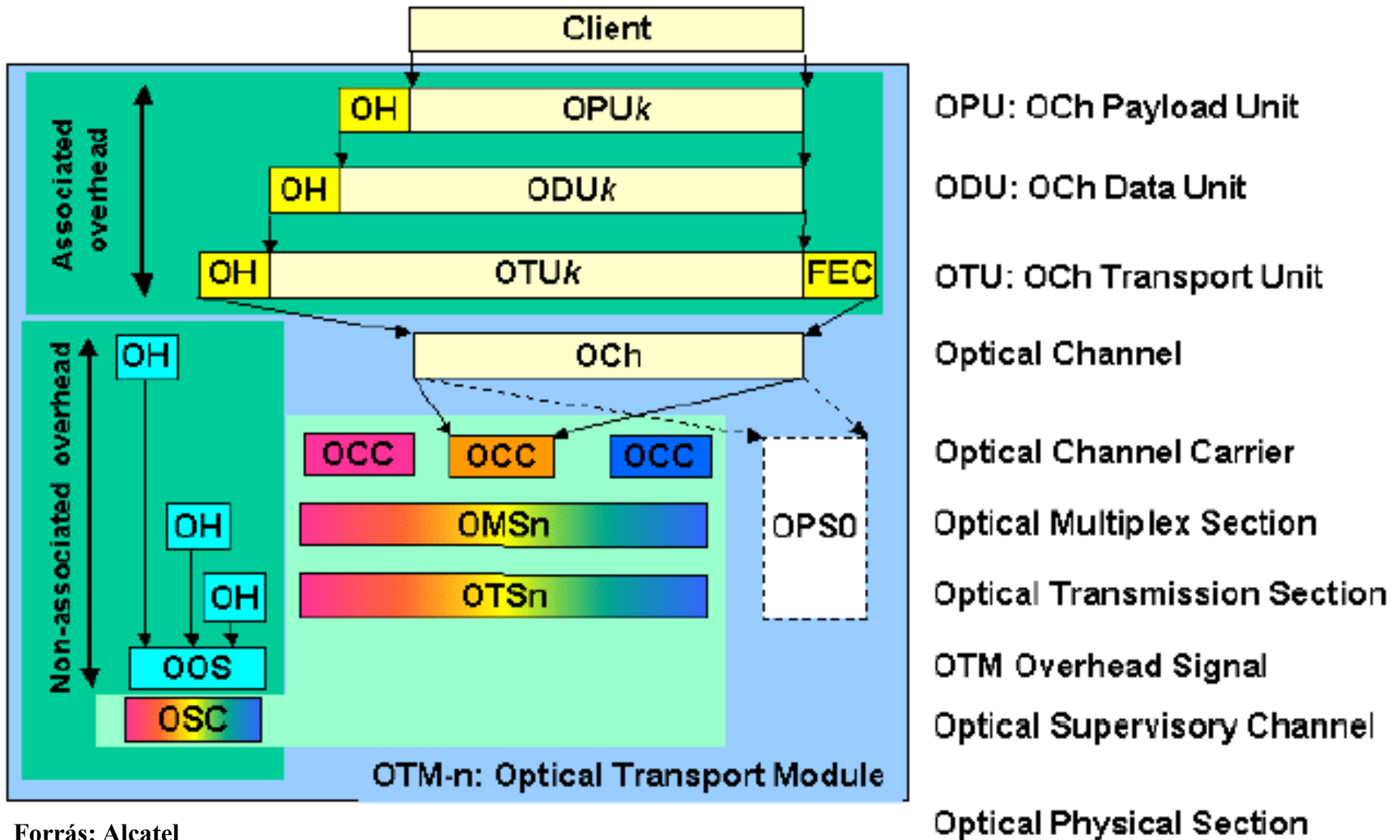
- ❑ OTS: Optical Transmission Section (Átviteli szakasz)
- ❑ OMS: Optical Multiplex Section (Nyaláboló szakasz)
- ❑ OCh: Optical (Lambda) Channel (Optikai (hullámhossz) csatorna)



Az OTN és WDM viszonya

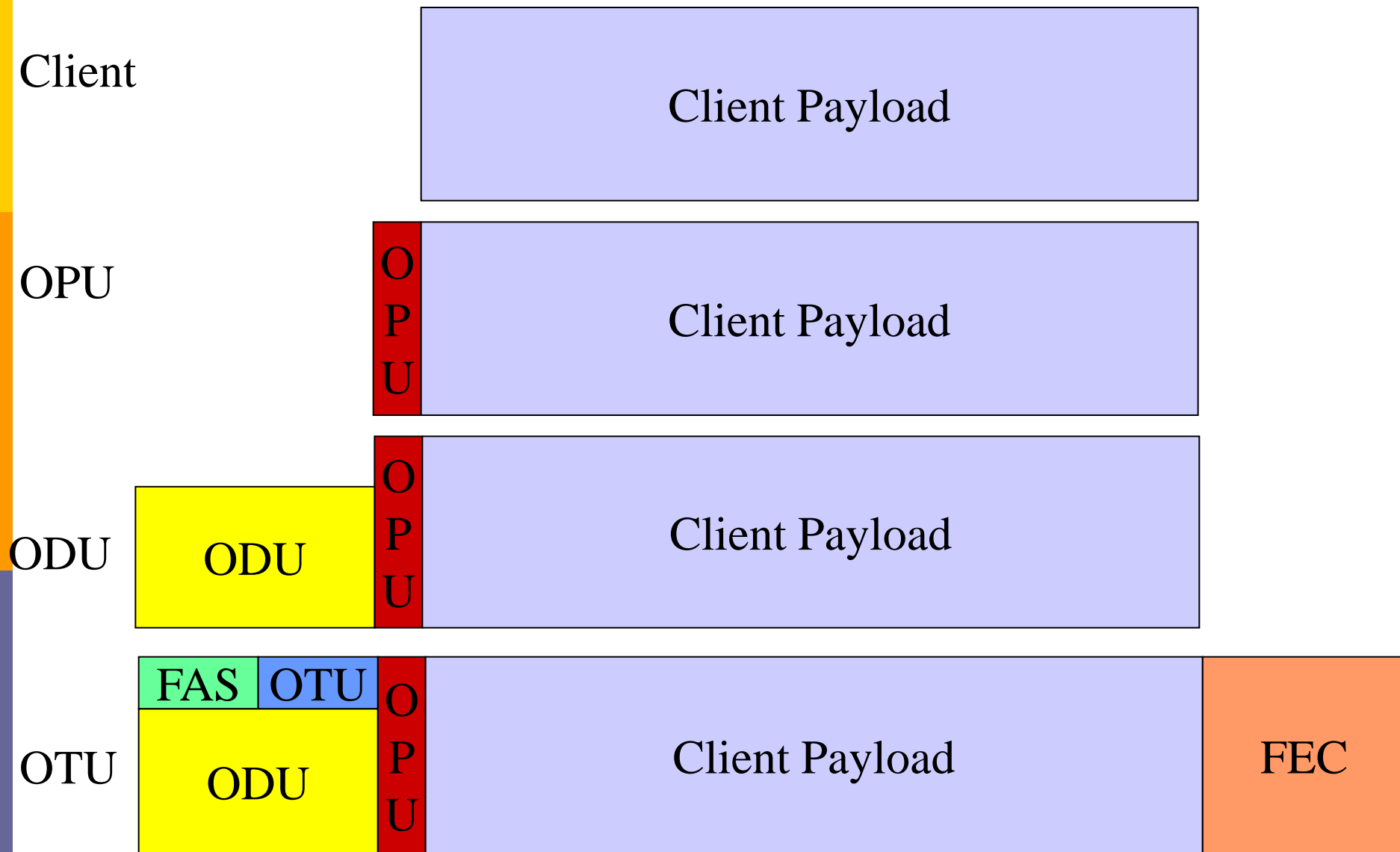


Az ITU-T G.709 keretkezési struktúrája



Forrás: Alcatel

Fej- és farok-részek



Az OCh keret

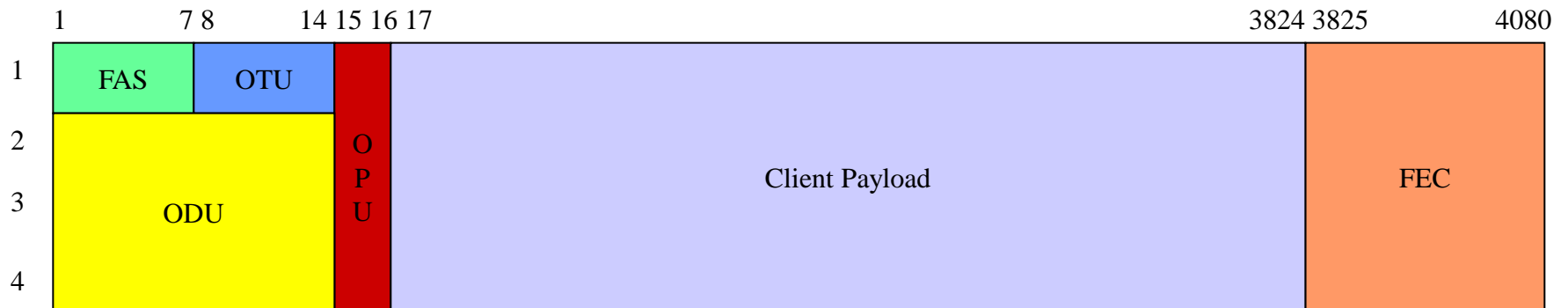
OTU: Optical Channel Transport Unit (Optikai csatorna szállító egysége)

FAS: Frame Alignment Signal (keretszinkronszó)

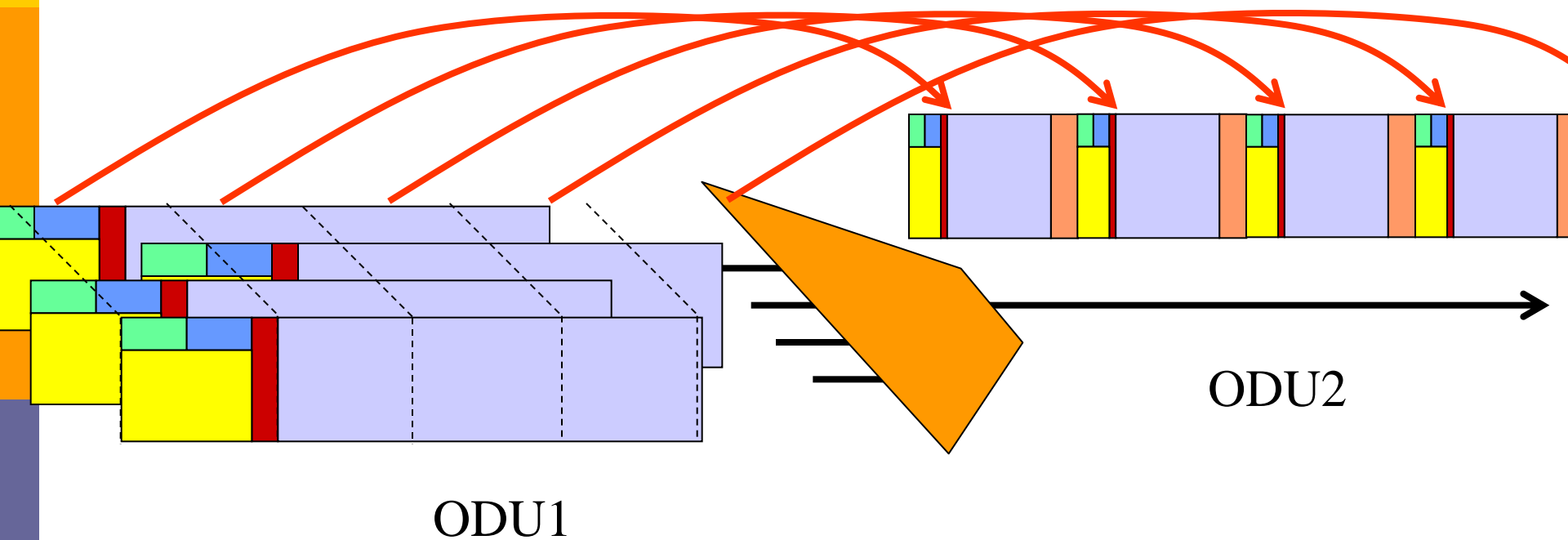
FEC: Forward Error Correction (OTU FEC)

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 [μ s]
1	2.666 057	48.971
2	10.709 225	12.191
3	43.018 414	3.035
4	111.809973	1.1677

↑
Több mint 4x

**Valamennyi esetben
 ± 20 ppm a tűrés!**
(kivéve flex ahol 100)
Nem szinkron!!!

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

100 Gb Ethernet

<http://www.jdsu.com/ProductLiterature/otn-po-lab-tm-ae.pdf>

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:

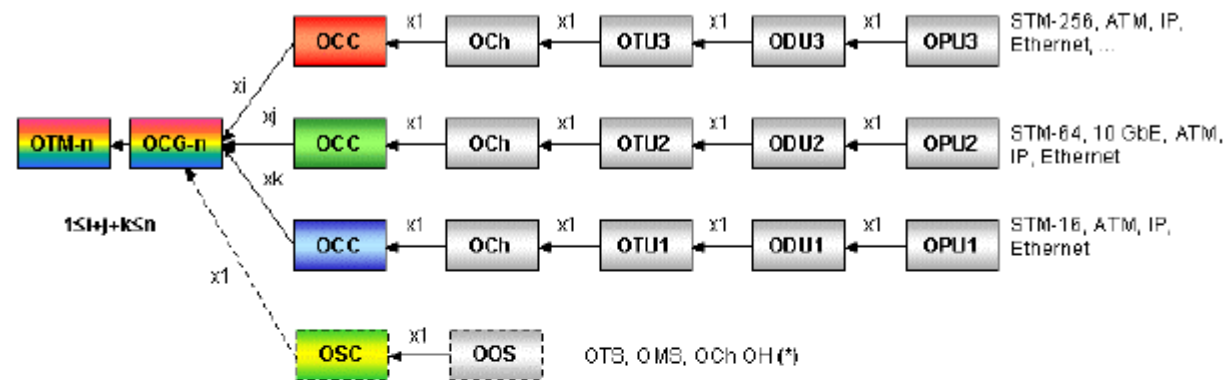
n: λ -k száma

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:

5λ , 2.5 vagy 10 Gbit/s

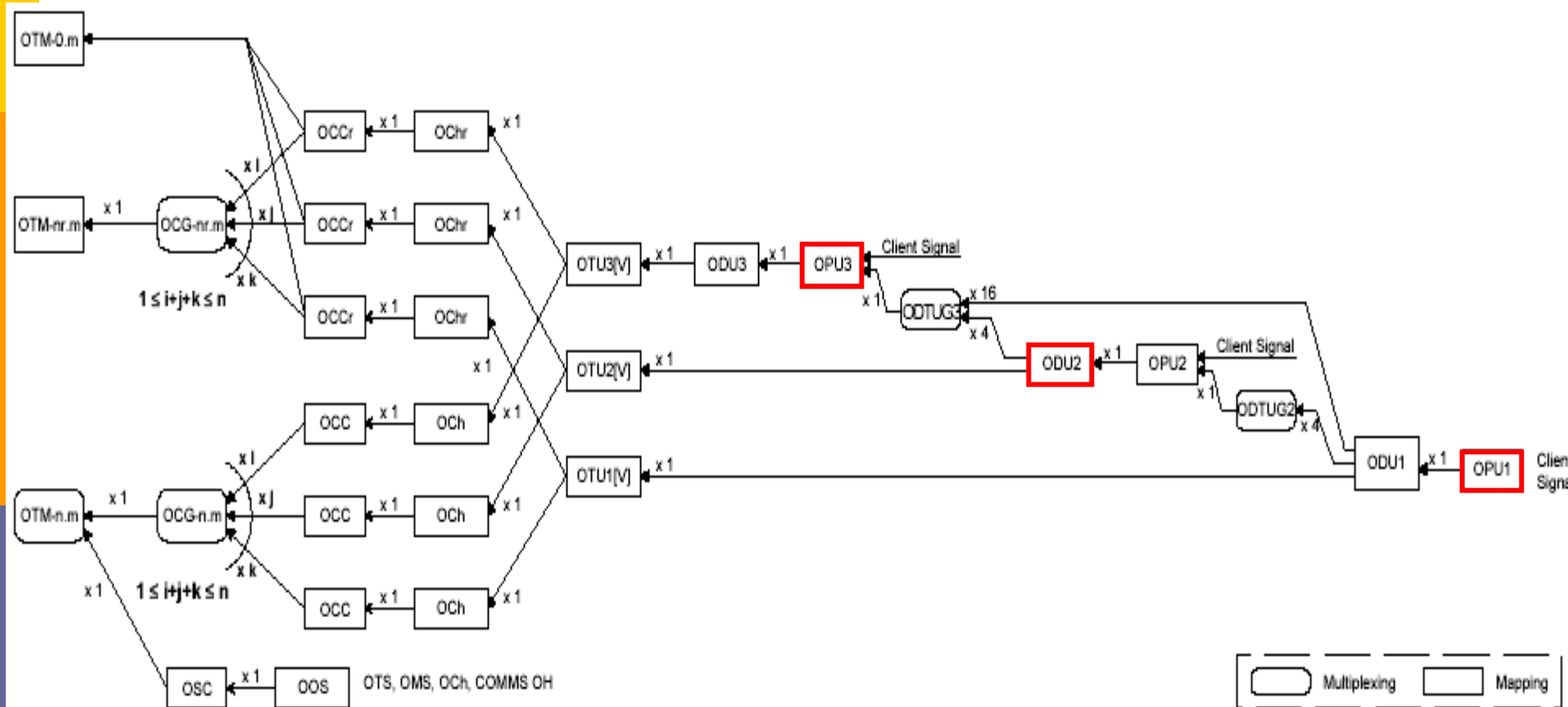


(*) OSC is supported only by OTM-n with full functionality

OSC: Optical Supervisory Channel
OOS: OTM Overhead Signal

OTM nyalábolás és leképezés

OTM-0.m, OTM-nr.m, OTM-n.m



Forrás: ITU-T G.709/Y.1331 - OTM multiplexing and mapping structures

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

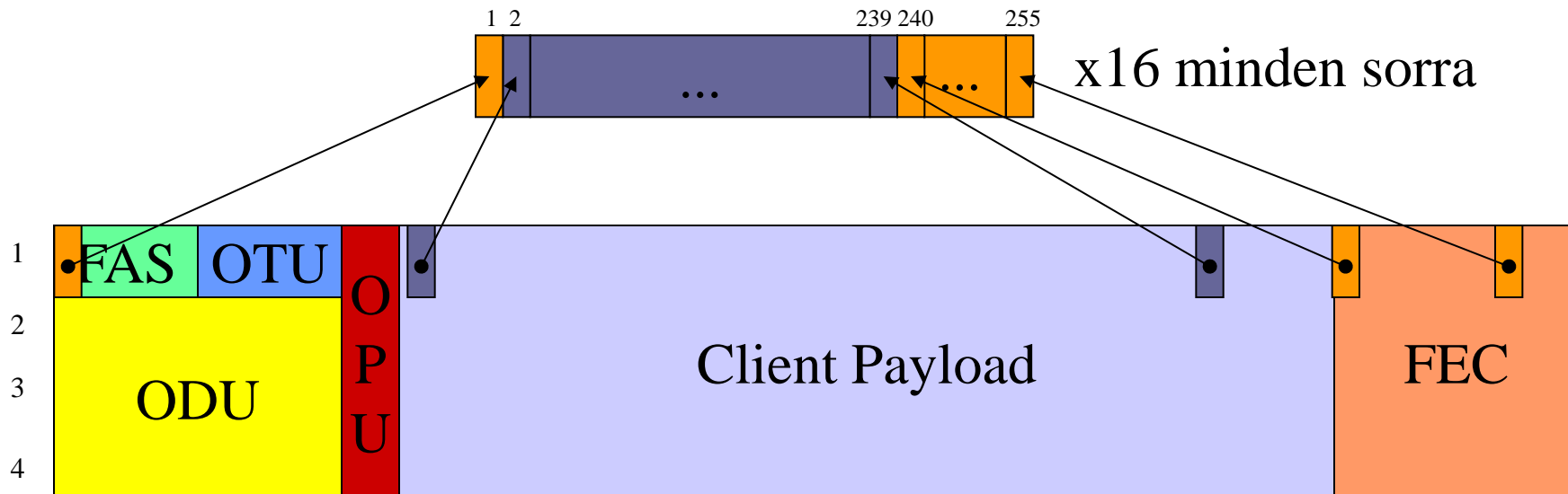


RS (255,239) Reed Solomon kód, mert

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

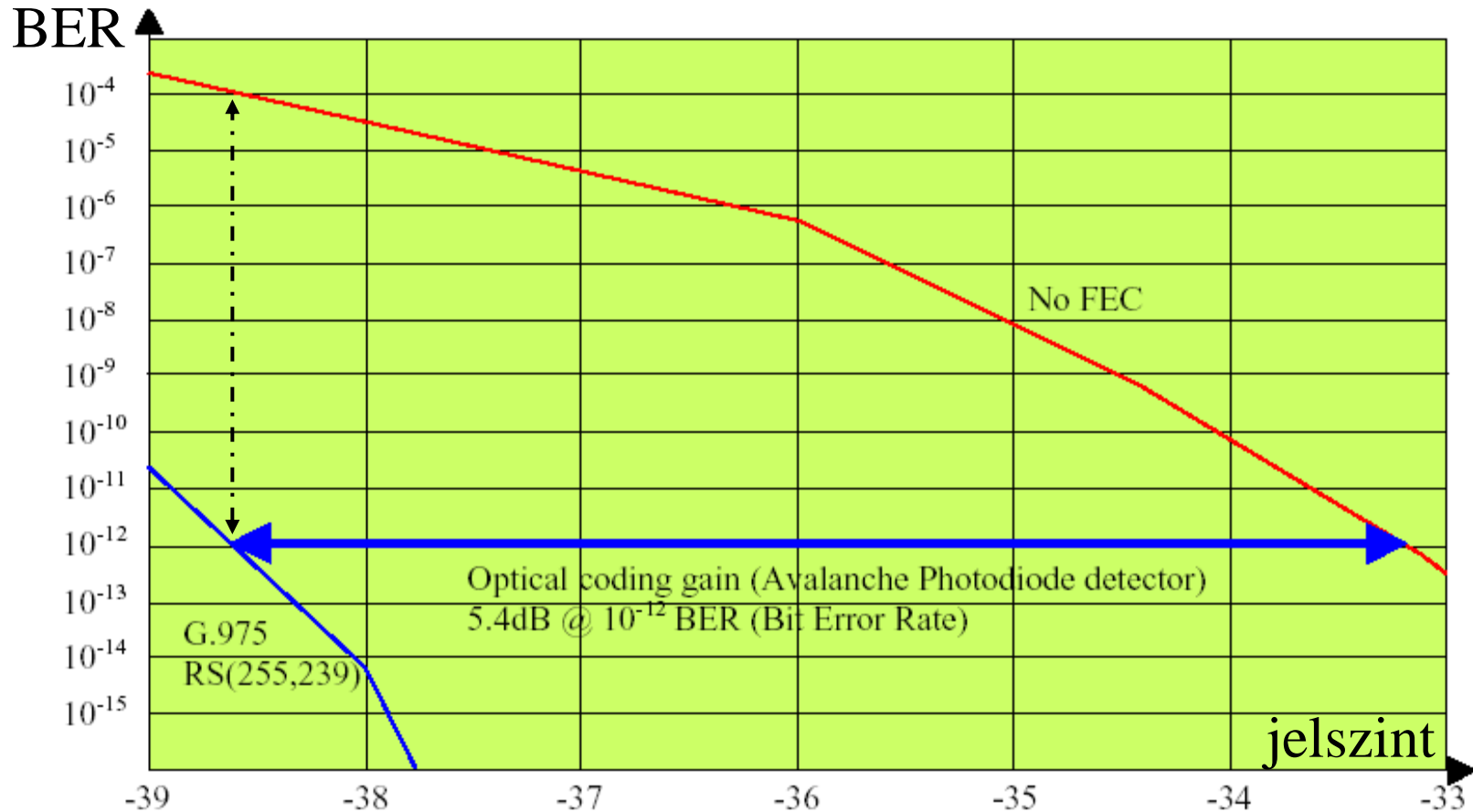
16 blokk fésűszerűen

- 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



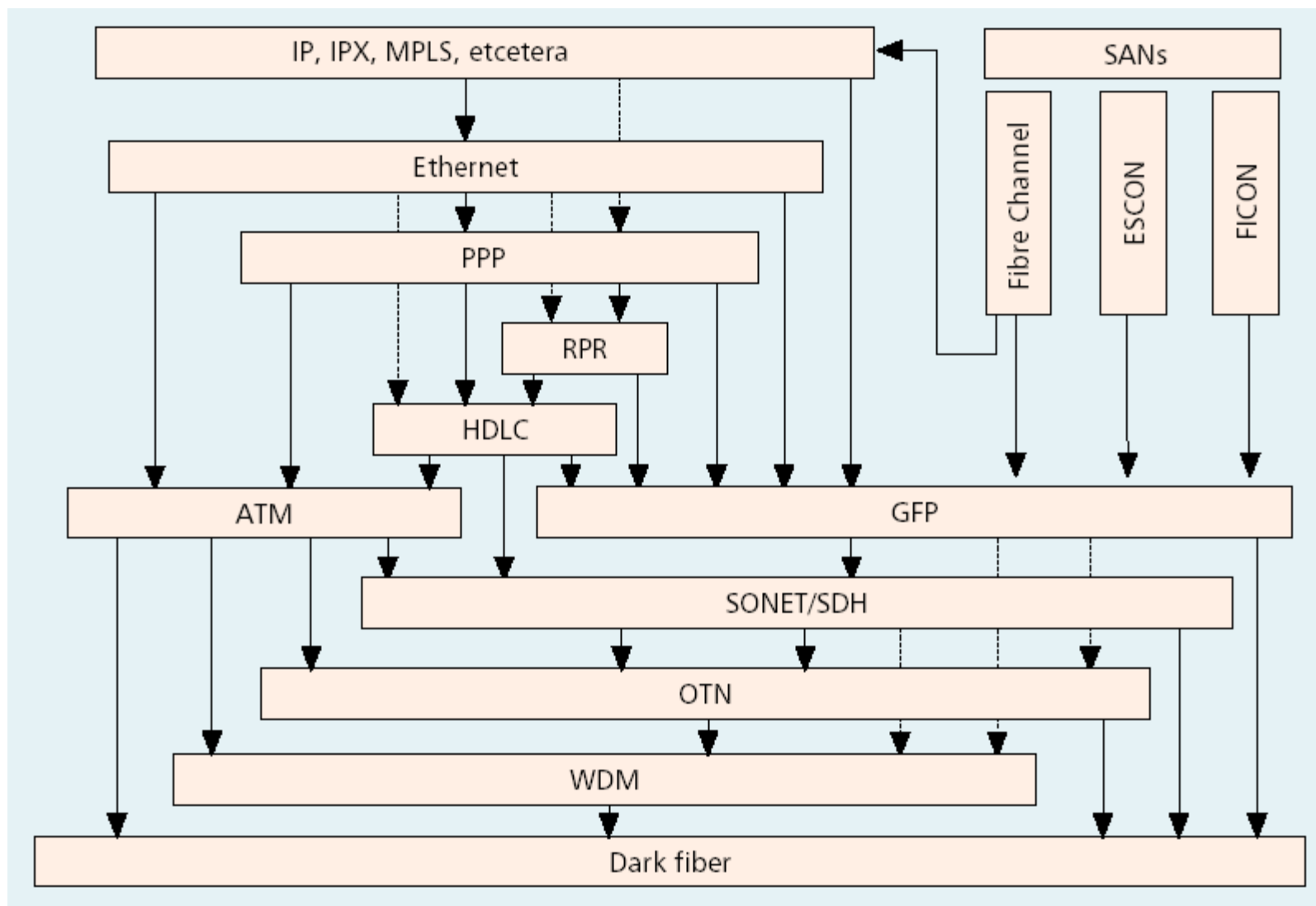
Forrás: Guylain Barlow, Innocor Ltd.: [A G.709 Optical Transport Network Tutorial](#)

Miért használjunk FEC-et?

(DW, OTN, G.709)

- Teljesítmény (jelszint) nyereség: 7% FEC: 5dB vagyis
- 20 km-rel hosszabb szakaszok
 - Minden negyedik regenerátor (jelfrissítő) kihagyható
- 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”
- 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: MPLS-TP

- **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, QoS, 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