

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

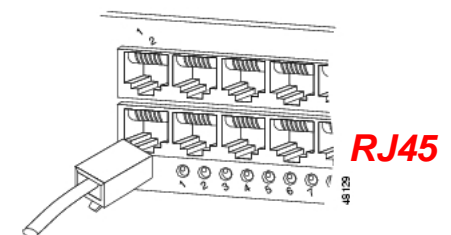
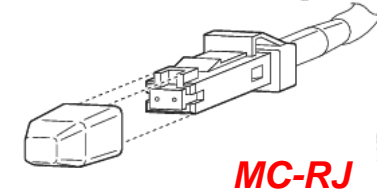
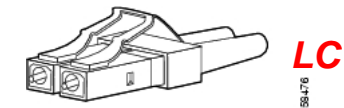
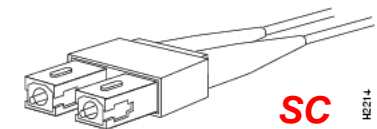
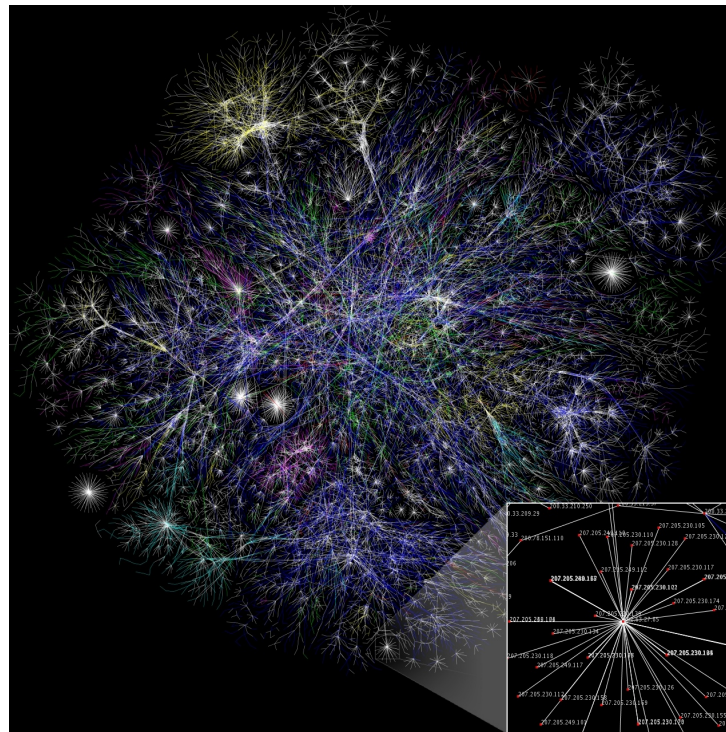
10. Gerinchálózati (Transzport) Technikák (második rész)

Cinkler Tibor
BME TMIT

2011. november 30.

Szerda 12:15-14:00

Q.II



A tárgy felépítése



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

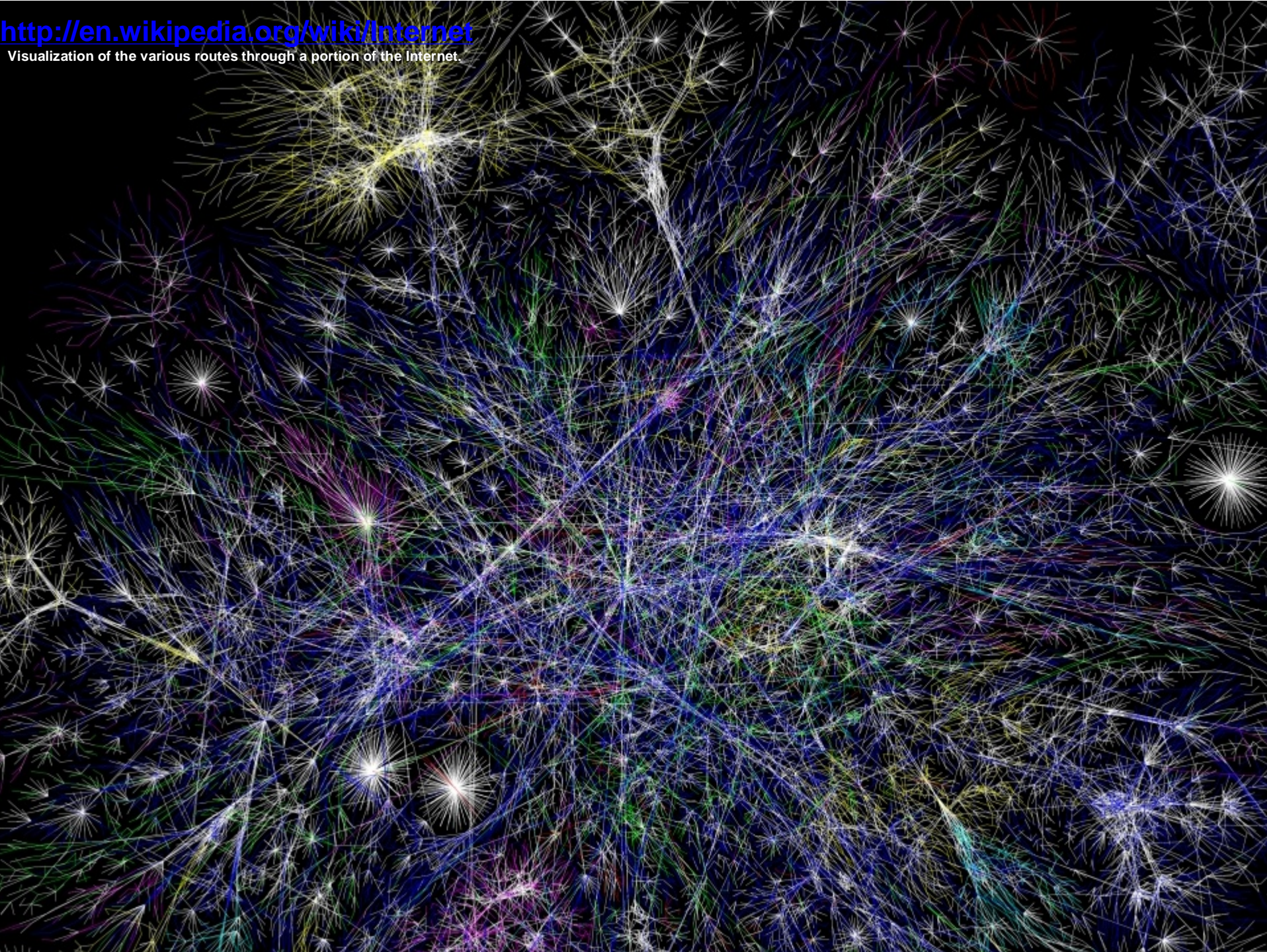
Múlt óra!

Ma!

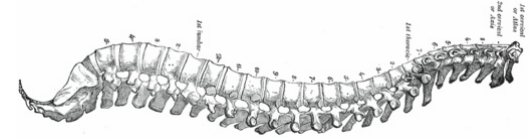


<http://en.wikipedia.org/wiki/Internet>

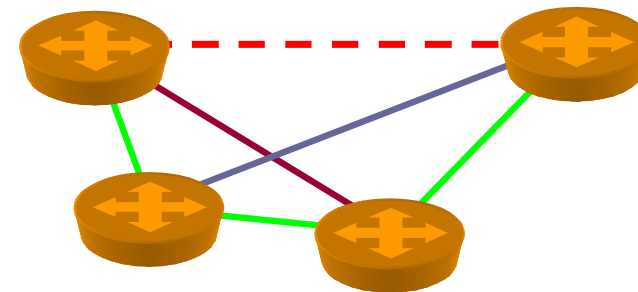
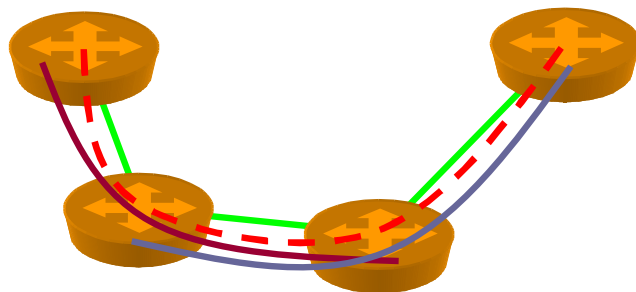
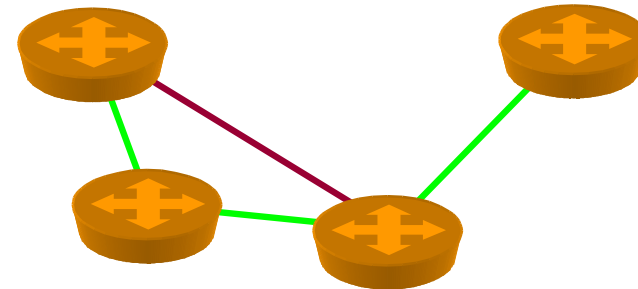
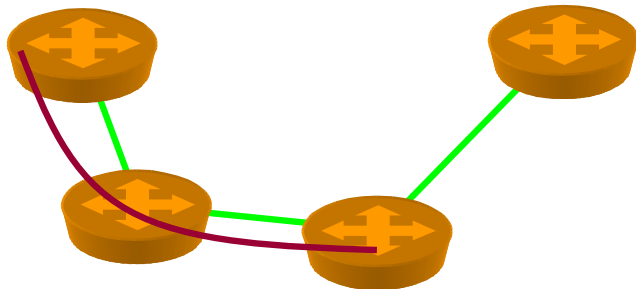
Visualization of the various routes through a portion of the Internet.



IP hálózathoz távközlő gerinc



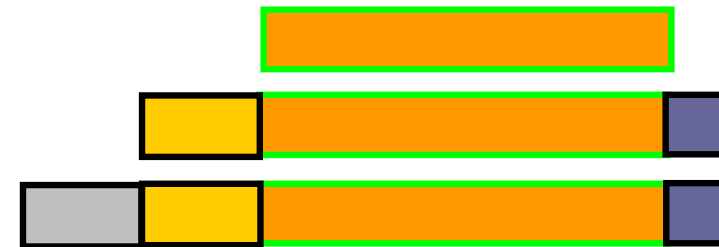
- ⌘ Nagyobb távra „elviszi” a jelet (ISP-n belül és köztük)
- ⌘ Sűrűbb topológia → kevesebb ugrás
- ⌘ Megbízhatóbb, és ha meghibásodik van védelem
- ⌘ Bevált management rendszer



De miért nem elég az SDH ???



- ⌘ Mert beszédre jó, de adatra nem elegendő...
- ⌘ Mert adatátvitelre olyan bonyolult megoldások, hogy:
 - n IP/ATM/SDH
 - n IP/Ethernet/ATM/SDH
 - n IP/MPLS/SDH
 - n IP/PoS/SDH
 - n IP/MAPOS/SDH
 - n stb....



- ⌘ **Túl sok keretezés, ismételt funkciók, bonyolult...**

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

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

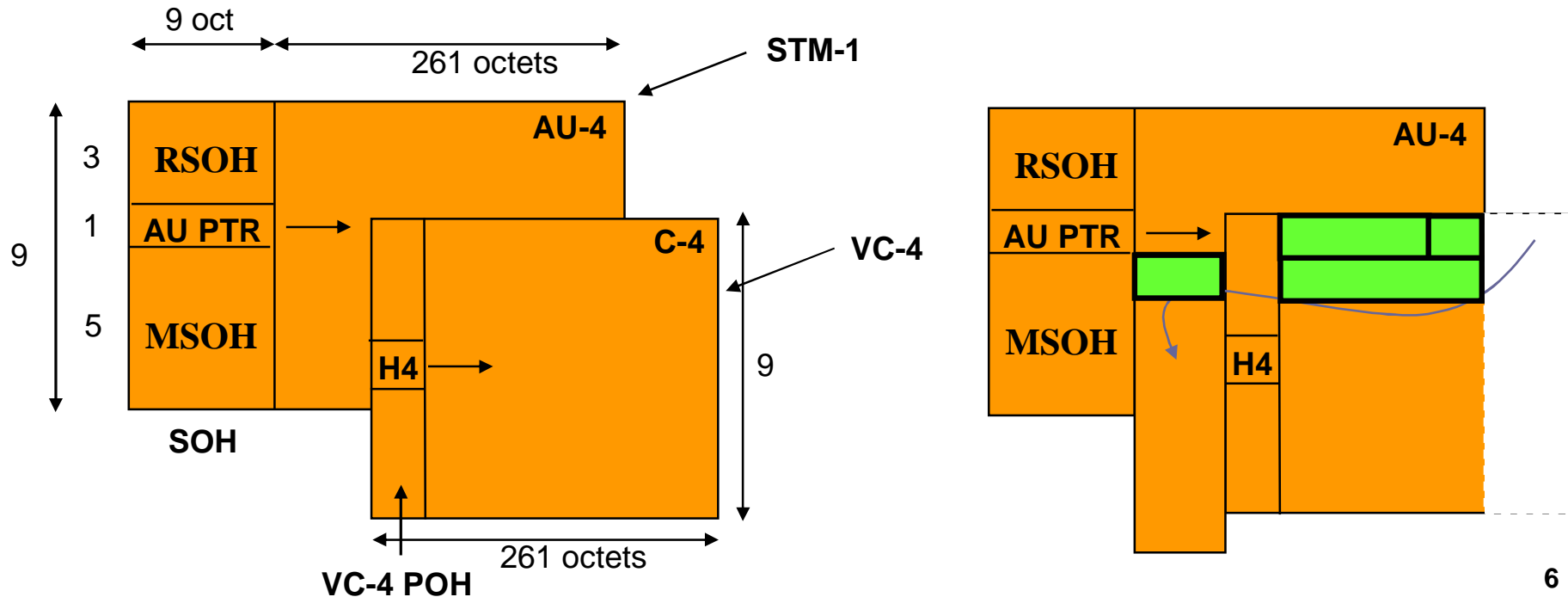
MAPOS: Multiaccess Protocol over SONET/SDH ([RFC2171](#), [RFC2176](#))

SDH keretszervezés (ITU-T G.707)

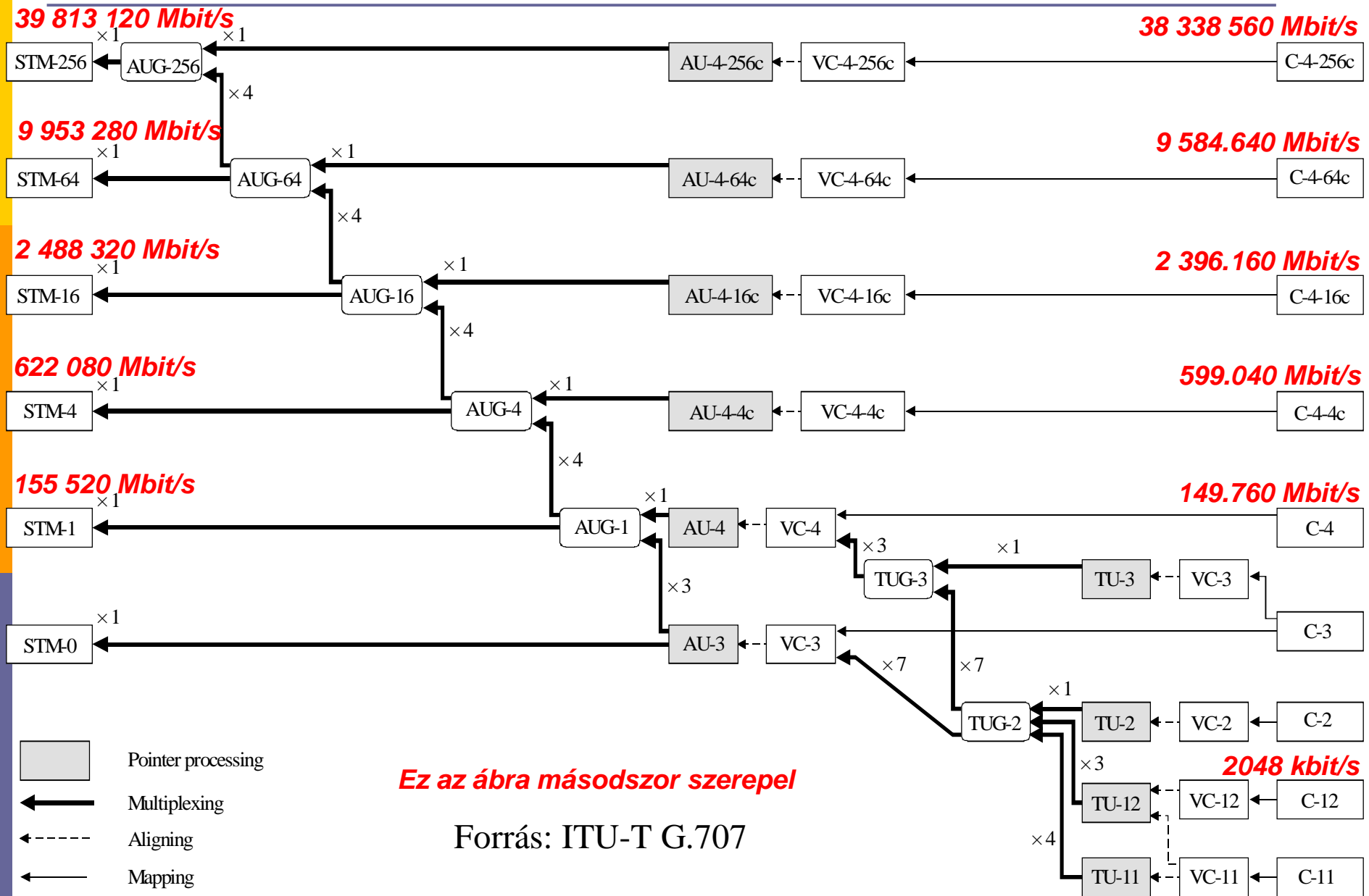
p Csomagokkal, keretekkel töltjük a konténereket:

- n VC-4: 149.760 Mbit/s = 260 oszlop x 9 sor x 8 bit x 8000 keret/s
- n VC-4-4c: 599.040 Mbit/s
- n VC-4-16c: 2 396.160 Mbit/s
- n VC-4-64c: 9 584.640 Mbit/s

p **Túl merev sávszélesség lépcsők**



ITU-T G.707 – Multiplexelési struktúra



Ez az ábra másodszor szerepel

Forrás: ITU-T G.707

SDH/SONET hátrányok

- n Nincs dinamikus útvonalválasztás
 - p Konfigurált (provisioned), nem kapcsolt (nincs is vezérlősík)

- n Rossz granularitás
 - p Eleve csak állandó sebességű forgalmakra

- n Statisztikus nyalábolás (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”

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

SDH/SONET kompatibilis

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

GFP: Generic Framing Procedure

(Általános keretezési eljárás)

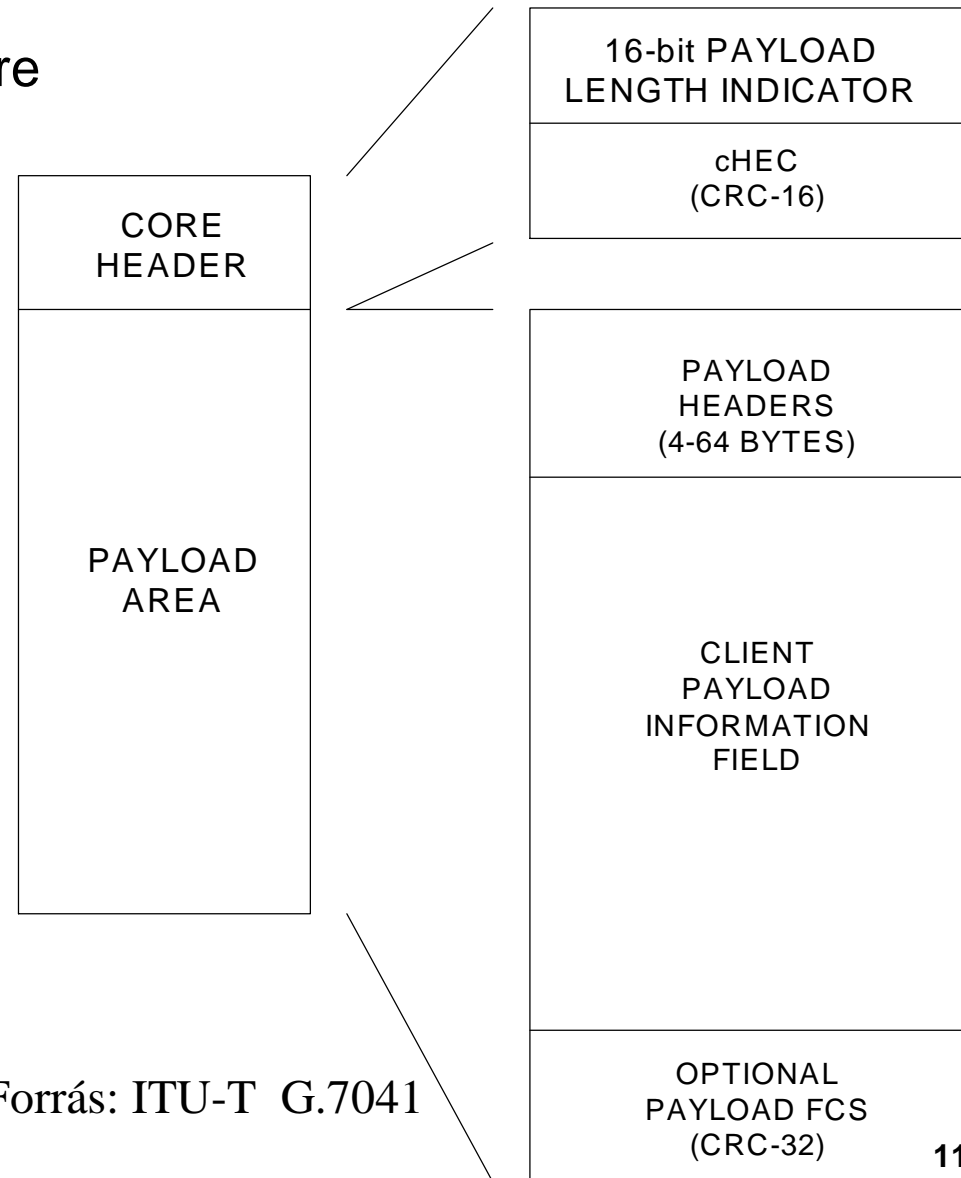
- n Core Header (scrambled)
- n Payload („rakomány”)
- n CRC
- n Oktett szinkron

Két üzemmód

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

ctrl & felhasználói keretek

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



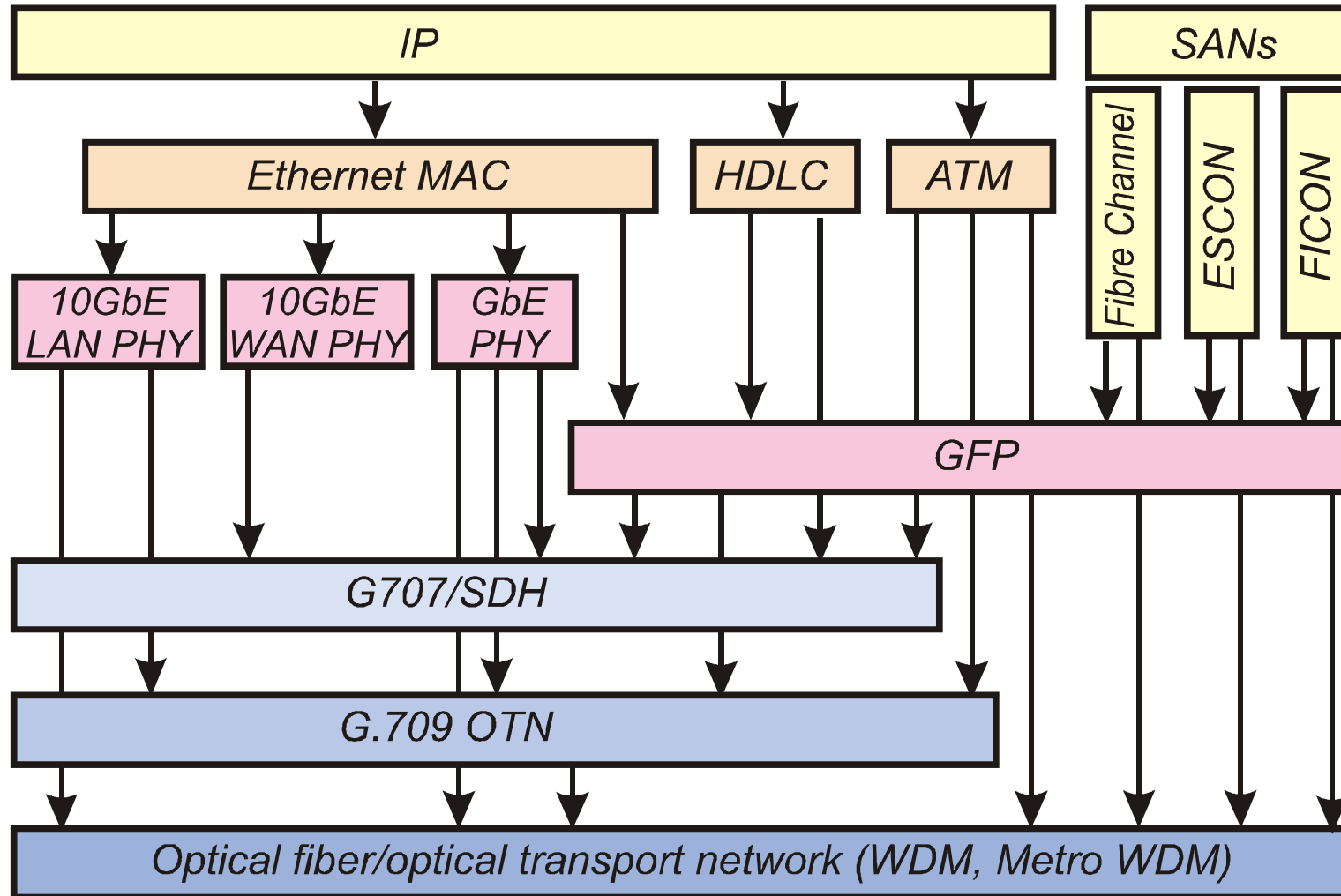
Forrás: ITU-T G.7041

GFP: Generic: Általános?

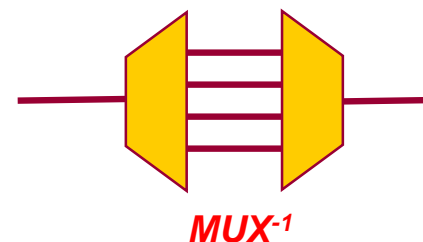
Generic?

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

GFP: Átalános



- p Vcat: Virtual Concatenation
- p Folytonos helyett virtuális összefűzés (concatenation)
- p Virtuális (K4:b2)
 - n Jobb granularitás
 - n Jobb erőforráskihasználás
 - n Nagyobb sávszélességű csatornák hozhatók létre
 - p **Inverz MUX!**
 - p jobb stat. mux.
 - n 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 Rodriguez-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



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



Múlt óra!

Ma!

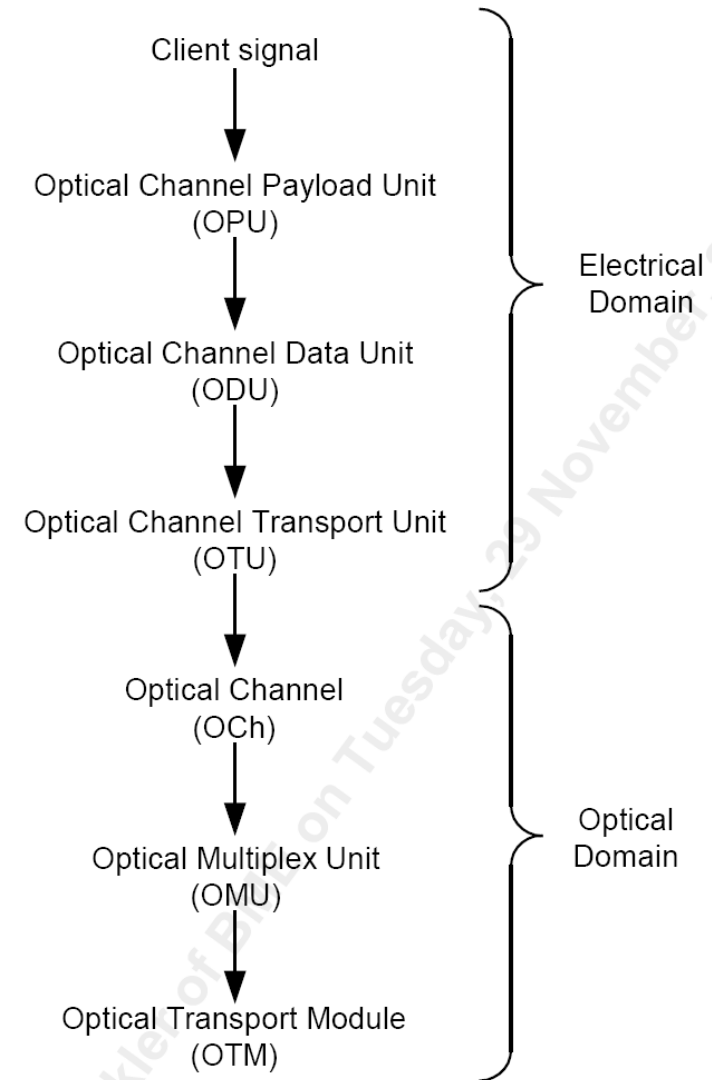
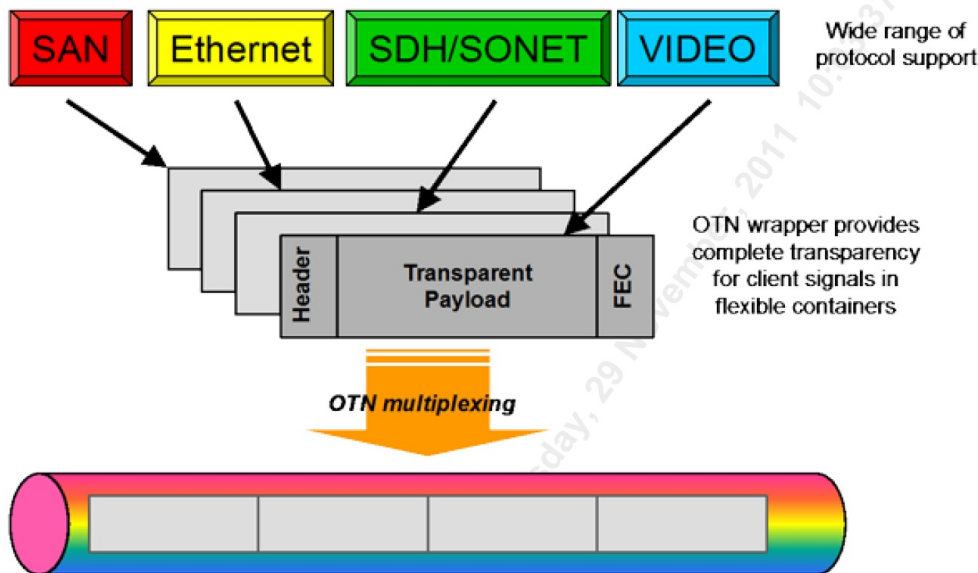


10.4. OTN: G.872 + G. 709 + stb.

p Optical Transport Network - Digital Wrapper

p Optikai Szállítóhálózat

n Együttes hullámhossz ÉS időosztásos nyalábolás!



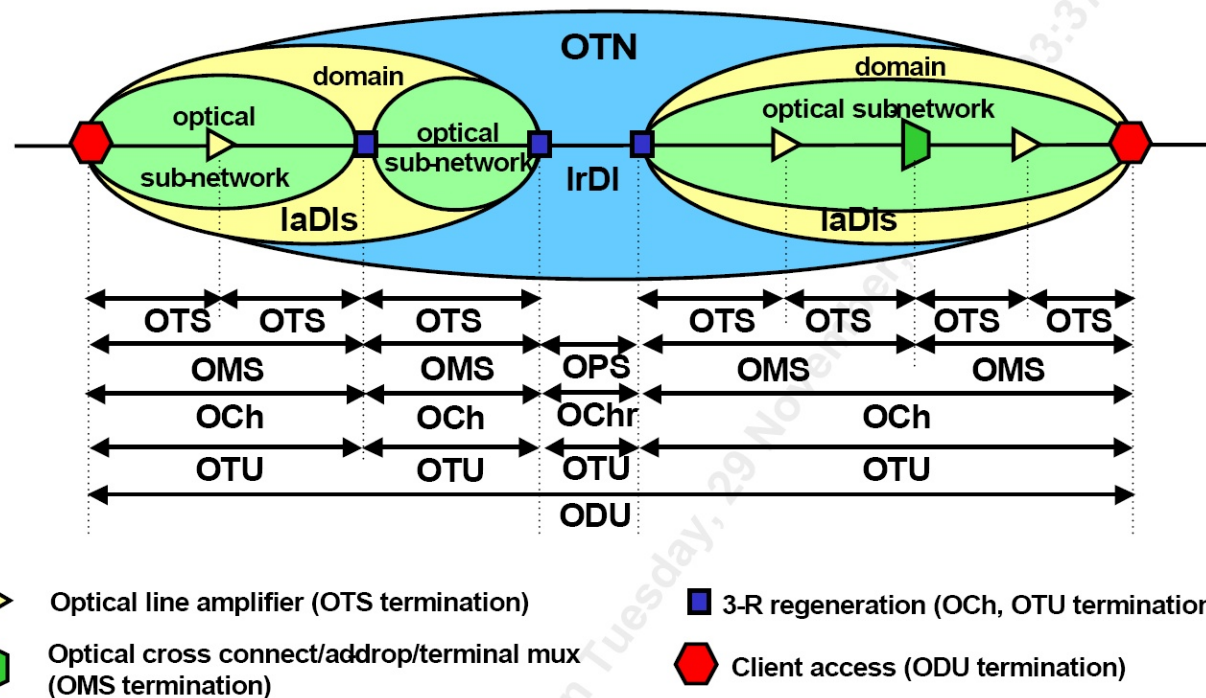
<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com15/otn/OTNtutorial.pdf>

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

G.709 OTN

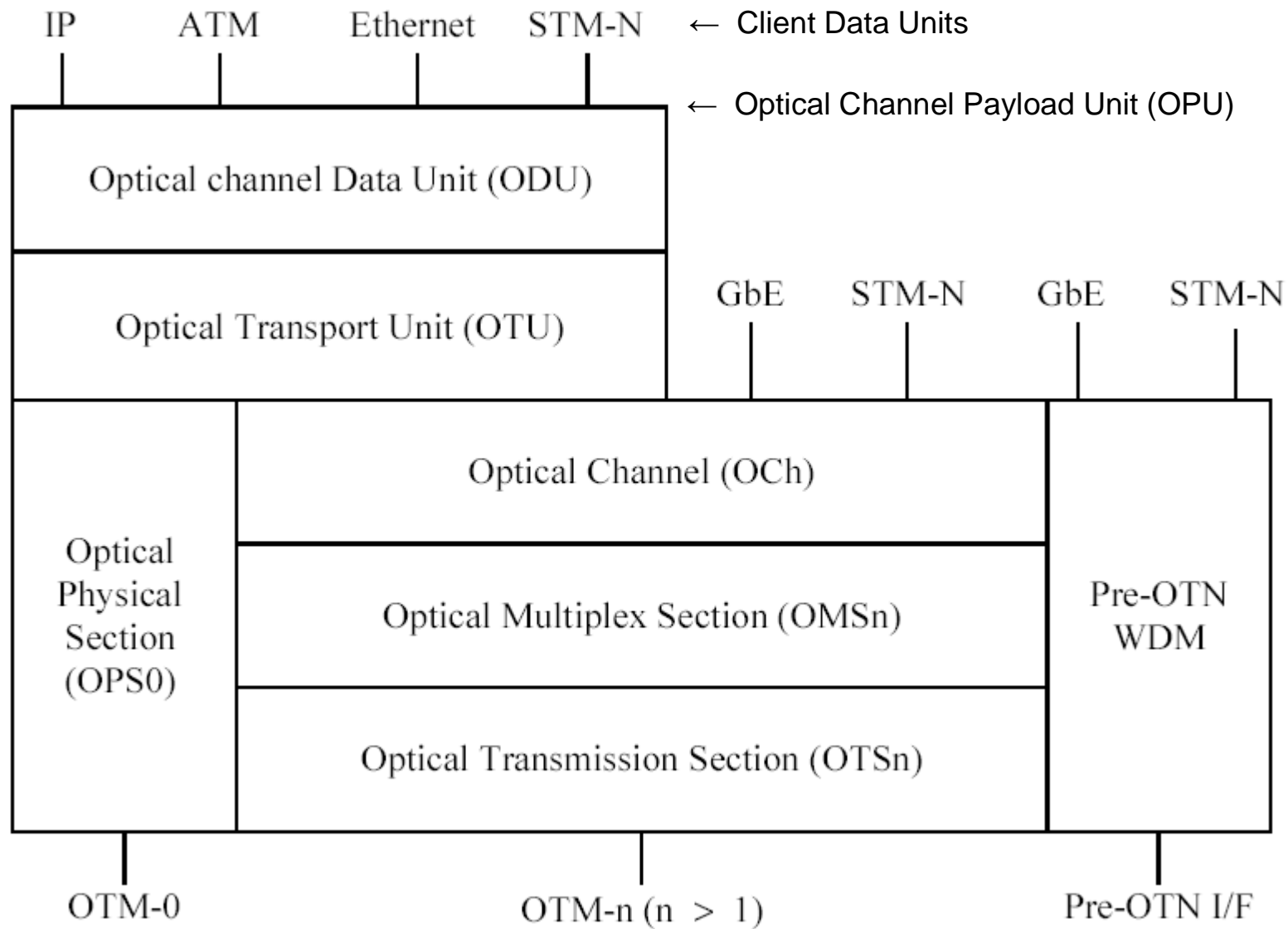
Optical Transport Network (Optikai szállító hálózat):

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

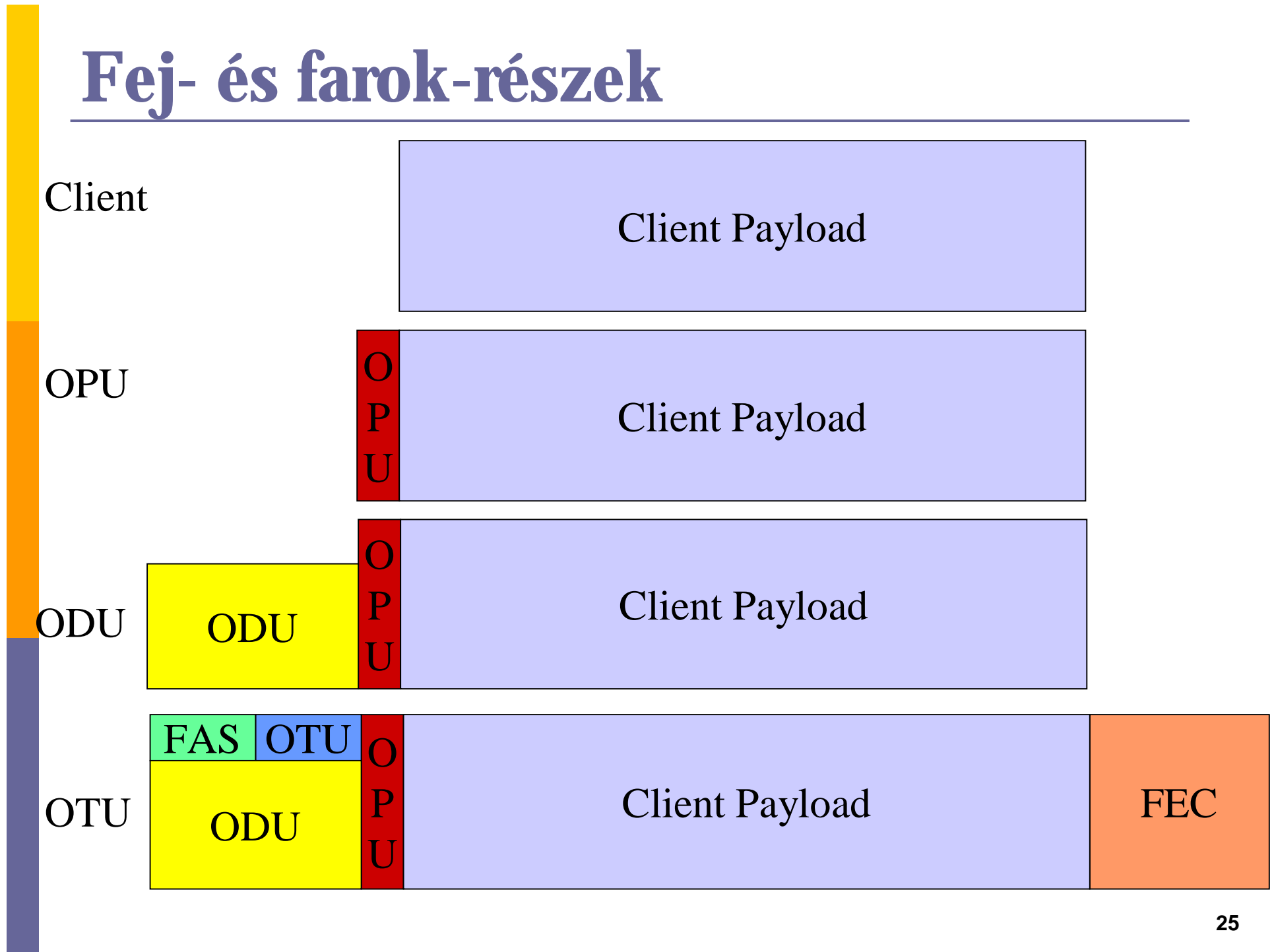


Forrás: https://www.pmc-sierra.com/myPMC/download.html?res_id=101211&filename=2081250_otn_tutorial_101211.pdf

Az OTN és WDM viszonya



Fej- és farok-részek



Az OCh keret

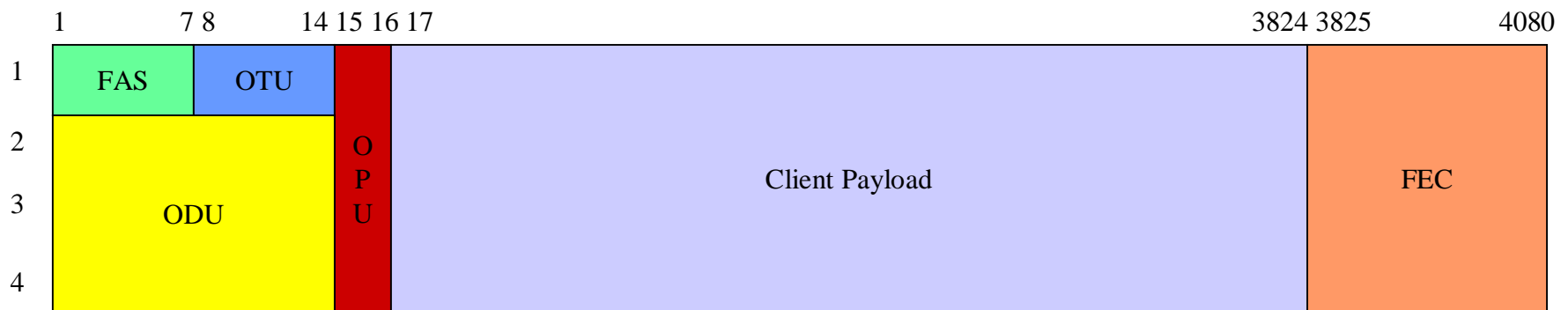
OTU: Optical Channel Transport Unit (Optikai csatorna szállító egysége)

FAS: Frame Alignment Signal (keretszinkronszó)

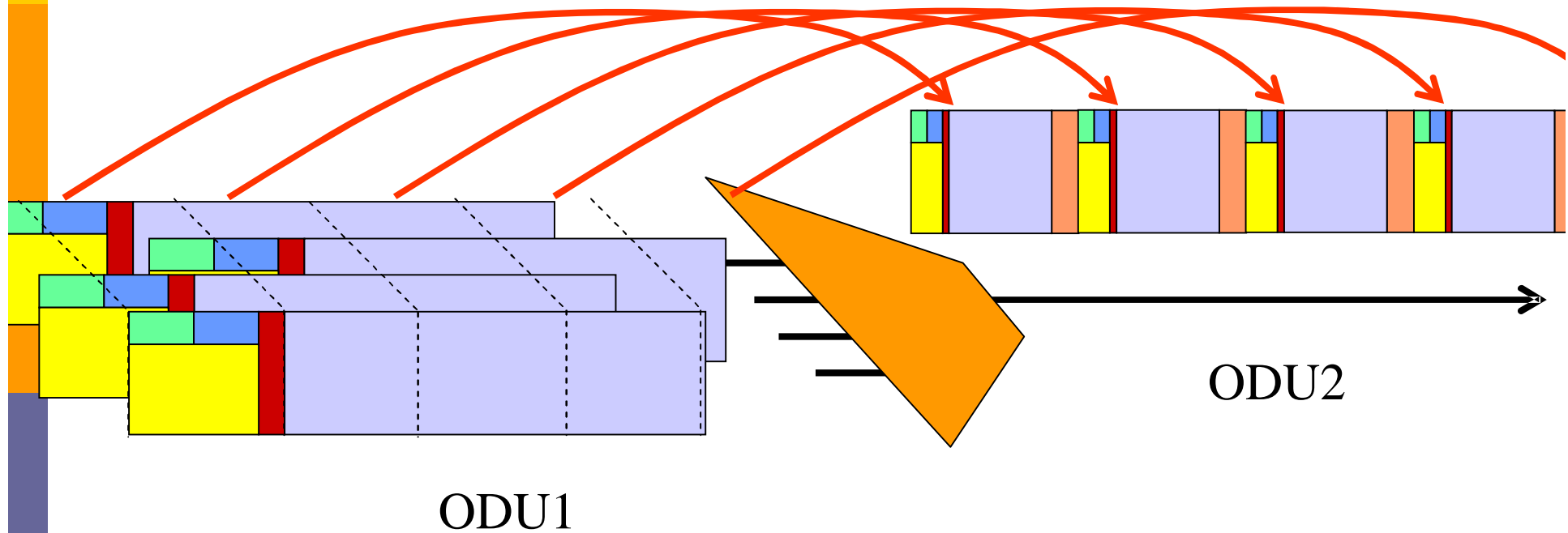
FEC: Forward Error Correction (OTU FEC)

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 [μ 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 ± 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:

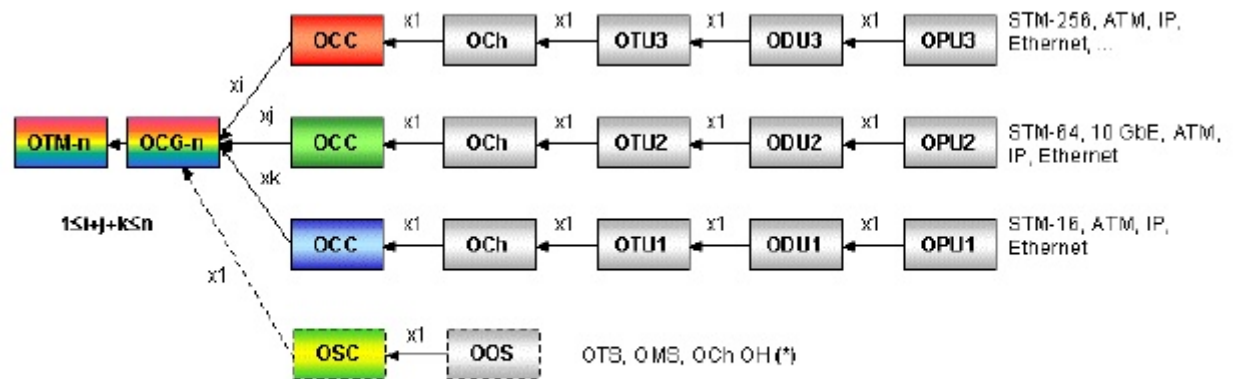
n: λ -k száma

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

Példák

- p SDH, GFP közvetlenül OTN keretbe
- p 1 STM-16 keret → 2.55 OTU-1 keret
16x270x9 byte bruttó / 3808x4 byte nettó = 2.55
- p 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

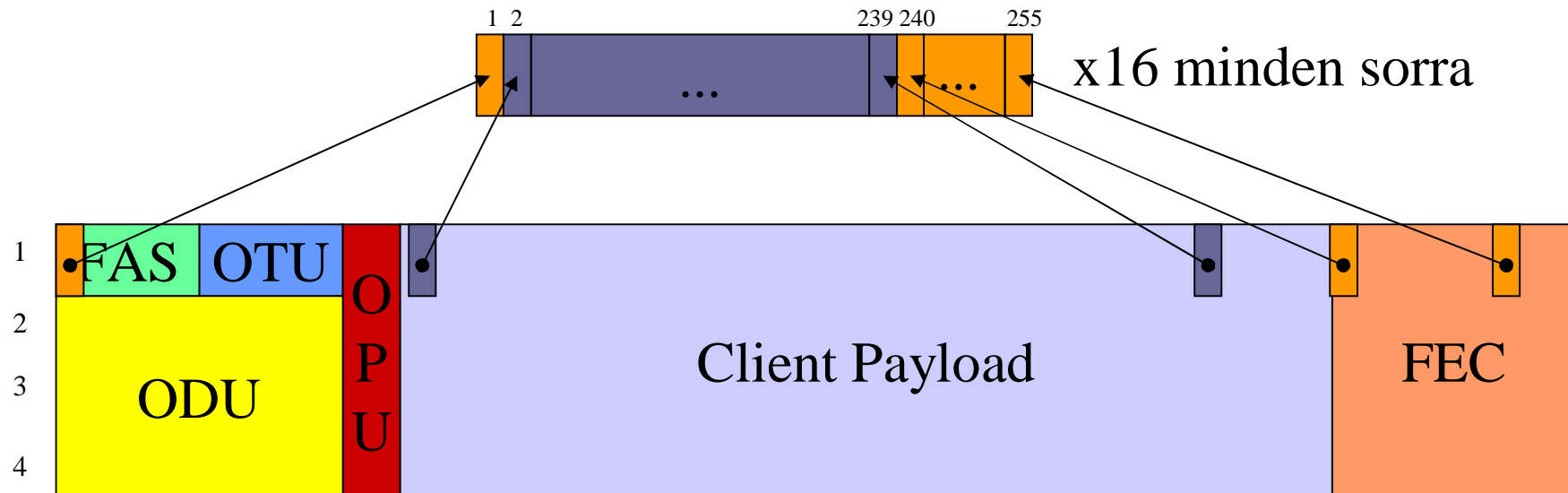


RS (255,239) Reed Solomon kód, mert

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

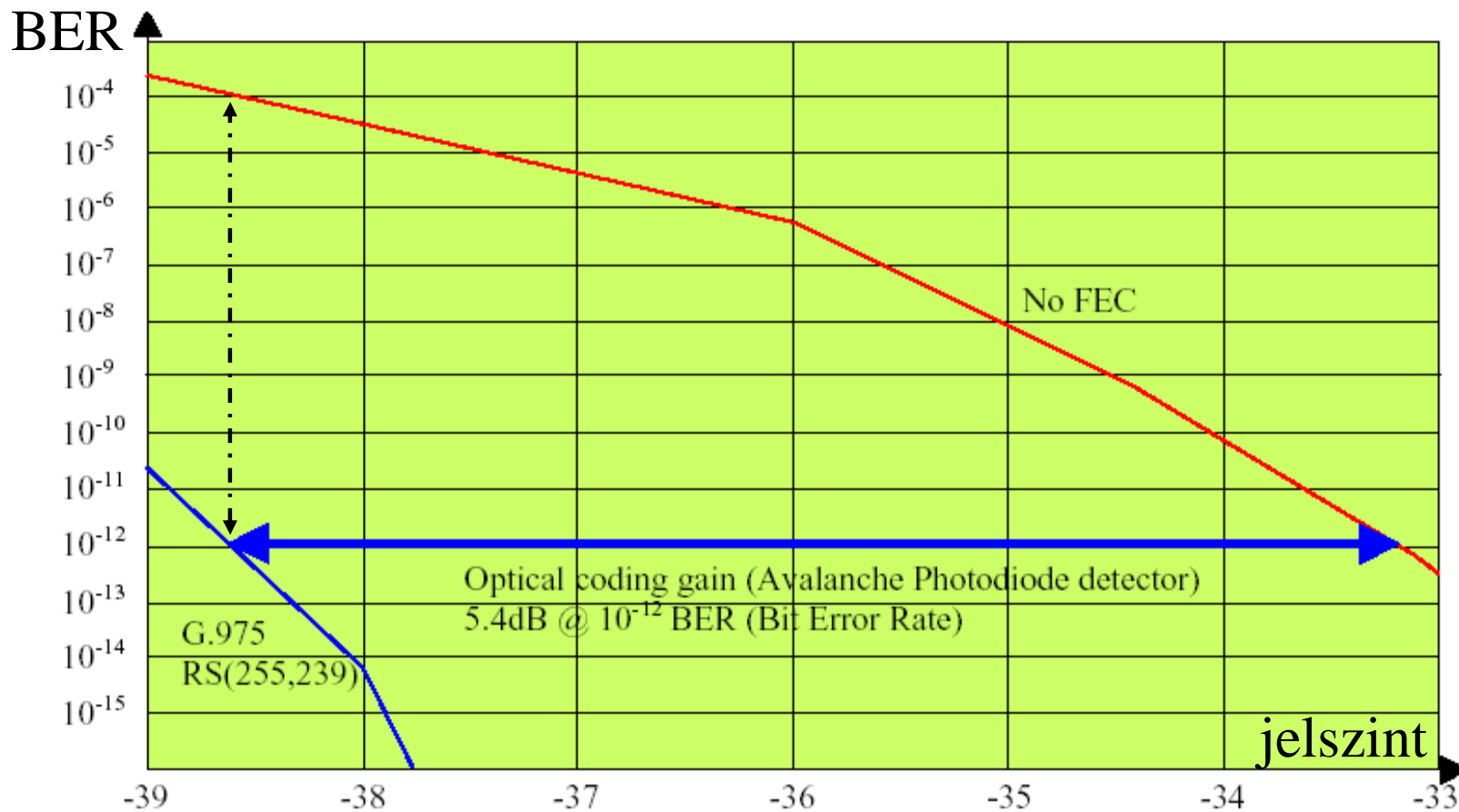
16 blokk fésűszerűen

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



A FEC nyeresége (1)

A BER függése a jelszinttől FEC-el és nélküle



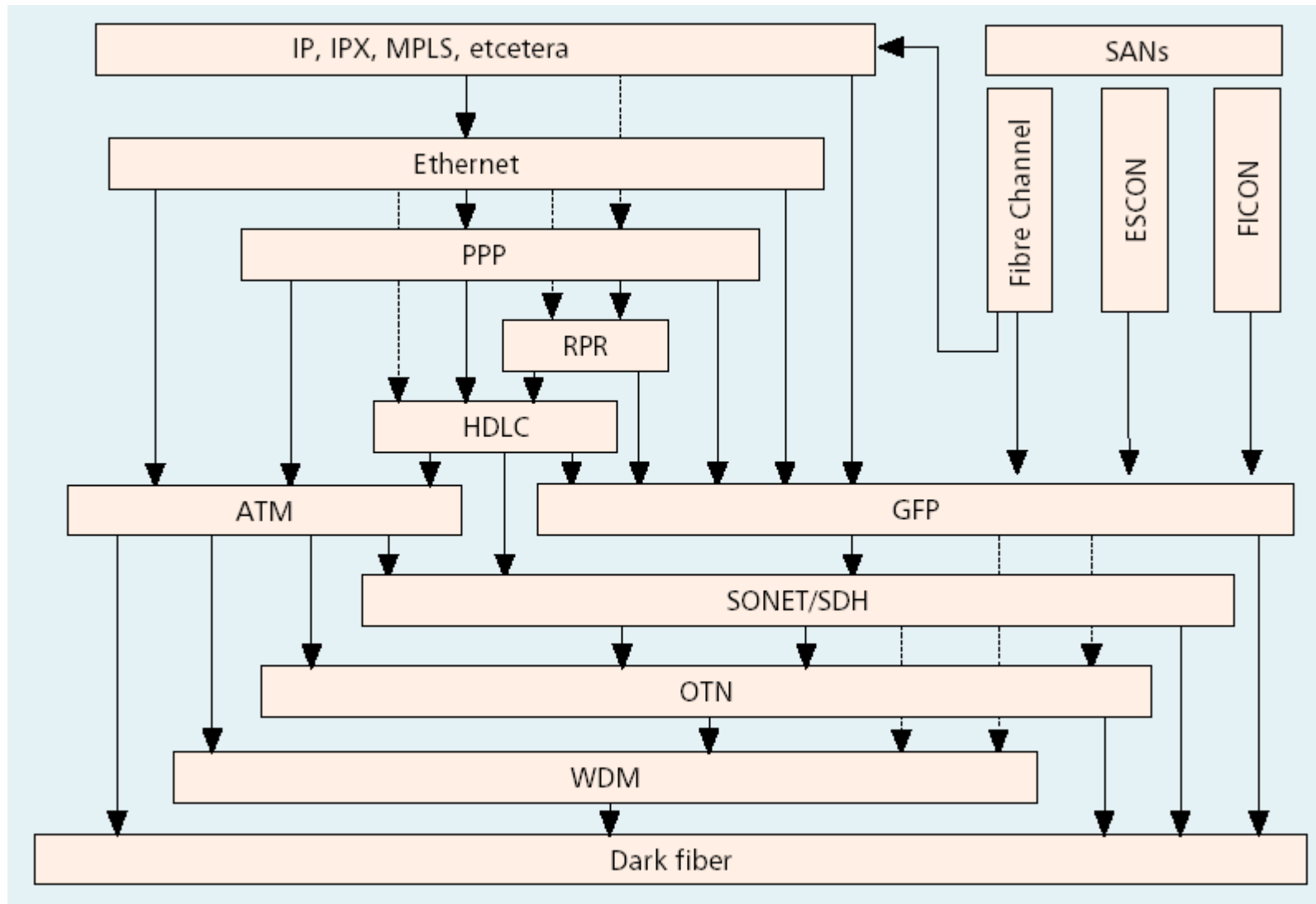
Forrás: Guylain Barlow, Innocor Ltd.: [A G.709 Optical Transport Network Tutorial](#)

Miért használjunk FEC-et?

(DW, OTN, G.709)

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

p SDH nem elég

SDH +GFP+VirCat+LCAS → ngSDH

p **(TDM+FEC) + (WDM+Mngmnt) → OTN**

OTN + GFP+VirCat+LCAS + Ctrl → 

Rövidítésjegyzék (OTN témakör)

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