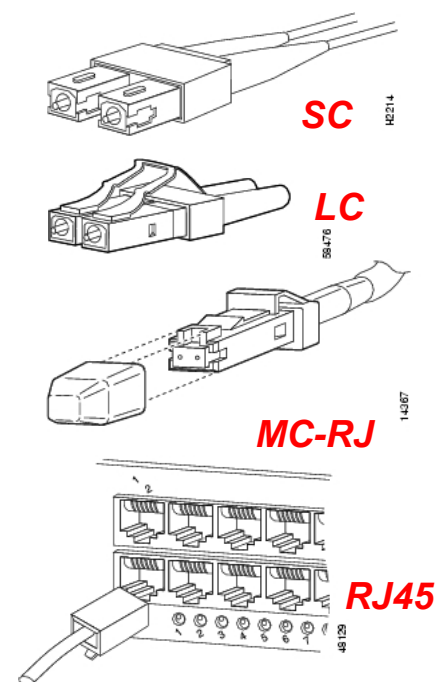
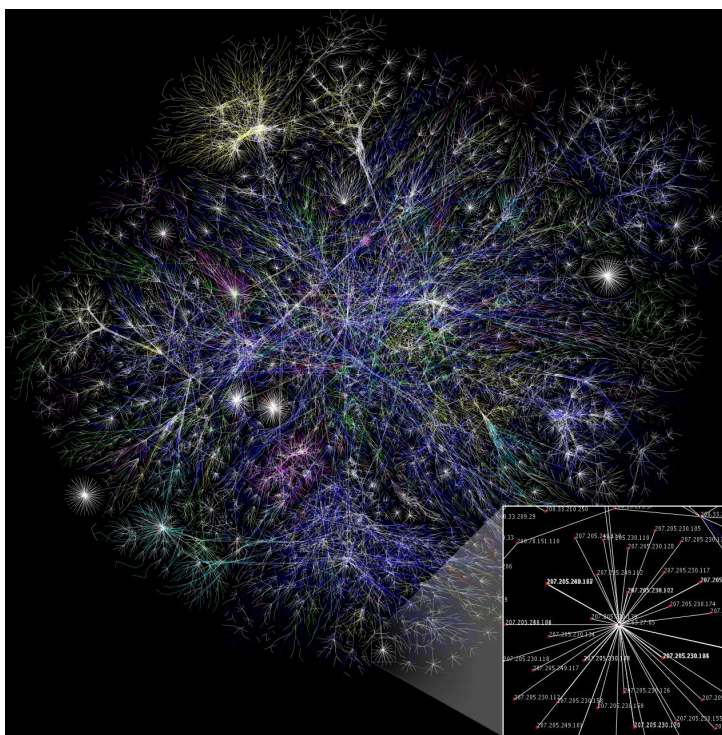


Távközlő hálózatok és szolgáltatások

9. Gerinchálózati (Transzport) Technikák (második rész)

Cinkler Tibor
BME TMIT
2009. december 2.
Szerda, IB.028



A tárgy felépítése

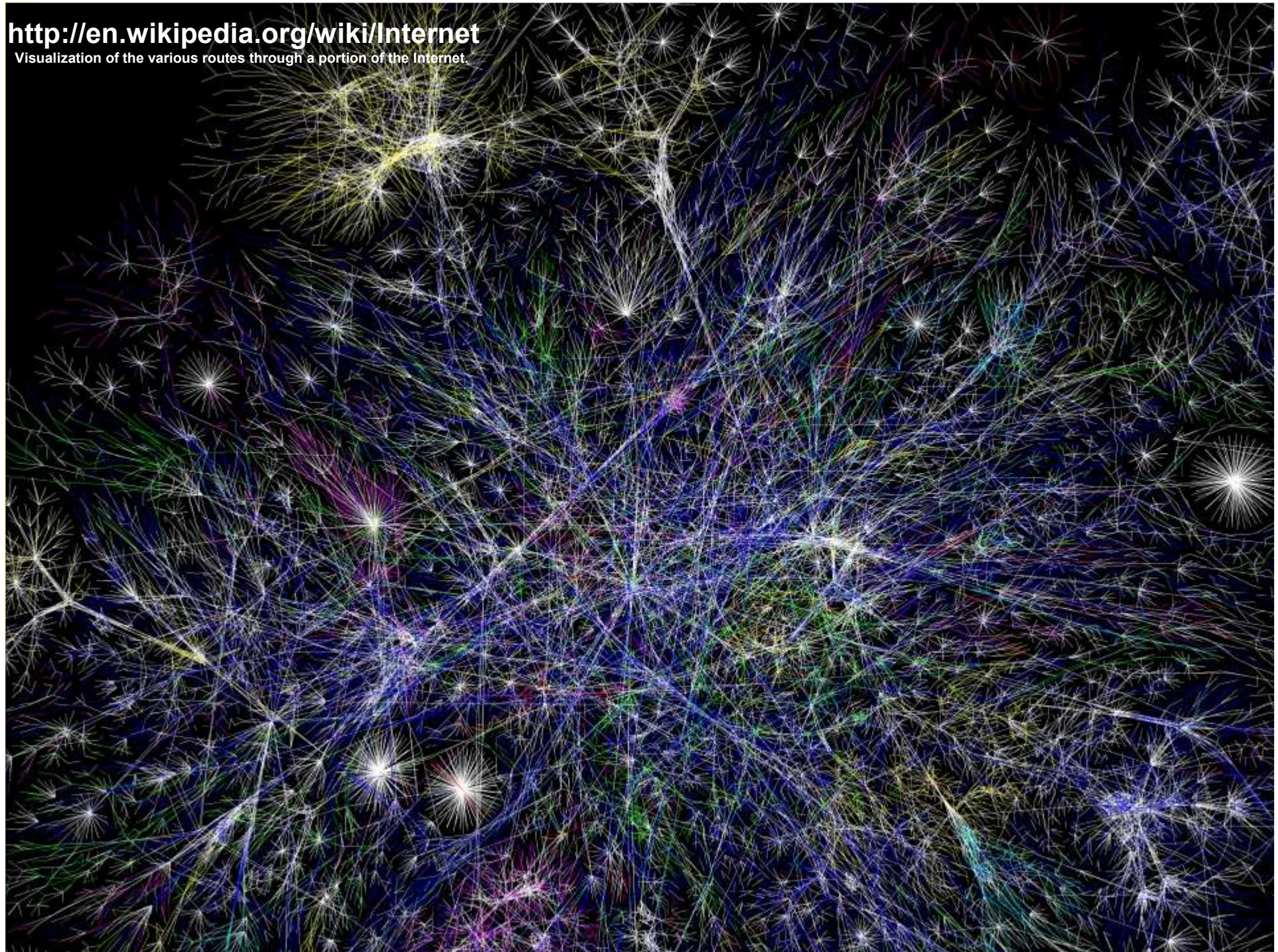


- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Jelátviteli követelmények, kodekek
- 7. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 8. Jelzésátvitel
- **9. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)** ←
 - **9.1 PDH** (Pleziokron Digitális Hierarchia) } *Múlt óra!*
 - **9.2 SDH** (Szinkron Digitális Hierarchia) }
 - **9.3 ngSDH** (next generation SDH) } *Ma!*
 - **9.4 OTN** (Optical Transport Network) }
- 10. Hálózati szolgáltatások (Henk Tamás)
- 11. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)

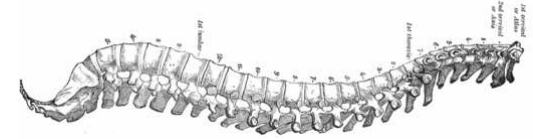


<http://en.wikipedia.org/wiki/Internet>

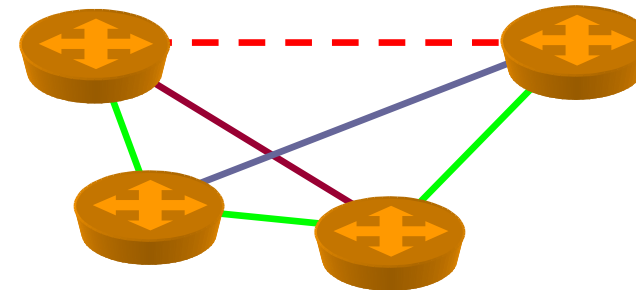
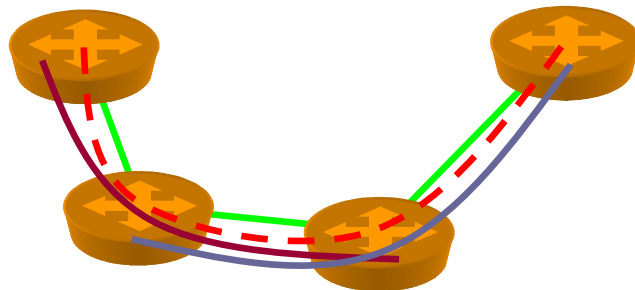
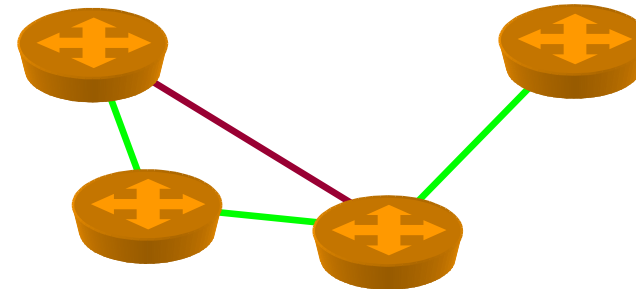
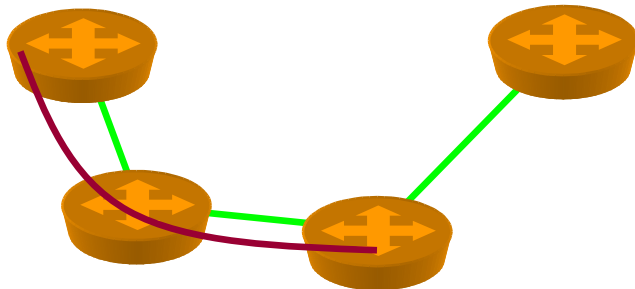
Visualization of the various routes through a portion of the Internet.



IP hálózathoz távközlő gerinc



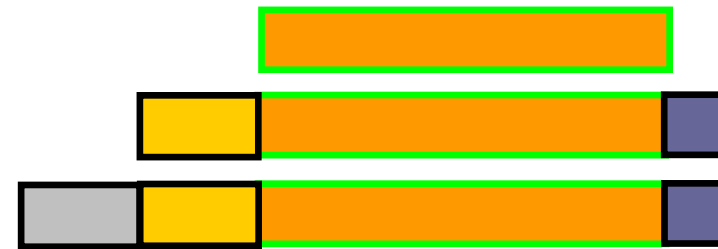
- Nagyobb távra „elviszi” a jelet (ISP-n belül és köztük)
- Sűrűbb topológia → kevesebb ugrás
- Megbízhatóbb, és ha meghibásodik van védelem
- Bevált management rendszer



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](#))

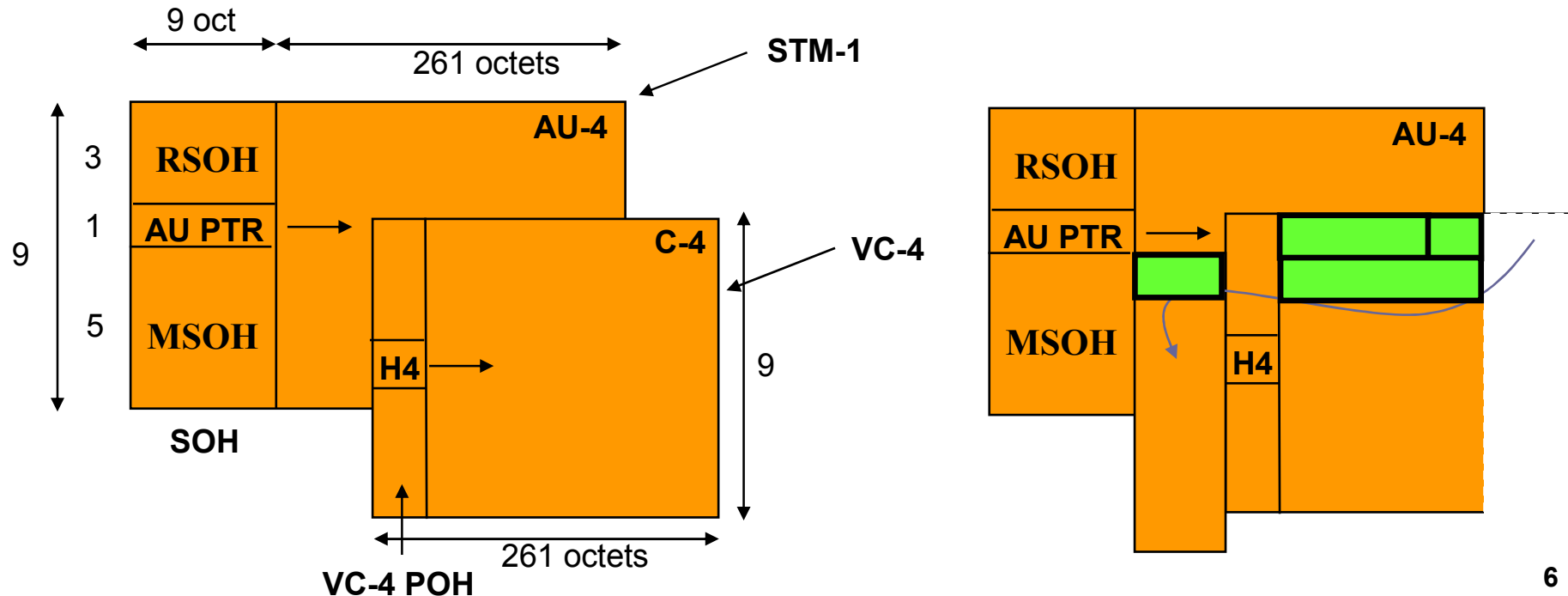
MAPOS: Multiaccess Protocol over SONET/SDH ([RFC2171](#), [RFC2176](#))

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



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>

5.3. 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)

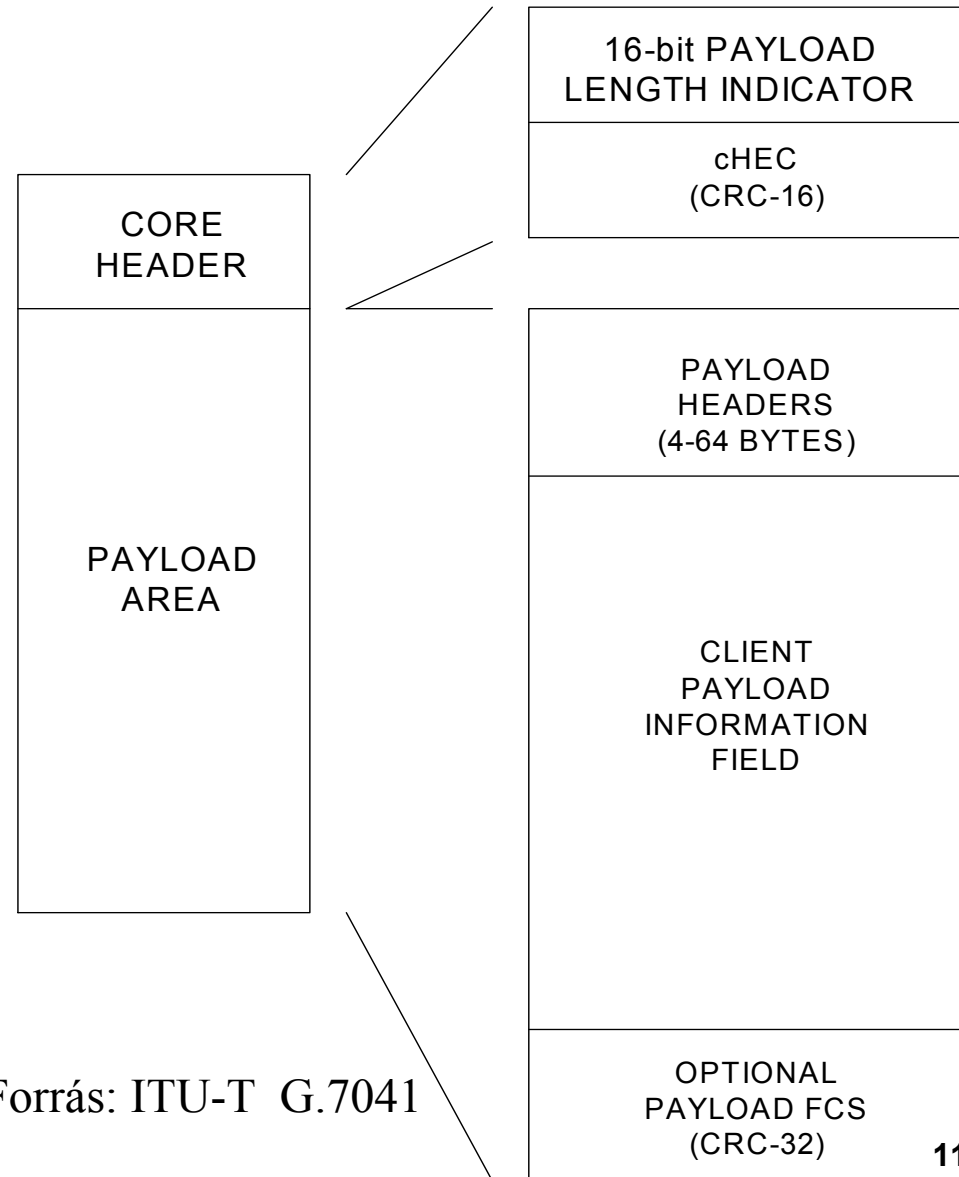
- Core Header (scrambled)
- Payload („rakomány”)
- CRC
- Oktett szinkron

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	



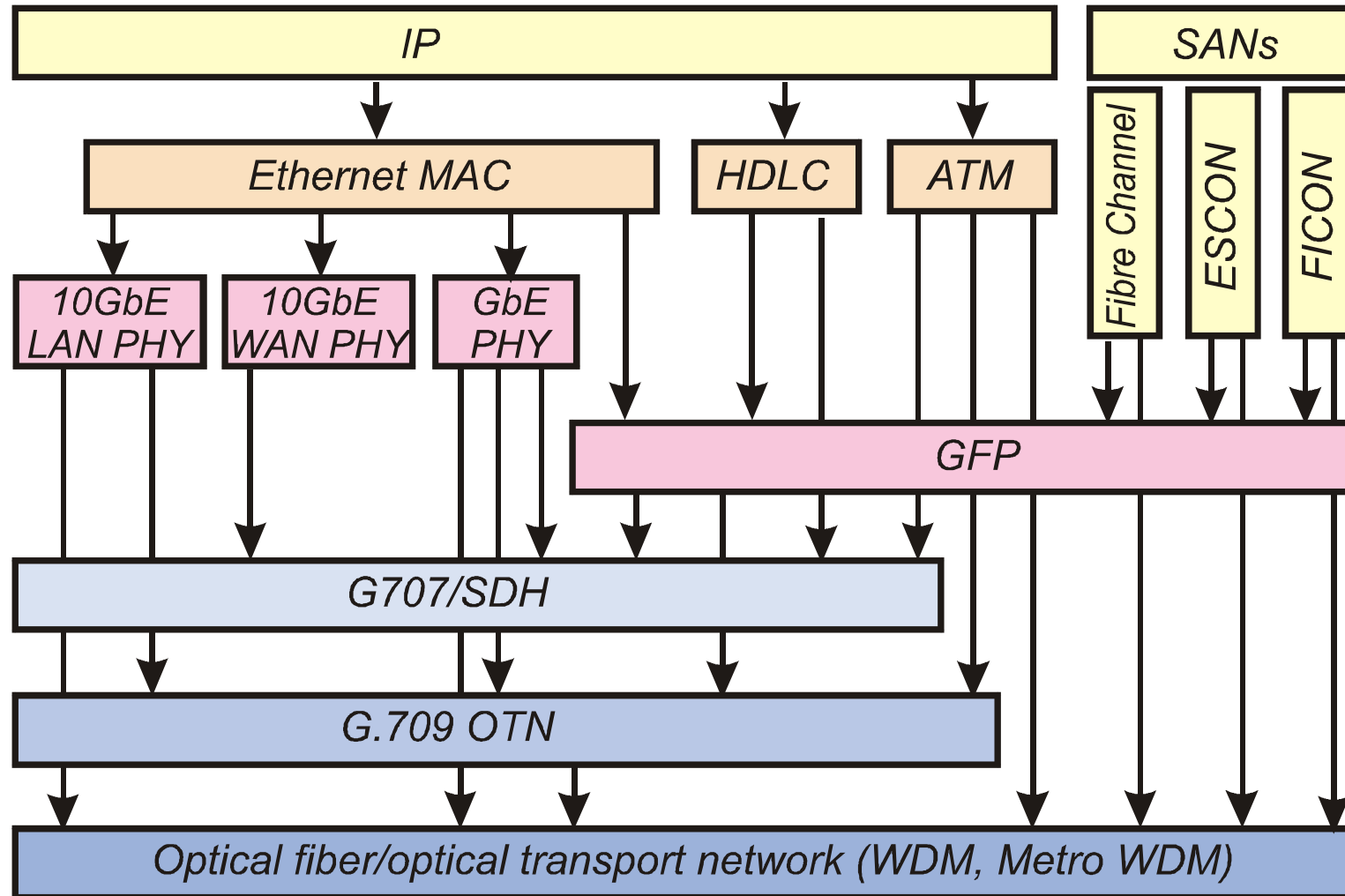
Forrás: ITU-T G.7041

GFP: Generic: Általános?

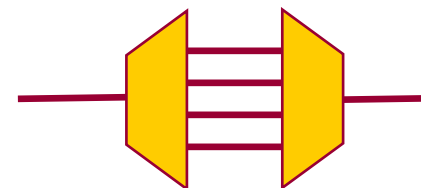
Generic?

- **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

VCat: ITU-T G.707

A 14. oldal kiegészítése, órán nem hangzott el!

Table 11-2/G.707 – Capacity of Virtually Concatenated VC-1n-Xv

	If carried in	X	Capacity	In steps of
VC-11-Xv	VC-3 (Note 1)	1 to 28	1600 kbit/s to 44 800 kbit/s	1600 kbit/s
VC-11-Xv	VC-4	1 to 64 (Note 2)	1600 kbit/s to 102 400 kbit/s	1600 kbit/s
VC-11-Xv	Unspecified	1 to 64	1600 kbit/s to 102 400 kbit/s	1600 kbit/s
VC-12-Xv	VC-3	1 to 21	2176 kbit/s to 45 696 kbit/s	2176 kbit/s
VC-12-Xv	VC-4	1 to 63	2176 kbit/s to 137 088 kbit/s	2176 kbit/s
VC-12-Xv	Unspecified	1 to 64	2176 kbit/s to 139 264 kbit/s	2176 kbit/s
VC-2-Xv	VC-3	1 to 7	6784 kbit/s to 47 448 kbit/s	6784 kbit/s
VC-2-Xv	VC-4	1 to 21	6784 kbit/s to 142 464 kbit/s	6784 kbit/s
VC-2-Xv	Unspecified	1 to 64	6784 kbit/s to 434 176 kbit/s	6784 kbit/s

NOTE 1 – This option used only for the multiplex structure: C-11 → VC-11 → TU-11 → TUG-2 → VC-3 → AU-3 → STM-0.

NOTE 2 – Limited to 64 due to:

- a) six bits for Sequence indicator in K4 bit 2 frame: and
- b) inefficient and unlikely to map more than 63 VC-11s in VC-4.

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

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. 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) } *Múlt óra!*
 - **9.2 SDH** (Szinkron Digitális Hierarchia) }
 - **9.3 ngSDH** (next generation SDH) }
 - **9.4 OTN** (Optical Transport Network) } *Ma!*
- 10. Hálózati szolgáltatások (Henk Tamás)
- 11. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)



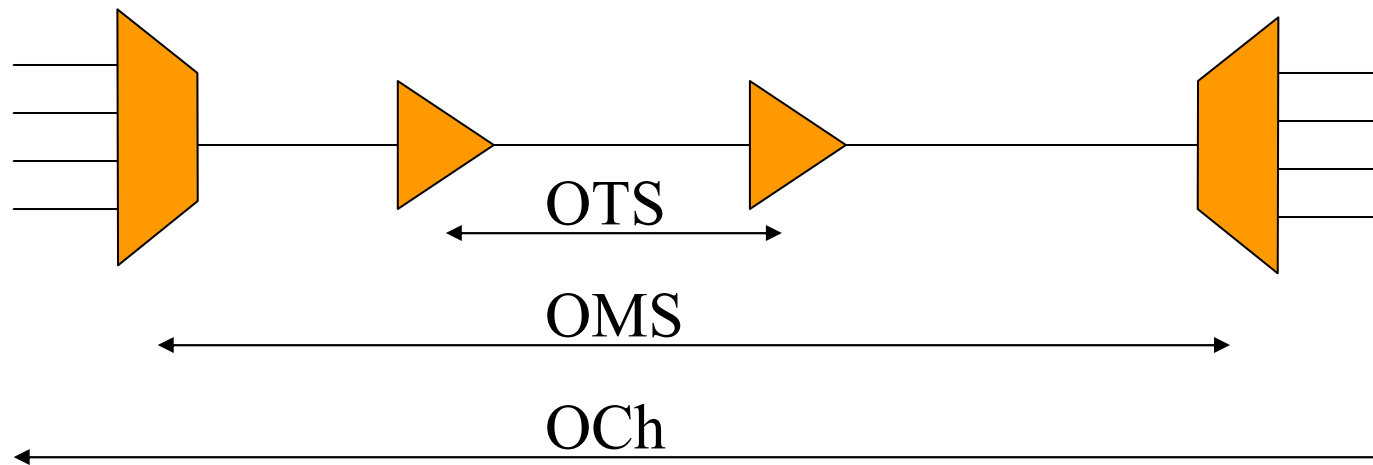
9.4. OTN: G.872 + G. 709 + stb.

- **Optical Transport Network - Digital Wrapper**
- **Optikai Szállítóhálózat**
- **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)**

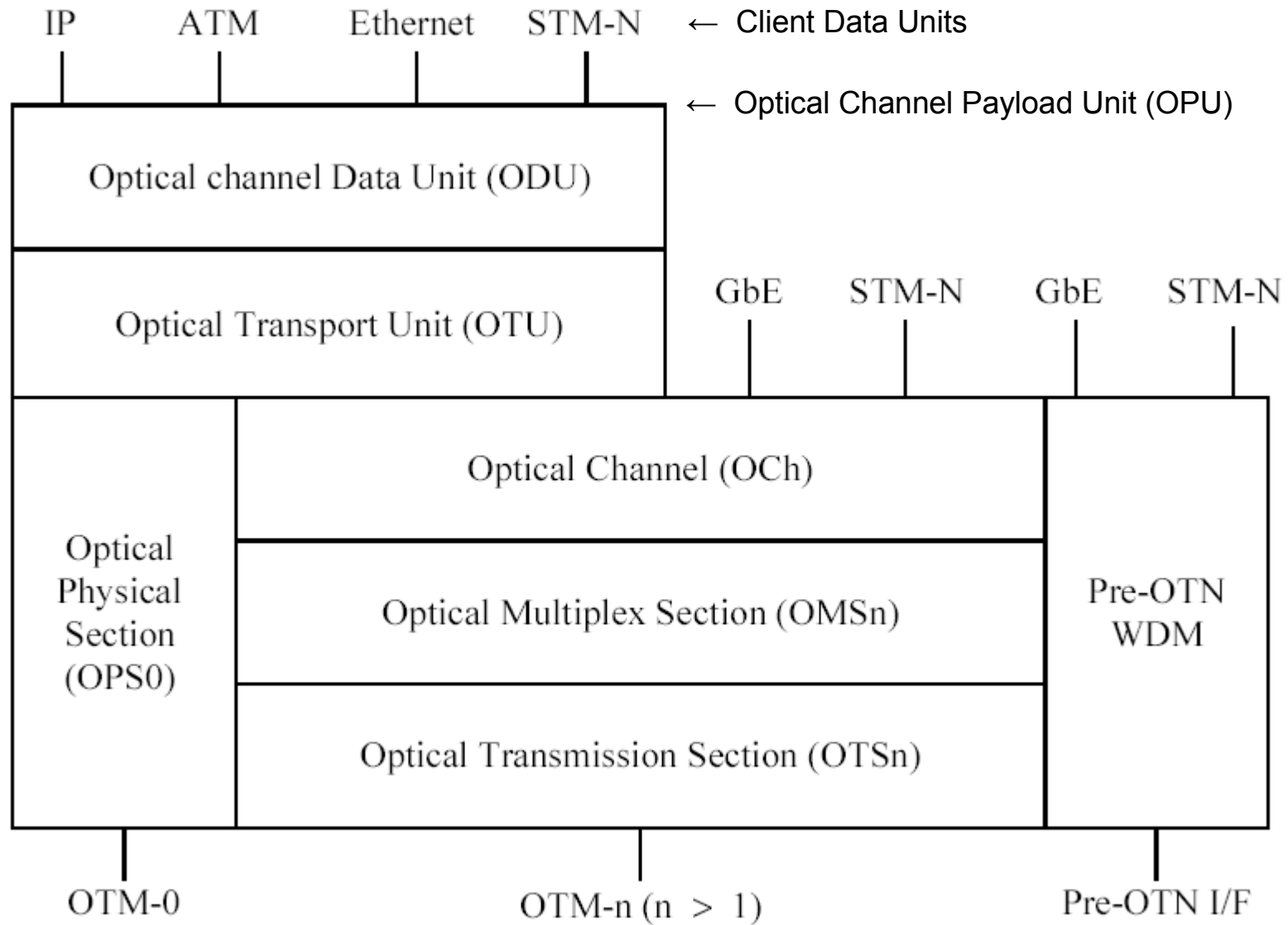
G.709 OTN

Optical Transport Network (Optikai szállító hálózat):

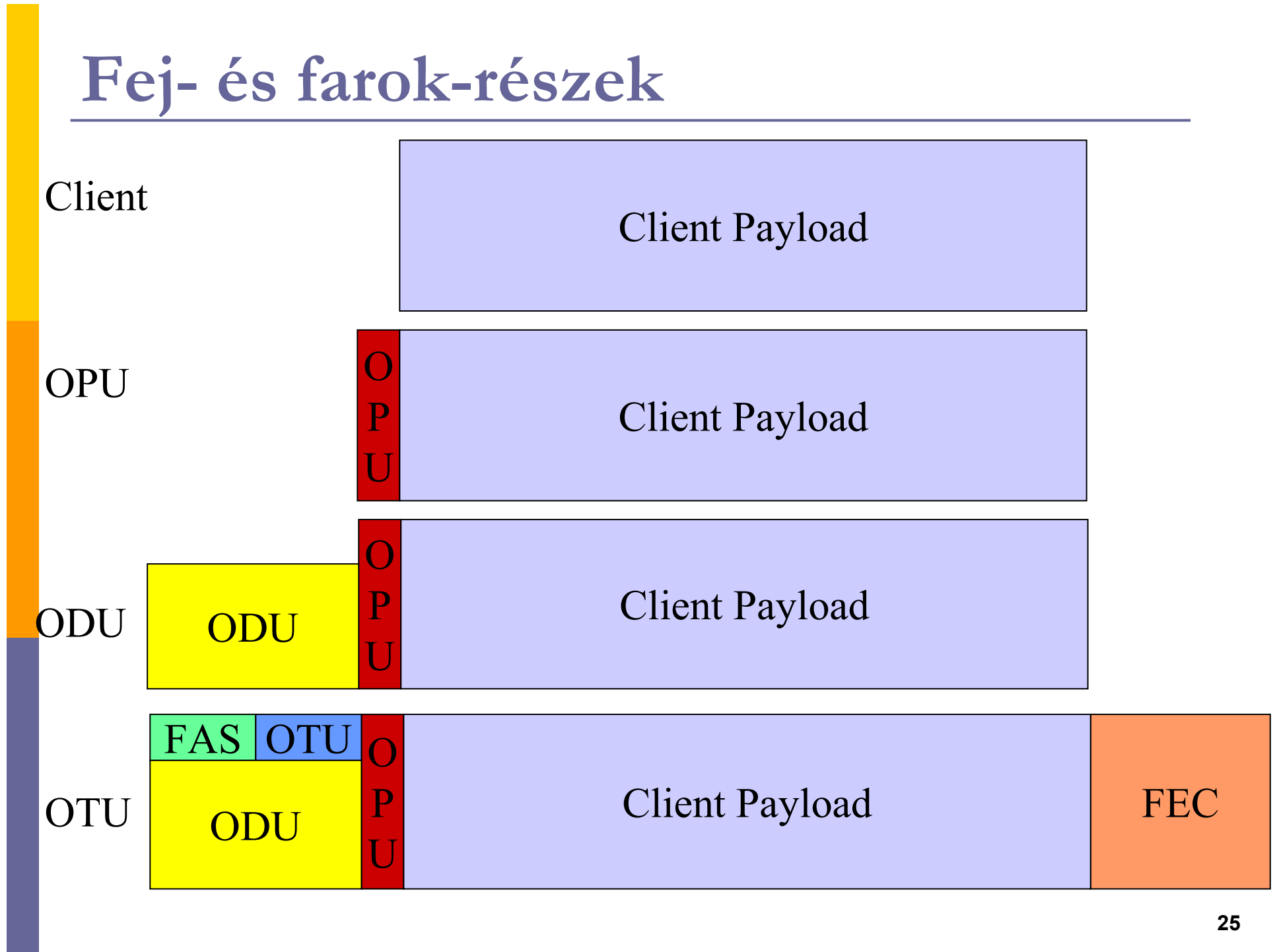
- **OTS: Optical Transmission Section (Átviteli szakasz)**
- **OMS: Optical Multiplex Section (Nyaláboló szakasz)**
- **OCh: Optical (Lambda) Channel (Optikai (hullámhossz) csatorna)**



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

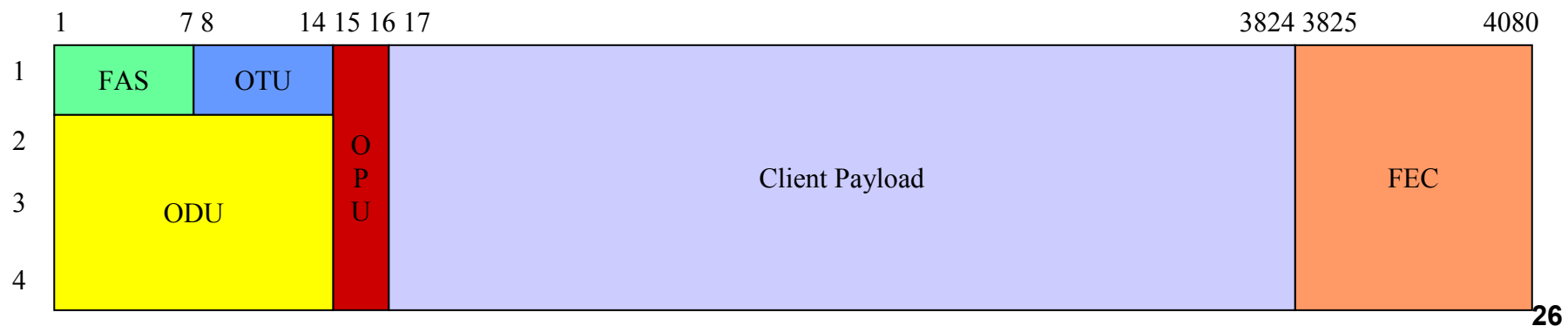
End-to-end path supervision (at ODU level) (GCC1, GCC2)

Tandem connection monitoring

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

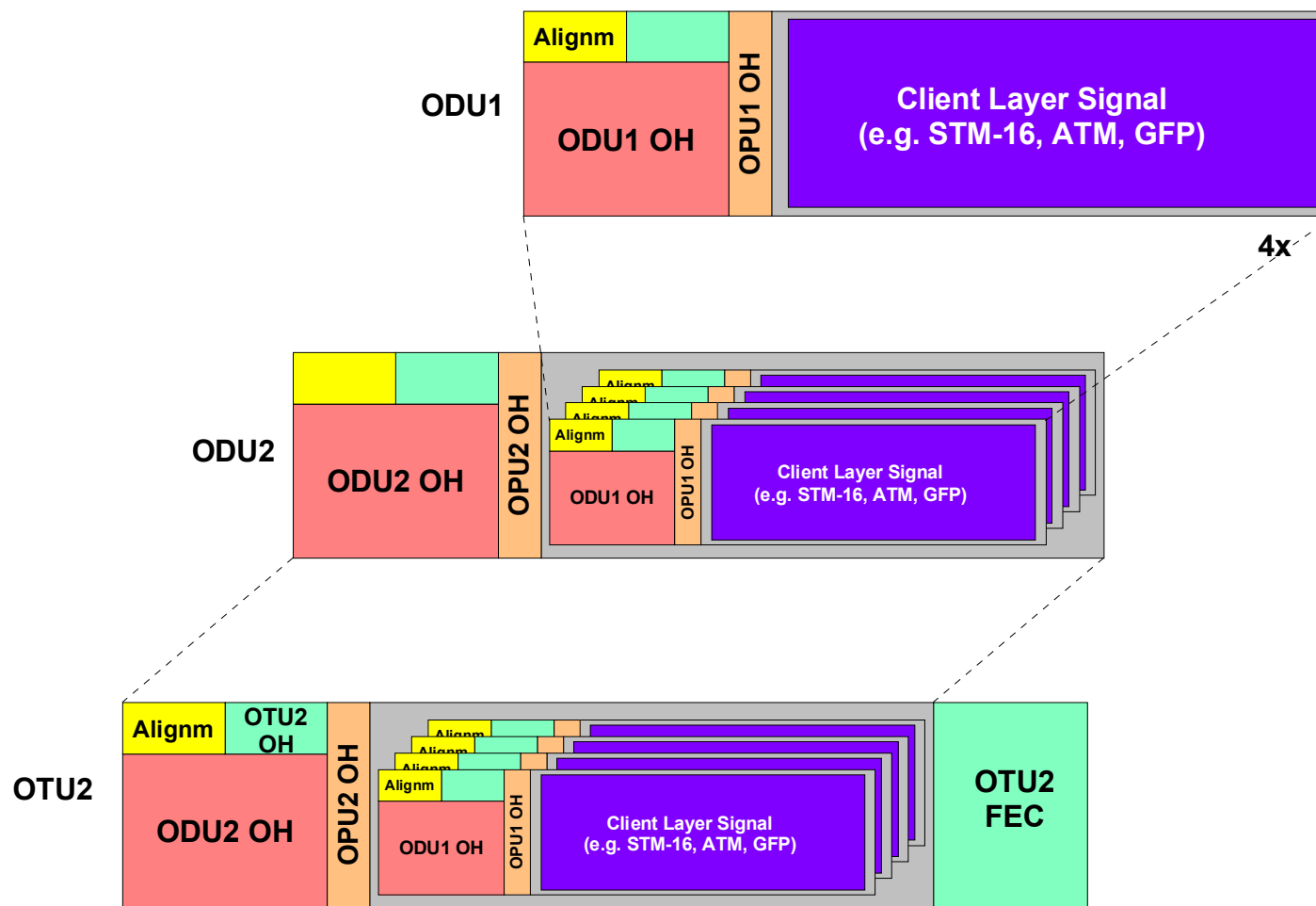
PT: Payload Type, pl: SDH, ATM, GFP

vcPT: virtual concatenation PT



4*ODU1 → ODU2 jel nyalábolása

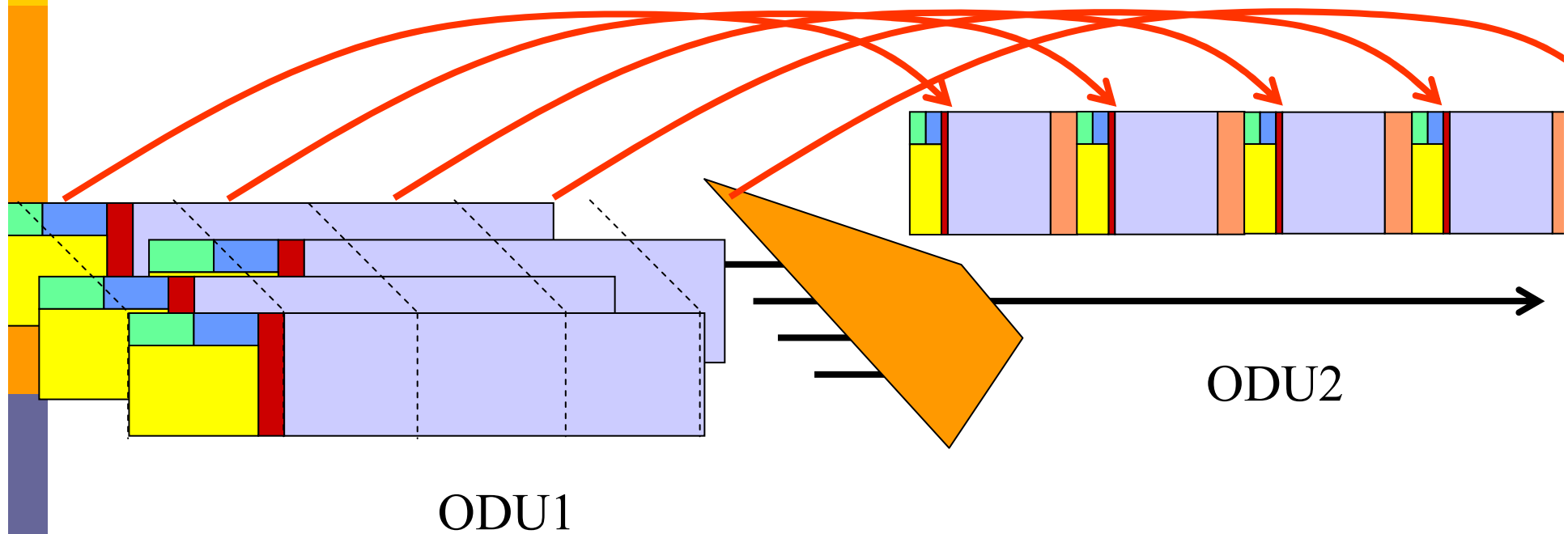
(ITU-T G.709/Y.1331 – Example of multiplexing 4 ODU1 signals into an ODU2 (artist impression))



NOTE - The ODU1 floats in $\frac{1}{4}$ of the OPU2 Payload area. An ODU1 frame will cross multiple ODU2 frame boundaries. A complete ODU1 frame (15296 bytes) requires the bandwidth of $(15296/3808 =) 4.017$ ODU2 frames. This is not illustrated.

4 ODU1 jel nyalábolása egy ODU2-be

(~~artist~~ engineer impression)



**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:

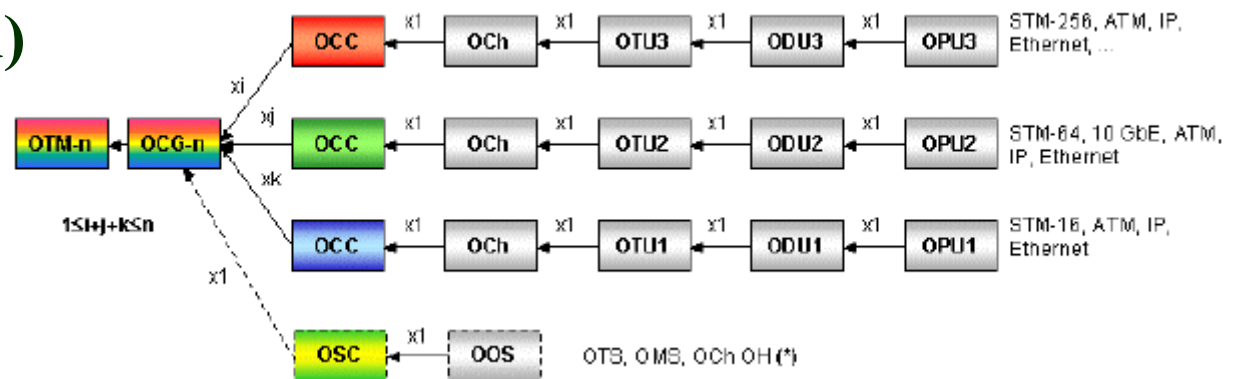
n: λ -k száma

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

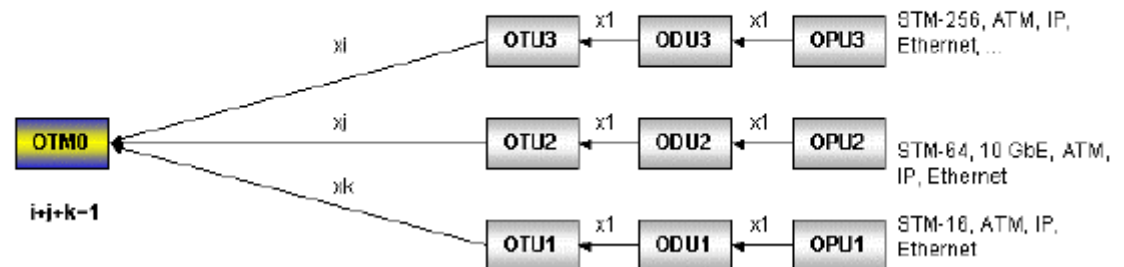
+ OH (non-associated)

OTM-5.12:

5λ , 2.5 vagy 10 Gbit/s

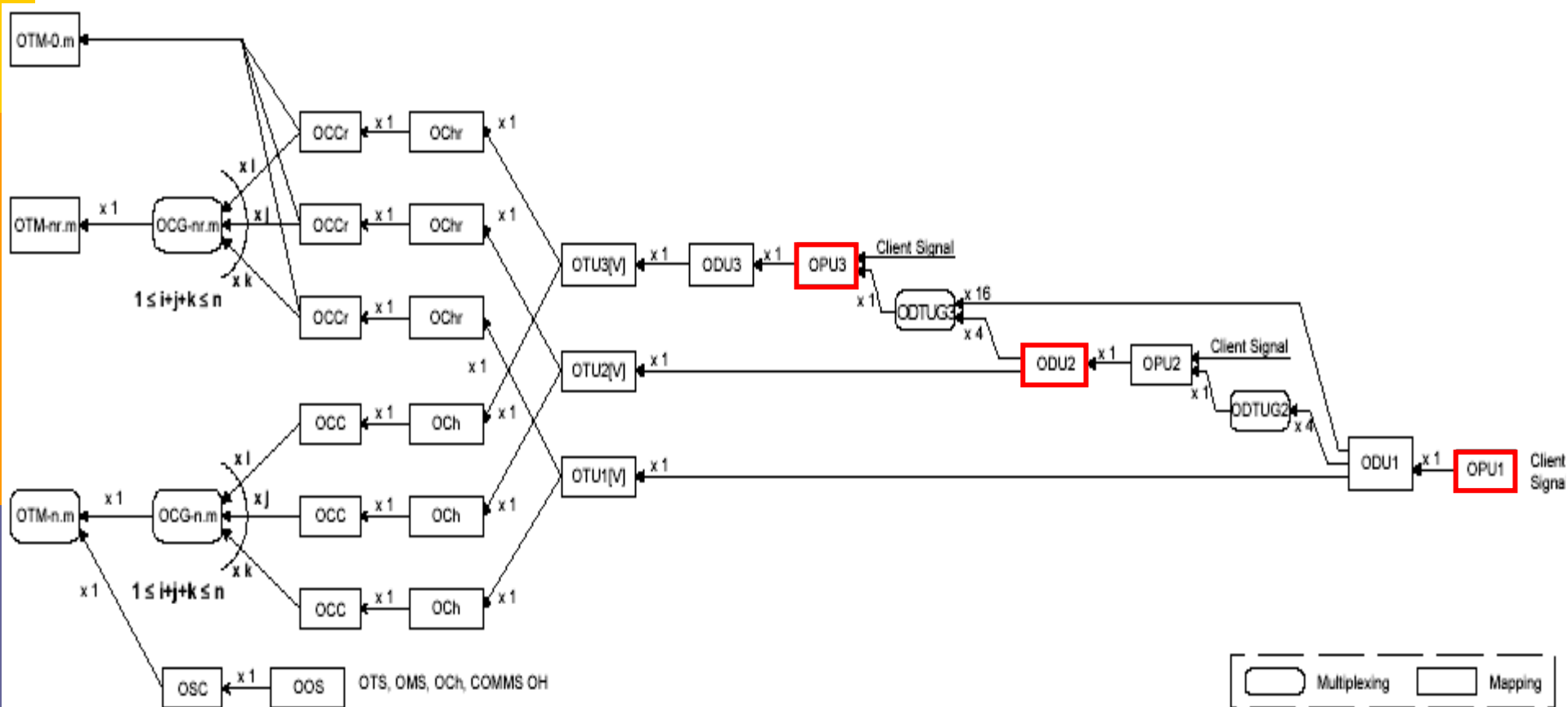


OSC: Optical Supervisory Channel
OOS: OTM Overhead Signal



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

- ATM, 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 [μ s]
1	2.488320	239/238 * 2.488320	255/238 * 2.488320	48.971
2	238/237 * 9.953280	239/237 * 9.953280	255/237 * 9.953280	12.191
3	238/236 * 39.813120	239/236 * 39.813120	255/236 * 39.813120	3.035

Több mint 4x

Valamennyi esetben ± 20 ppm a tűrés

FEC

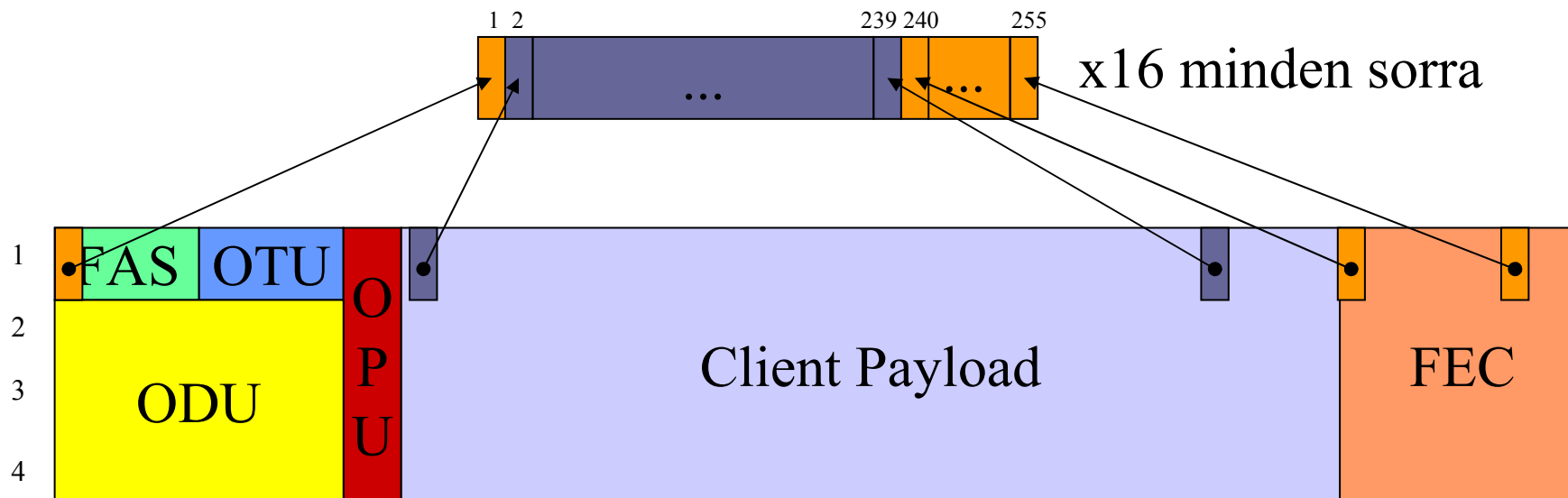


RS (255,239) Reed Solomon kód, mert

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

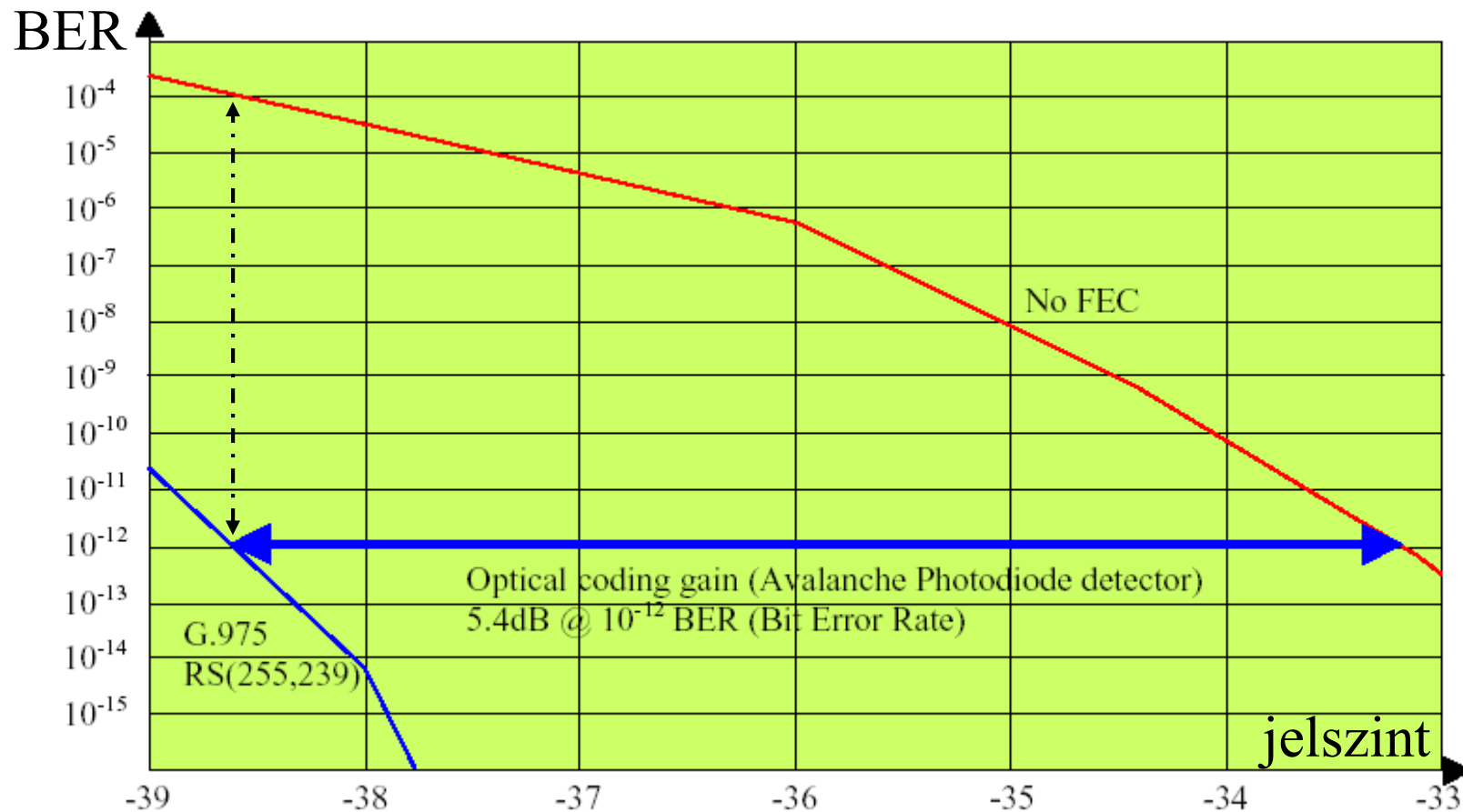
16 blokk fésűszerűen

- 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



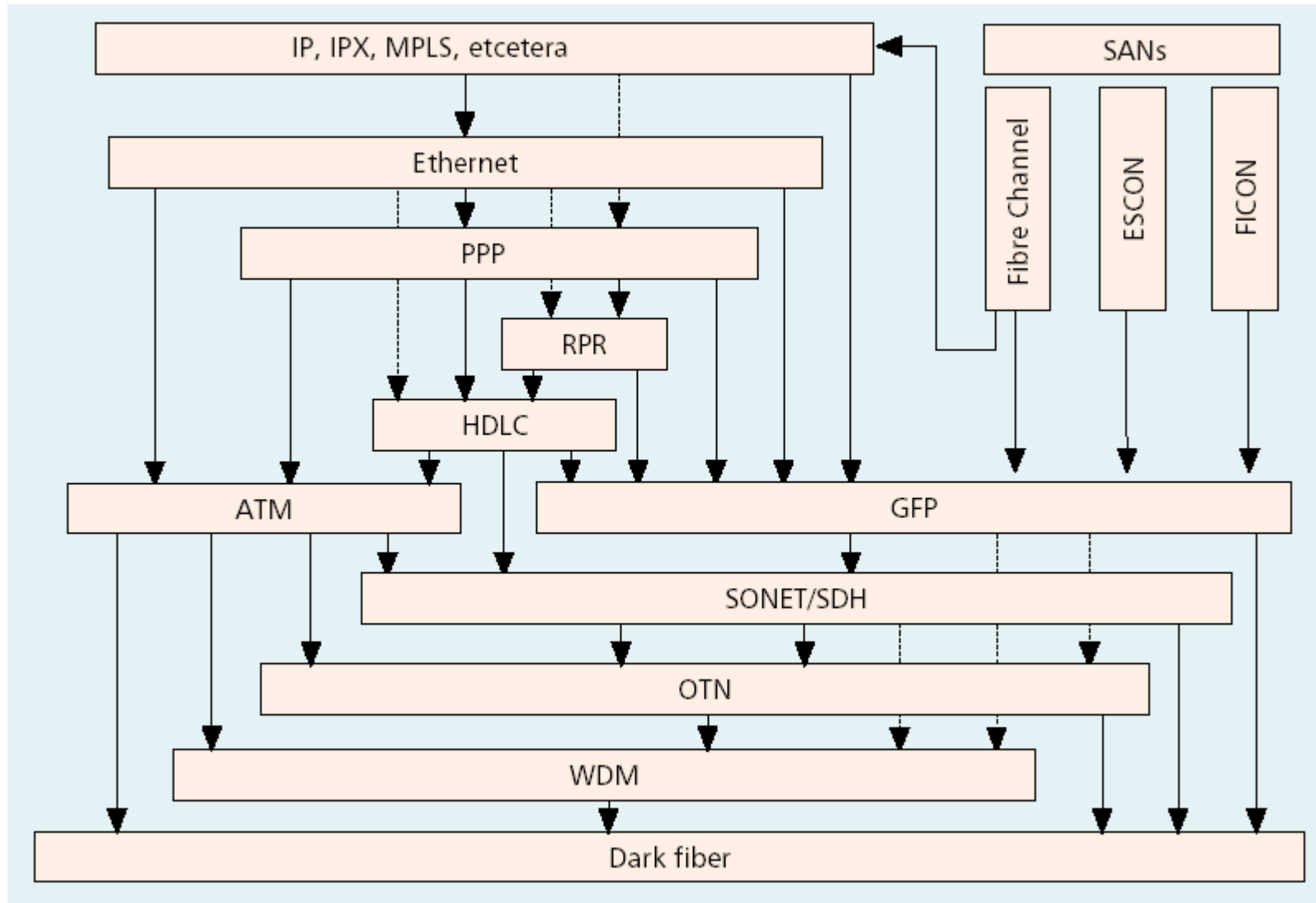
Forrás: Guylain Barlow, Innocor Ltd.: [A G.709 Optical Transport Network Tutorial](#)

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

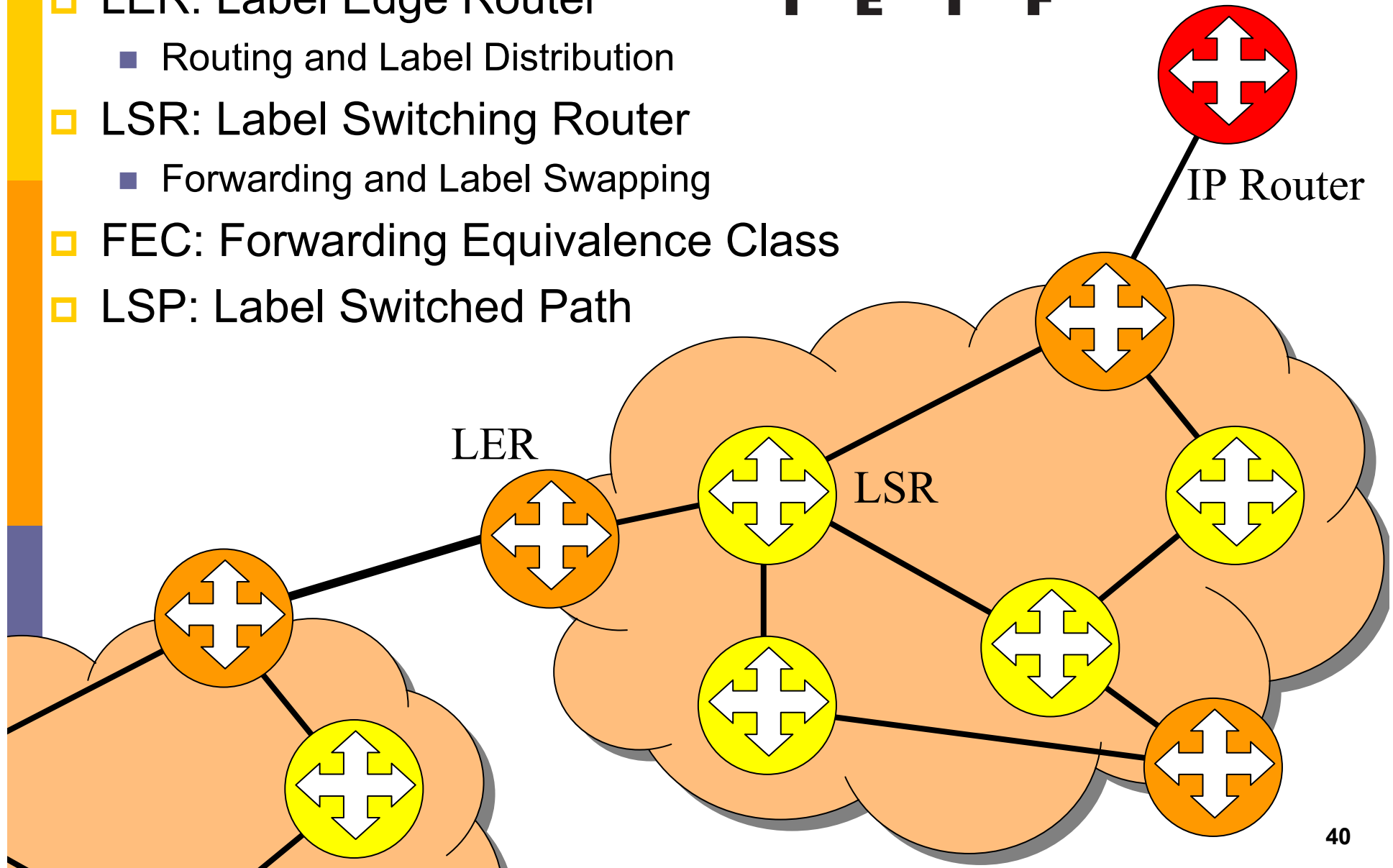
Ráadás (egy kis inyencség...)

- **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

MPLS



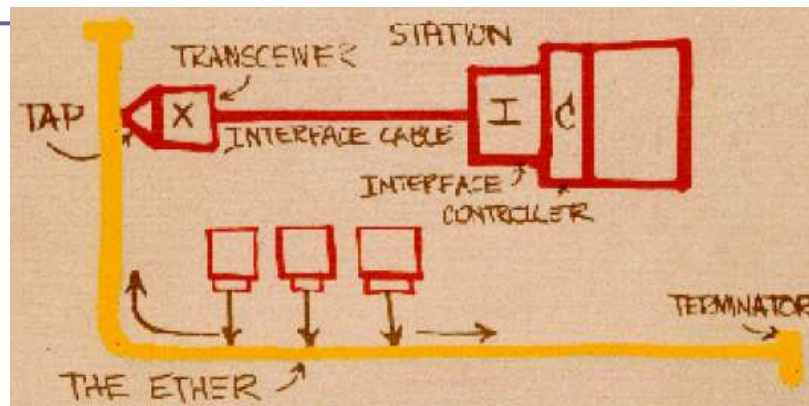
- LER: Label Edge Router
 - Routing and Label Distribution
- LSR: Label Switching Router
 - Forwarding and Label Swapping
- FEC: Forwarding Equivalence Class
- LSP: Label Switched Path



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
 - 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)

□ **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)**

- A konkurencia!
- PBB-TE: Provider Backbone Bridge Traffic Engineering
- <http://www.ieee802.org/1/pages/802.1ay.html>

- No Multi-Domain support (Több-tartományos támogatás hiánya)
- No Point-to-MultiPoint support (Pont-többpont támogatás hiánya)



- Az ITU-T féle T-MPLS (Transport MPLS) nem eléggé kompatibilis az IP/MPLS-sel
- ezért vágta bele az MPLS-TP-be



Where Multi Protocol Label Switching (MPLS) fits in

(Forrás: MPLS/T-MPLS Technology Overview Sergio Belotti et al., October 2007, Alcatel-Lucent)

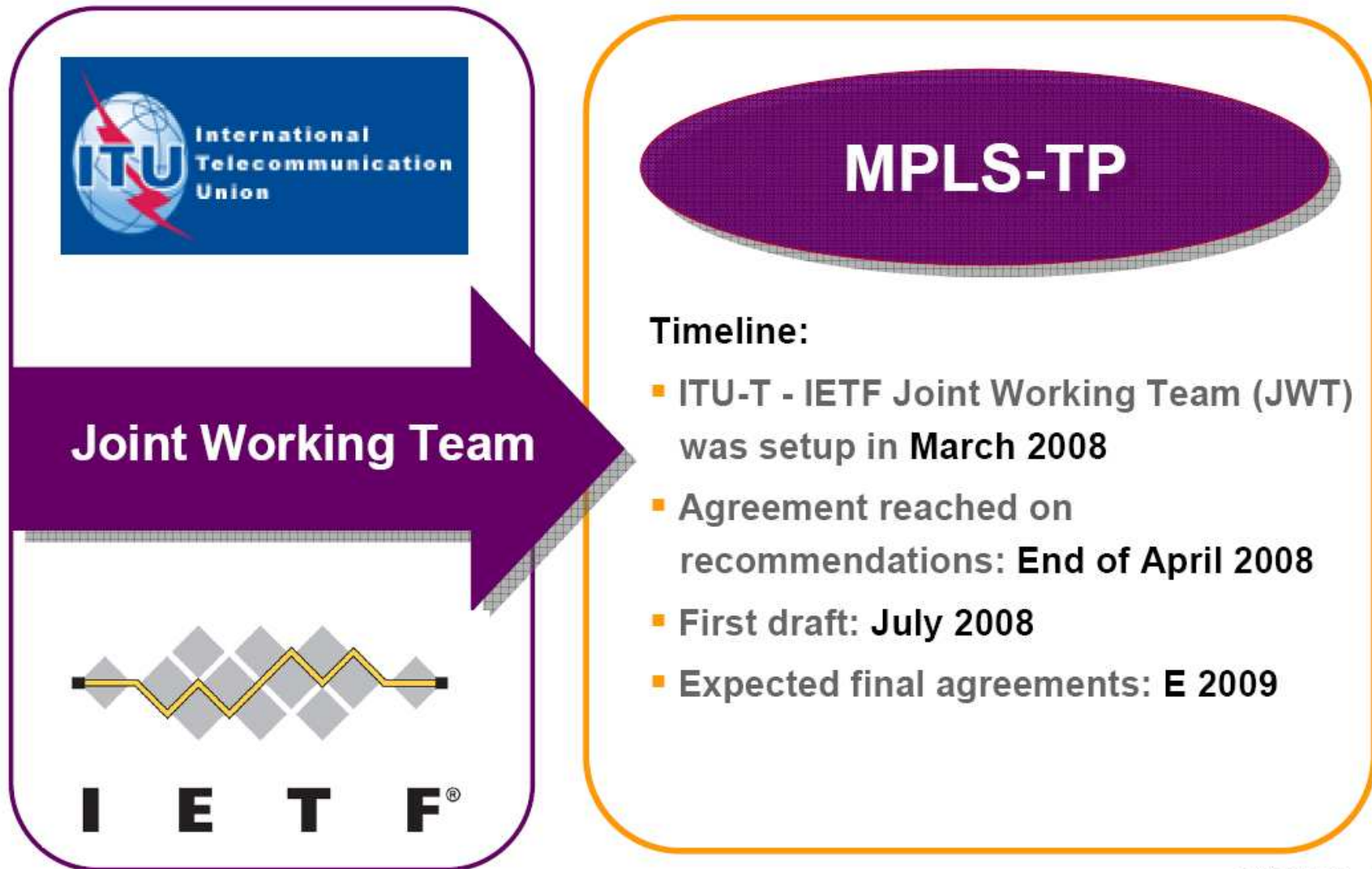
	Topology Determined and Circuit Path established by...	Forwarding decision is based on...	
Packet Switching	IP Routing	management interface, and/or routing protocols (BGP, OSPF, IS-IS, RIP) used to exchange information among nodes in the network and populate routing tables. <i>Connectionless</i> service - no circuit paths.	per-packet lookup in forwarding tables using IP address in packet header
	MAC Bridging (Ethernet Swtiching)	management interface, L2 control portocols (STP/RSTP/MSTP) and/or MAC addresses learned from MAC address and VLAN ID in received packets. <i>Connectionless</i> service - no circuit paths. (802.1ag adds some "circuit-like" maintenance capabilities)	per-packet lookup in MAC tables using MAC address and VLAN ID in packet header
	Provider Bridging, Provider Backbone Bridging	<i>Connectionless.</i>	per-packet lookup in MAC tables using MAC address and VLAN ID in packet header
	PBB-TE/PBT	<i>Connection-oriented.</i>	per-packet lookup in MAC tables using MAC address and VLAN ID in packet header
	Label Switching T-MPLS/MPLS	Topology determined by management interface, and/or routing protocols (OSPF-TE, IS-IS-TE). Circuit path determined by management interface and/or label distribution protocols (RSVP-TE, LDP, with GMPLS/ASON enhancement for TMPLS)	per-packet lookup in label tables using labels in packet header
	ATM Switching	<i>Connection-oriented.</i> Connection set up by management interface or virtual circuit signaling.	per-cell lookup using VPI/VCI
	Time Division Multiplex Swtiching/ Cross-Connecting	Topology configured by management interface. Circuit established by management interface, and/or routing protocols (GMPLS, ASON).	configured connections between timeslots in SDH/SONET and PDH interfaces
Wavelength Division Multiplexing/Switching	Topology configured by management interface. Circuit established by management interface, and/or routing protocols (GMPLS, ASON).	configured connections between wavelengths on WDM trunks and client interfaces	

PBT, T-MPLS, MPLS Comparison

Technology Equipment	PBB-TE	IP/MPLS	T-MPLS
Data Plane	<ul style="list-style-type: none"> • p2p connections • Tunnel protection based on G.8031 with 802.1ag triggers • Ethernet physical layer • IP-free • OAM with 802.1ag 	<ul style="list-style-type: none"> • p2p, (m)p2mp, rmp connections • Path and Link protection (FRR) • Ethernet or SONET/SDH (POS) physical layer • Data-plane topology coincides with IP topology • Vertical & horizontal scalability 	<ul style="list-style-type: none"> • p2p, (m)p2mp, rmp connections • Channel/Tunnel protection based on G.8131 • Many transport layers: Ethernet, GFP/SDH, OTN • IP-free • Vertical & horizontal scalability • OAM with ITU-T G.8114
Services	<ul style="list-style-type: none"> • Ethernet p2p services 	<ul style="list-style-type: none"> • Any p2p or Ethernet mp (H-VPLS) services 	<ul style="list-style-type: none"> • Any p2p or Ethernet mp (H-VPLS) services
Control Plane	<ul style="list-style-type: none"> • Not yet defined in IEEE • GMPLS proposed (IETF) 	<ul style="list-style-type: none"> • Dynamic: IP Routing (OSPF/IS-IS), Signaling (RSVP/LDP) • OAM with BFD/VCCV 	<ul style="list-style-type: none"> • Not yet defined in ITU-T • ASON/GMPLS proposed (ITU-T - reqt/arch, IETF - protocols)
Management Plane	<ul style="list-style-type: none"> • Static provisioning via NMS possible 		<ul style="list-style-type: none"> • Static provisioning via NMS possible
Logical Connection Architecture	<ul style="list-style-type: none"> • Fixed domain-wide Trunk identifier, no label swapping - header remains unchanged 	<ul style="list-style-type: none"> • Label swapping at switching nodes 	<ul style="list-style-type: none"> • Label swapping • Use of bidirectional LSPs • No PHP, no ECMP, no LSP merge

MPLS-TP

MPLS-TP standardization process and timeline



A Technológiák összevetése:

Technologies comparison

	IP/MPLS	ELS	T-MPLS	PBB-TE	MPLS-TP
Transport oriented	✗	✓	✓	✓	✓
Scalable	~	~	✓	✓	✓
Multipoint support	✓	✗/~	✗/~	✗/~	✓
Standardized or in process of standardization	✓	~	✗	✓	✓

Terminated by ITU-T

Forrás:

Mi az MPLS-TP?

- Új szabvány az MPLS bővítésére, melynek célja a jövő PTN (Packet Transport Network) kialakítása
- IETF és ITU-T összefogás!!! JWT: Joint Working Team
- IETF MPLS bővítése transzport követelmények teljesítésével
- (ennek megfelelően 5 JWT munkacsoport)
 - Forwarding Plane Architecture (e.g. G.8110.1)
 - Protection Equipment (e.g. G.8121)
 - Management Protection (e.g. G.8131, G.8132)
 - OAM OAM (e.g. G.8113, G.8114)
 - Control Plane Network management (e.g. G.7710, G.7712, G.8151, ...)
Control plane (e.g. G.7713, G.7715, ...)

MPLS-TP: ajánlott házi olvasmány

- **Networks2008 konferencia: C. Gruber, A. Autenrieth - Tutorial**
www.networks2008.hu/data/upload/file/Tutorial/T7_Gruber_Autenrieth.pdf
- **(MPLS 2008 konferencia: L.Andersson - Tutorial**
<http://www.isocore.com/mpls2008/program/tutorials.htm>)
- **PBT: What's new and how is it being received in the market? SULTAN DAWOOD, IP/MPLS FORUM**
http://www.ipmplsforum.org/newsletter/Newsletter_Fall_08.html
- **JWT Report on MPLS Architectural Considerations for a Transport Profile**
[draft-bryant-mpls-tp-jwt-report-00](#)
- **Requirements for OAM in MPLS Transport Networks, draft-vigoureux-mpls-tp-oam-requirements-01, M. Vigoureux (Editor) Alcatel-Lucent, D. Ward (Editor) Cisco Systems, Inc. M. Betts (Editor) Nortel Networks Internet Draft, Intended status: Informational Expires: April 2009**