

# Távközlő hálózatok és szolgáltatások

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

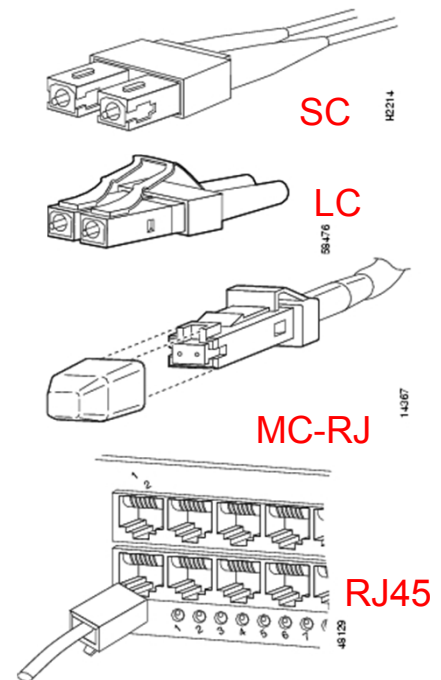
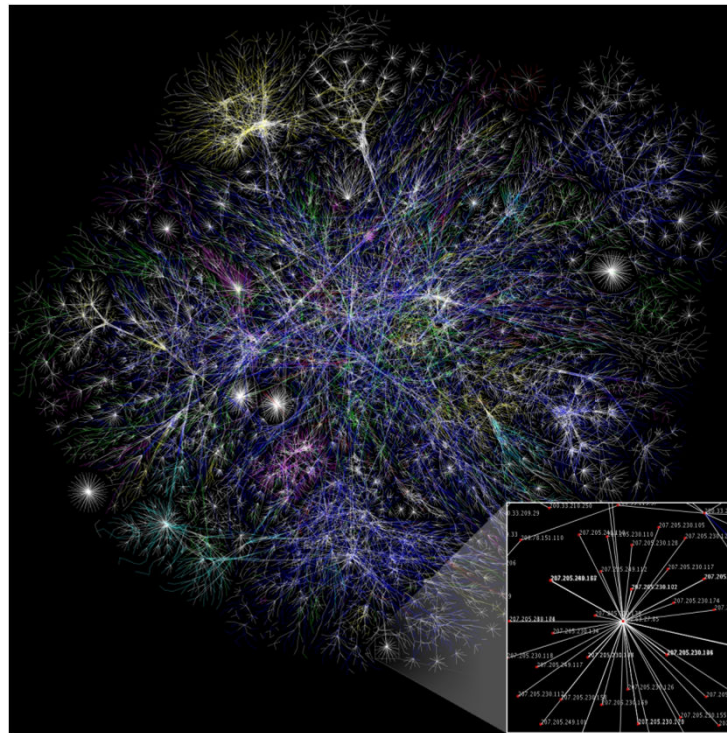
Cinkler Tibor

BME TMIT

2015. november 23.

hétfő 14:15-15:45

St.Nagy



# A tárgy felépítése



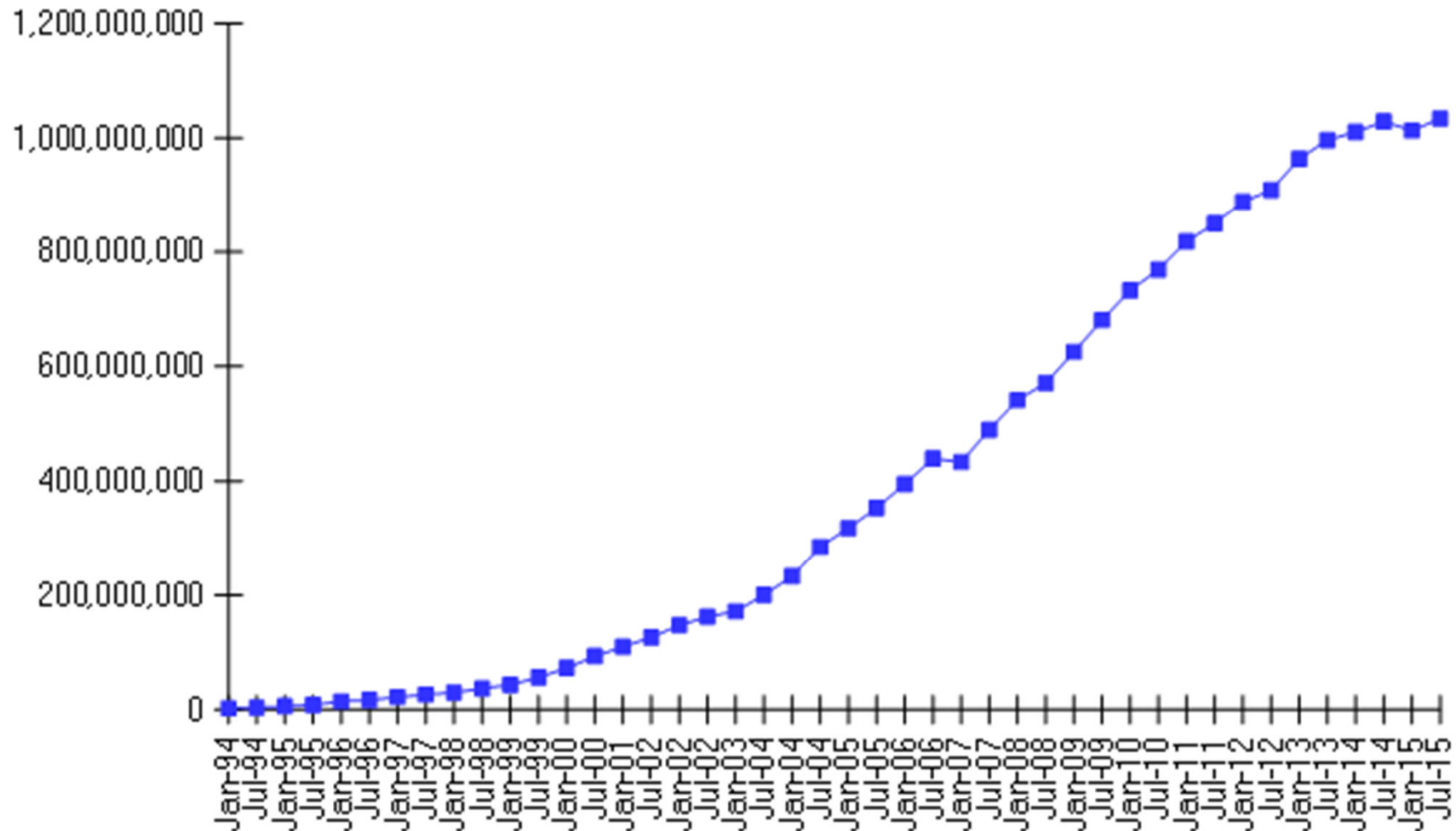
- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
  - 8.1 PDH (Pleziokron Digitális Hierarchia)
  - 8.2 SDH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



GYAKORLAT

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

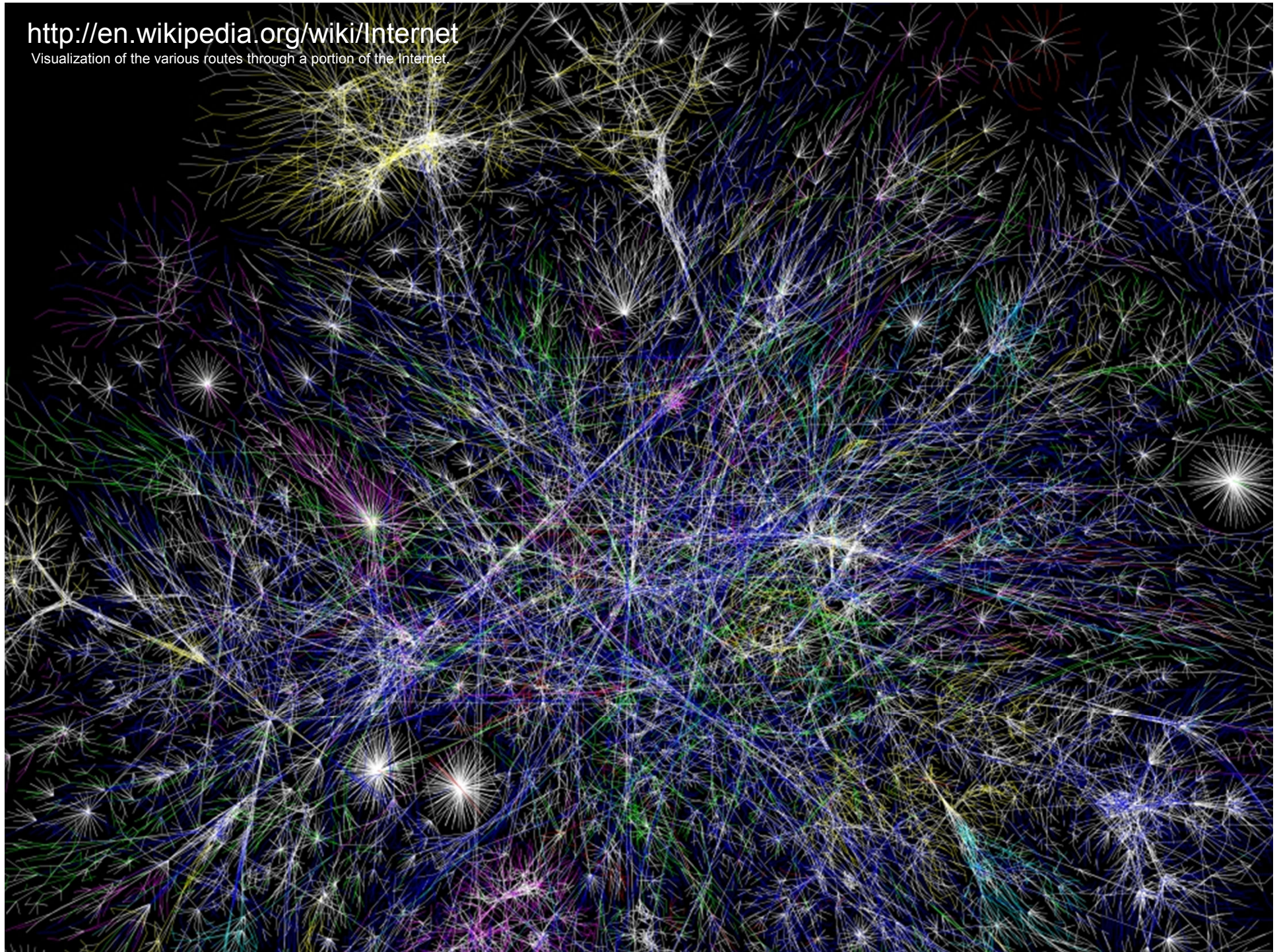
### Internet Domain Survey Host Count



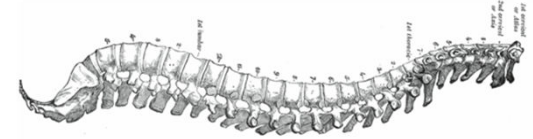
Source: Internet Systems Consortium ([www.isc.org](http://www.isc.org))

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

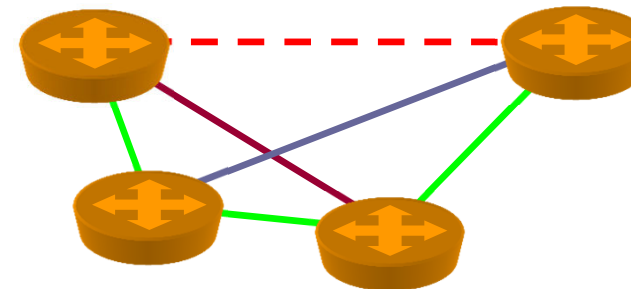
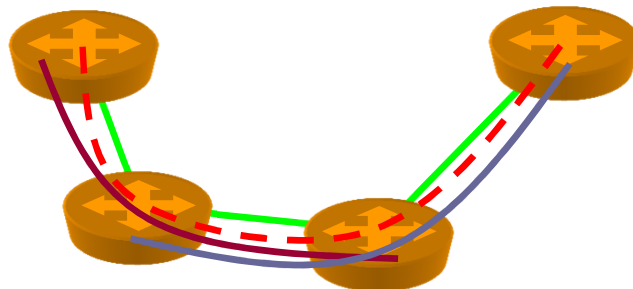
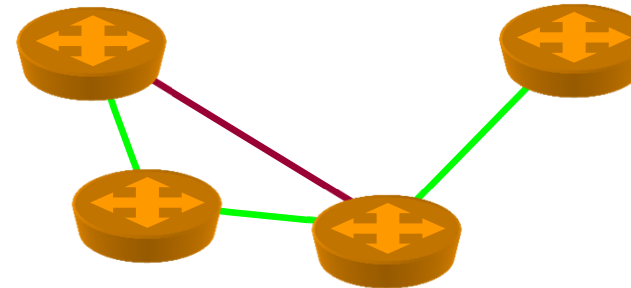
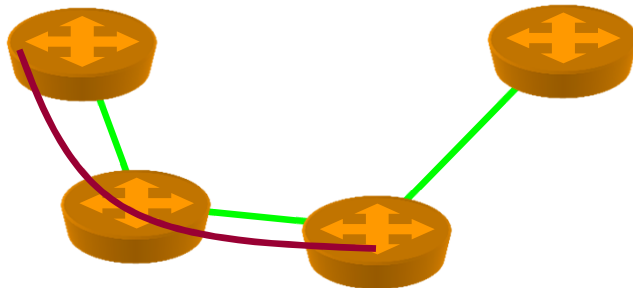
Visualization of the various routes through a portion of the Internet.



# 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](#))*

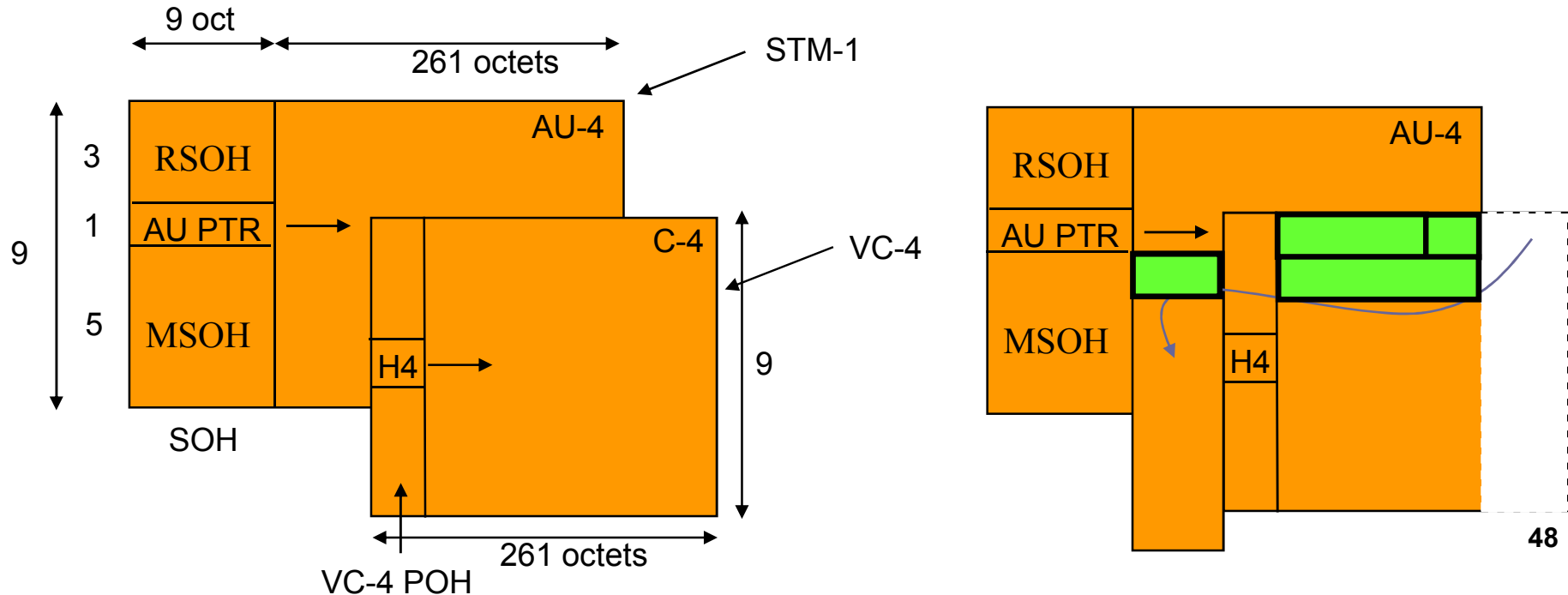
*MAPOS: Multiaccess Protocol over SONET/SDH ([RFC2171](#), [RFC2176](#))*

# 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 sávzélesség 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>

## 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 támogassa az új képességeket
- A fokozatos átmenet olcsóbb mint a teljes technológia csere

## GFP: Generic Framing Procedure

(Általános keretezési eljárás)

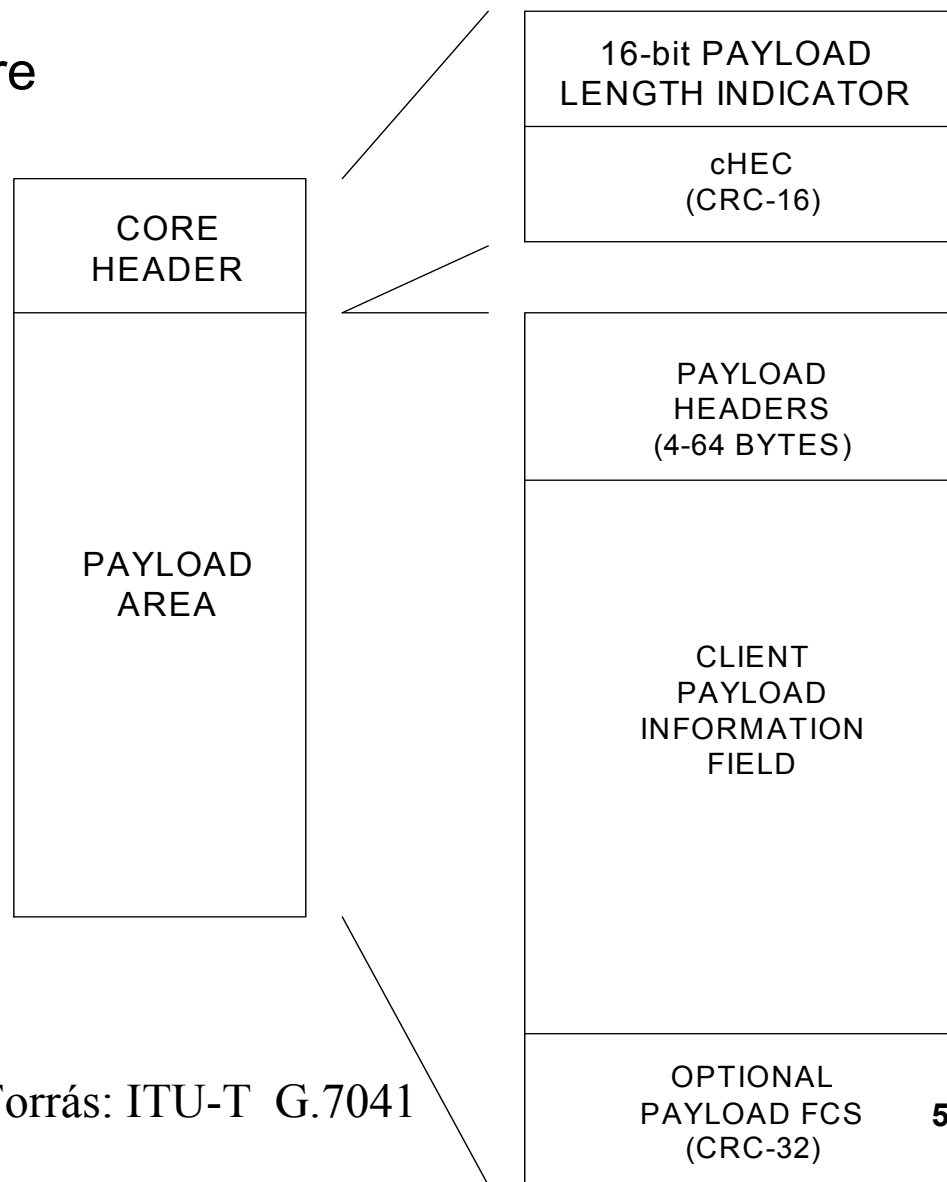
- Core Header (scrambled)
- Payload („rakomány”)
- CRC
- Oktett szinkron

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

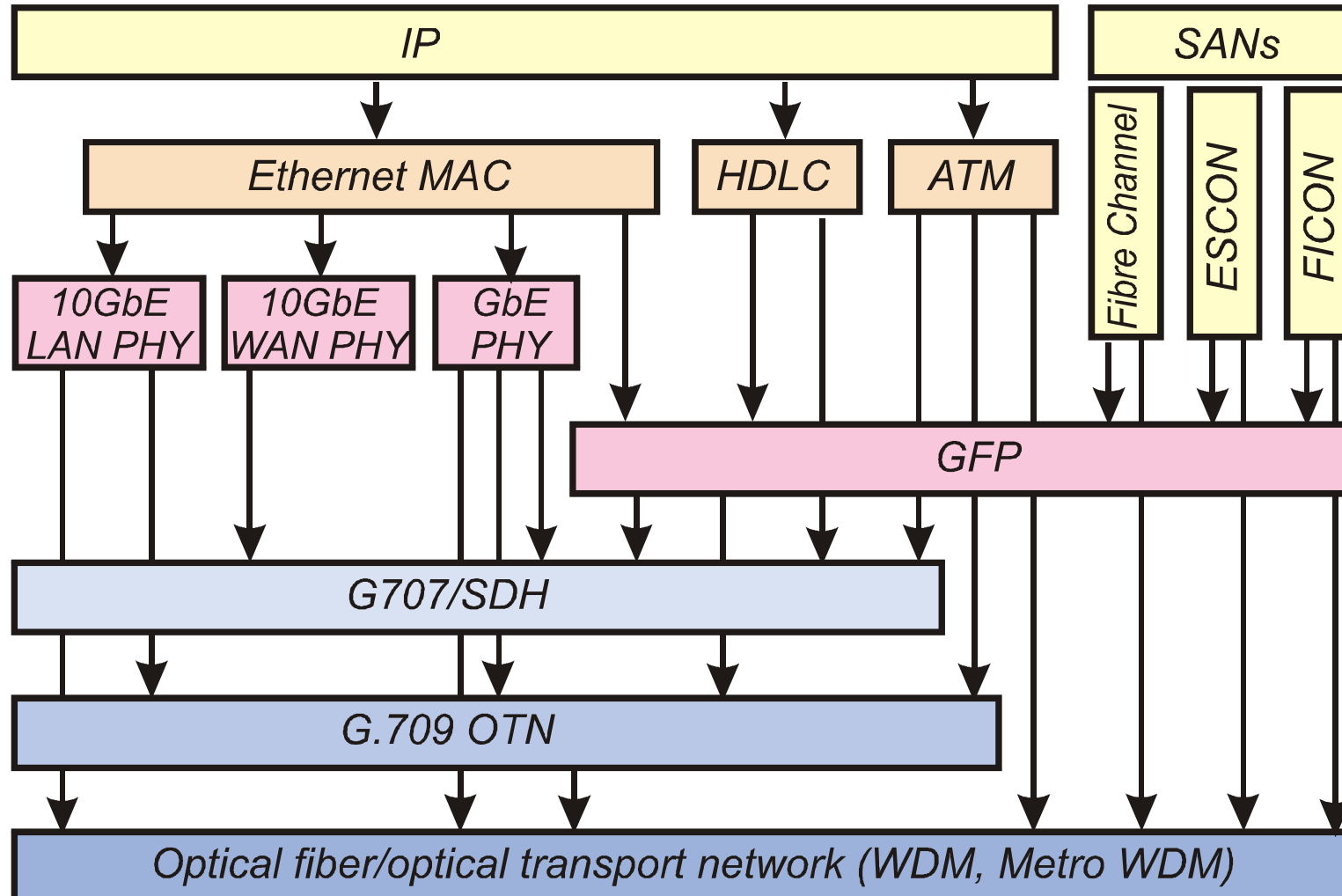
# GFP: Generic: Általános?

---

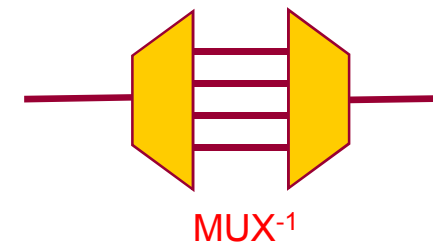
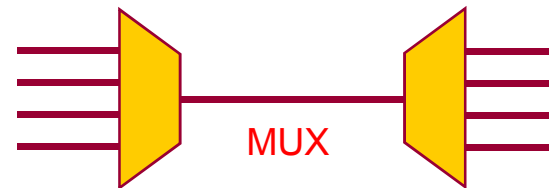
## Generic?

- **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 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



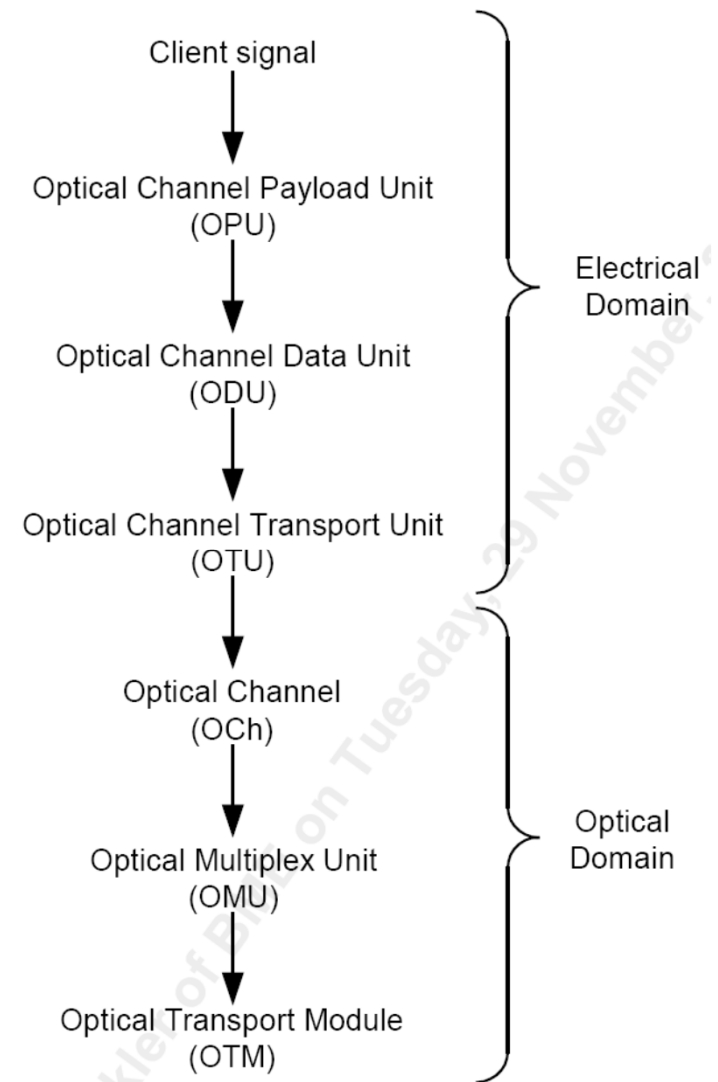
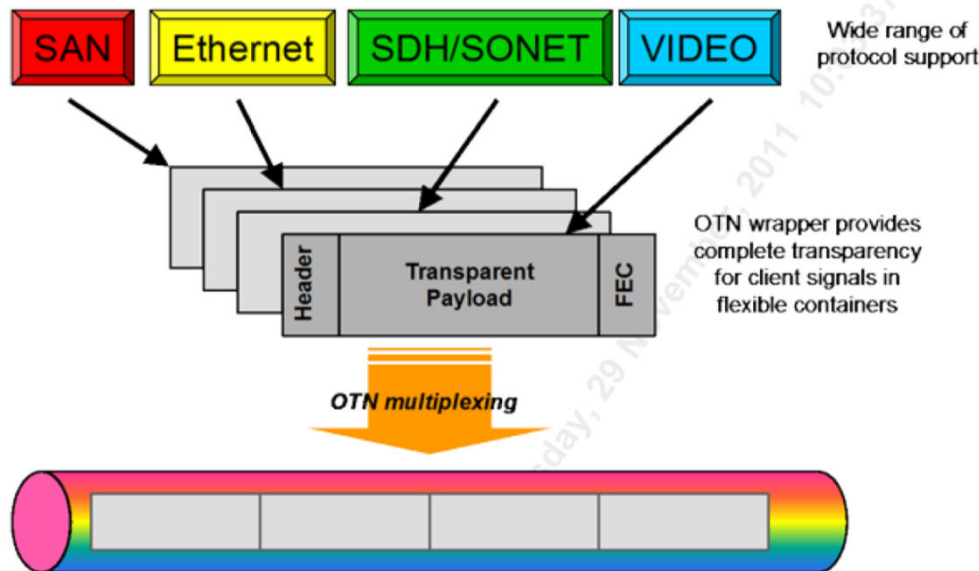
- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
  - 8.1 PDH (Pleziokron Digitális Hierarchia)
  - 8.2 SDH (Szinkron Digitális Hierarchia)
  - 8.3 ngSDH (next generation SDH)
  - **8.4 OTN (Optical Transport Network)**
  - 8.5 MPLS (MultiProtocol Label Switching)
  - 8.6 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!



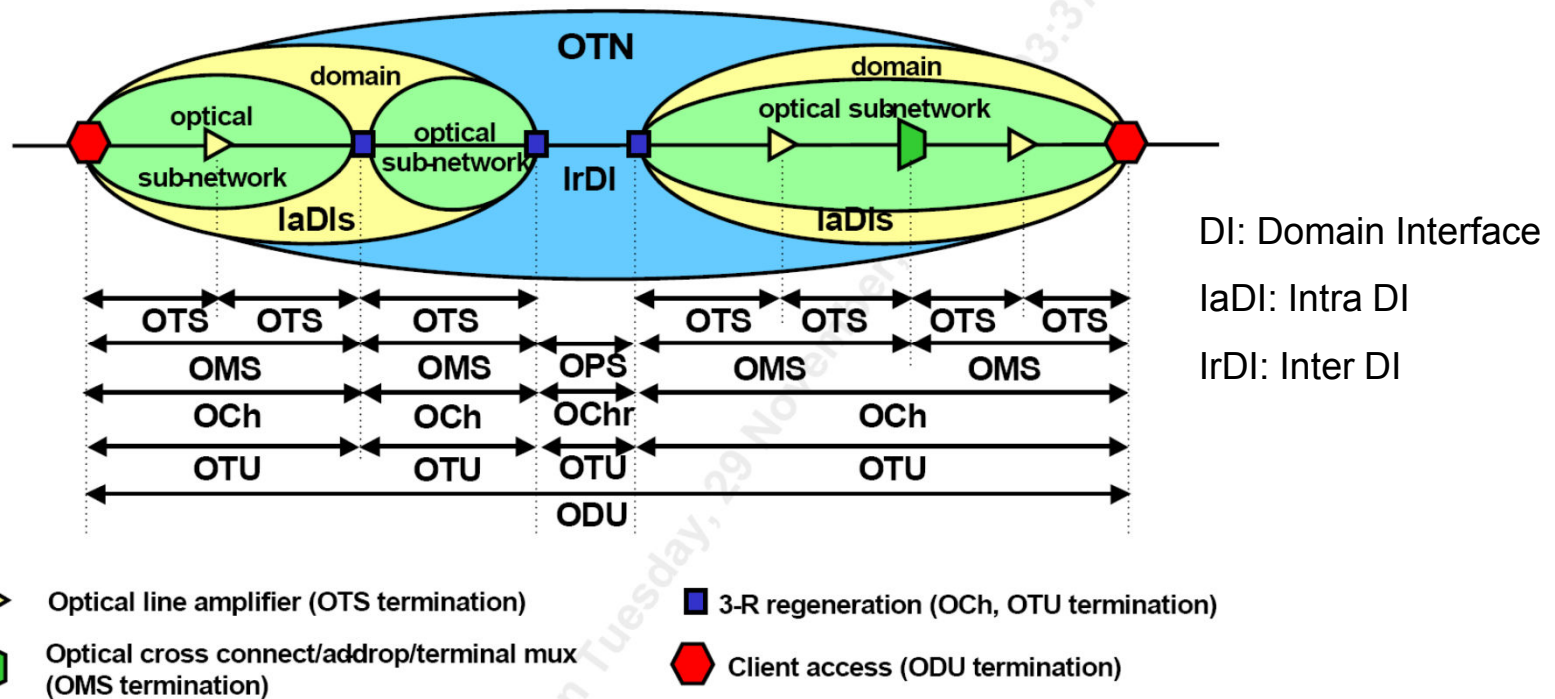
<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com15/otn/OTNtutorial.pdf>

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

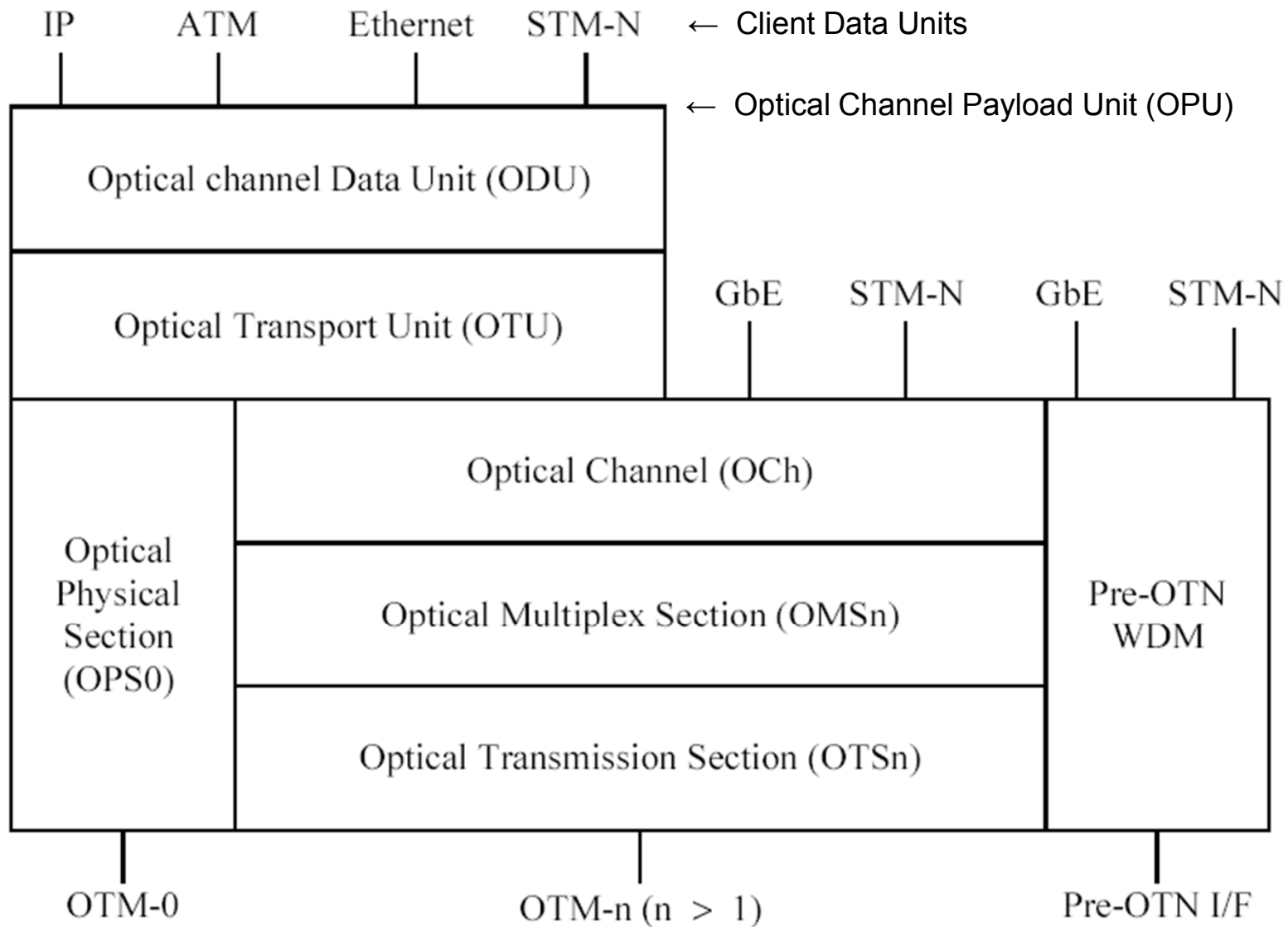
# G.709 OTN

## 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)

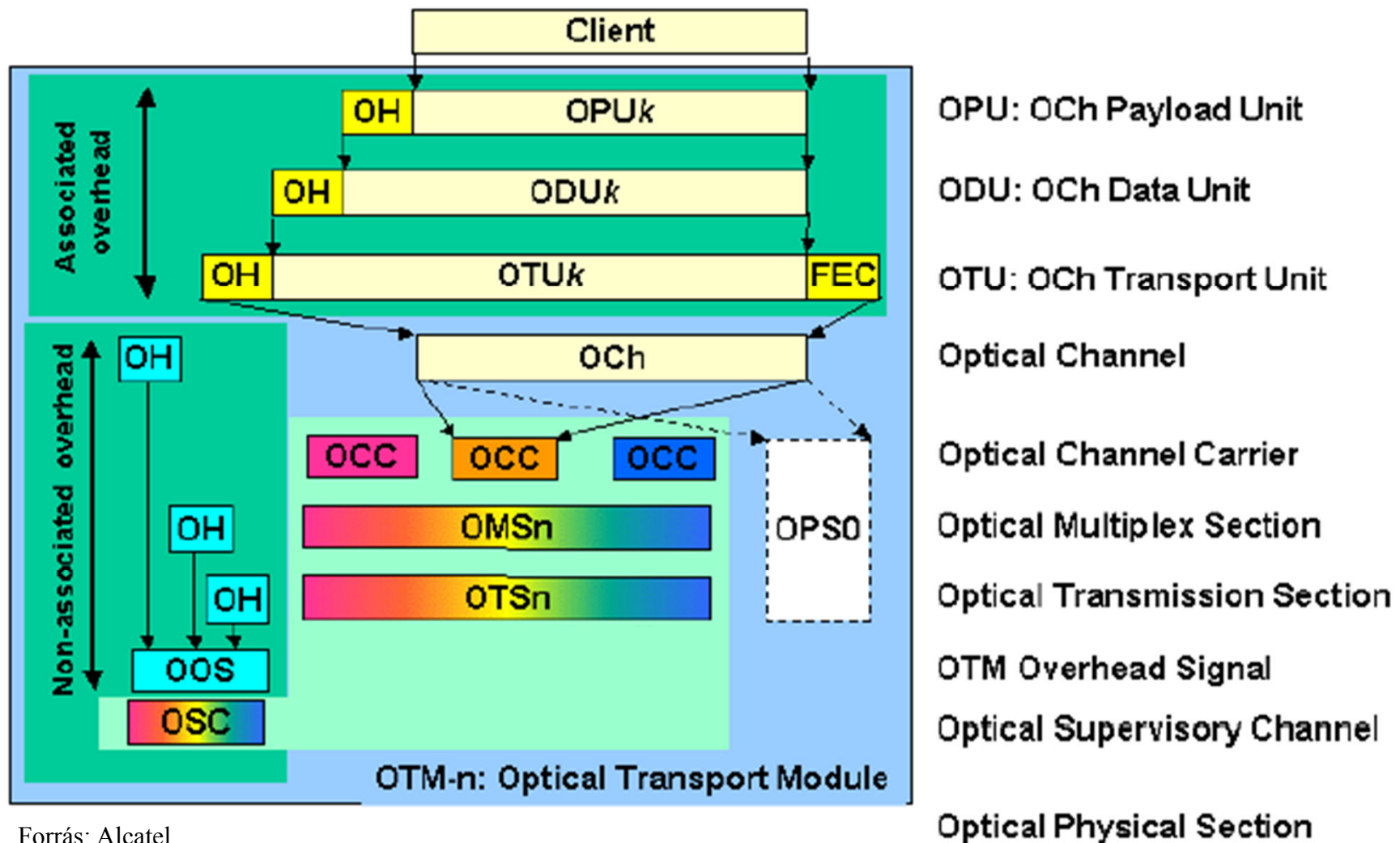


# Az OTN és WDM viszonya



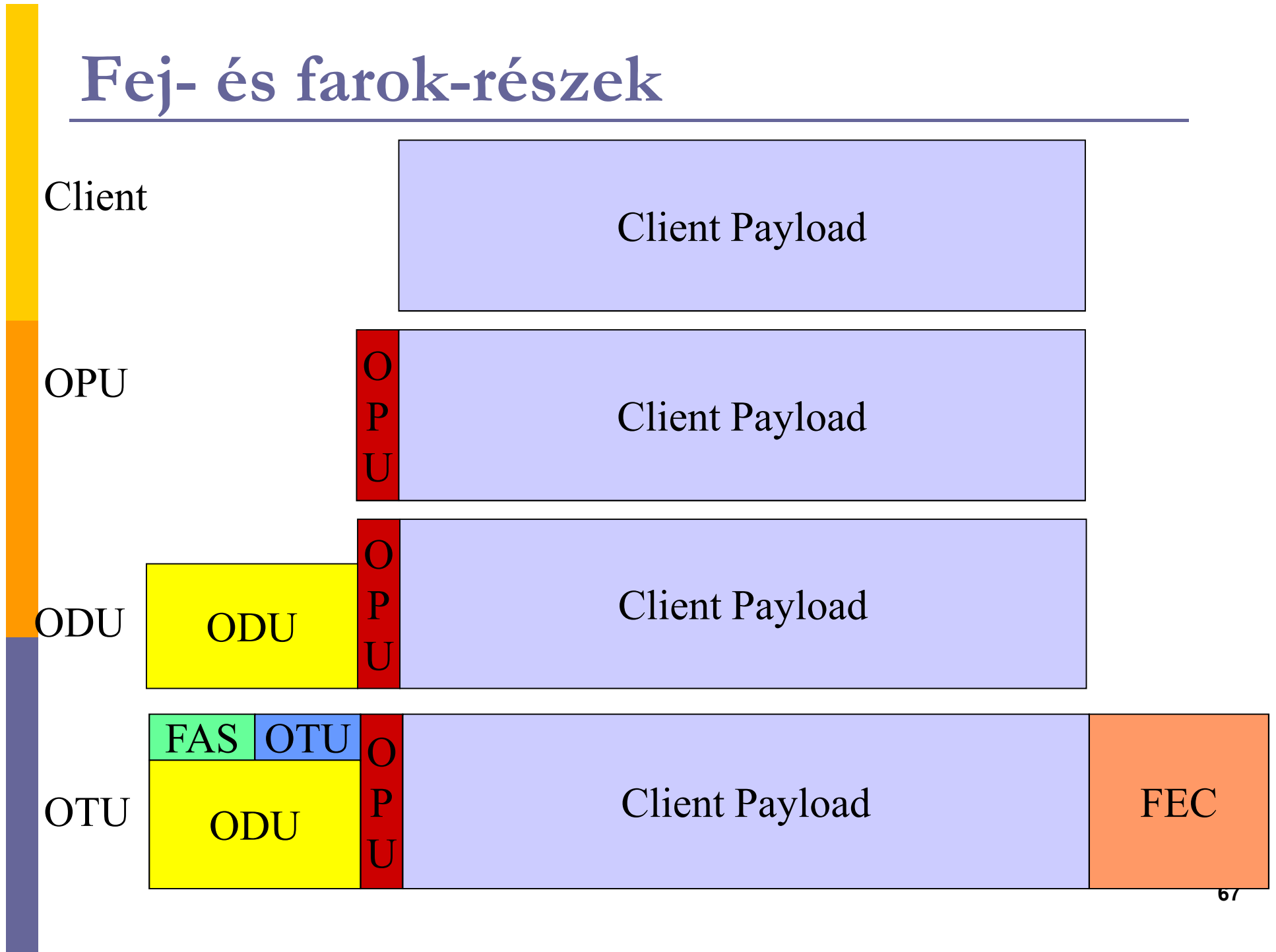
Forrás: ITU-T G.872: Relationship between OTN and WDM

# Az ITU-T G.709 keretkezési struktúrája



Forrás: Alcatel

# Fej- és farok-részek





# Az OCh keret

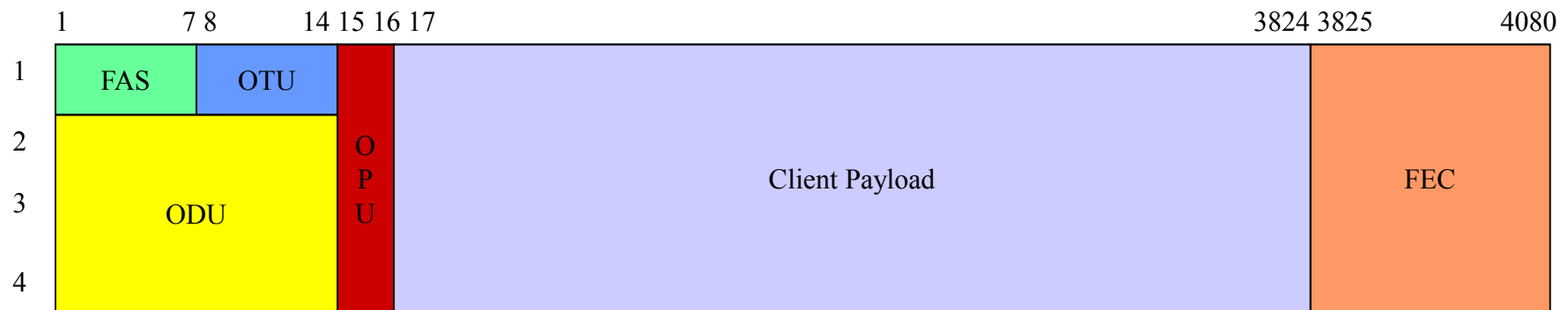
**OTU:** Optical Channel Transport Unit (Optikai csatorna szállító egysége)

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

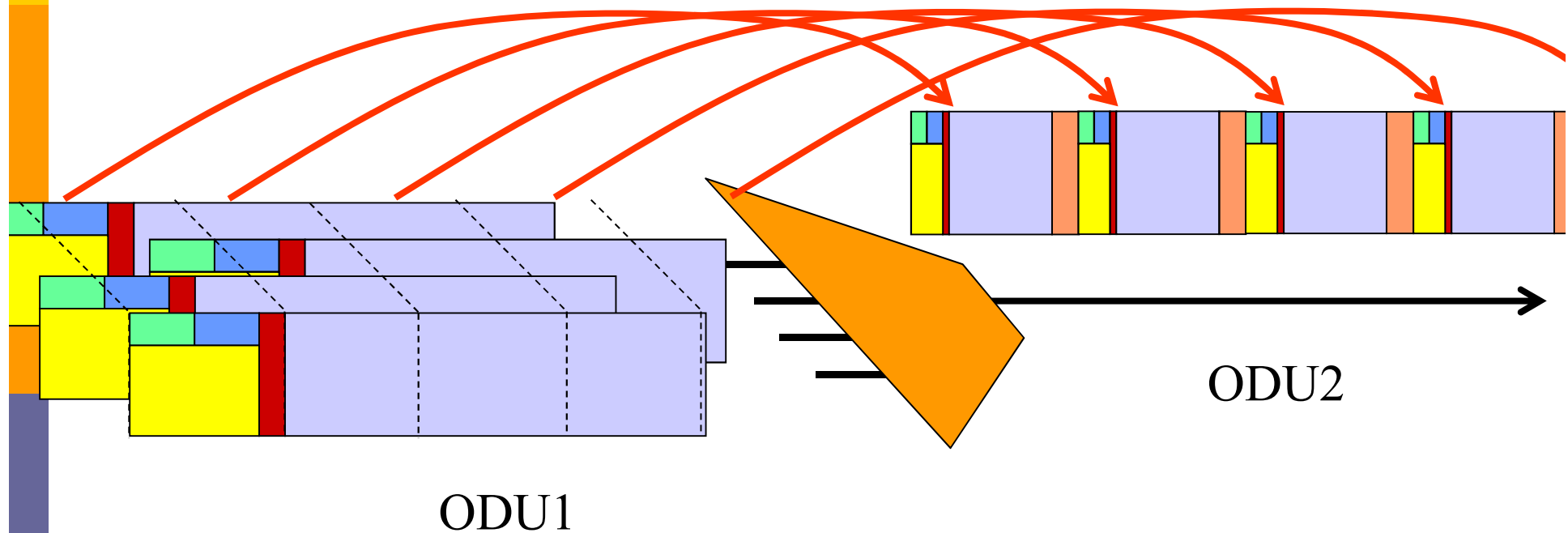
**FEC:** Forward Error Correction (OTU FEC)

**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 [μs]
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

100 Gb Ethernet

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

**Nem szinkron!!!**

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

<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). <i>N</i> bytes for SONET STS- <i>N</i> <sub>c</sub> , 3 bytes for SDH VC-4, and 3 <i>N</i> bytes for SDH VC-4- <i>N</i> <sub>c</sub> .
OTN	Positive/negative/zero justification	Single byte

PDH, SDH és OTN AMP (Asynchronous Mapping Procedure) frekvenciakiigazításainak összevetése

# Nyalábolási struktúra

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

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

**OTM-n.m:**

**n:**  $\lambda$ -k száma

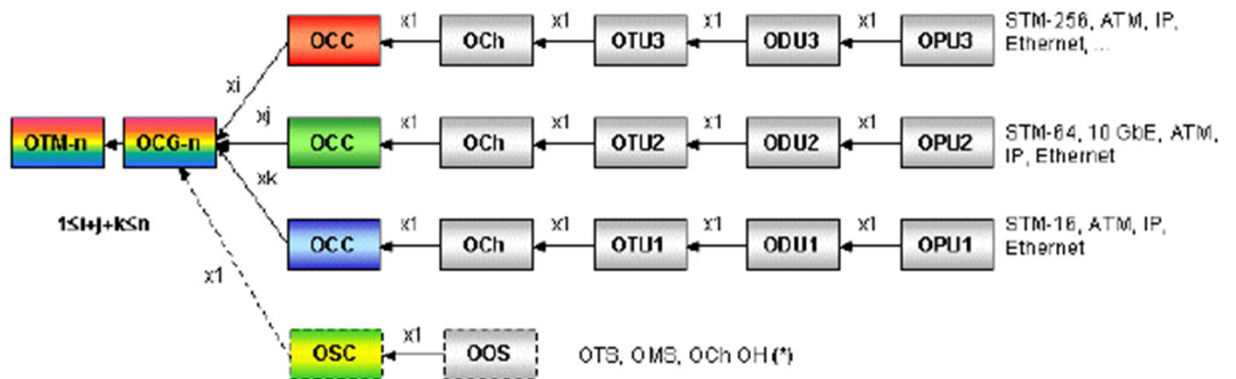
**m:** csatornák bitsebessége: (1) 2.5 Gbit/s; (2) 10 Gbit/s; (3) 40 Gbit/s;

vagy a fentiek kombinációi

+ OH (non-associated)

**OTM-5.12:**

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



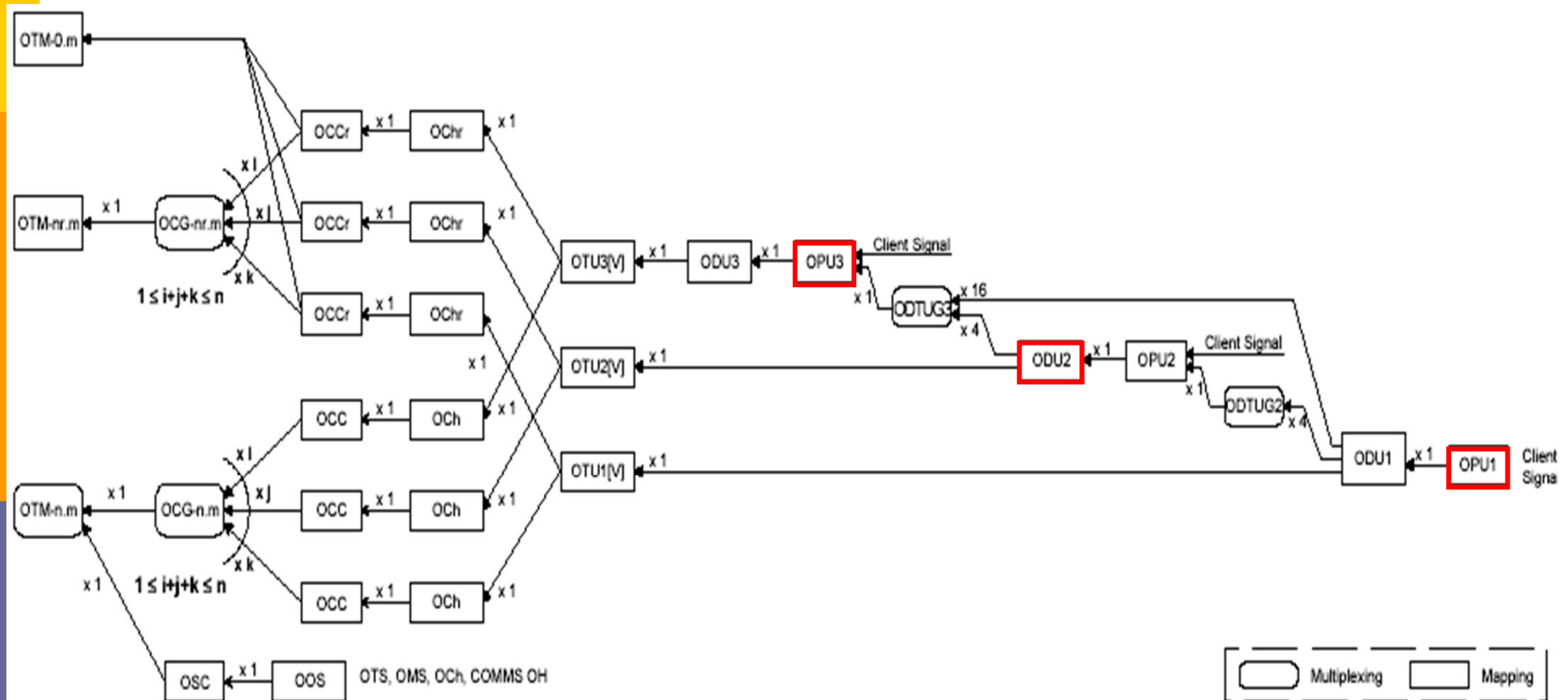
(\*) OSC is supported only by OTM-n with full functionality

OSC: Optical Supervisory Channel

OOS: OTM Overhead Signal

# 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
OTU-2	10.709 Gbps	OC-192/STM-64	9.953 Gbps
OTU-3	43.018 Gbps	OC-768/STM-256	39.813 Gbps

OTN több mint 4x

SDH pont 4x

+7.15%  
Redundancia: FEC

+7.6%  
Redundancia

+8.05%  
Redundancia

# FEC

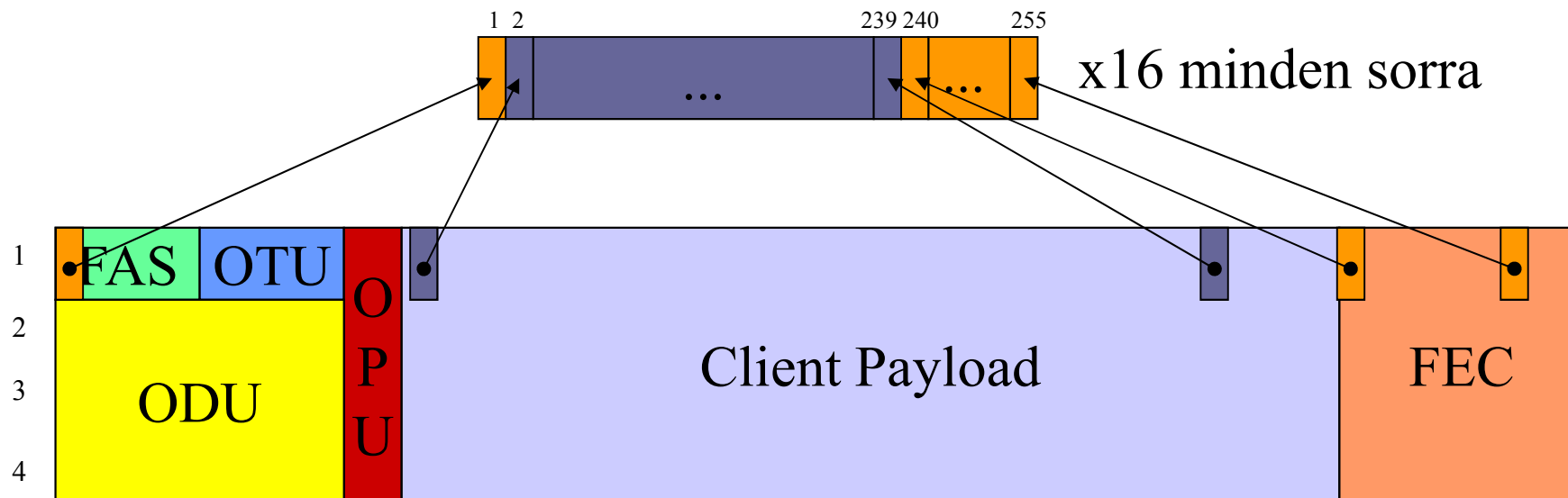


## RS (255,239) Reed Solomon kód, mert

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

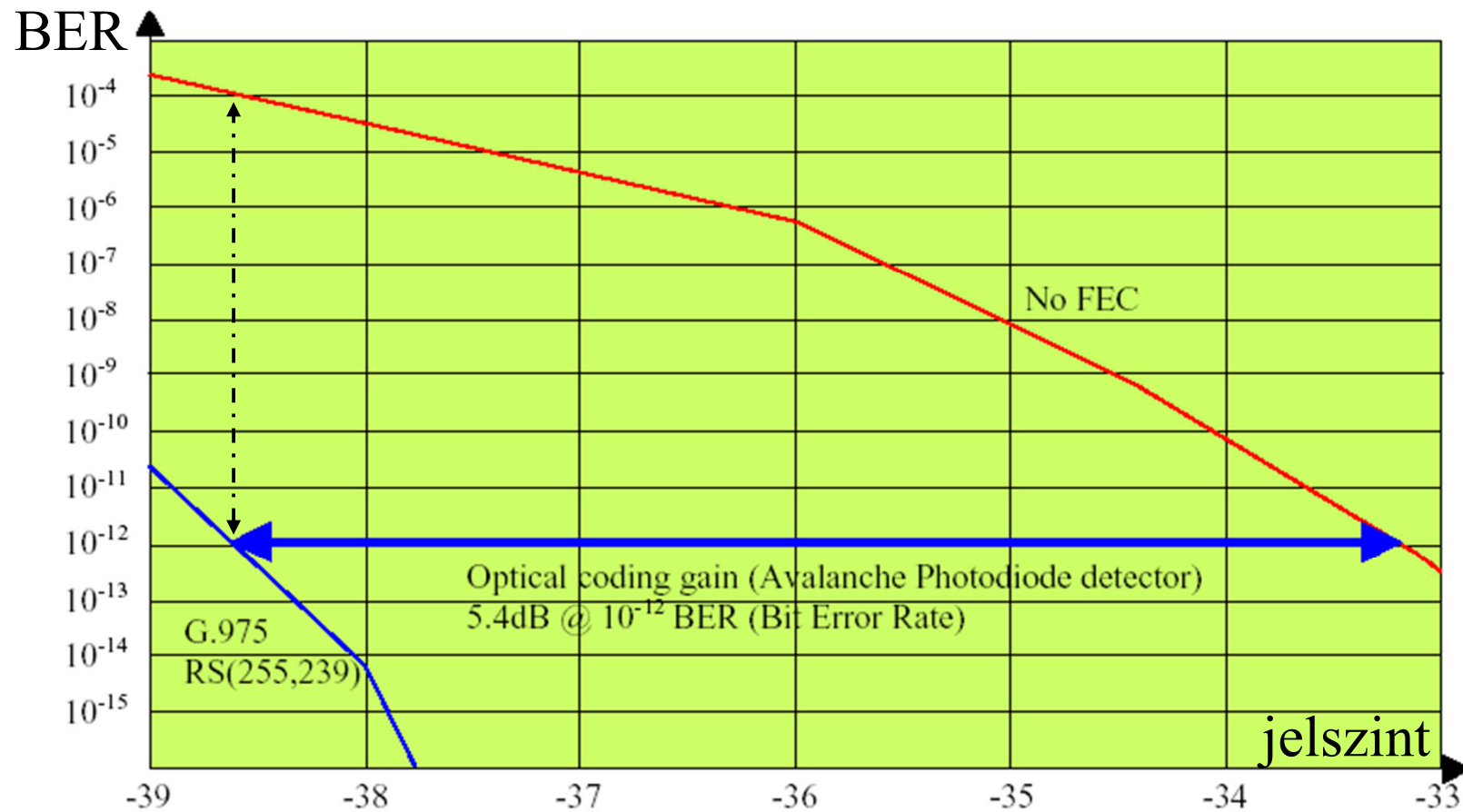
## 16 blokk fésűszerűen

- 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**
  - **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’**

# Összefoglalás

---

- SDH nem elég

**SDH +GFP+VirCat+LCAS → ngSDH**

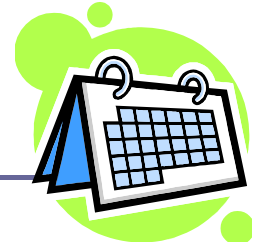
- **(TDM+FEC) + (WDM+Mngmnt) → OTN**

**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. 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 MPLS (MultiProtocol Label Switching)**
  - 8.6 Kapcsolt optikai hálózatok (ASON, ASTN, GMPLS, OBS/OPS)
- 9. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)



GYAKORLAT

# MPLS és 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

# MPLS

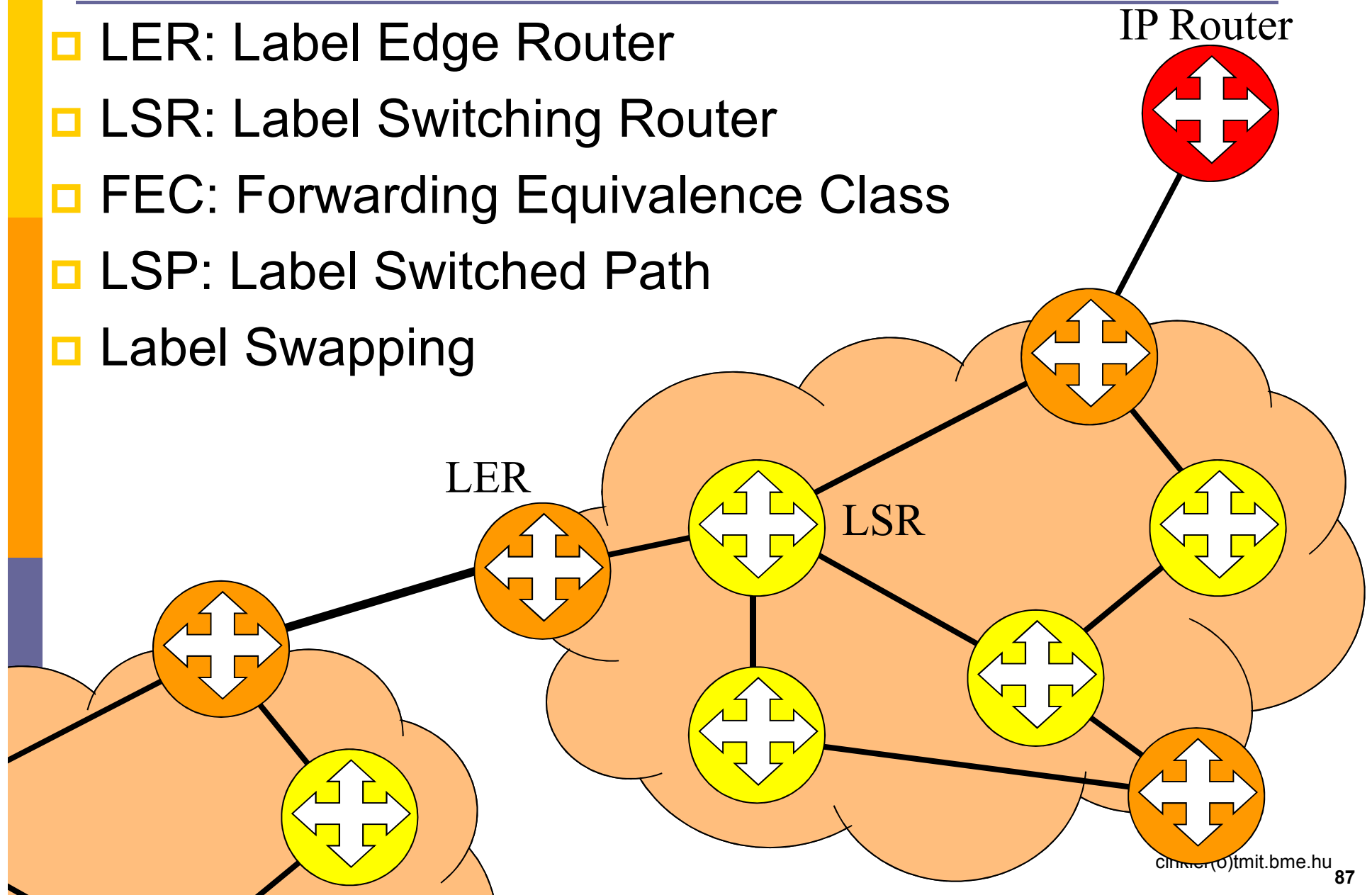
---

## MultiProtocol Label Switching:

- egységes IP/MPLS kontroll
- Egyszerűbb mint az ATM
- Csökkentett címkemező követelmény FEC (Forwarding Equivalence Class)
- Label Swapping and Stacking
- Hasonló alapelvek mint ATM 😊
- Topology or Traffic driven
- QoS
- TE and VPN support (Traffic Engineering and Virtual Private Networks)
- IPoMPLS: Peer Model !
  - RSVP-TE
  - CR-LDP

# MPLS

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



# LER és LSR feladatai (funkciói)

---

## □ LER:

- IP cím alapján útvonalválasztás
- LSP létrehozása CR-LDP vagy RSVP-TE révén
- Első címke felhelyezése és port kiválasztása
- (Minőség, TE, védelem)

## □ LSR:

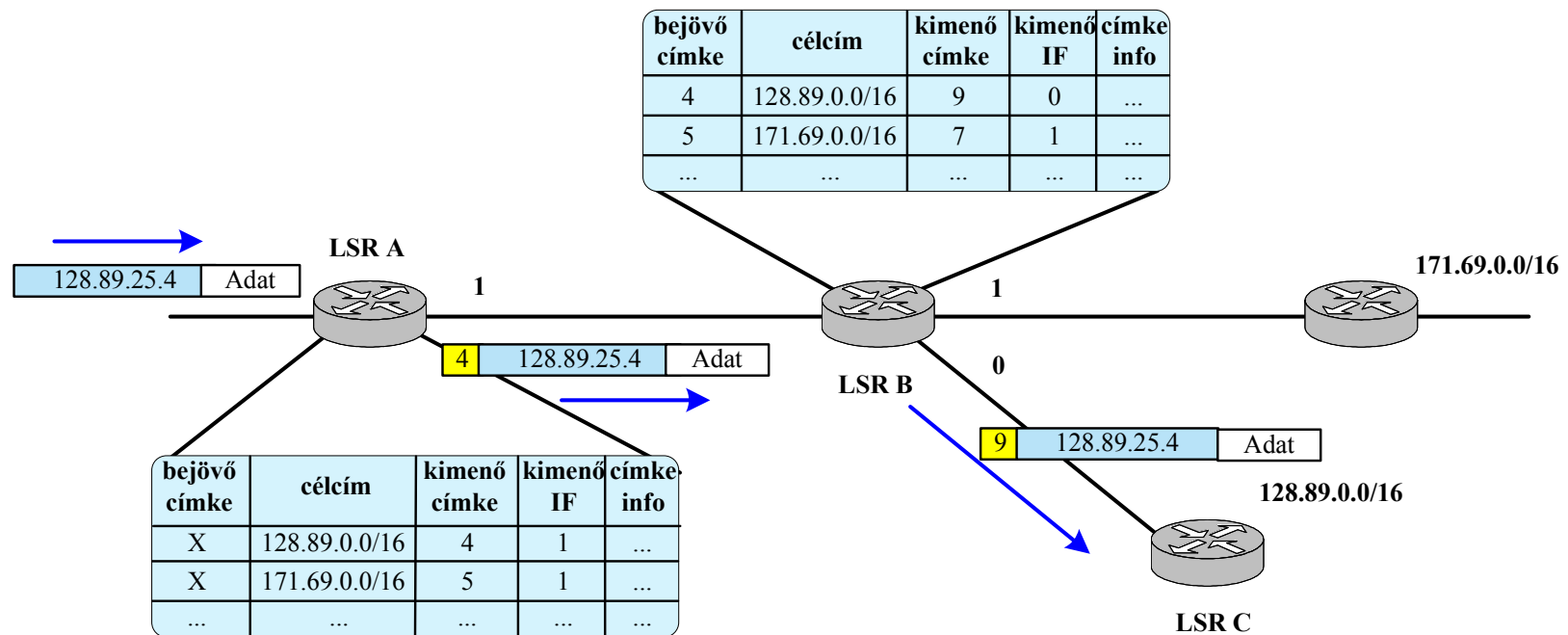
- CR-LDP vagy RSVP-TE jelzés értelmezése
- Kimenő címke és port hozzárendelése bejövő címke és port értékhez
- Adataegységek továbbítása
- Címkecsere vagy felülcímkezés



# MPLS forwarding

## (címke alapú csomagtovábbítás)

- LER / LSR
- CR-LDP / RSVP-TE
- LSP



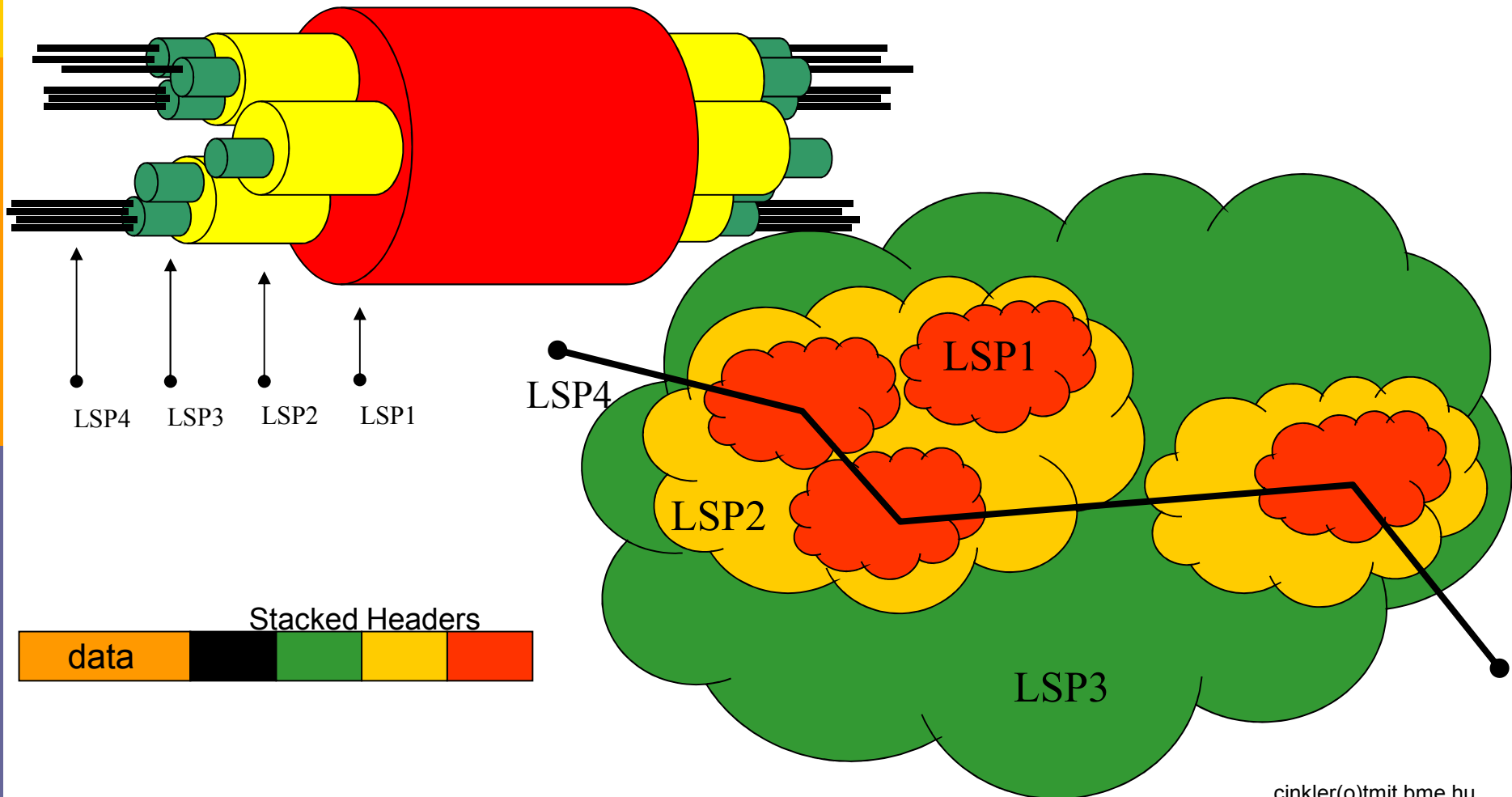
# Label distribution mechanisms

---

- LSP setup
- LSR forwarding tables
- Different Label Distribution protocols:
  - **a Border Gateway Protocol (BGP)**
    - between different Internet AS-es
    - **MPLS extension**
  - **Resource reSerVation Protocol (RSVP)**
    - signalling where label distribution is assigned to RSVP flows
    - **RSVP-TE extension**
  - **Label Distribution Protocol (LDP)**, defined by IETF for this purpose only
    - **CR-LDP**

# Label “Stacking” or “Swapping”?

- Many layers via stacking!
- Hierarchical LSP encapsulation (embedding, nesting)

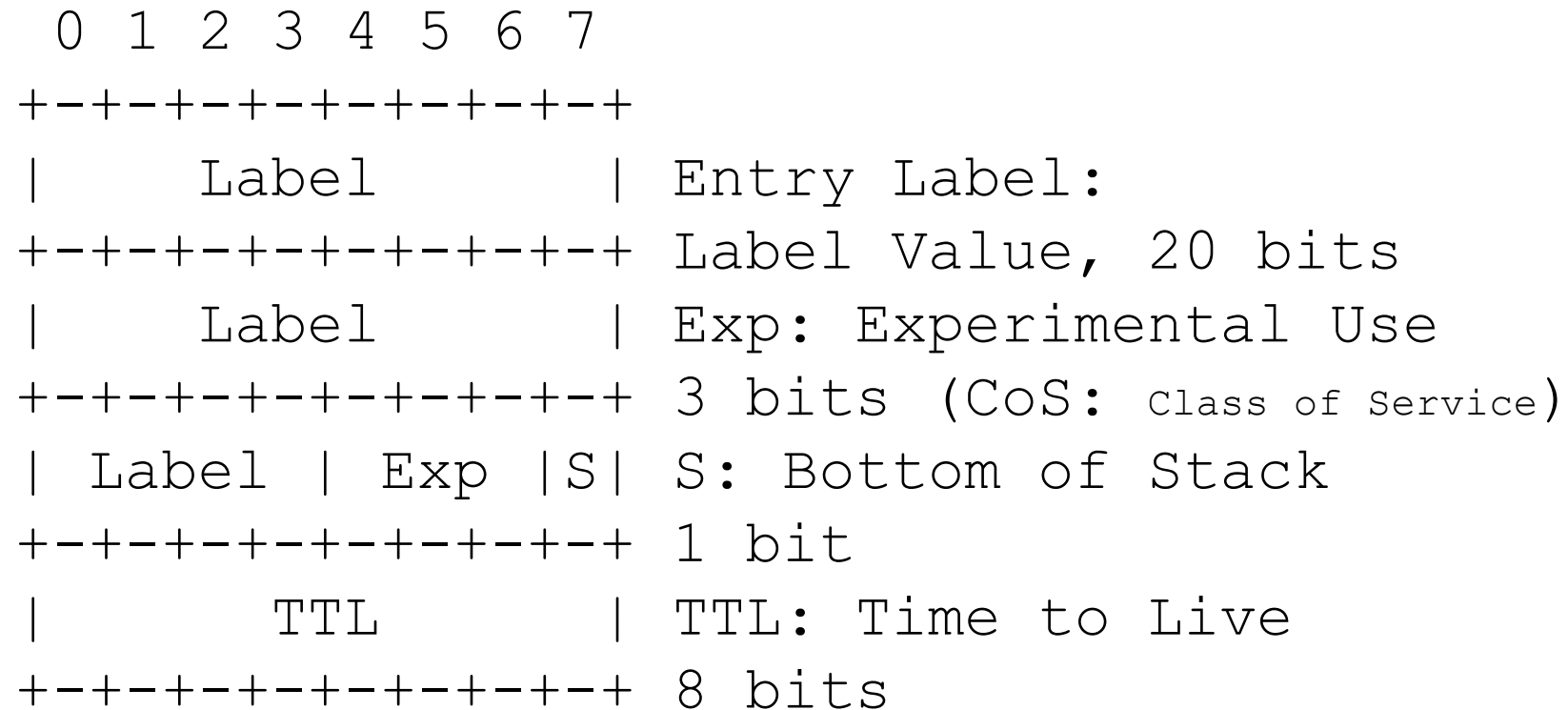


# MPLS header

---

□ Header: 32 bit = 4 byte

□ Label: 20 bits



# IP and MPLS Headers

- Routing and Forwarding

0	8	16	31
VERS	HLEN	Service Type	Total Length
Identification		Flags	Fragment Offset
TTL	Protocol	Header Checksum	
Source IP Address			
Destination IP Address			
Options			Padding
Data			
Data			
...			
Data			

0	7
Label	
Label	
Label	CoS   S
TTL	

# 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)**