

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

8. Gerinchálózati (Transzport) Technikák (második rész)

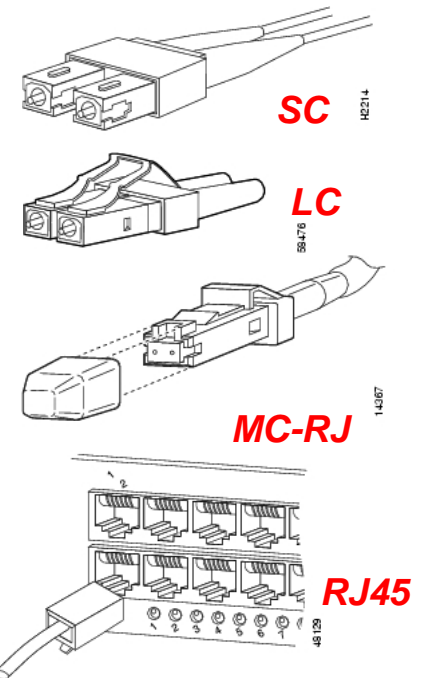
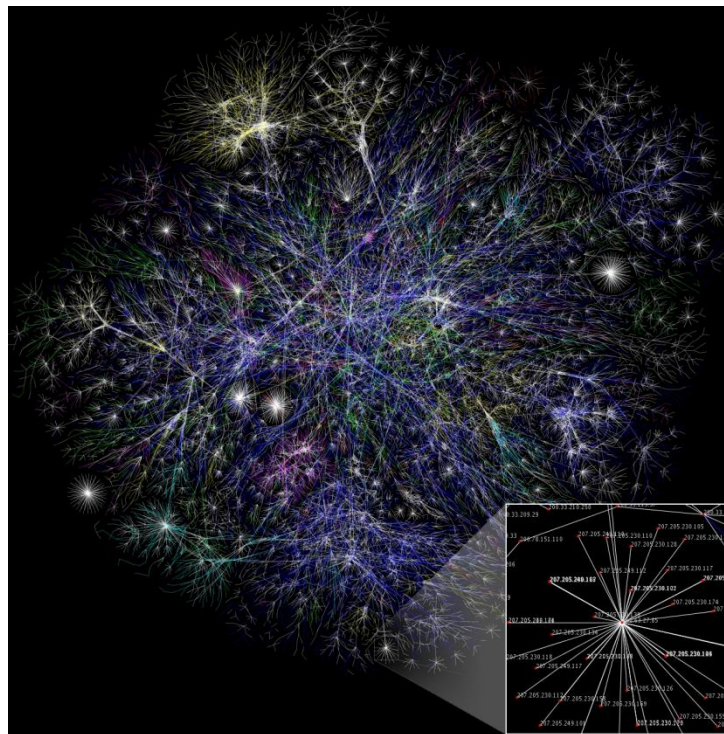
Cinkler Tibor

BME TMIT

2014. november 24.

hétfő 8:15-10:00

I.B.028



A tárgy felépítése



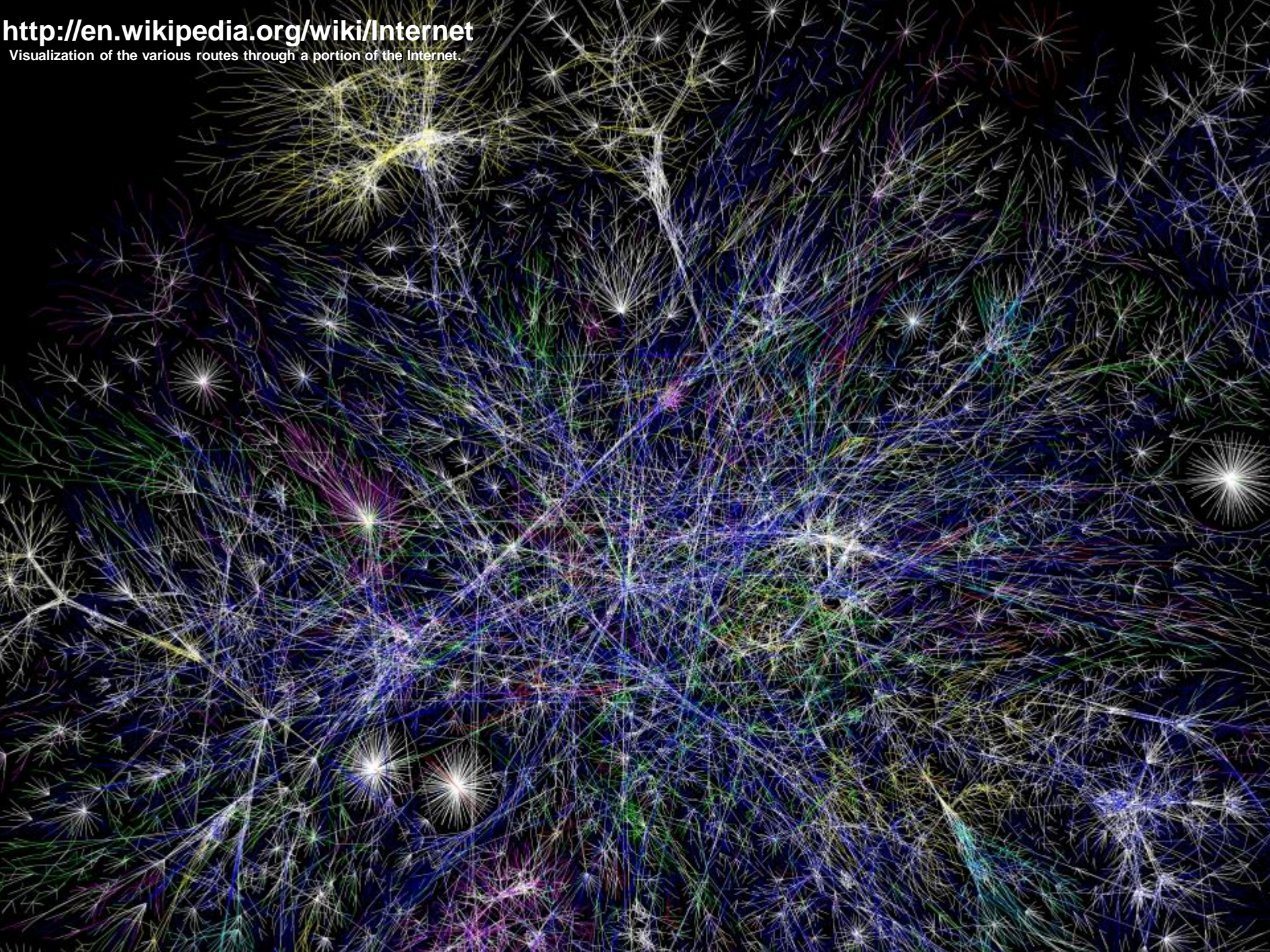
- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
 - 8.1 PDH (Pleziokron Digitális Hierarchia)
 - 8.2 SDH (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)



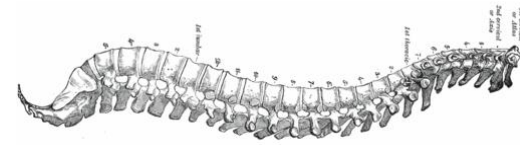
GYAKORLAT

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

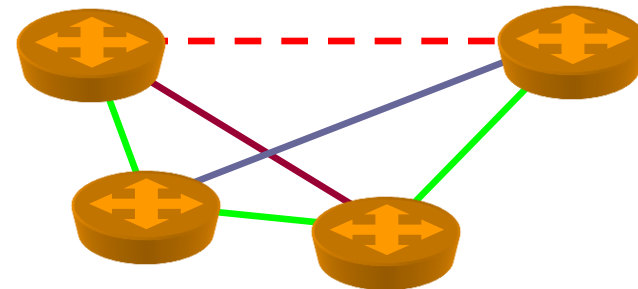
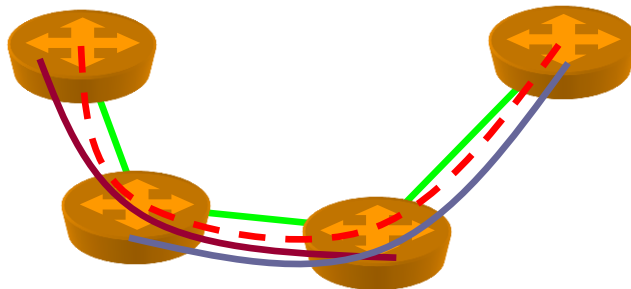
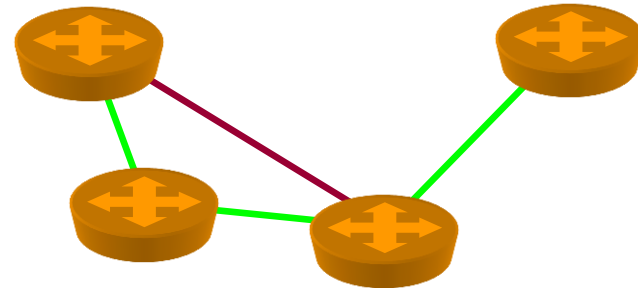
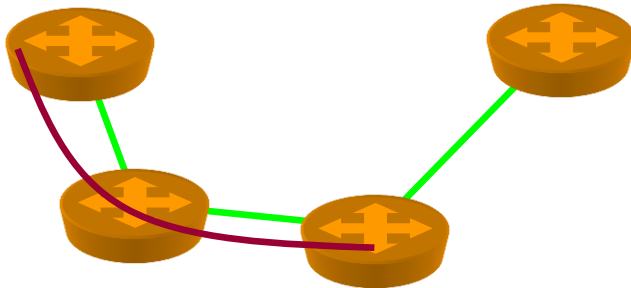
Visualization of the various routes through a portion of the Internet.



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 eléggé...
- 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](#))

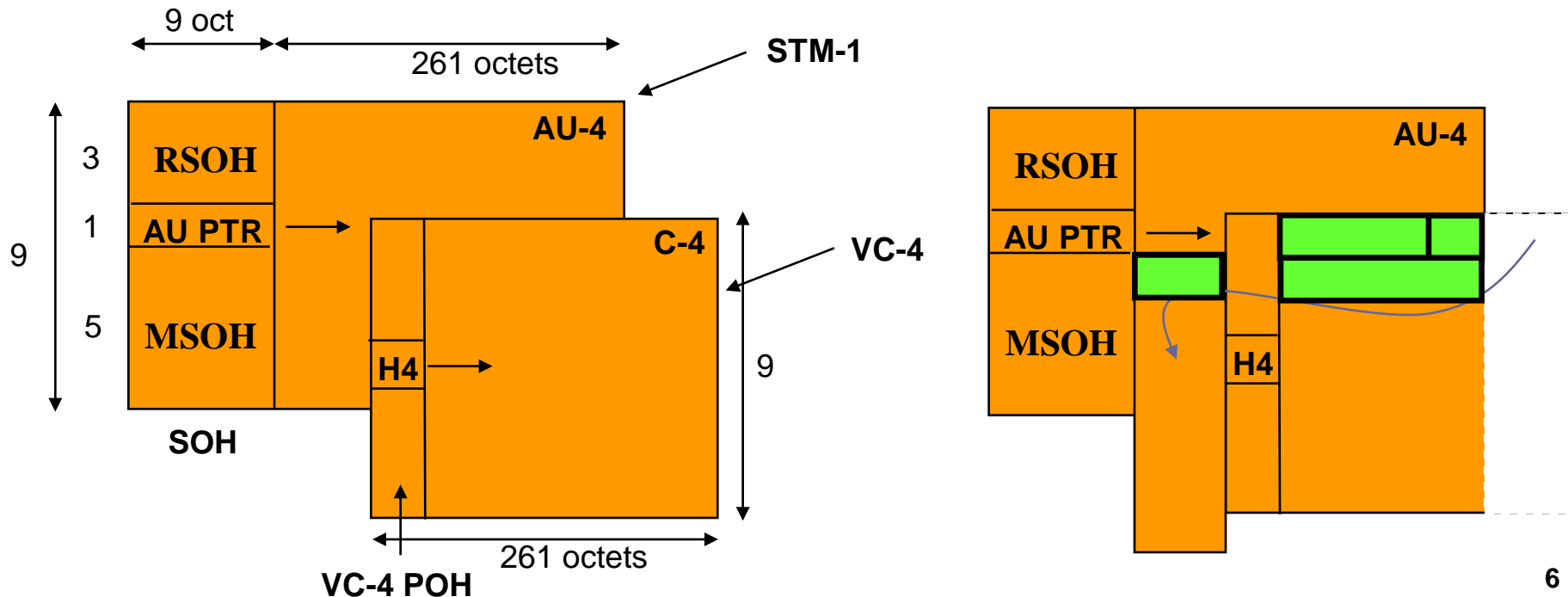
MAPOS: Multiaccess Protocol over SONET/SDH ([RFC2171](#), [RFC2176](#))

SDH keretszervezés (ITU-T G.707)

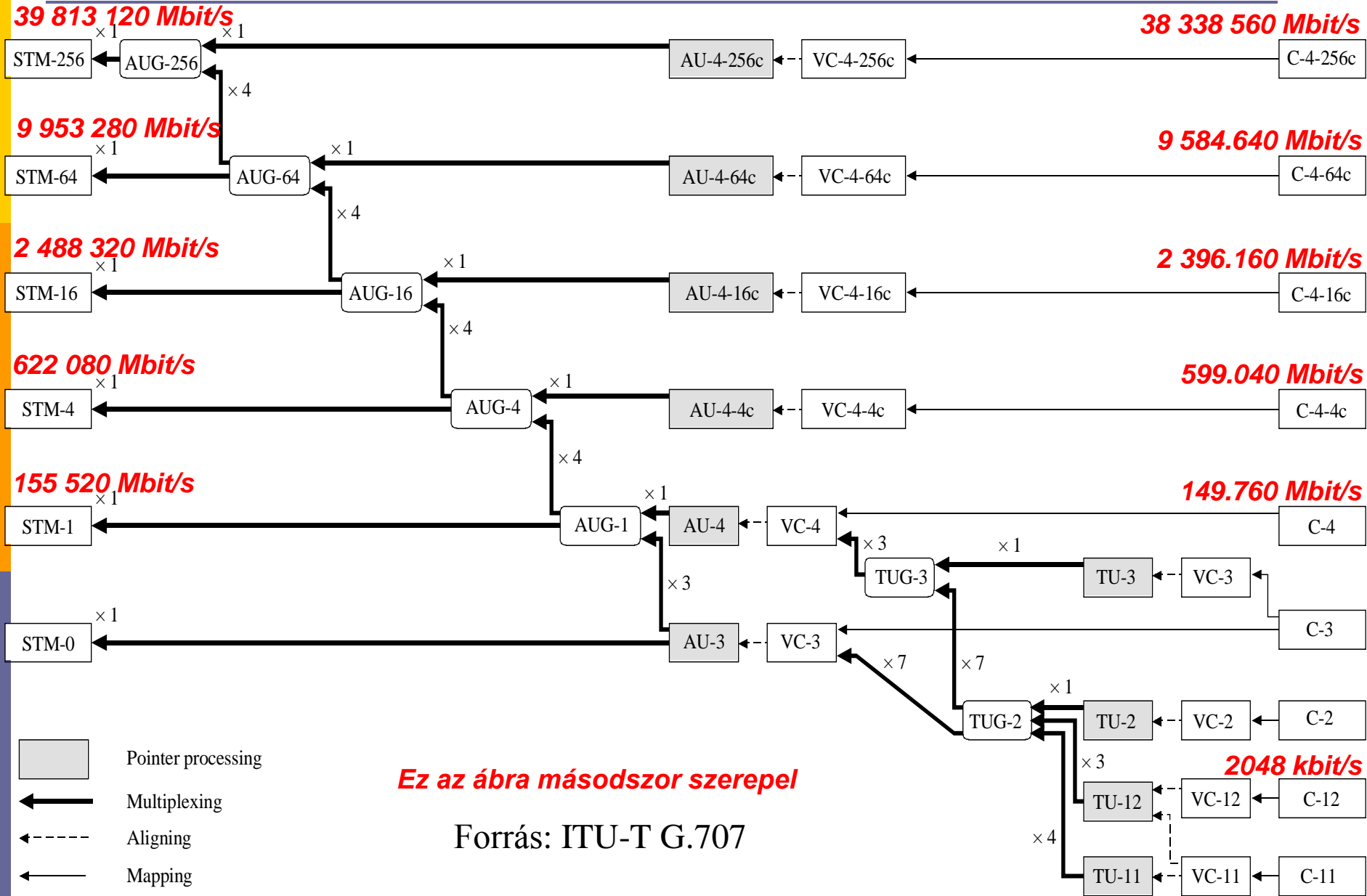
□ Csomagokkal, keretekkel töltjük a konténereket:

- 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



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

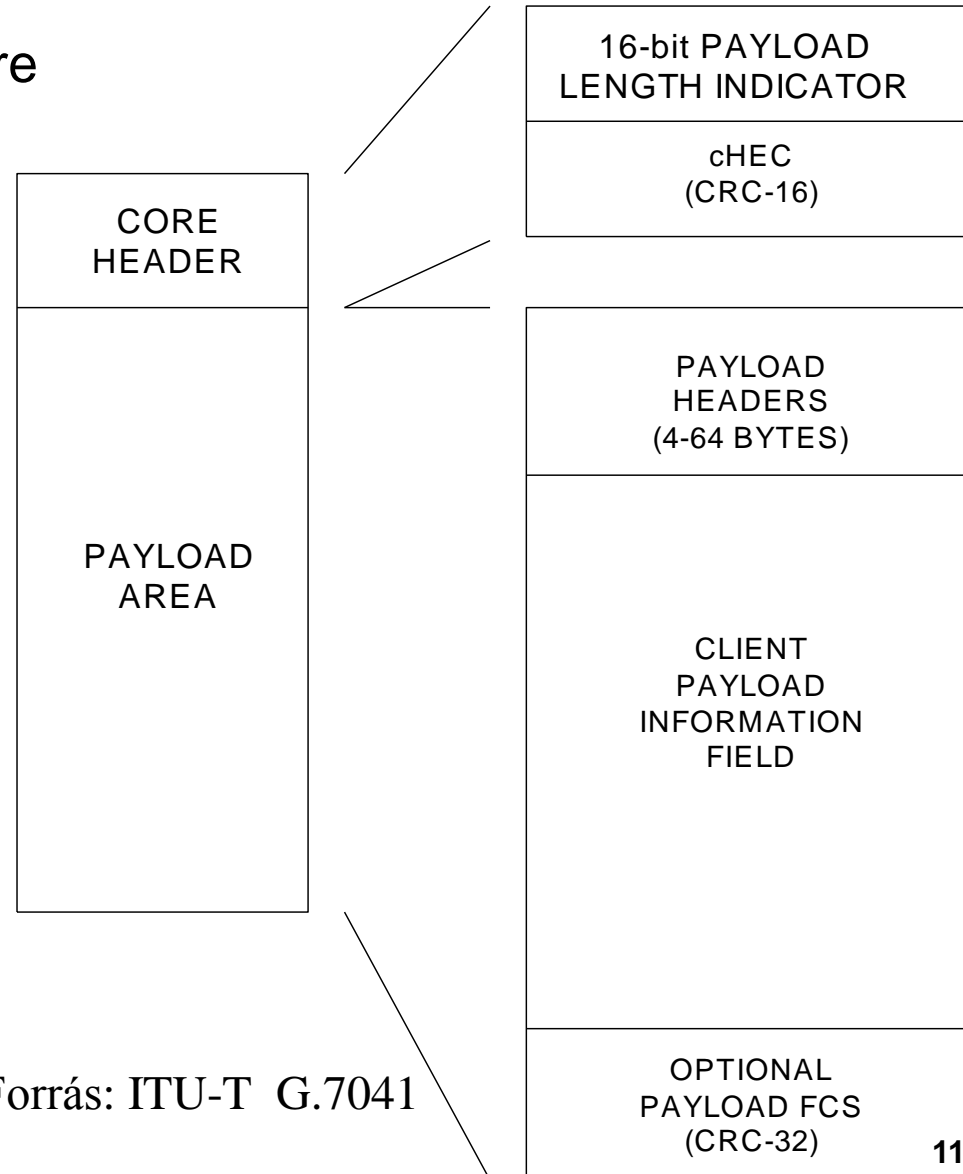
(Általános keretezési eljárás)

- 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 | |

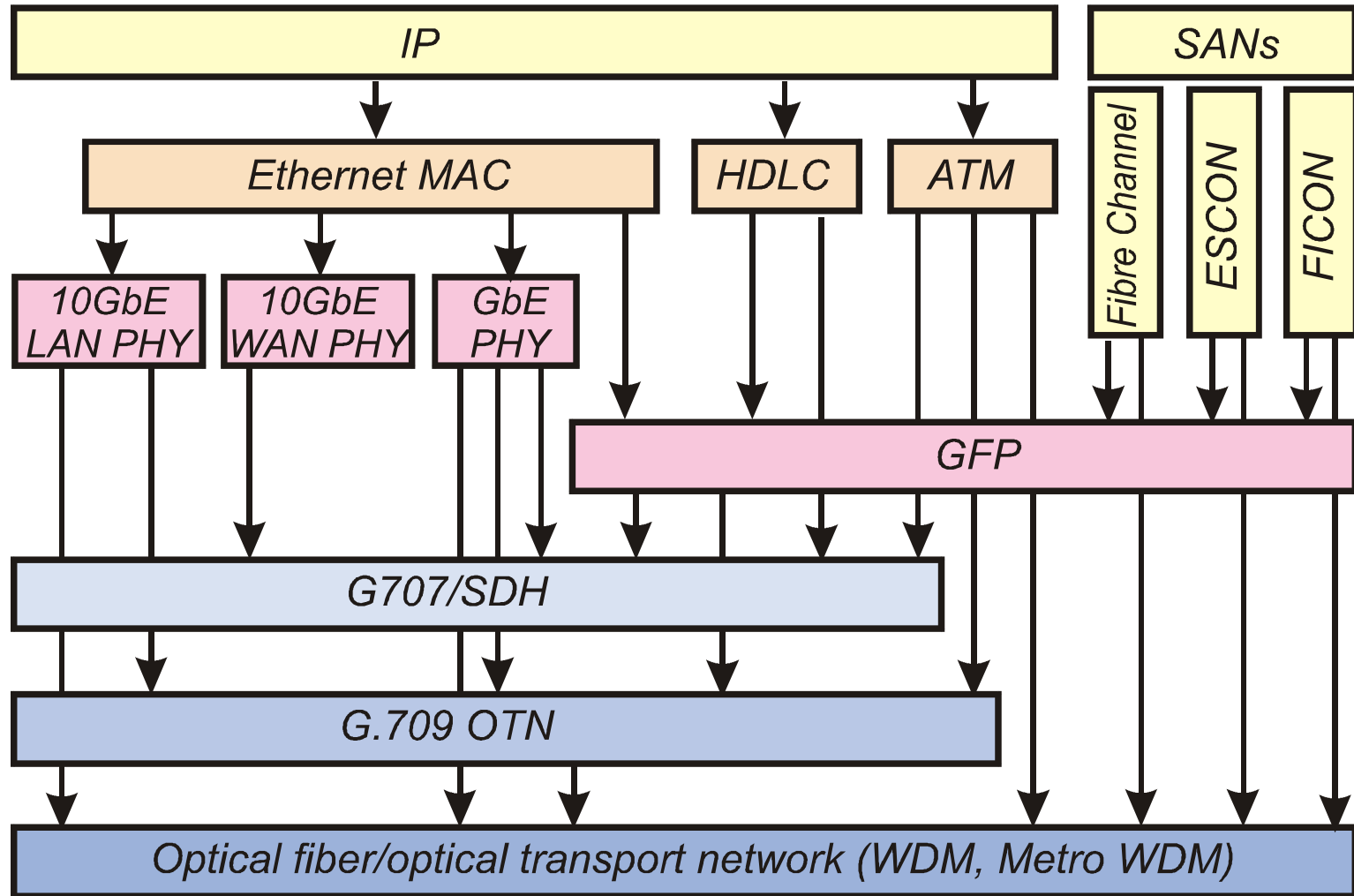
Forrás: ITU-T G.7041

GFP: Generic: Általános?

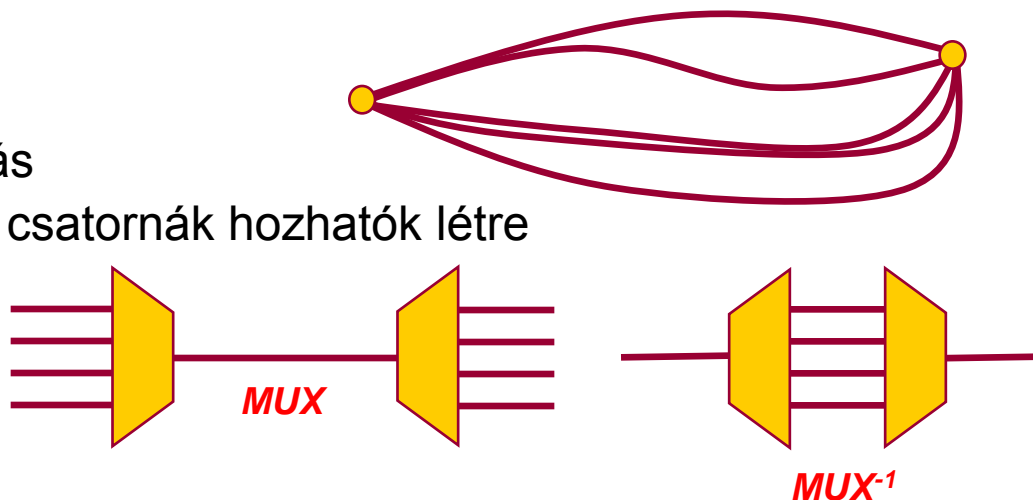
Generic?

- **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)

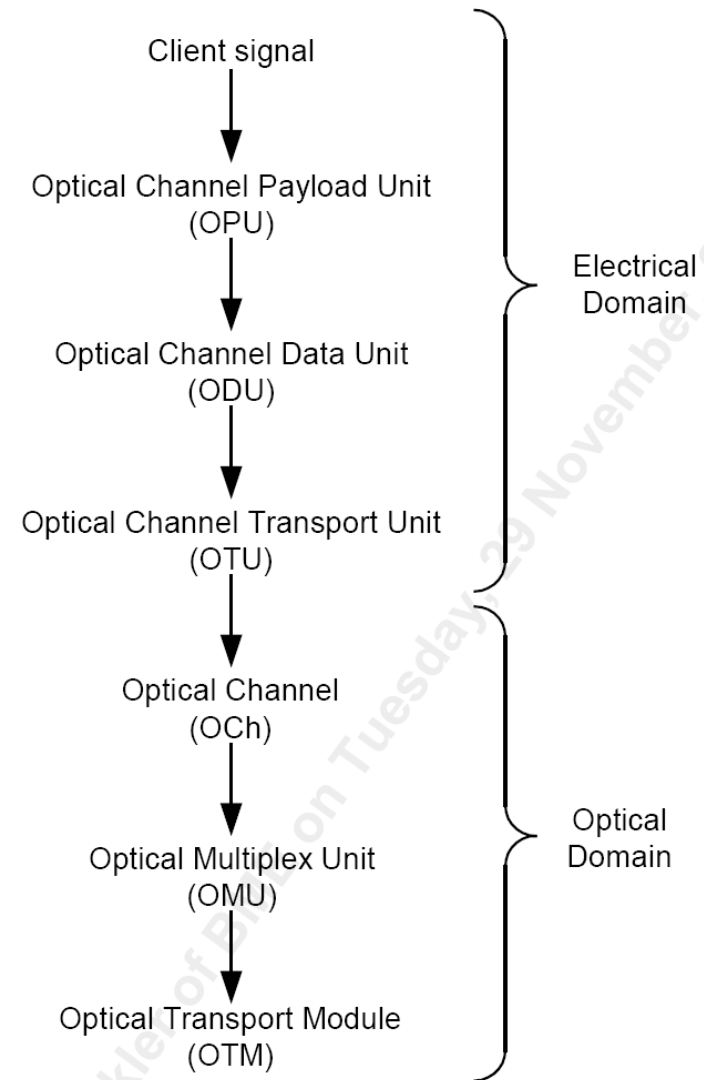
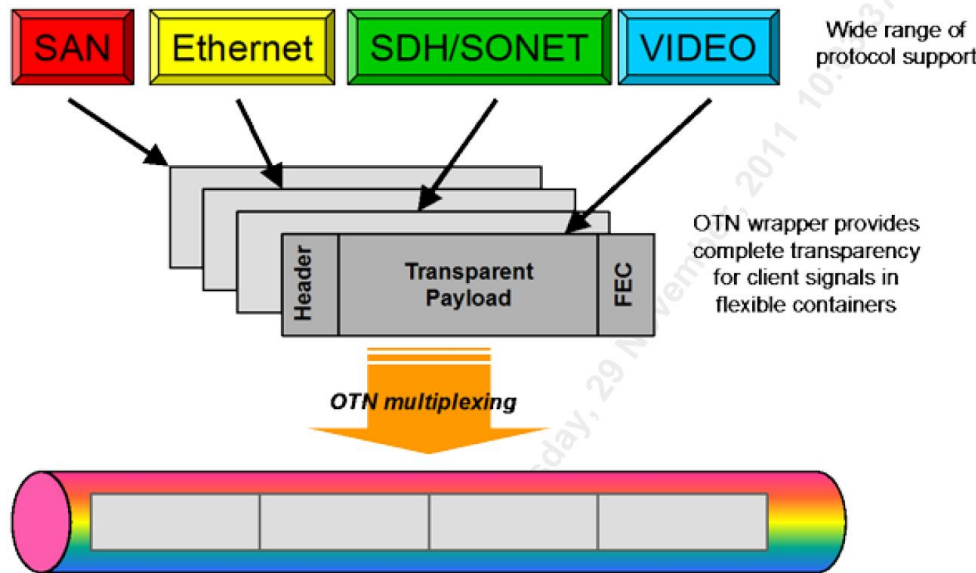


GYAKORLAT



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

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



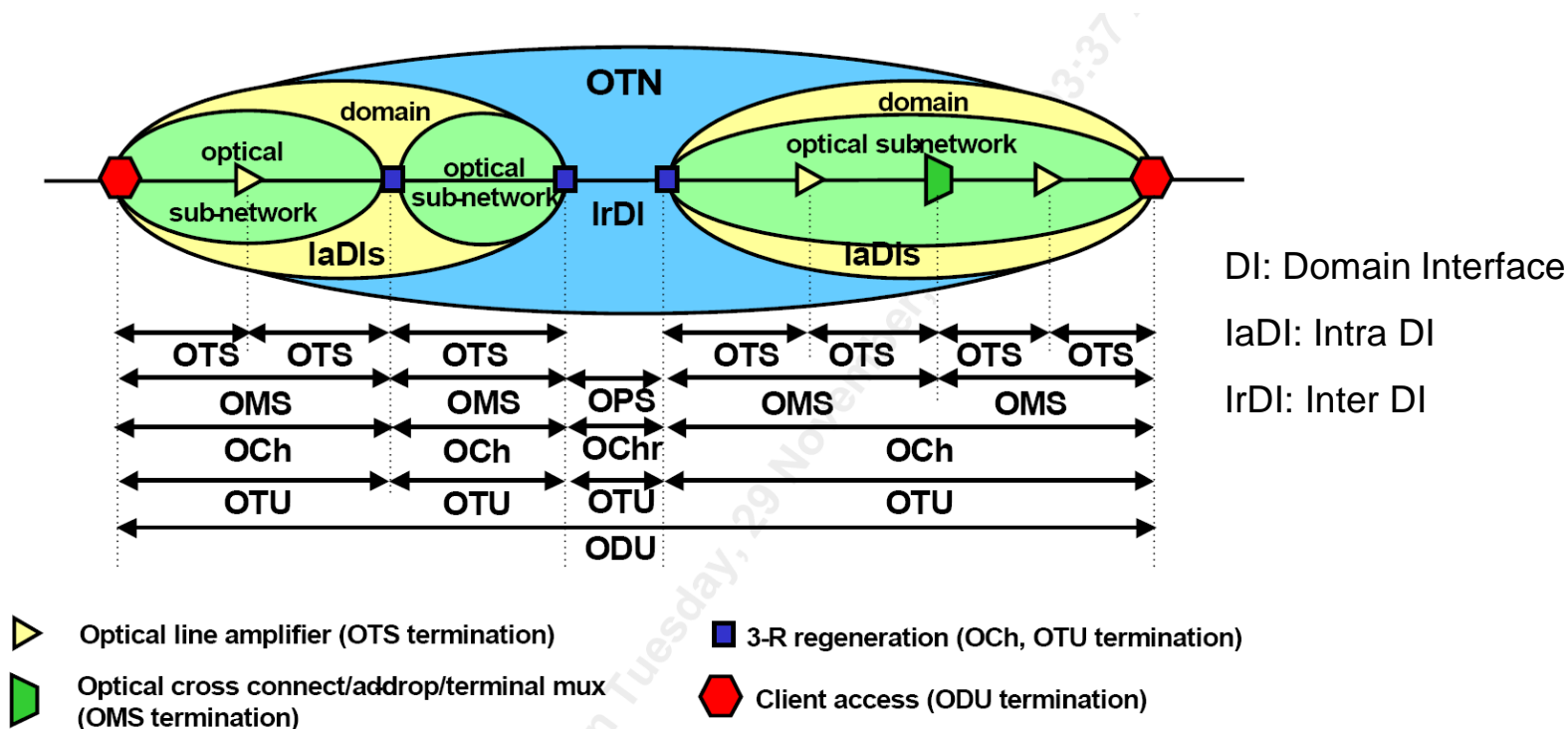
<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com15/otn/OTNtutorial.pdf>

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

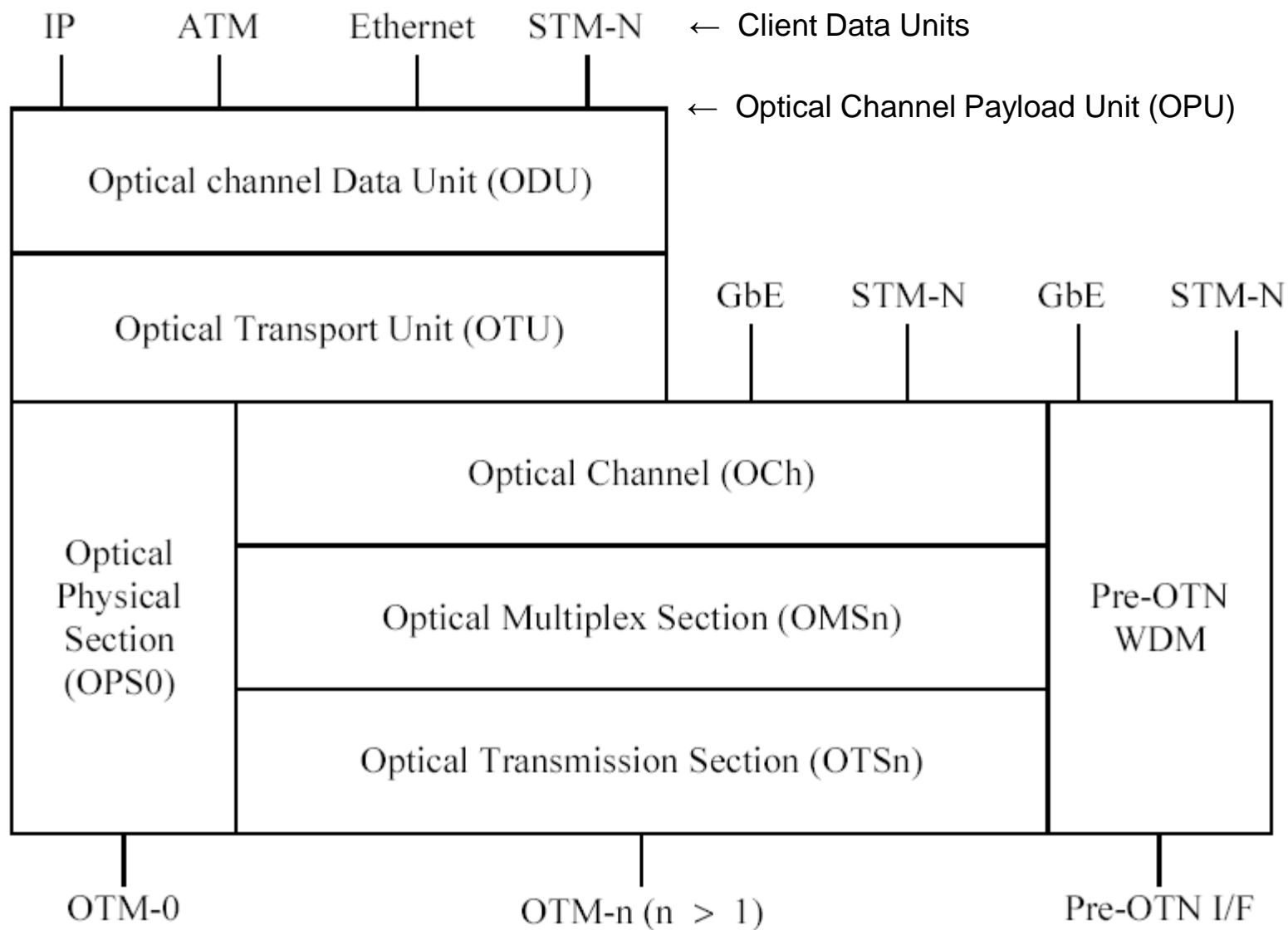
G.709 OTN

Optical Transport Network (Optikai szállító hálózat):

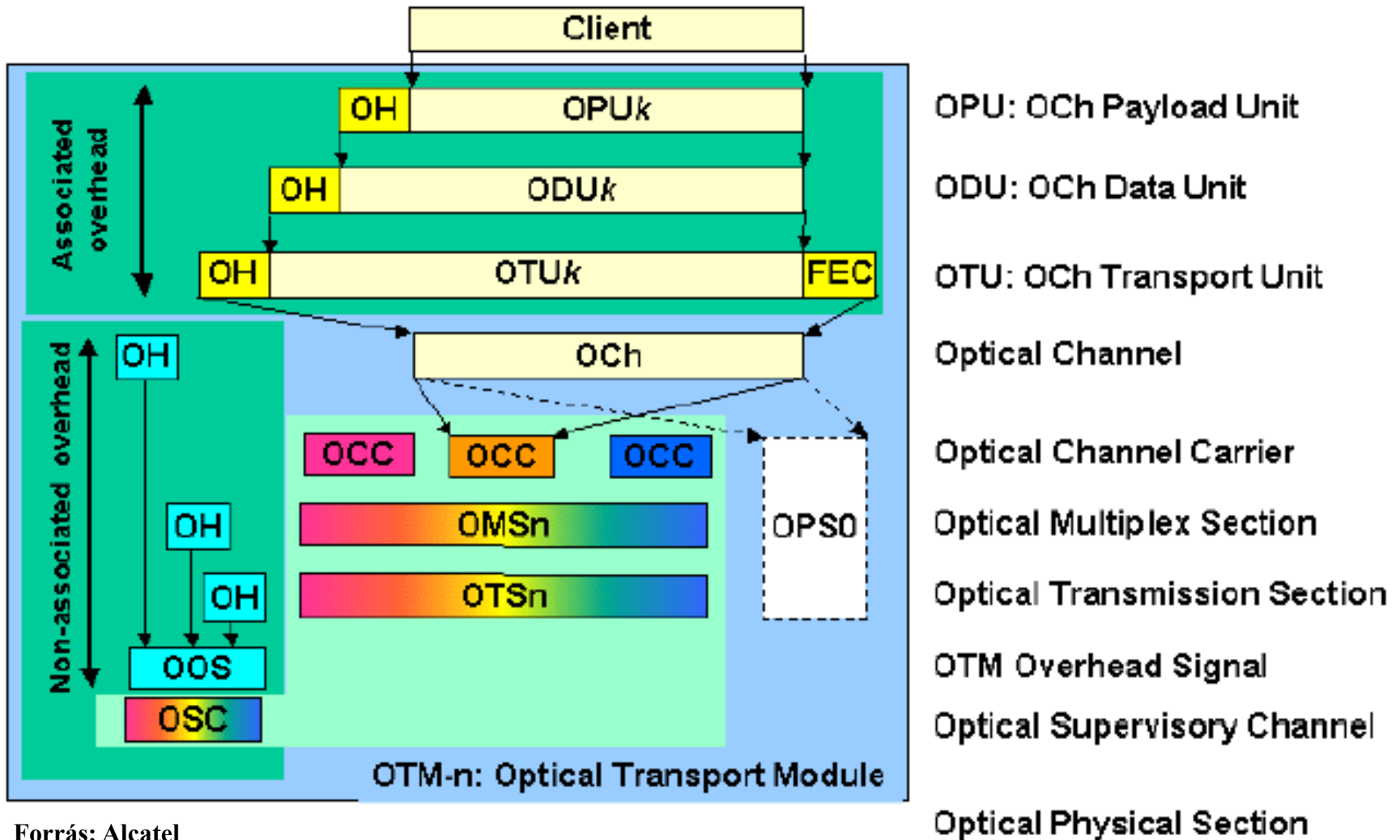
- ❑ OTS: Optical Transmission Section (Átviteli szakasz)
- ❑ OMS: Optical Multiplex Section (Nyaláboló szakasz)
- ❑ OCh: Optical (Lambda) Channel (Optikai (hullámhossz) csatorna)



Az OTN és WDM viszonya

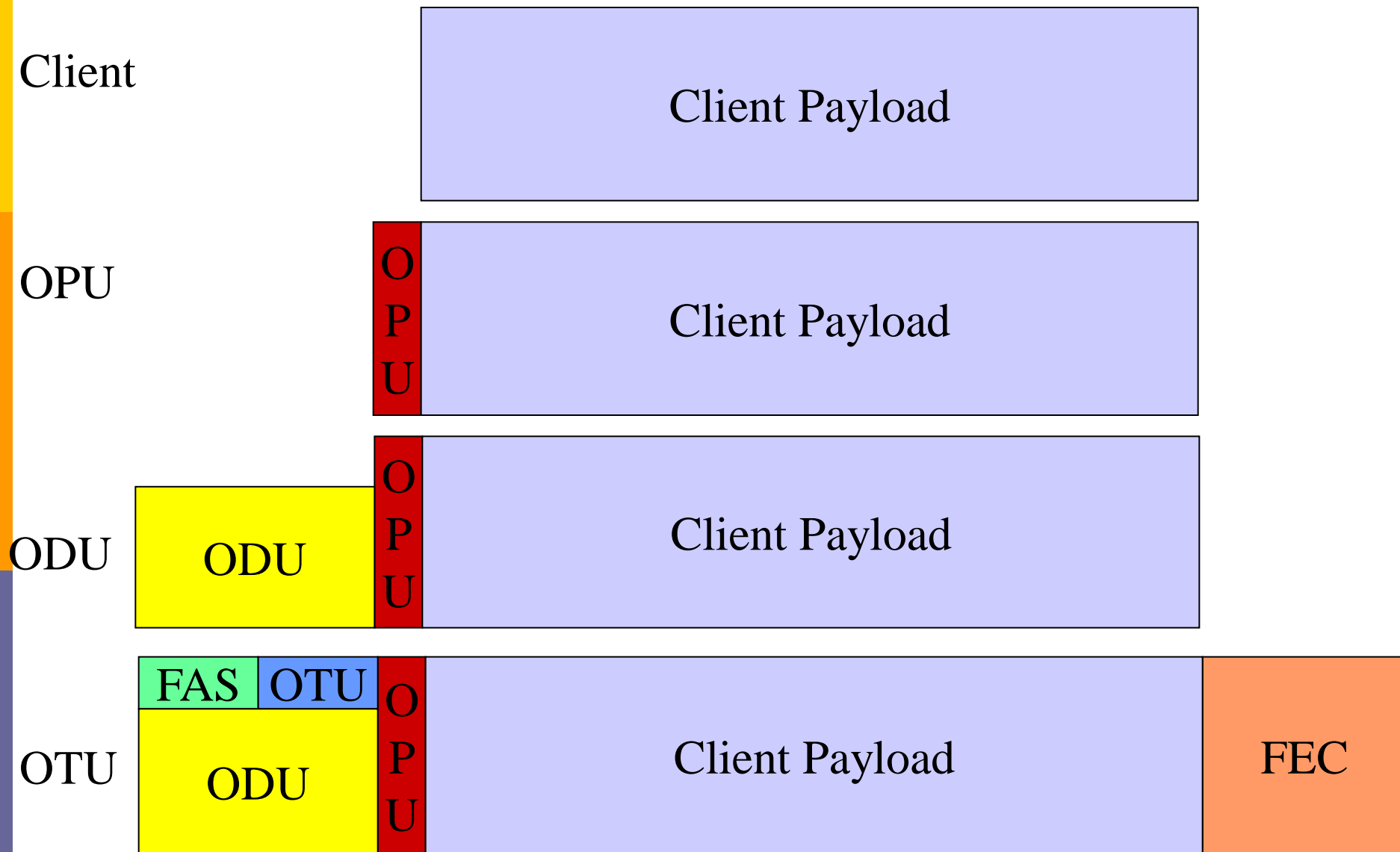


Az ITU-T G.709 keretkezési struktúrája



Forrás: Alcatel

Fej- és farok-részek



Az OCh keret

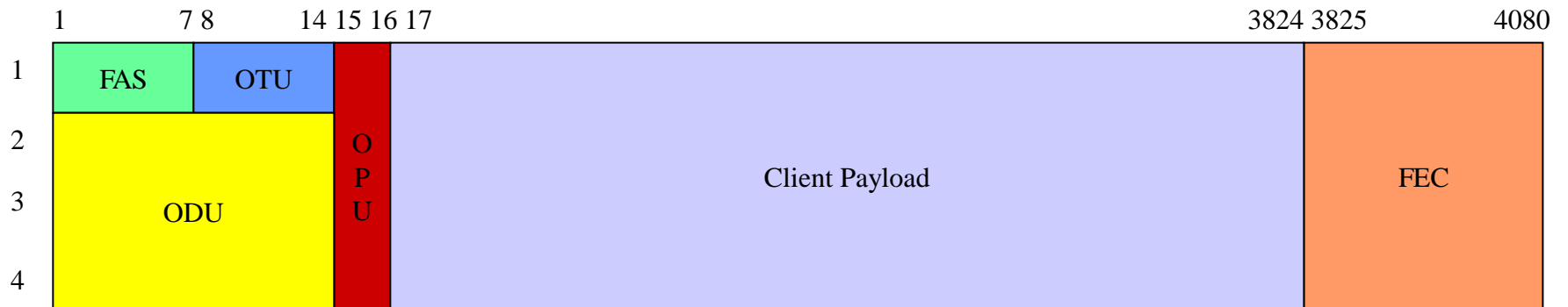
OTU: Optical Channel Transport Unit (Optikai csatorna szállító egysége)

FAS: Frame Alignment Signal (keretszinkronszó)

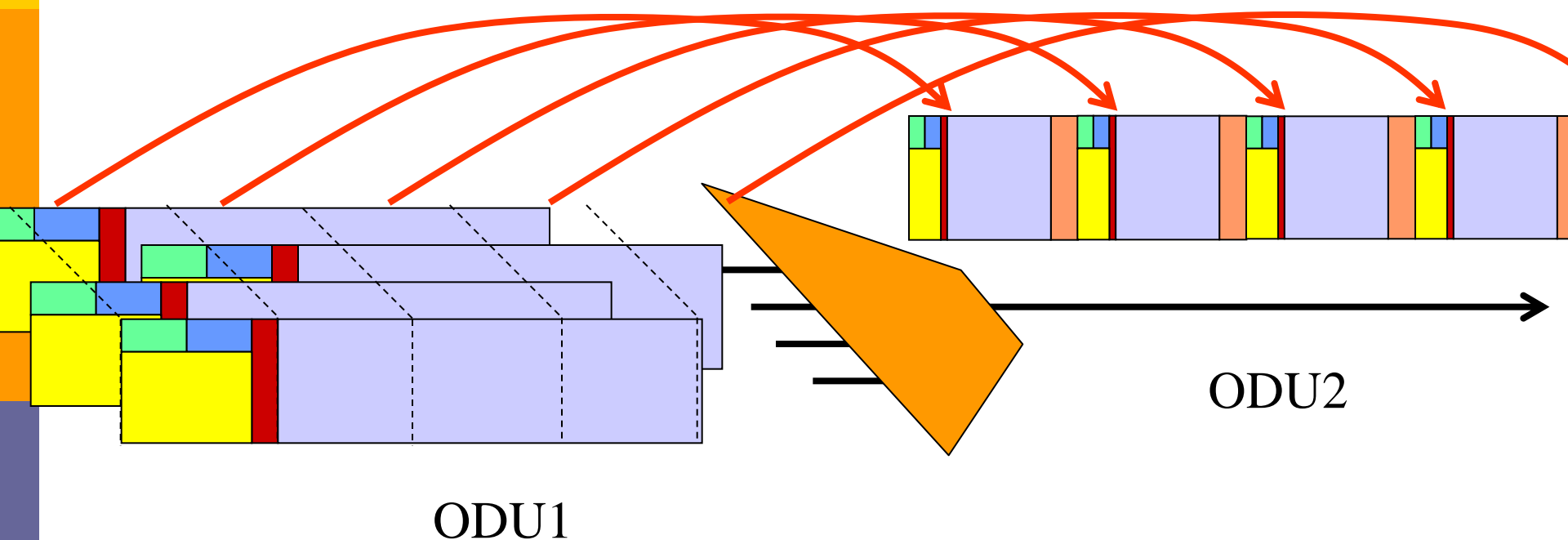
FEC: Forward Error Correction (OTU FEC)

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:

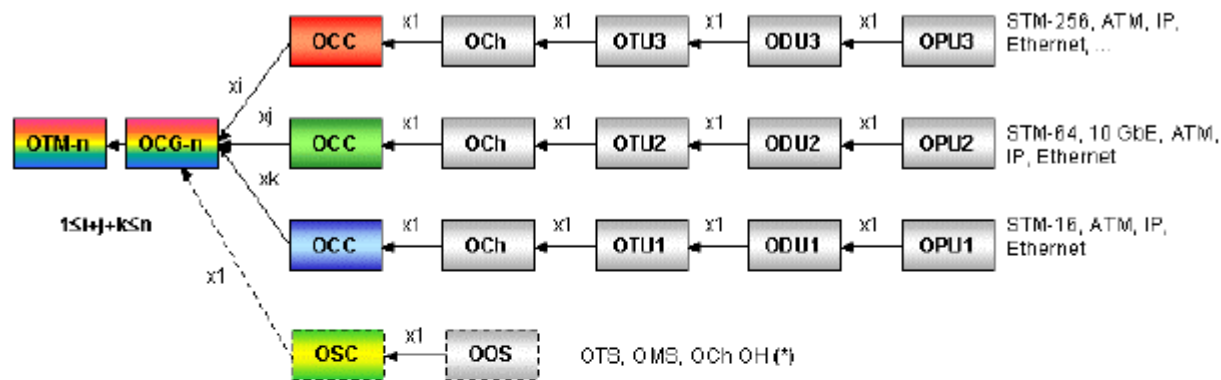
n: λ -k száma

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

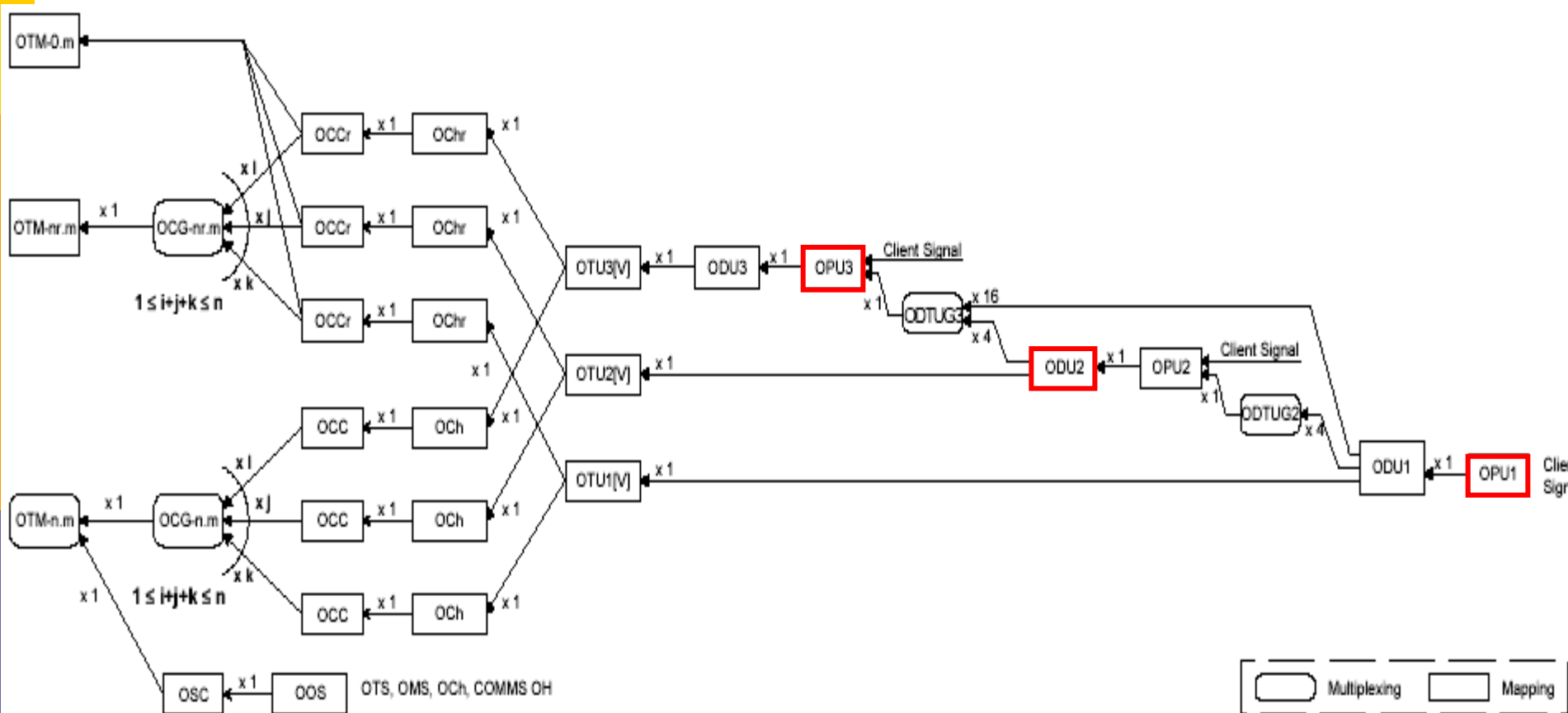


(*) OSC is supported only by OTM-5.12 with full functionality

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

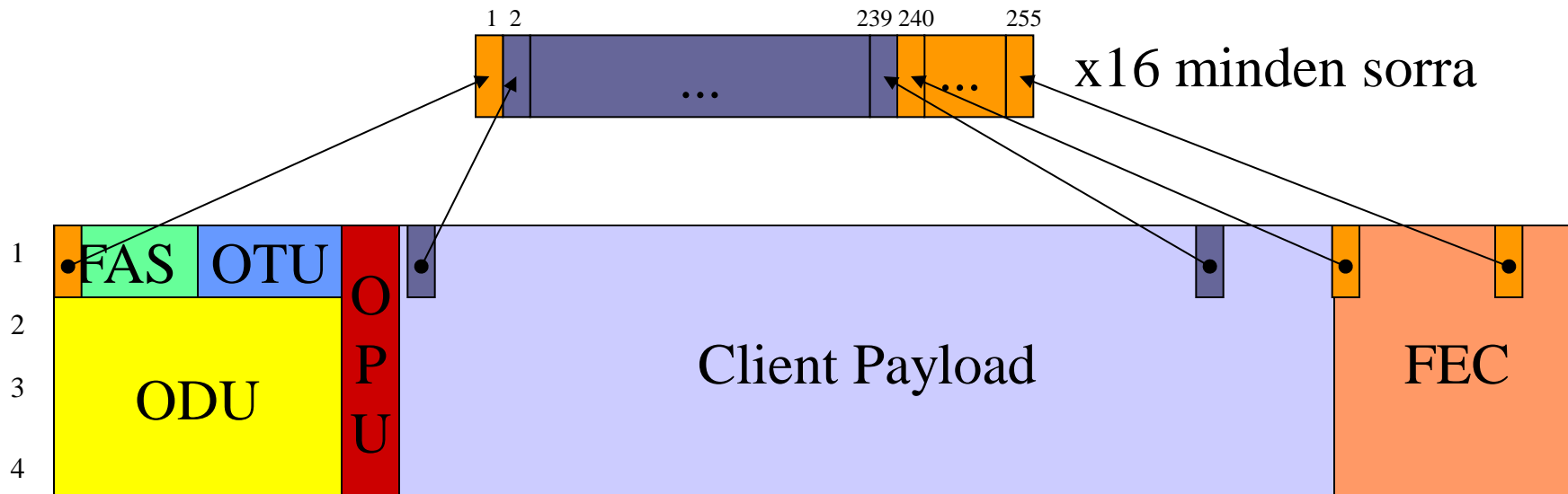


RS (255,239) Reed Solomon kód, mert

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

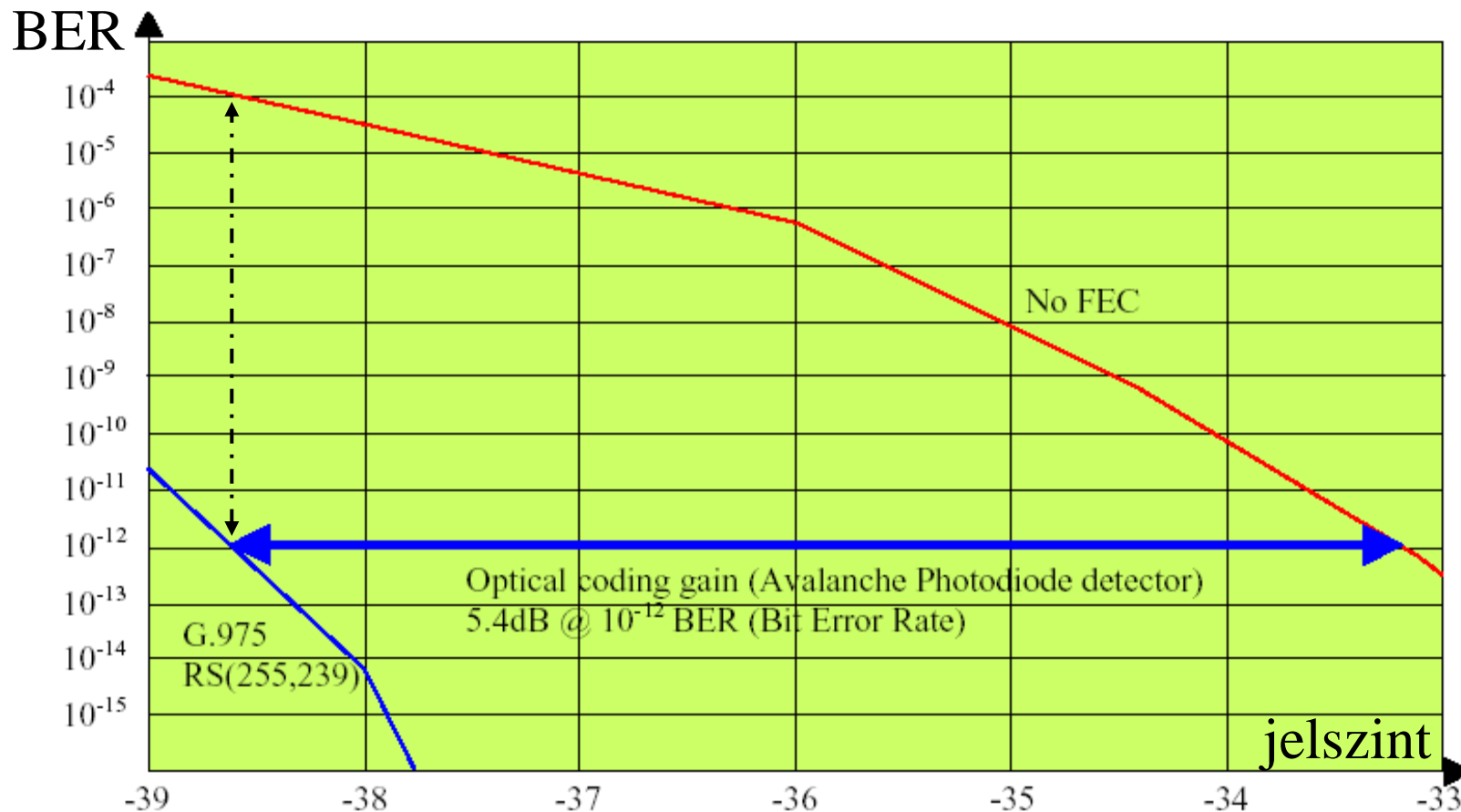
16 blokk fésűszerűen

- 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



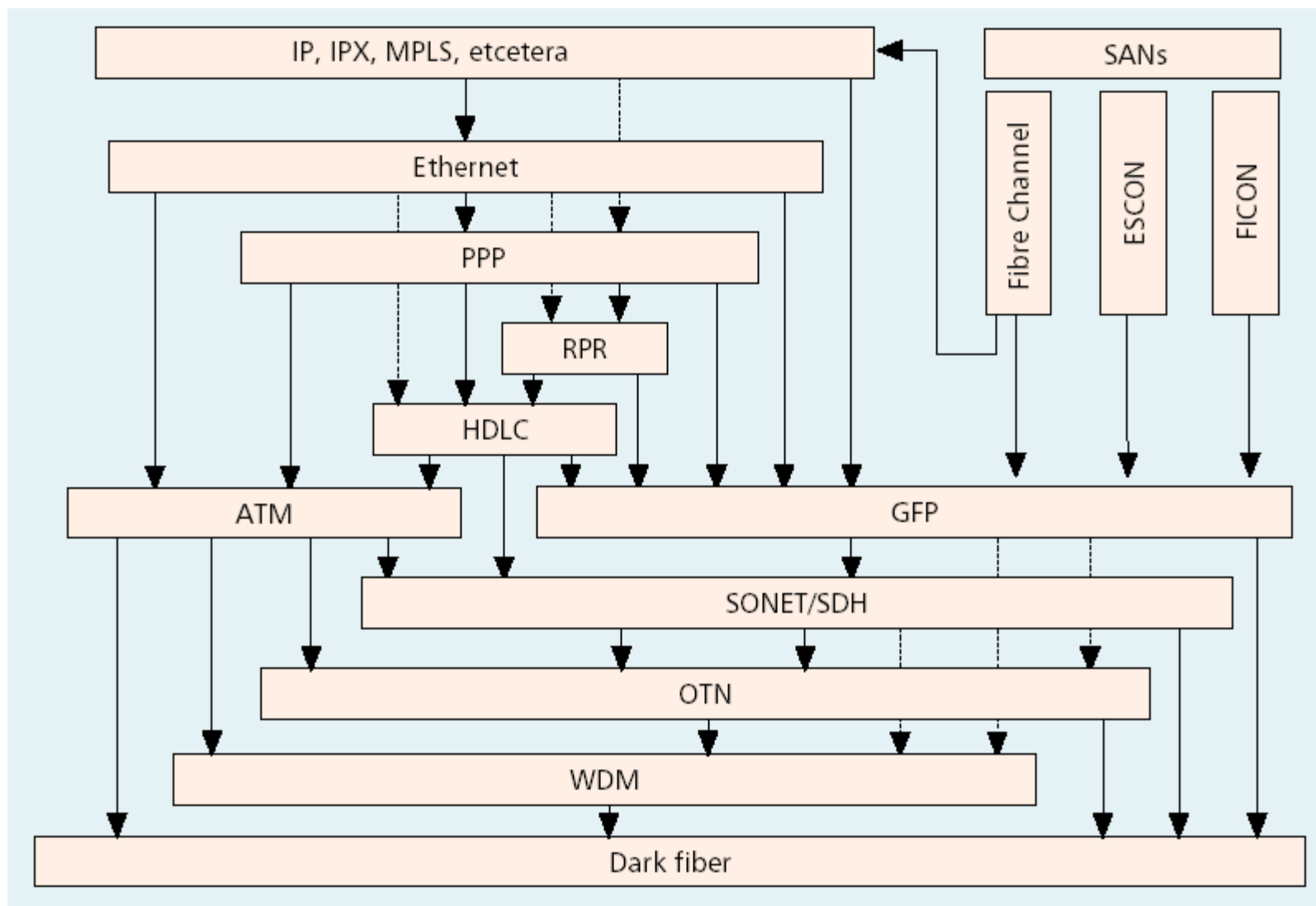
Forrás: Guylain Barlow, Innocor Ltd.: [A G.709 Optical Transport Network Tutorial](#)

Miért használjunk FEC-et?

(DW, OTN, G.709)

- **Teljesítmény (jelszint) nyereség: 7% FEC: 5dB vagyis**
- **20 km-rel hosszabb szakaszok**
 - **Minden negyedik regenerátor (jel-frissítő) 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 (egy kis ingyencség...)

- **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

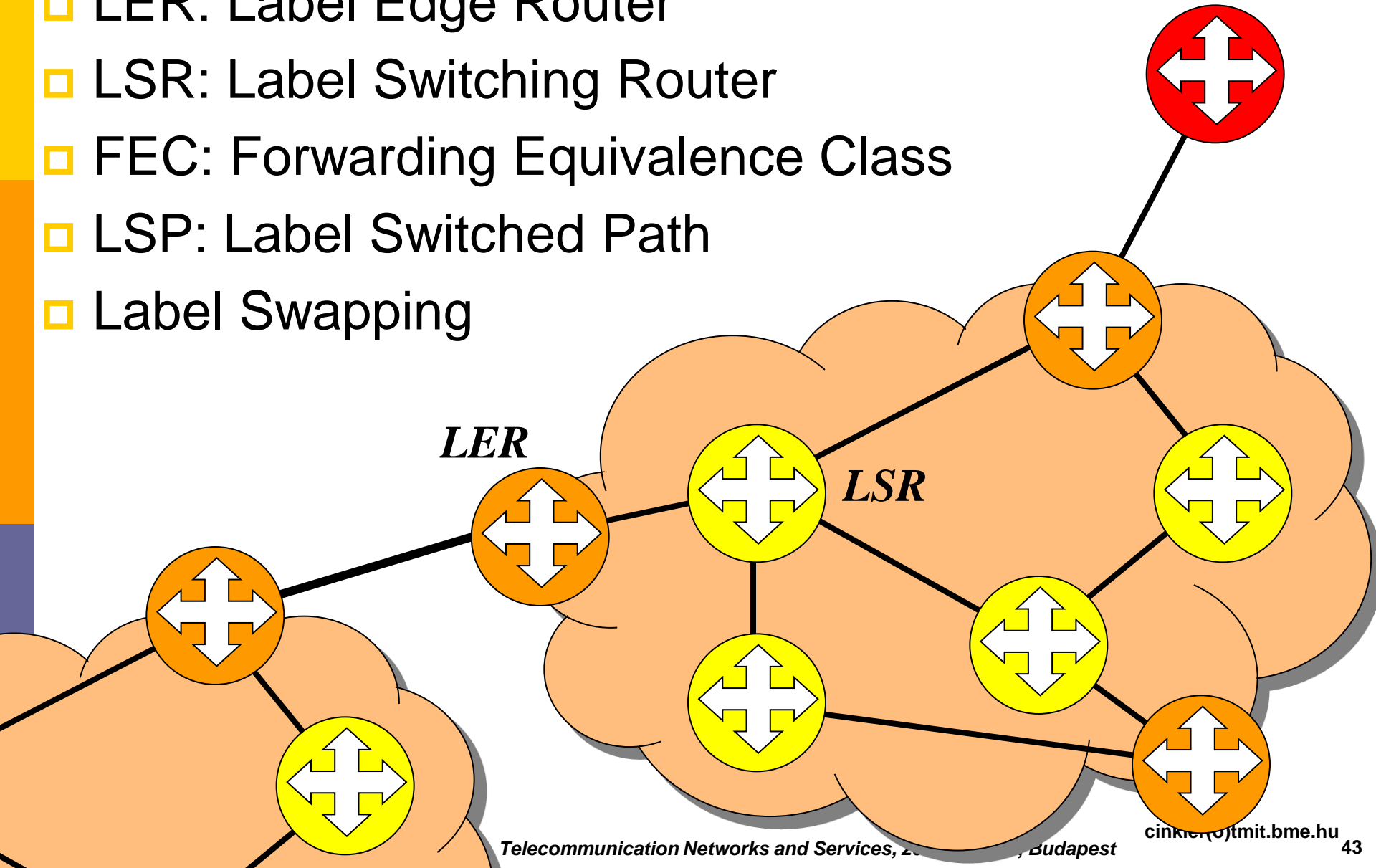
MultiProtocol Label Switching:

- Unified IP/MPLS control
- Simpler than ATM
- Reduced label space requirement via FEC (Forwarding Equivalence Class)
- Label Swapping and Stacking
- Not much new compared to ATM ☺
- Topology or Traffic driven
- Some QoS issues still open
- TE and VPN support (Traffic Engineering and Virtual Private Networks)
- IPoMPLS: Peer Model !
 - RSVP-TE
 - CR-LDP

MPLS

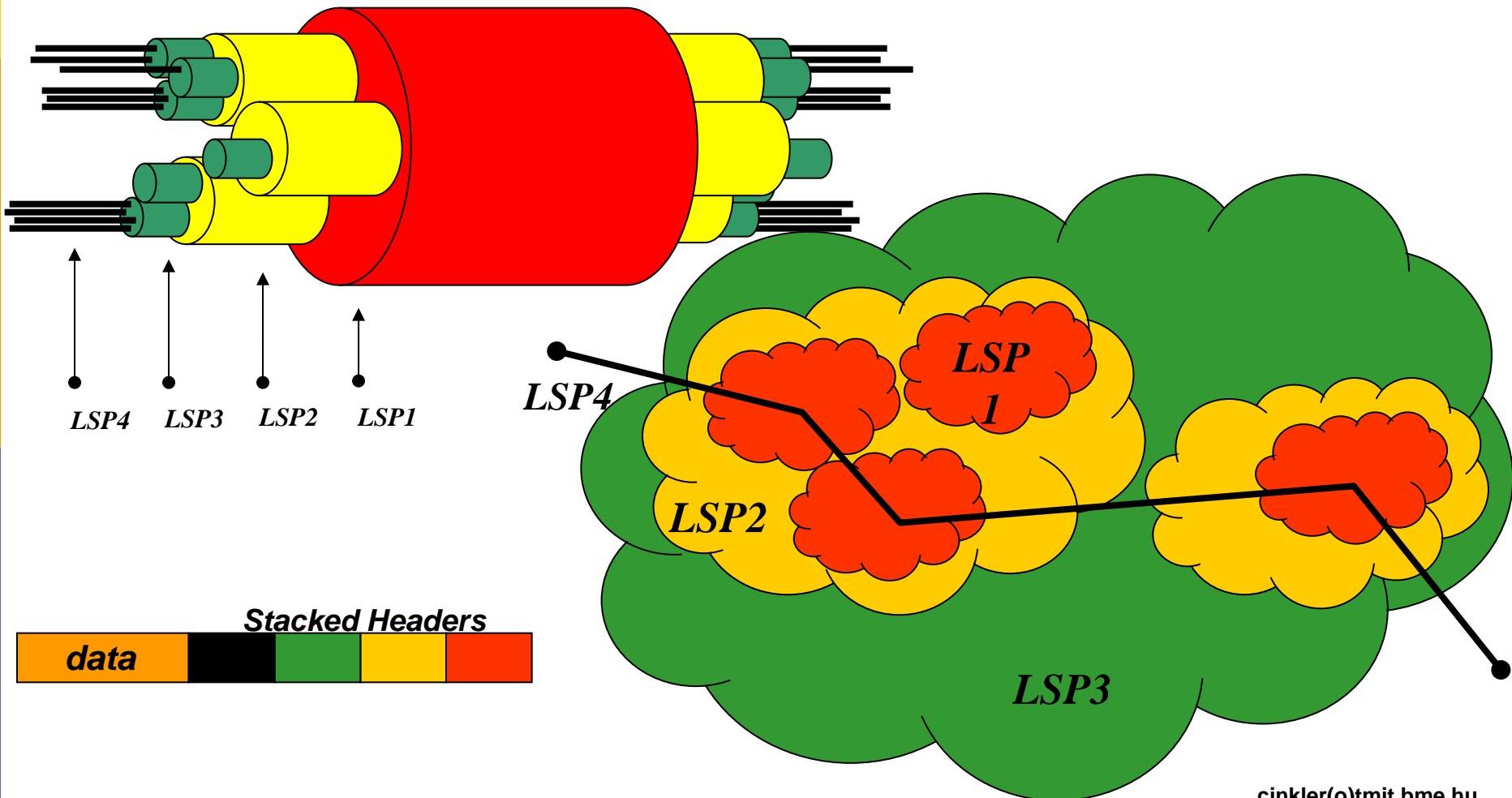
IP Router

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



Label “Stacking” or “Swapping”?

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



MPLS header

- Header: 32 bit = 4 byte
- Label: 20 bits

```
  0 1 2 3 4 5 6 7
+-+--+--+--+--+--+--+
|      Label      | Entry Label:
+-+--+--+--+--+--+--+ Label Value, 20 bits
|      Label      | Exp: Experimental Use
+-+--+--+--+--+--+--+ 3 bits (CoS)
| Label | Exp | S | S: Bottom of Stack
+-+--+--+--+--+--+--+ 1 bit
|      TTL      | TTL: Time to Live
+-+--+--+--+--+--+--+ 8 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 |
| TTL | |

MPLS forwarding

