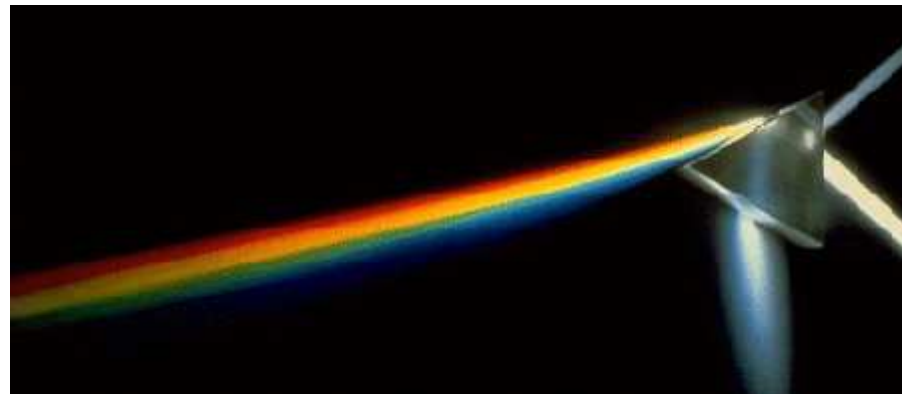


# Távközlő hálózatok és szolgáltatások

## 10. Gerinchálózati (Transzport) Technikák (harmadik rész)

*Cinkler Tibor*  
*BME TMIT*  
*2011. december 5.*  
*Hétfő 12:15-14:00*  
*Q.II*



# A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
- 2. PSTN, ISDN hálózatok áttekintése
- 3. Kapcsolástechnika
- 4. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. VoIP
- 7. Kodekek
- 8. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 9. Jelzésátvitel
- **10. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)**
  - **10.1 PDH** (Pleziokron Digitális Hierarchia) } *Múlt előtti óra!*
  - **10.2 SDH** (Szinkron Digitális Hierarchia) }
  - **10.3 ngSDH** (next generation SDH) }
  - **10.4 OTN** (Optical Transport Network) }
  - **10.5 Kapcsolt optikai hálózatok** (ASON, ASTN, GMPLS, OBS/OPS) *Ma!*
- 11. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)
- 12. Hálózati szolgáltatások (Henk Tamás)



# Sávszélességéhes alkalmazások

- Cluster / Cloud / Utility Computing
- Peer-to-Peer (BitTorrent, és tömérdek más...)
- GRIDs
- SAN, oSAN (adattár)
- Audio and Video Broadcast (műsorszétoosztás/szórás)
- VoD (video) (youtube.com), HDTV, 3DTV
- VoIP (beszéd) (skype, stb.)
- Telemedicine (Távorvoslás)
- Distant Learning (Távoktatás)
- Video Conferencing (Videokonferencia)



# 3 Generáció

---

- 1. G: Csak az átviteli szakaszok optikaiak
  - PDH, SDH, ATM, MPLS, ngSDH
- 2. G: Teljes átviteli utak optikaiak
  - OTN, ASON
- 3. G: Már a vezérlés is optikai
  - OBS, OPS

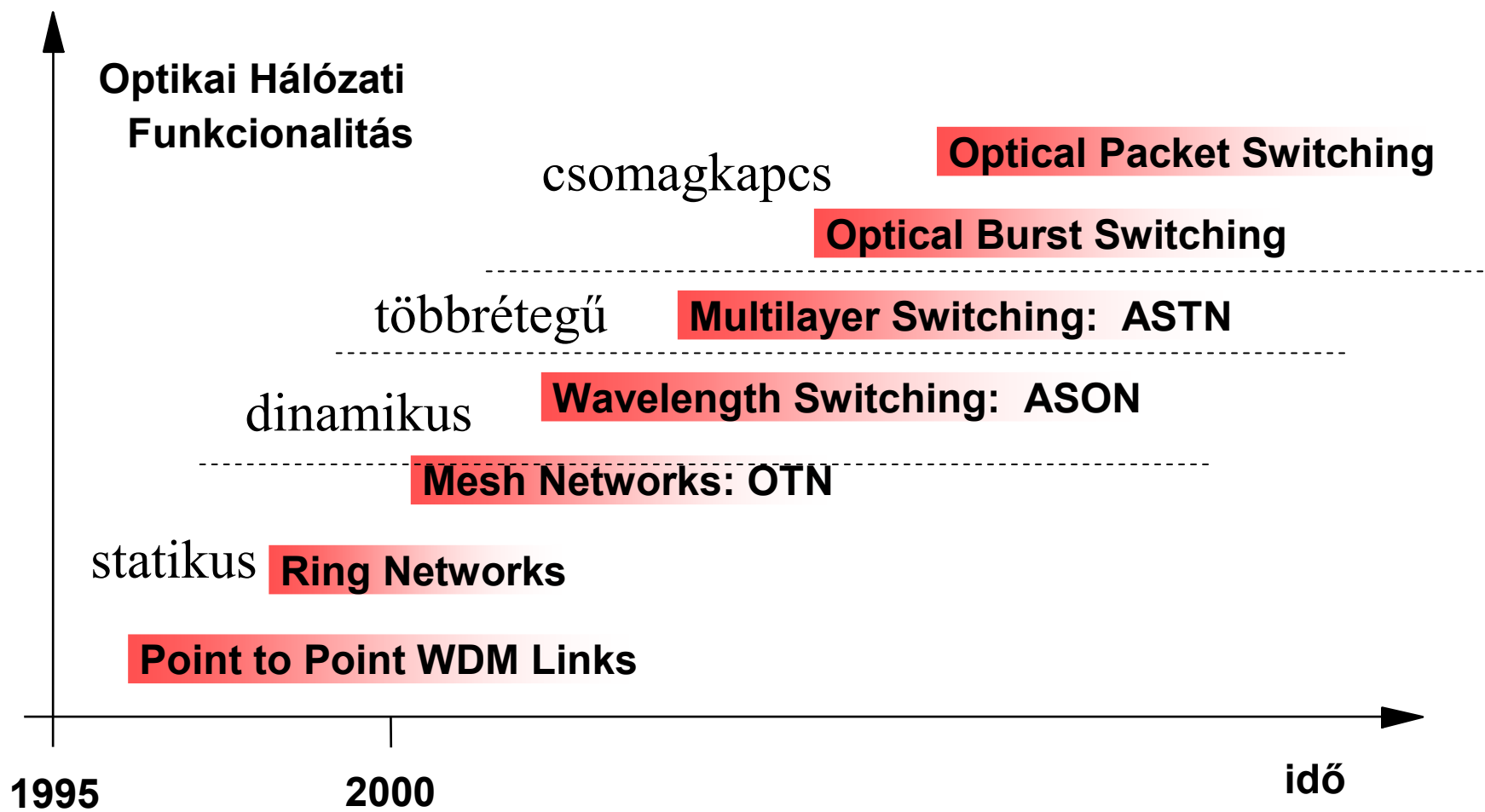
# Optikai nyalábolási technikák

---

- Térosztásos (OSDM)
  - Független fényszál
- Hullámhosszosztásos (WDM (CWDM és DWDM))
  - Különböző hullámhosszon működő adó és vevő párok
- Időosztásos (OTDM)
  - Nagyobb szinkron időrések, esetleg aszinkron csomagok
- Kódosztásos (OCDM)
  - Osztott közeg többszörös hozzáférése
  - Pl. Passzív optikai csillag

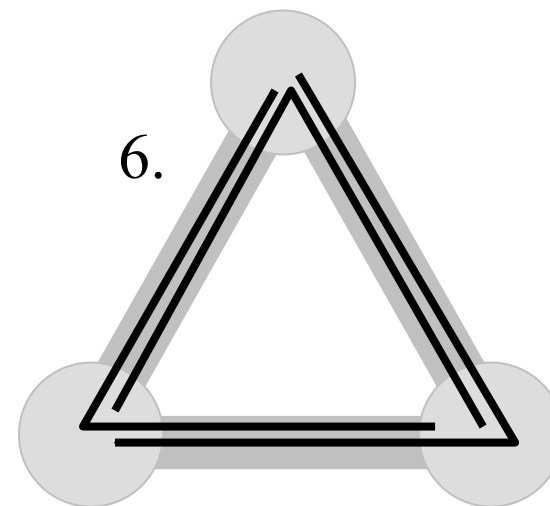
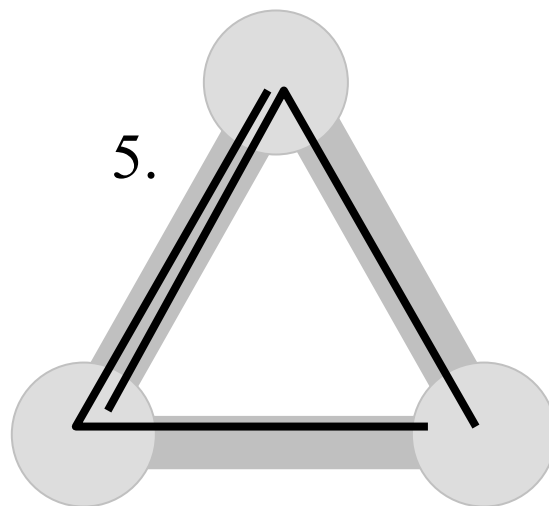
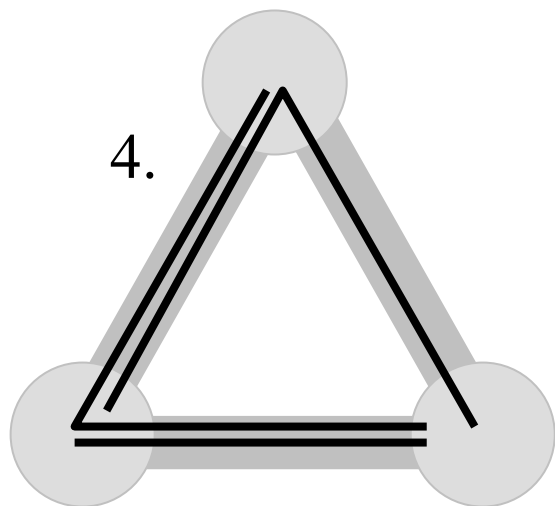
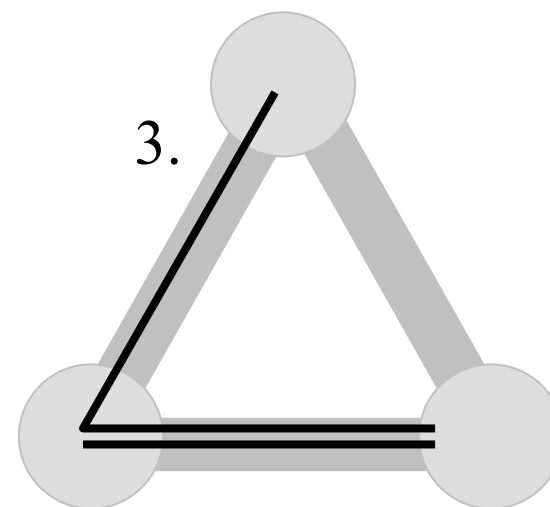
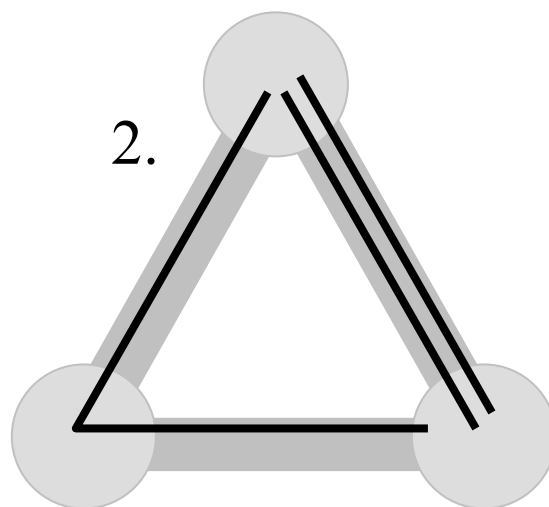
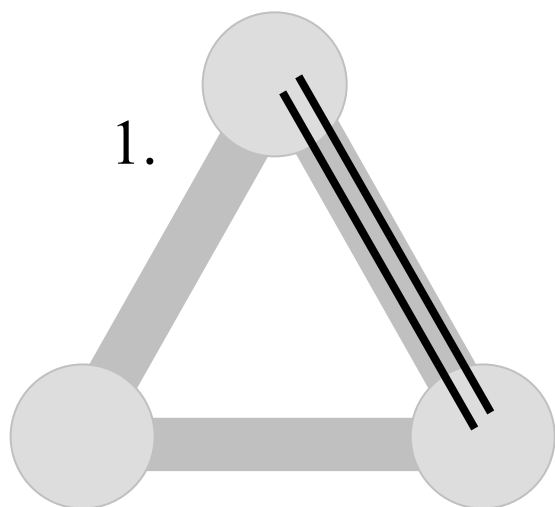
# Optikai hálózatok fejlődési mérföldkövei

Statikus szolgáltatott (Provisioned) vagy dinamikusan kapcsolt (Switched)?



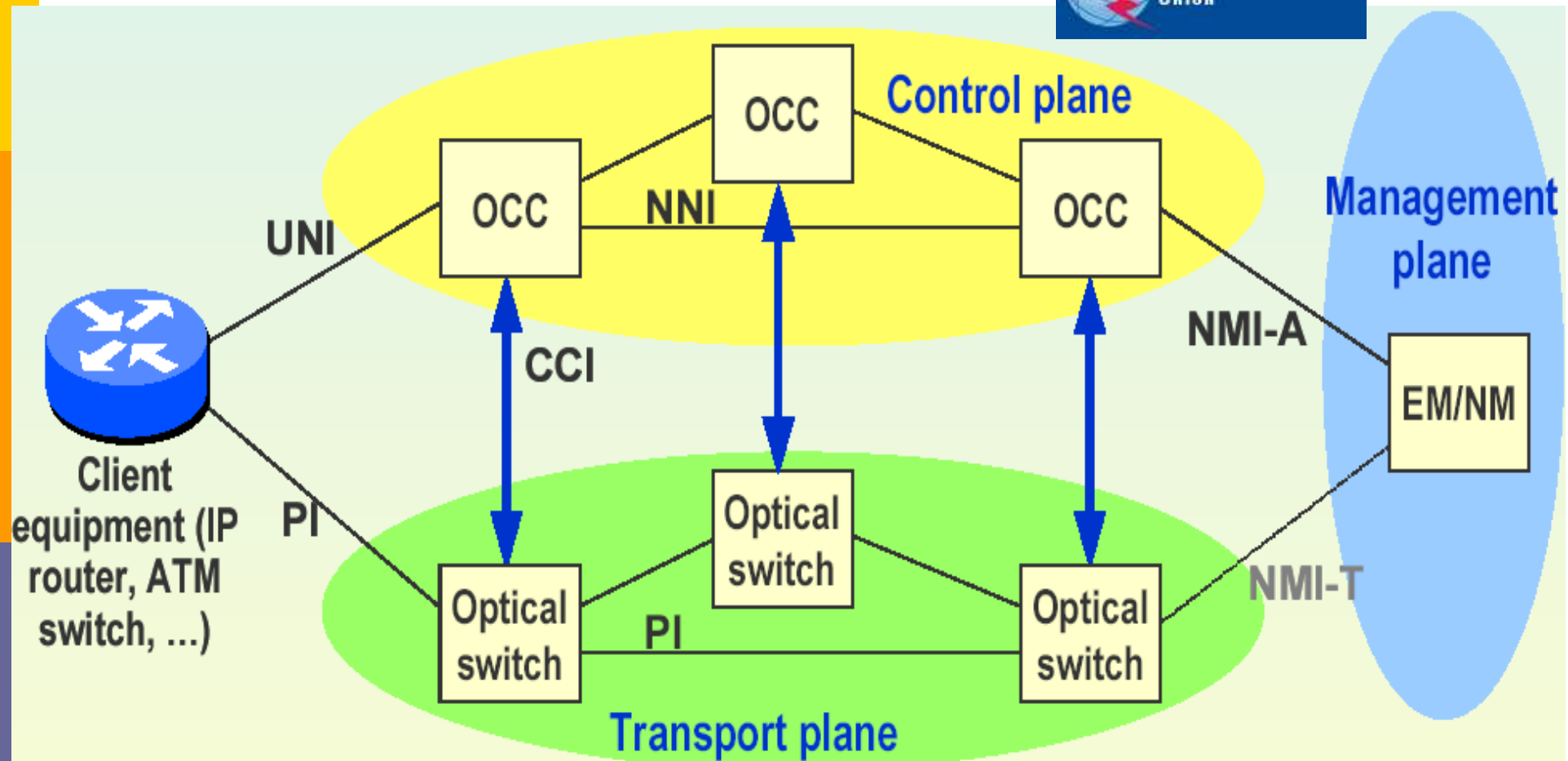
# Miért legyen dinamikus?

*Ellenpélda: Amikor nem jó, hogy dinamikus...*



# ITU-T ASON: Automatically Switched Optical Network

*Önműködően kapcsolt optikai hálózat*



CCI: Connection Control Interface

NMI-A: Network Management Interface for the ASON Control Plane

NMI-T: Network Management Interface for the Transport Network

NNI: Network to Network Interface

OCC: Optical Connection Controller

PI: Physical Interface

UNI: User to Network Interface



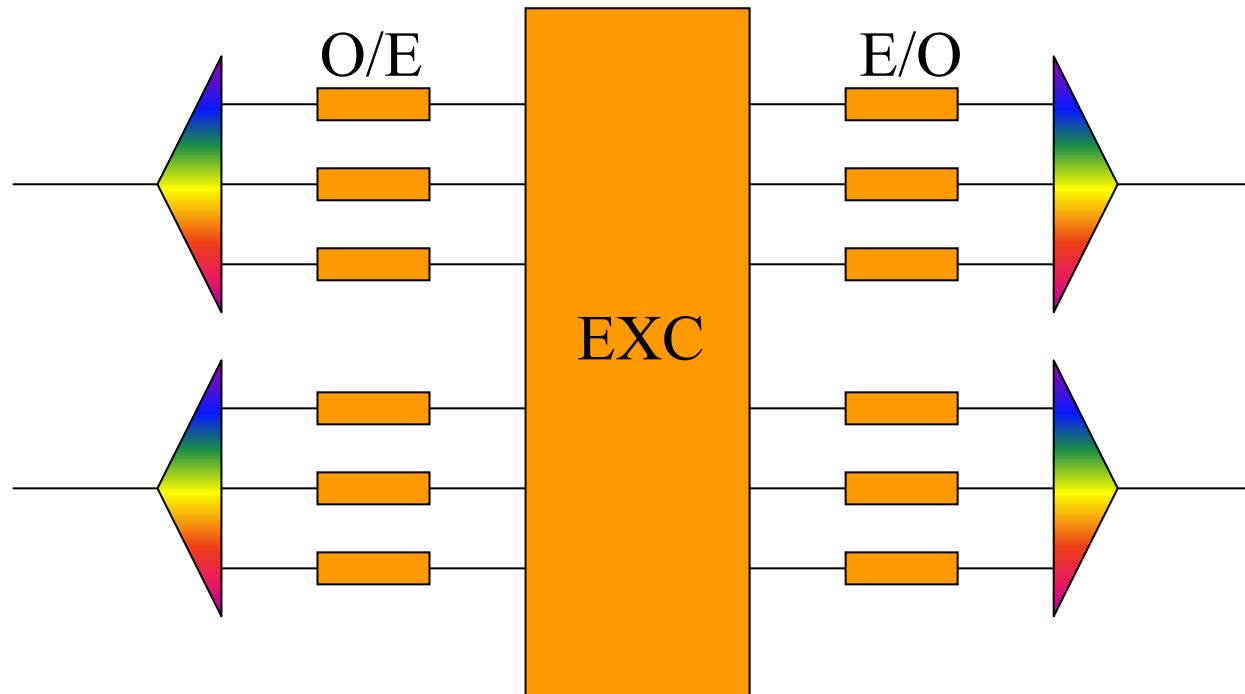
# Kapcsolás vagy rendezés?

---

## Switching vs. Cross-Connecting

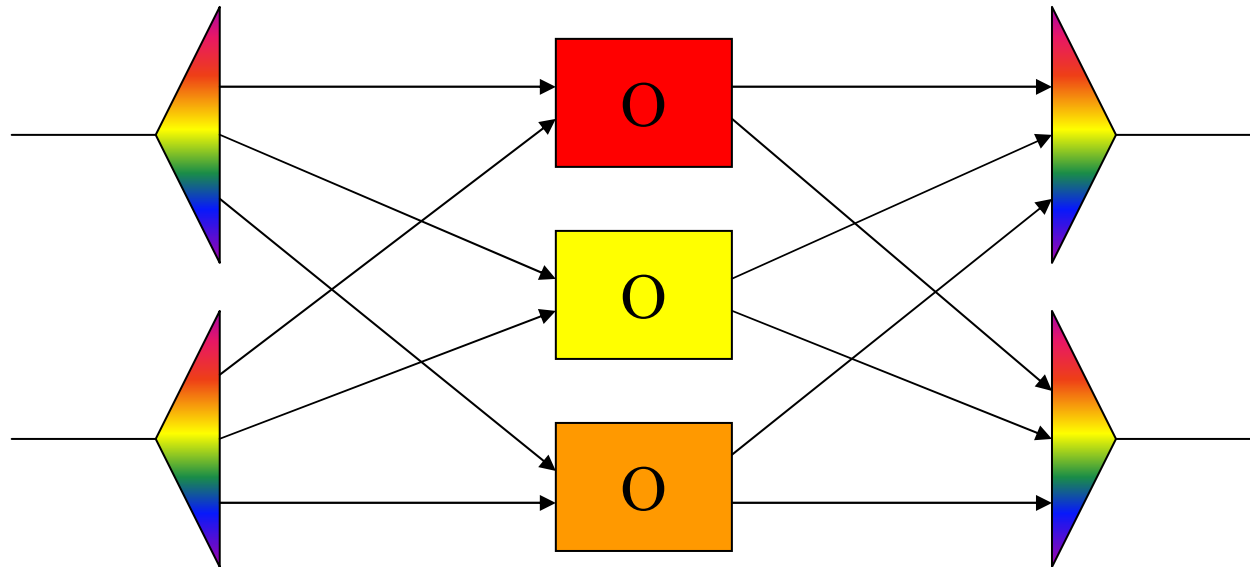
- **Menedzsment sík: Management Plane (MP)**
  - Jellemzően központi
  - Lassú, de optimális
  
- **Vezérlő sík: Control Plane (CP)**
  - A felhasználó jelzéssel kezdeményezi az összeköttetést
  - Jellemzően elosztott (distributed source routing)
  - Gyorsabb, bonyolultabb, gyengébb útvonalak
  
- **Összeköttetés Típusok:**
  - **Állandó**: Permanent
  - **„Lágy-állandó”**: Soft – Permanent
  - **Kapcsolt**: Switched

# Elektro-optikai rendező: Electro - Optical Cross Connect (EOXC)



- ❑ Olcsó, elektronikus térkapcsoló mag
- ❑ Nem transpaerens!
- ❑ Teljes hullámhosszkonverziós képesség
- ❑ A transponderek a drágák

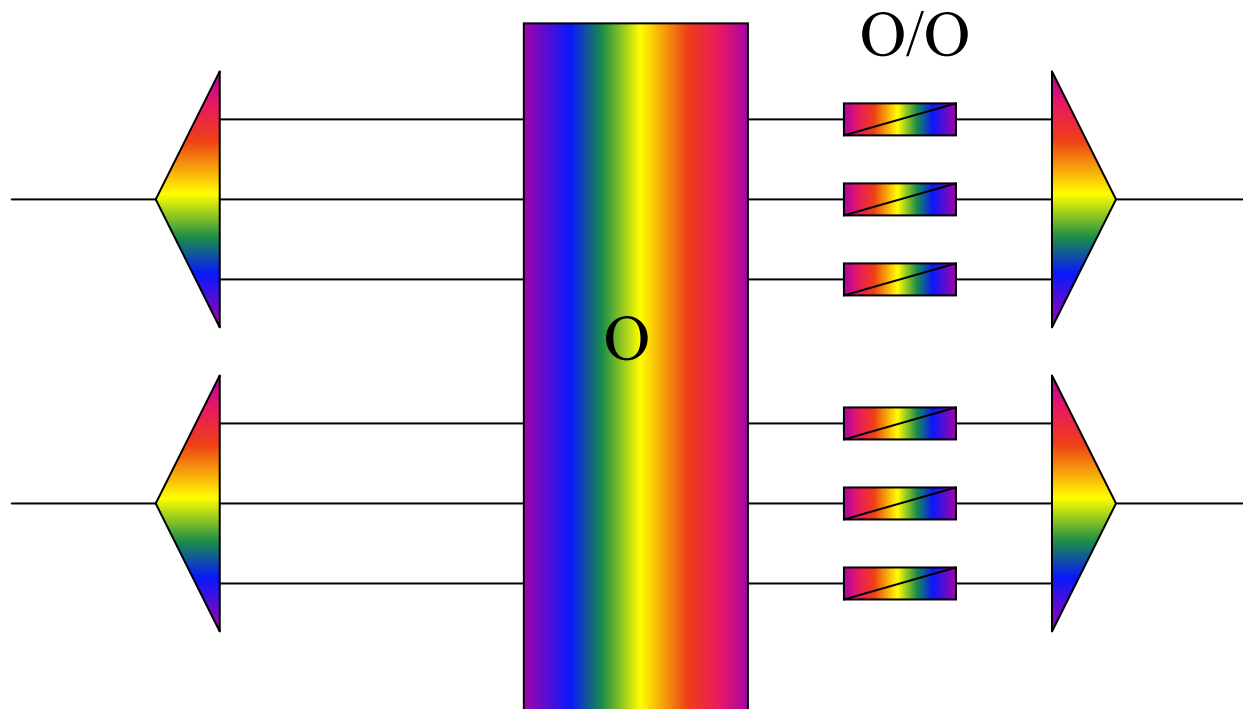
# Optikai rendező: Optical Cross Connect (OXC)



- Tisztán optikai (optikai mag:  $3 \times 2 \times 2 = 12$ )
- Átlátszó
- Nincs  $\lambda$ -konverziós képesség
- Bonyolult útvonalválasztás

# Optikai rendező (OXC)

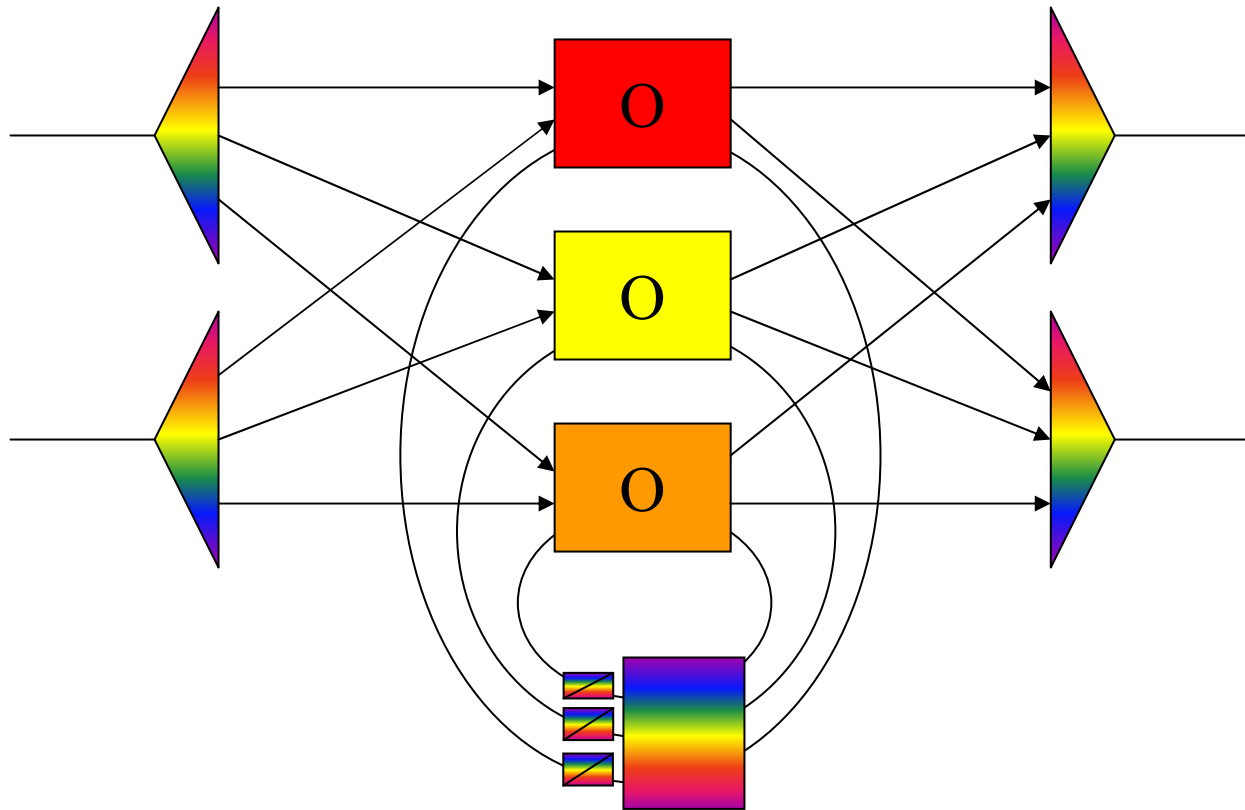
## Teljes $\lambda$ -konverziós képességgel

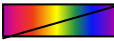


- Tisztán optikai (optikai mag:  $6 \times 6 = 36 > 3 \times 2 \times 2 = 12$ )
- Teljes  $\lambda$ -átalakítási képesség
- Költséges optikai  $\lambda$ -átalakítók
- “Opaque” (áttetsző, de nem átlátszó!)

# Optikai rendező (OXC)

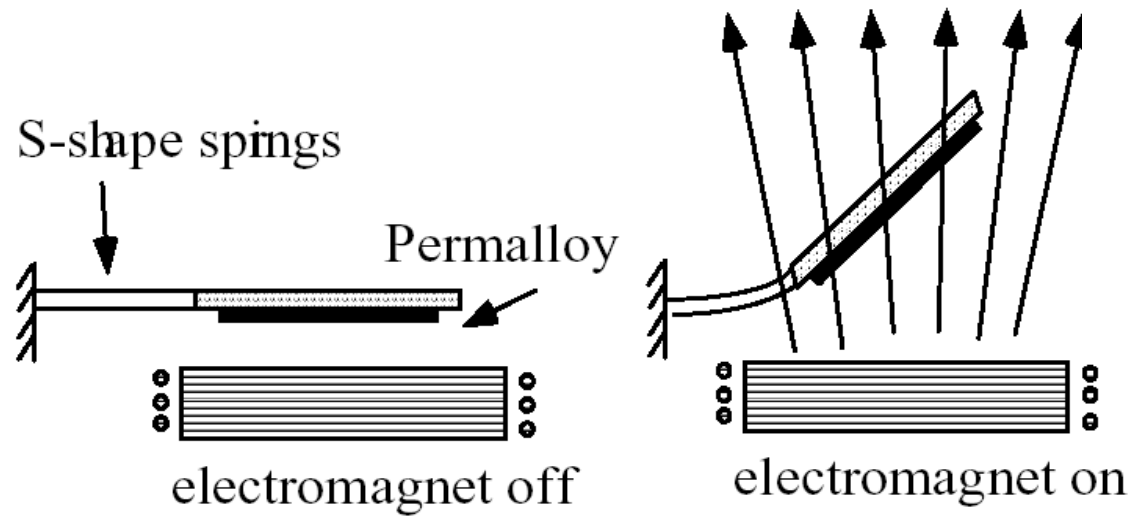
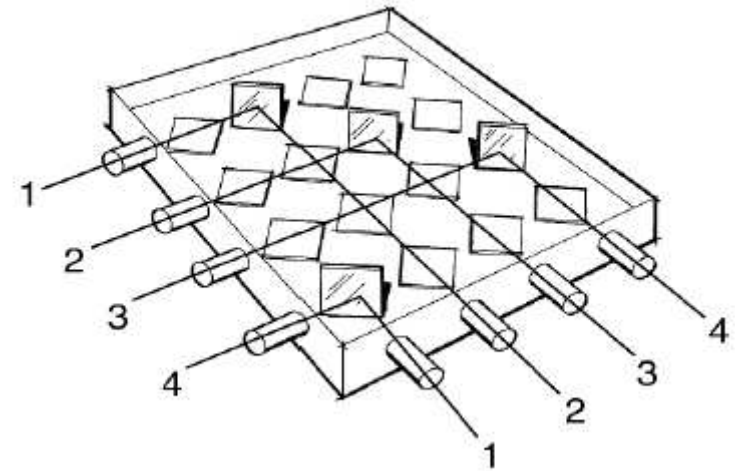
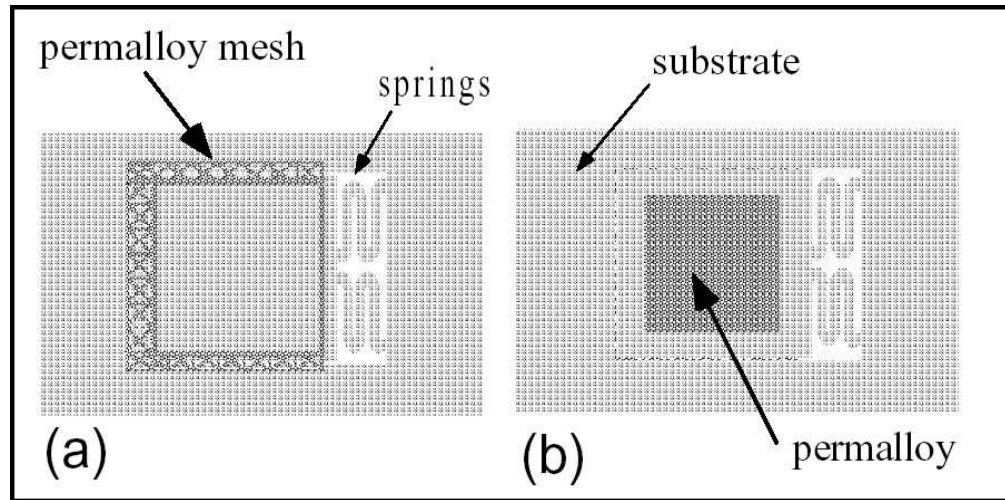
## Korlátozott $\lambda$ -átalakító képességgel



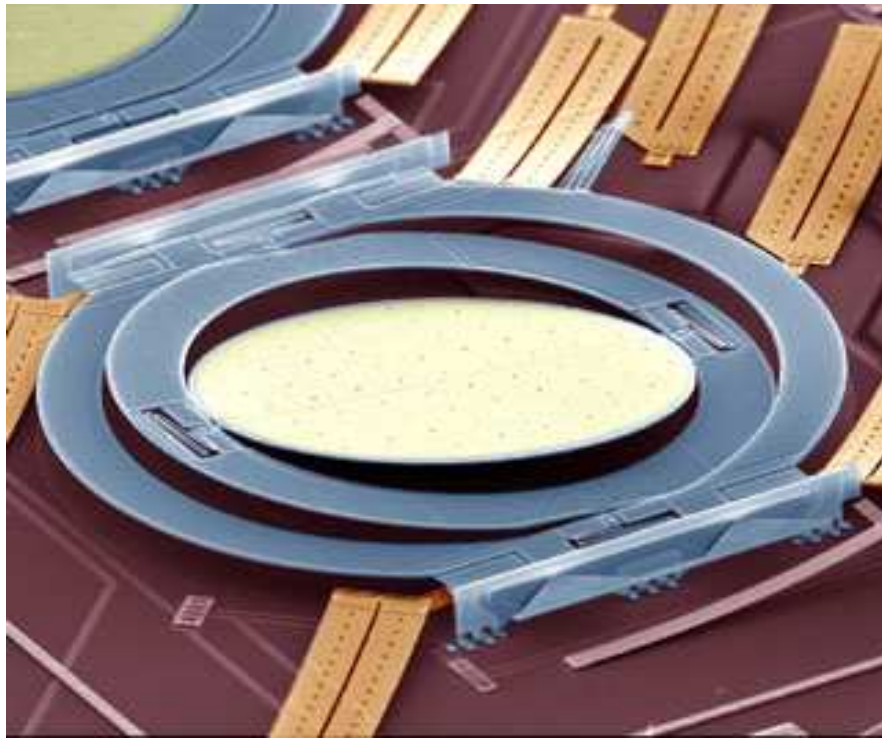
- Korlátozott számú  $\lambda$  átalakító (Limited Conversion Capacity)
- Lehet sávban is korlátozott  vagy elektronikus
- $4 \times 3 \times 3 = 36$ , de csak 3  $\lambda$  átalakító 6 helyett

# 2D MEMS: Micro Electro-Mechanical Systems

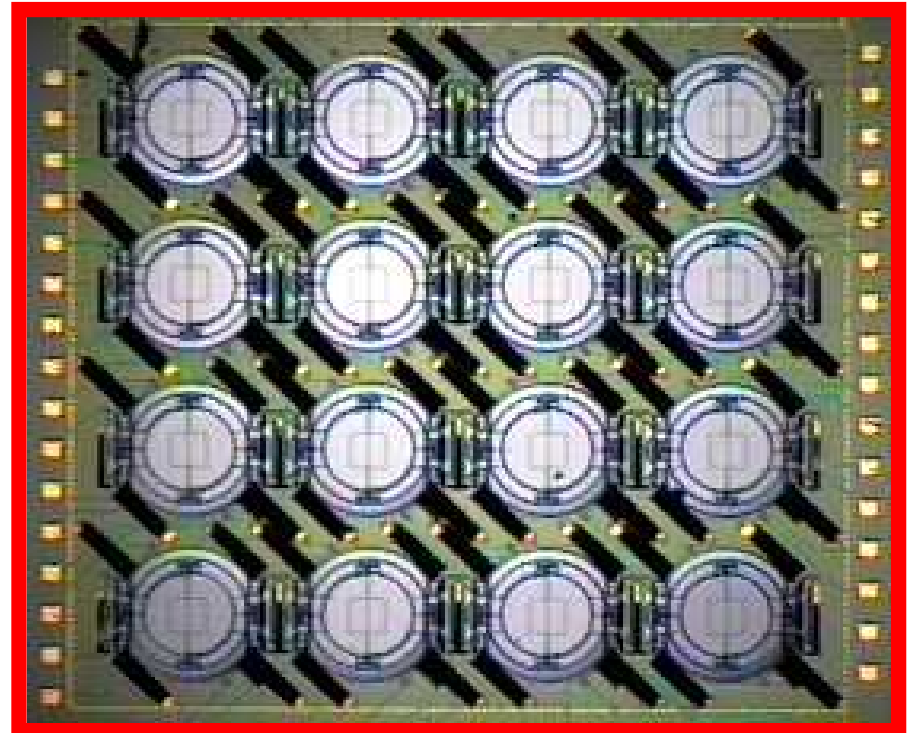
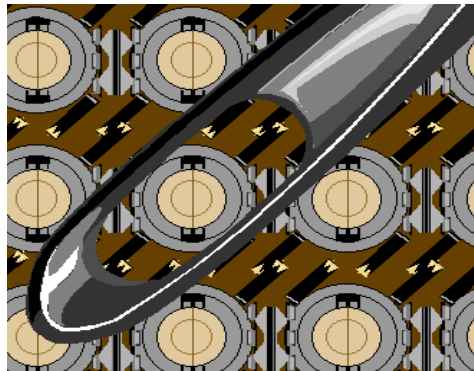
*Mikro elektro-mechanikai rendszerek*



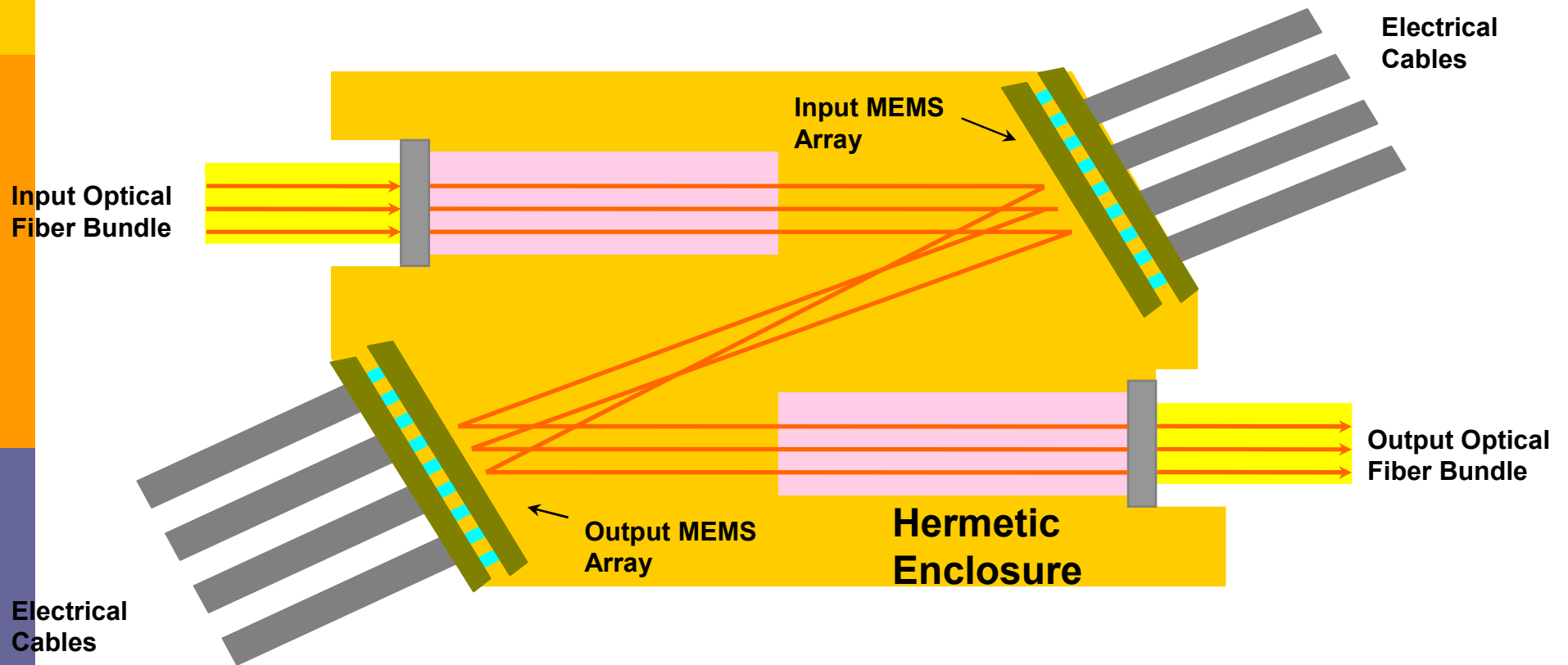
# 3D MEMS – a tükröcskék



Forrás: Lucent



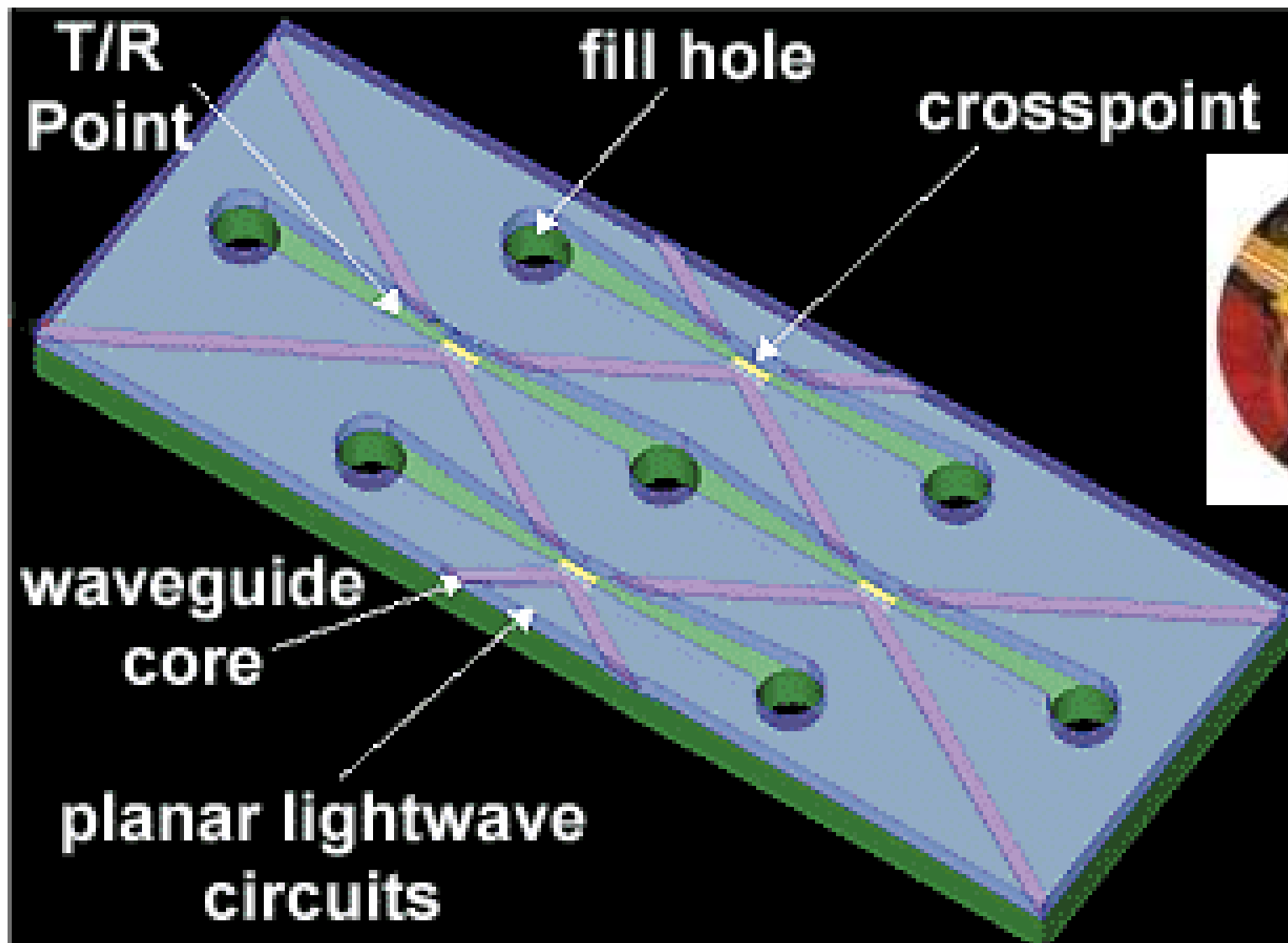
# 3D MEMS – Működési elv



Forrás: Lucent



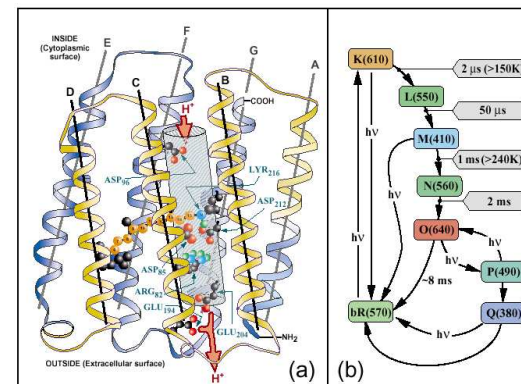
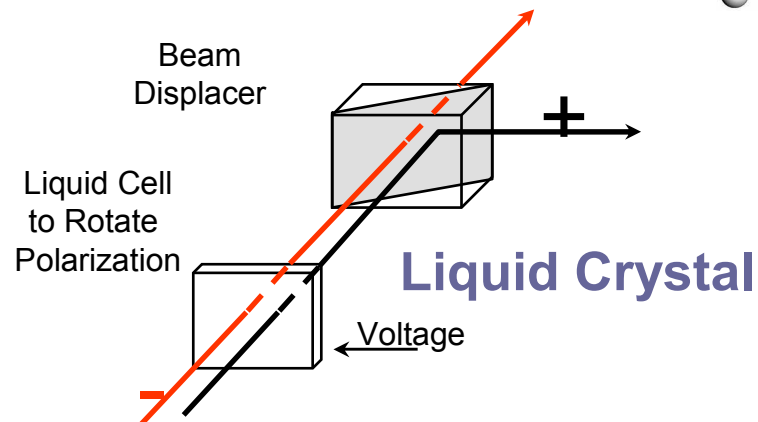
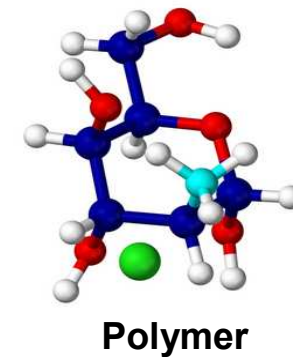
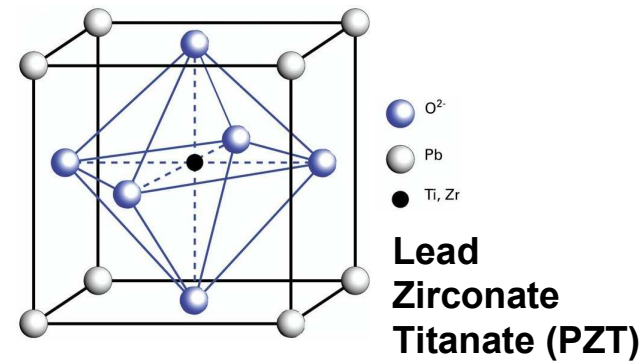
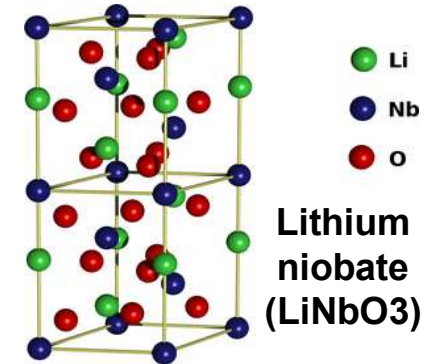
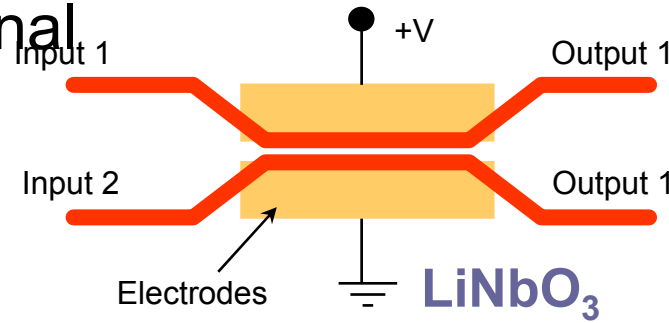
# Buble-switch: Buborék kapcsoló



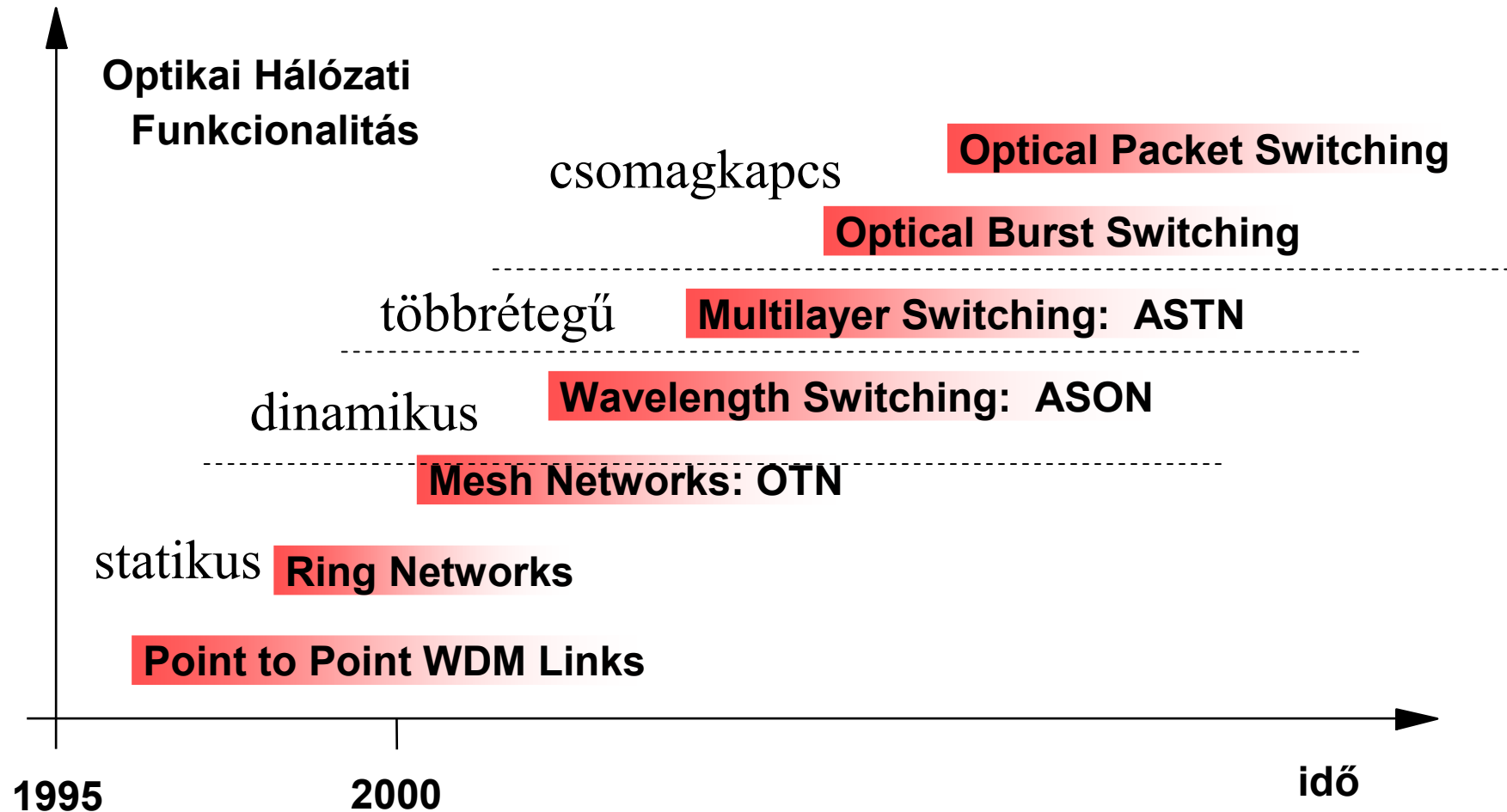
Forrás:  
Agilent

# Egyéb kapcsoló és rendező megoldások

- Iránycsatoló (Directional Coupler)
- Prisma Switch
- Thermo-optical
- Liquid Chrystal
- Accusto-optical
- Piezo-electric
- ...



# Optikai hálózatok fejlődési mérföldkövei



# Többrétegű optikai hálózatok

---

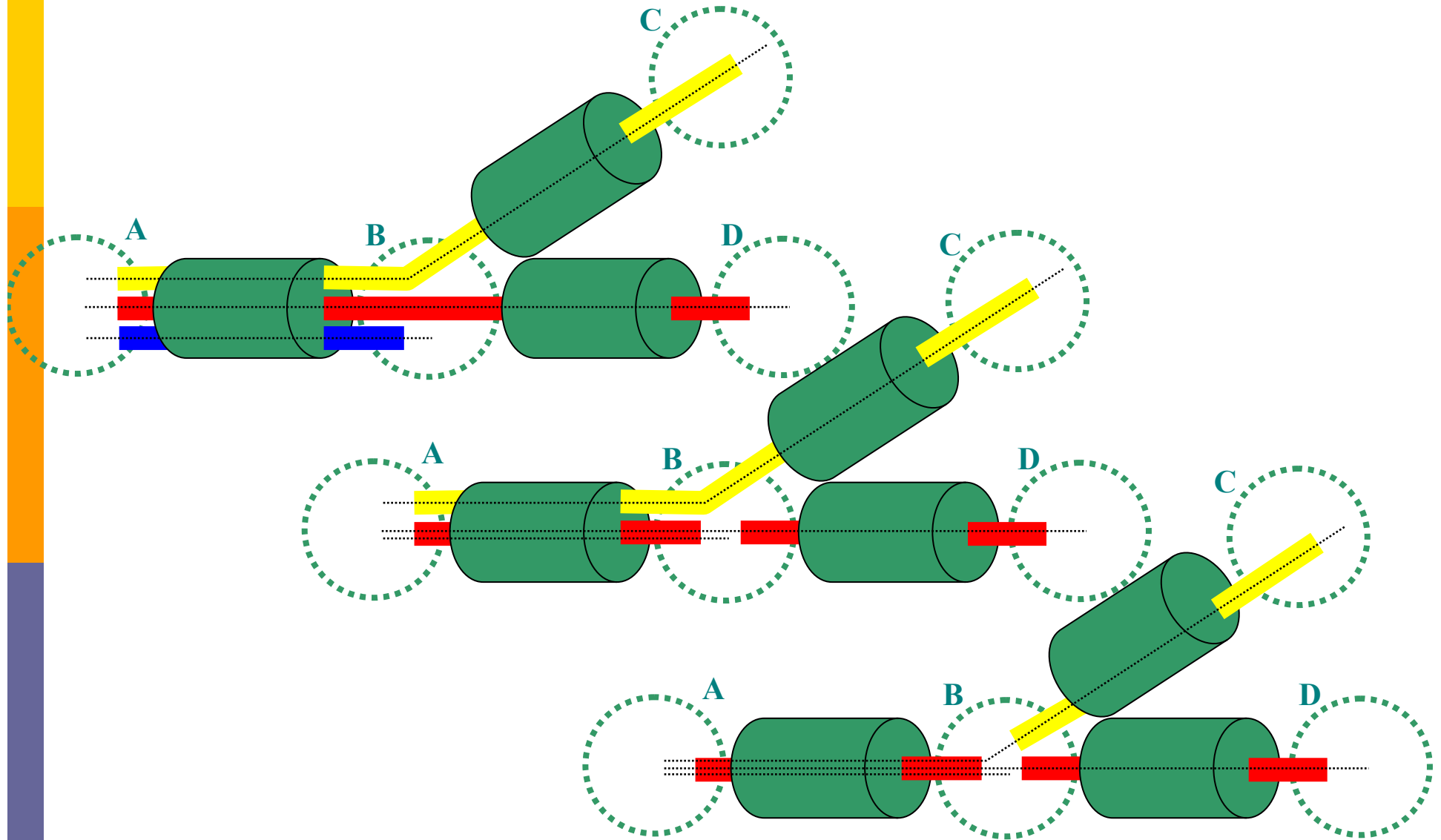
## Egy rétegű hálózat:

- Gyenge granularitás:
  - 1 fényszál: 1-10 Tbit/s (DWDM: 100-200  $\lambda$ )
  - 1  $\lambda$  csatorna: 2.5 vagy 10 Gbit/s
  - 1 STM-64: 64 x STM-1
  - További rétegek a finomabb granularitáshoz

## Több rétegű hálózat:

- Bonyolult vezérlés és Menedzsment (Control & Management)
  - Útvonalválasztás (Routing)
  - Forgalomterelés (TE: Traffic Engineering)
  - Hibatűrőképesség (Resilience)
- Kétszerezett vagy többszörözött funkciók

# Mi a forgalom-kötegelés (Traffic Grooming)?





I E T F<sup>®</sup>

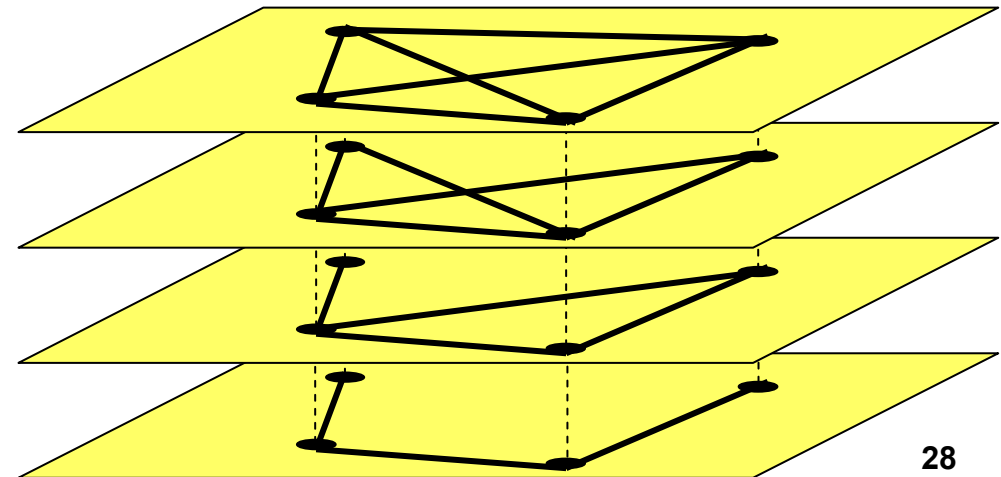
# GMPLS/ASTN



## Dinamikus (Kapcsolt) és Többrétegű Dynamic (switched) & Multilayer

**IETF GMPLS: Generalised Multiprotocol Label Switching**  
**ITU-T ASTN: Automatic Switched Transport Network**

|             |                                      |
|-------------|--------------------------------------|
| <b>PSC</b>  | (Packet Switching Capable, e.g., IP) |
| <b>L2</b>   | (Layer 2 SC, e.g., GbEth)            |
| <b>TSC</b>  | (TDM SC, e.g., SDH VC-4-4c)          |
| <b>λSC</b>  | (Wavelength SC)                      |
| <b>WBSC</b> | (WaveBand SC)                        |
| <b>FSC</b>  | (Fiber SC)                           |

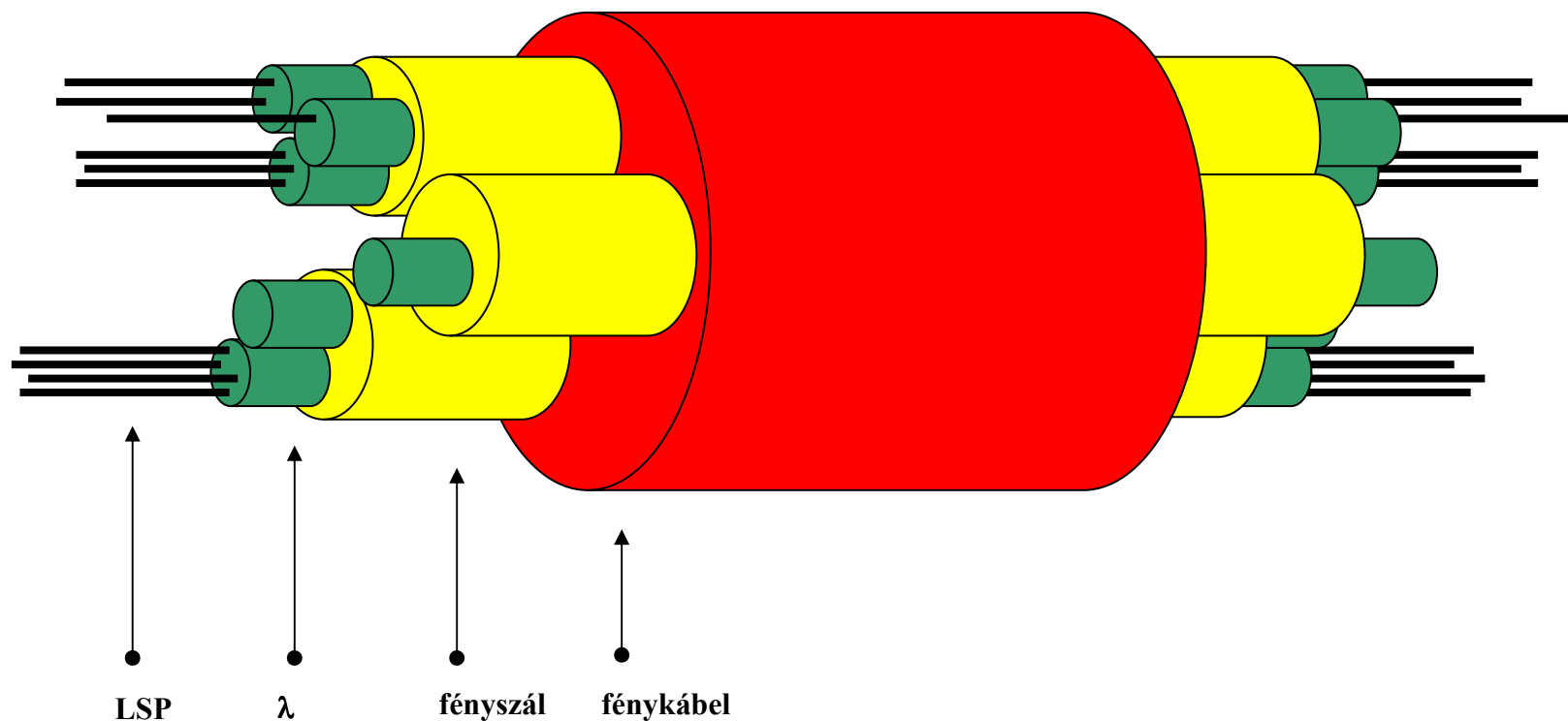


# Általánosított „felülcimkézés”

## Generalised Label Stacking

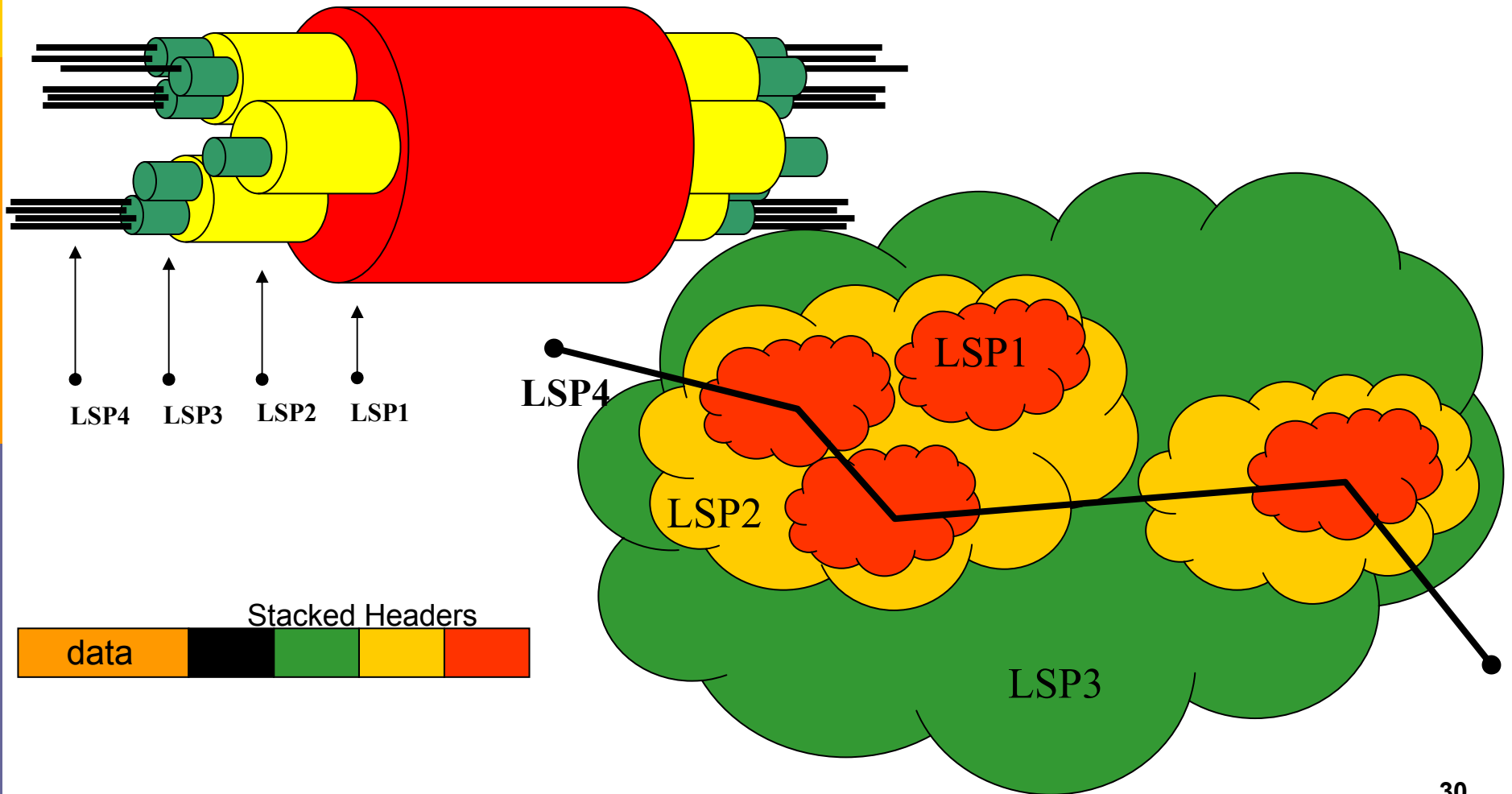
Többrétegű architektúra → Általánosított LSP-k

Multilayer Architecture → Generalised LSPs



# Label “Stacking” or “Swapping”?

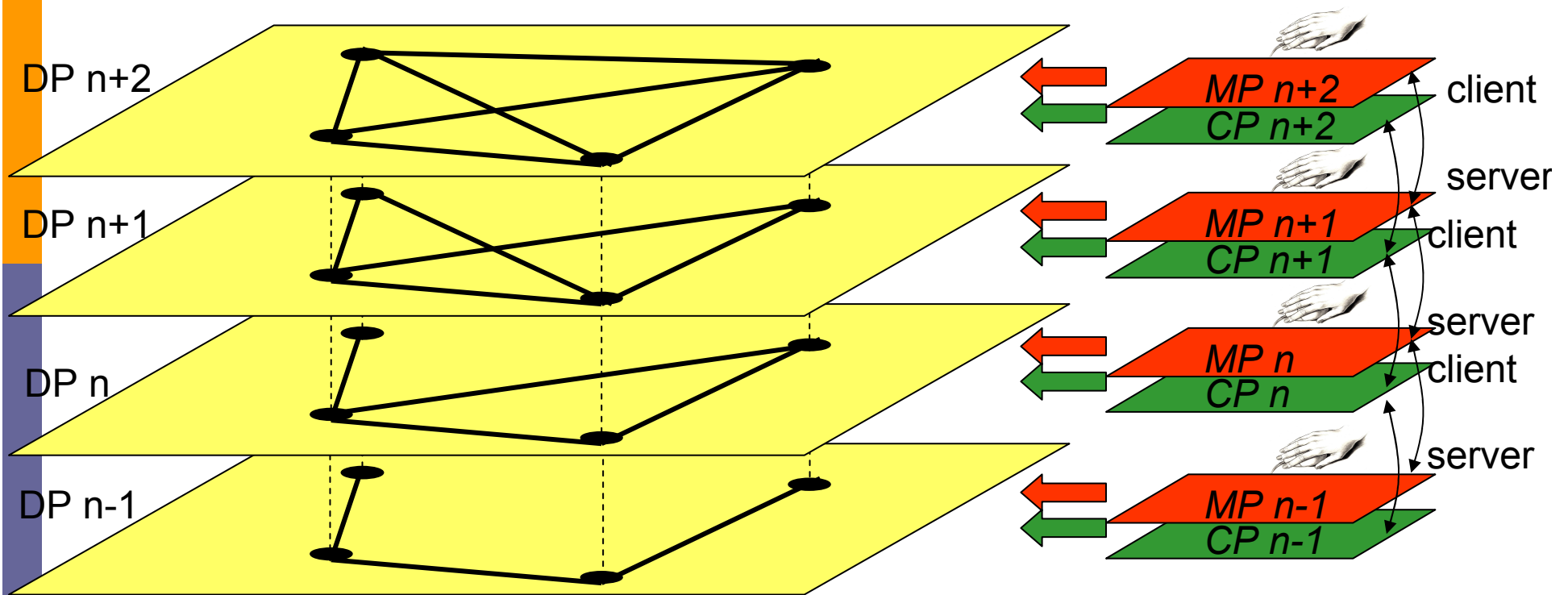
- Cimkecsere, vagy felülcímkézés?





# Routing, TE & Resilience → manapság:

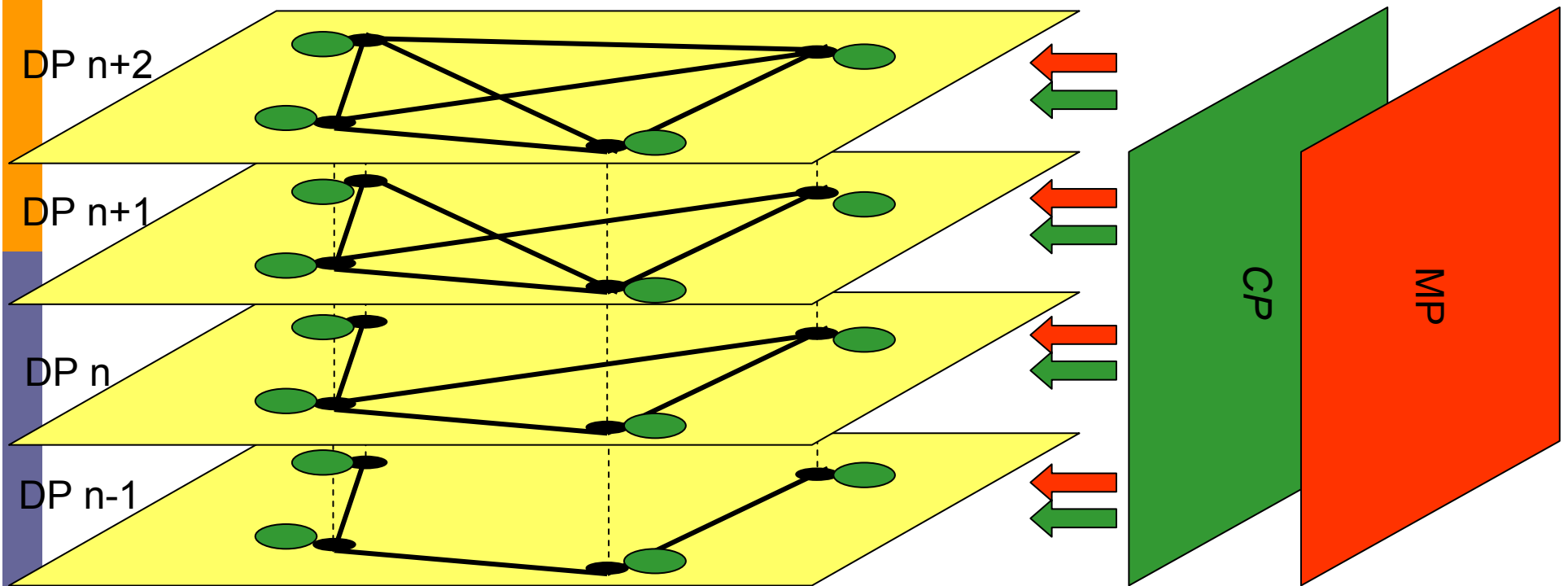
## Kliens-szerver megoldás Részben kézzel



# Routing, TE & Resilience → vágy:

Integrált, automatikus, elosztott!

Függőleges együttműködés vagy integrálás?



# \* Többtartományos Hálózatok: Tartományközi Útvonalválasztás (Inter-Domain Routing)

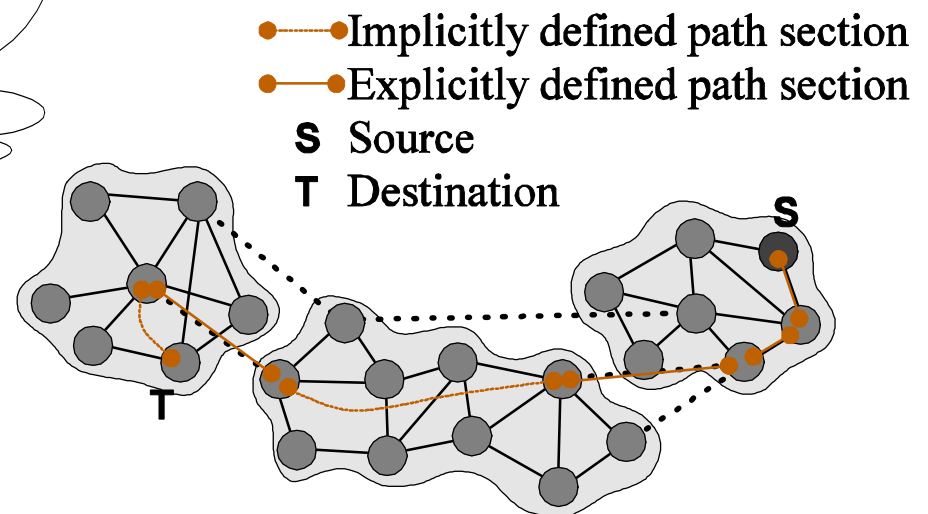
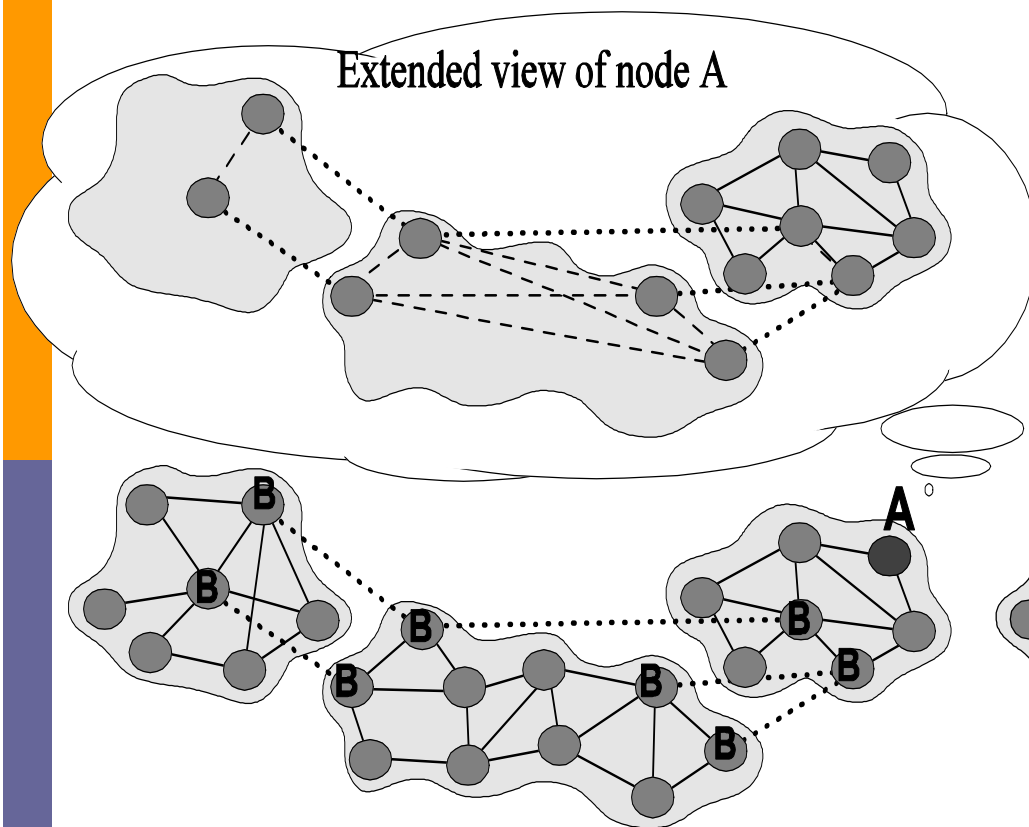
## □ Több tartomány

- Access (Aggregation) – Metro – Core (Backbone, Transport)
- Vagy Több szolgáltató

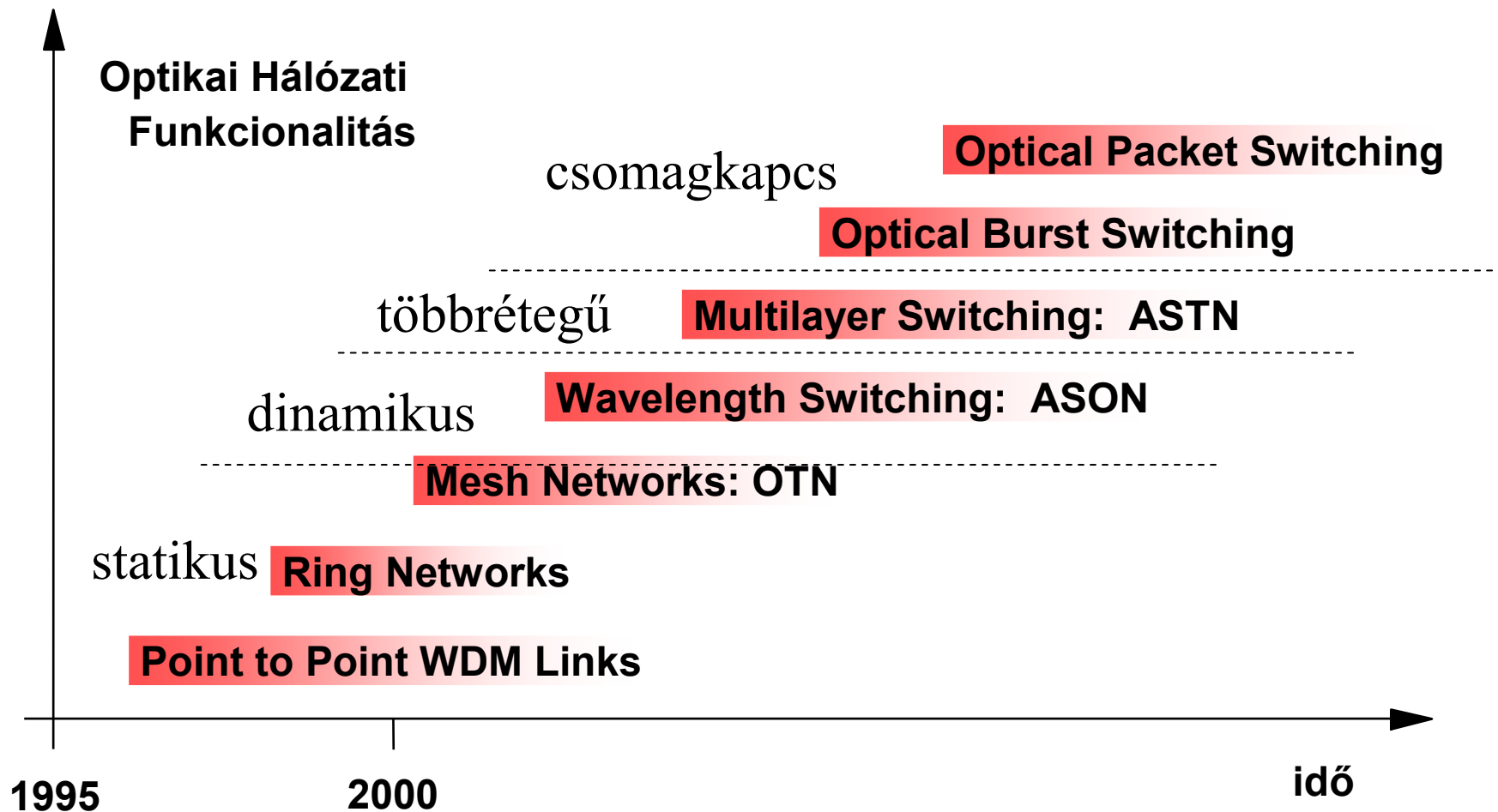
□ OSPF+BGP-4, oBGP

□ PNNI, oPNNI

□ PCE: Path  
Computation Element



# \* Optikai hálózatok fejlődési mérföldkövei



# OBS/OPS

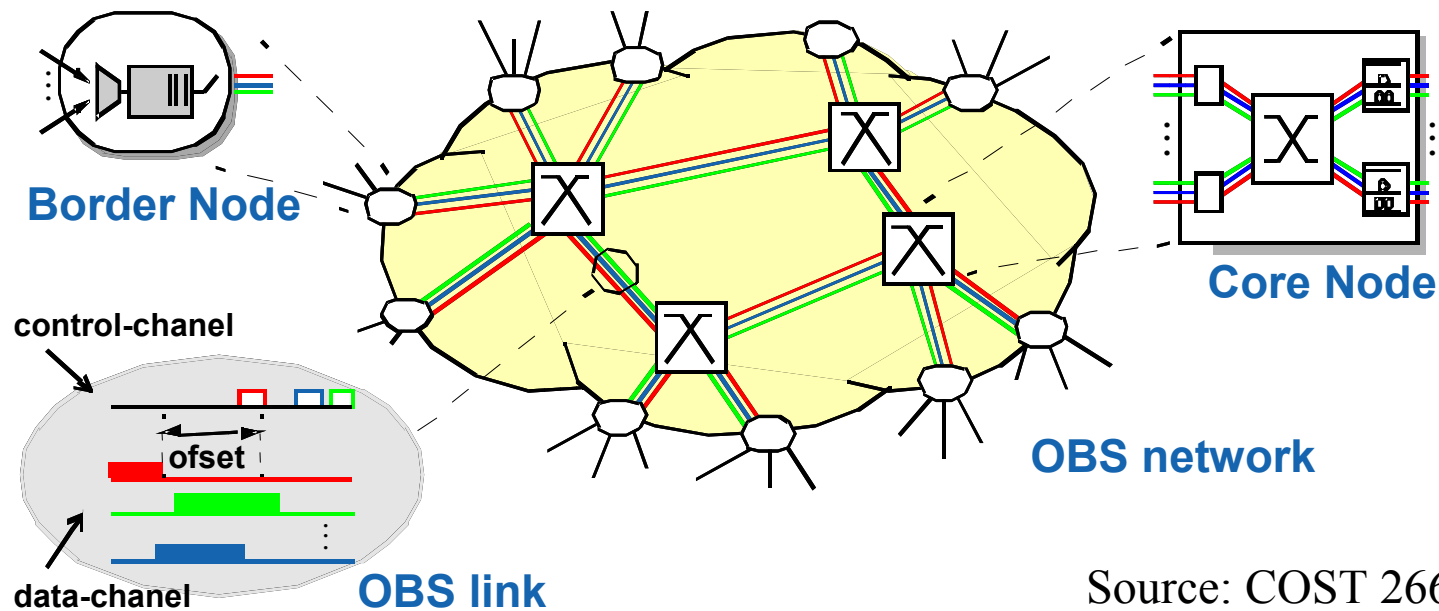
---

- **Photonic Time Slot Switching (időrés kapcsolás)**
- **Optical Flow / Burst / Packet Switching (OFS / OBS / OPS) (Folyam / Börszt / Csomag kapcsolás)**

**Börsztös forgalomra (rövid ideig nagy sáv szélesség)**

- **nincs idő összeköttetés-felépítésre**
- **nem érdemes lefoglalva tartani az erőforrásokat**

# \* Egy OBS hálózati példa



- WDM alapú átvitel
- Pufferek a peremen
- Börsztképezés a peremen
- Külön vezérlőcsatorna

## Torlódáskor

- Újraküldés
- Más hullámhossz
- Deflection (eltérítés)
- Pufferelés

## \* Erőforrásfoglalás OBS hálózatokban

---

### JIT (Just in Time) („Épp időben”)

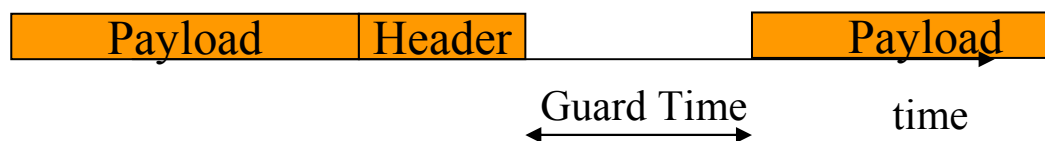
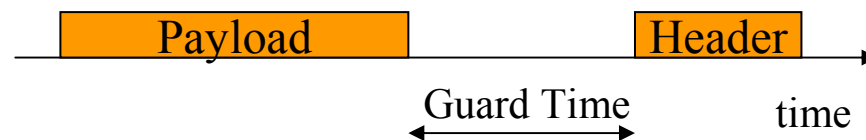
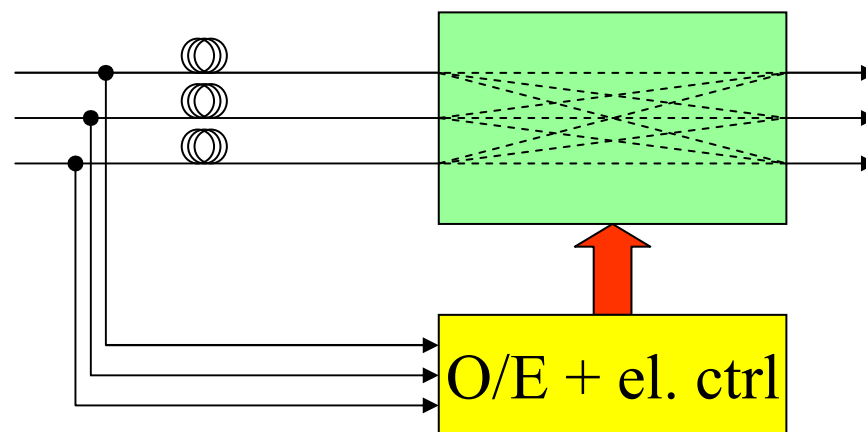
- Foglálás: A vezérlő csomag érkezésekor
- Felszabadítás: A børszt végével

### JET (Just Enough Time) („Épp elég időre”)

- Foglálás: a børszt becsült érkezése előtt egy pillanattal
- Felszabadítás: A børszt végével
- Bonyolultabb
- Jobb erőforráskihasználás

# Optikai időréskapcsolás

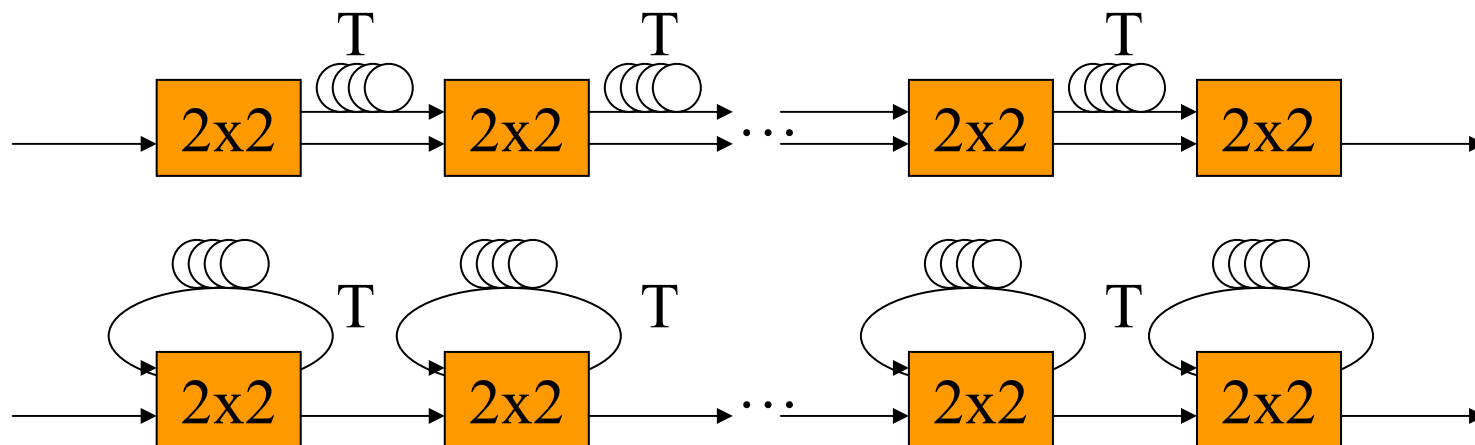
- Vezérlés fejrész alapján
- Optikai jelfeldolgozás még alig van
- **O** átvitel
- **E** vezérlés
- Guard Time (védőidő)
  - Csomagok közt
  - Fejrész és rakomány közt





# \* Switched Delay Lines (SDL)

- Kapcsolt késleltető vonal
- Optikai puffer helyett
- Csillapítás → Erősítés
- Legfeljebb néhány időrésre
- „Slow Light” ?



# \* Optikai memóriák (Forrás: Ken-ichi Kitayama, APOC 2008)

## Optical memory devices

|                   | All-optical RAM   |                     |   |                       | FIFO (First-in-first-out)  |                         |  |                         |
|-------------------|---|---------------------|---|-----------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|
|                   | Bit-by-bit memory via bistability   |                     |   |                       | Contl. of prop. length   |                         | Contl. of GV   |                         |
|                   | Passive (non-radiative)   |                     | Active (radiative)  |                       | Fiber loop   |                         | Material dispersion  | Waveguide dispersion    |
|                   | Micro-cavity  |                     | Surface-emission  | Waveguide             | Fiber  | Semicon.                | Fiber Semicon.   | Semicon.                |
|                   | Photonic crystal  | Micro ring          | Pol. bistability  | MMI-BDL flip-flop     | Opt.sw + fiber   | Quantum wire            | EIT, CPO, FWM  | Photonic Crystal        |
| Cell size         | 10 $\mu\text{m}^2$  | 100 $\mu\text{m}^2$ | 1000 $\mu\text{m}^2$ *  | 50000 $\mu\text{m}^2$ | Large  | Compact                 | Compact  | Compact                 |
| Power consumption | ~10 $\mu\text{W}$   | ~100 $\mu\text{W}$  | ~10mW   | ~100mW                | 1W/pkt**   | 2W/pkt**                | -  | -                       |
| Access speed      | ~10ps   | ~10ps               | 7ps   | <100ps                | A few ns <sup>***</sup>  | A few ns <sup>***</sup> | A few ns <sup>***</sup>  | A few ns <sup>***</sup> |
| Access            | Parallel/serial   | Parallel/serial     | 2-D parallel  | Parallel              | Parallel   | Parallel                | Parallel   | Parallel                |
| Notes             | <ul style="list-style-type: none"> <li>•<math>\lambda</math>-sensitive</li> <li>•PDL</li> </ul> |                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>•PDL</li> <li>•All-optical shift register</li> <li>•Large-scale s/p conv.</li> </ul> |                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>•FIFO</li> <li>•Discrete time</li> <li>•Small capacity</li> </ul> |                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Narrow bandwidth ****</li> <li>•Short time storage</li> <li>•Small capacity</li> </ul> |                         |

\* <10x10 $\mu\text{m}^2$  + I/O=>30x30 $\mu\text{m}^2$

\*\* Depending on optical amplifier count

Oct.26, 2008 北山

\*\*\* Speed of optical switch

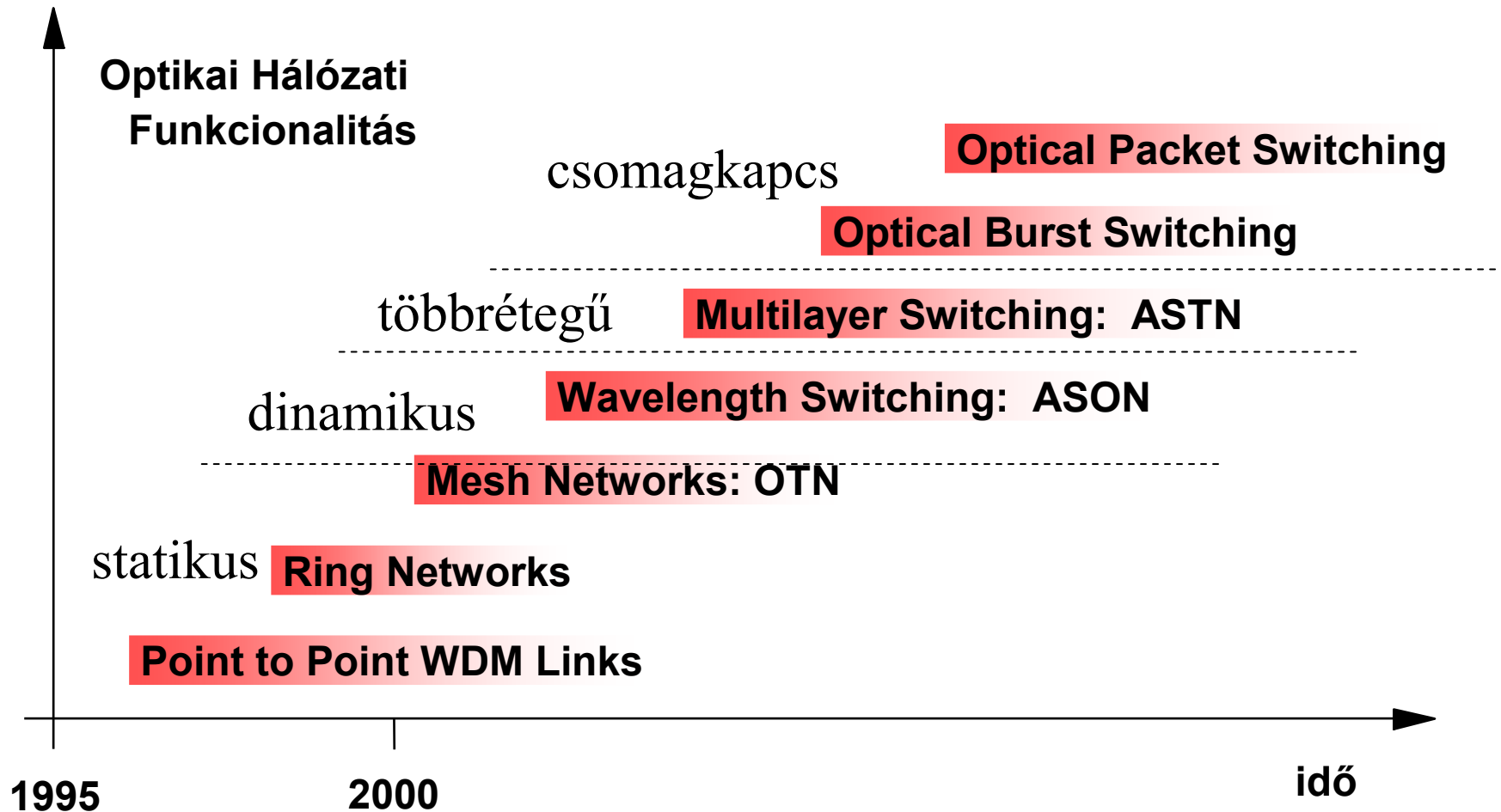
\*\*\*\* < 20GHz

Note: SRAM: <0.6 $\mu\text{m}^2$ , <1 $\mu\text{W}$ , <2ns w/o O-E-O

APOC2008 Workshop

1 Osaka Univ.

# Optikai hálózatok fejlődési mérföldkövei



# Heterogén Hálózatok

---

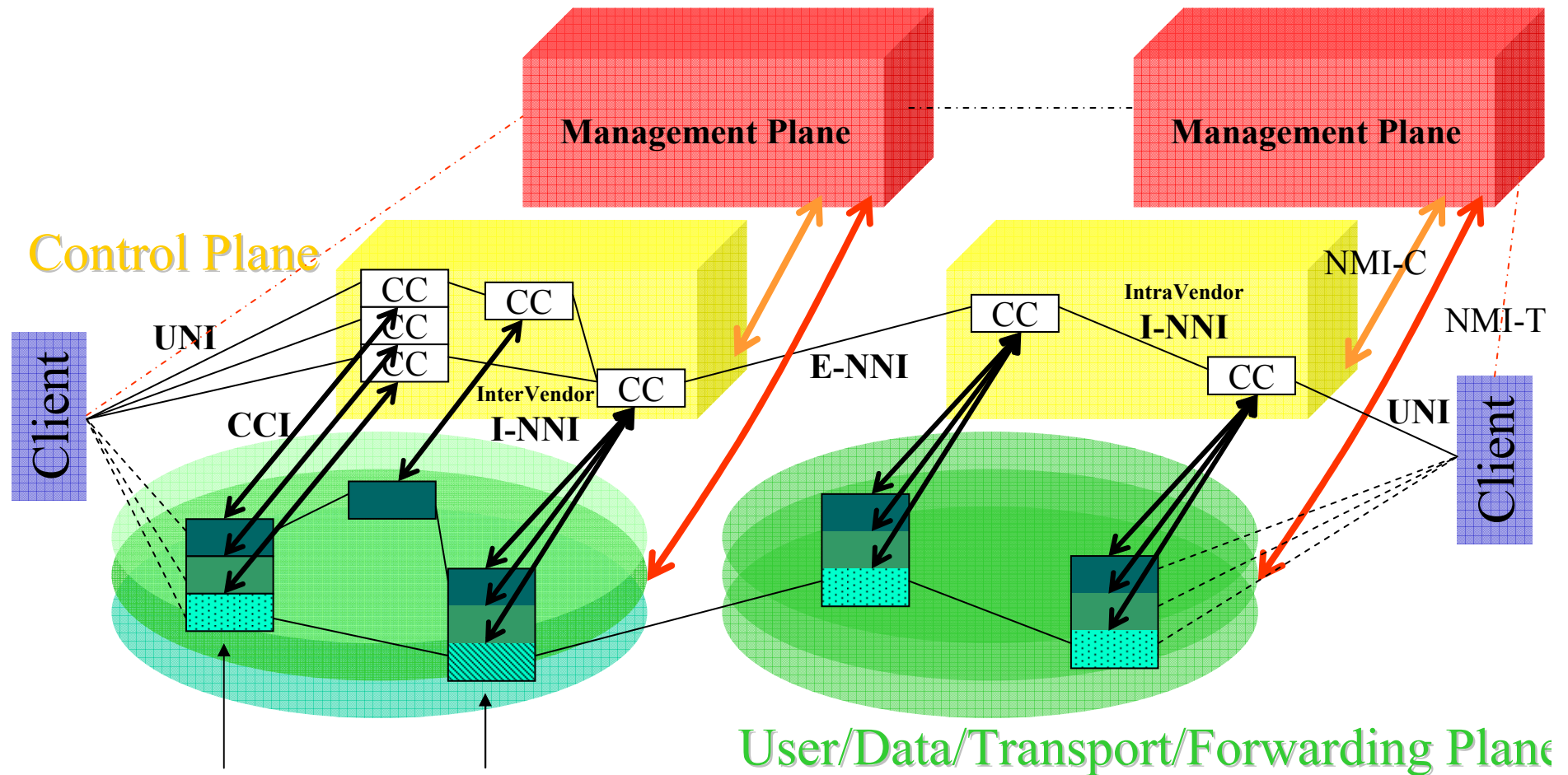
- Multi-Domain (Multi-Provider) (tartomány és szolgáltató)
- Multi-Vendor (gyártó)
- Multi-Service (Multi-Rate, Multi-Quality, Multi-Routing)  
(szolgáltatás: sávszélesség, minőség, útvonalválasztás)
- Multi-Region (Multi-Technology) (hálózati technika)
- Multi-Layer (réteg)
  - Overlay (átfedő)
  - Augmented (javított)
  - Peer (társ)
  - Integrated (függetlenül integrált)

**Nagyon heterogén!**

**Mégis egy egységes vezérlő és menedzsment sík**



# A Heterogén Hálózat



Vertical interconnection / integration

 Two different vendors

UNI: User to Network Interface

NNI: Network to Network or Network Node Interface

I-NNI: Interior NNI (Intra and Inter Vendor I-NNI)

E-NNI: Exterior NNI

CC: Connection Controller

CCI: Connection Controller Interface

NMI: Network Management Interface

NMI-C: NMI for the CP

NMI-T: NMI for the Transport Plane