

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

8. Gerinchálózati (Transzport) Technikák (harmadik rész)

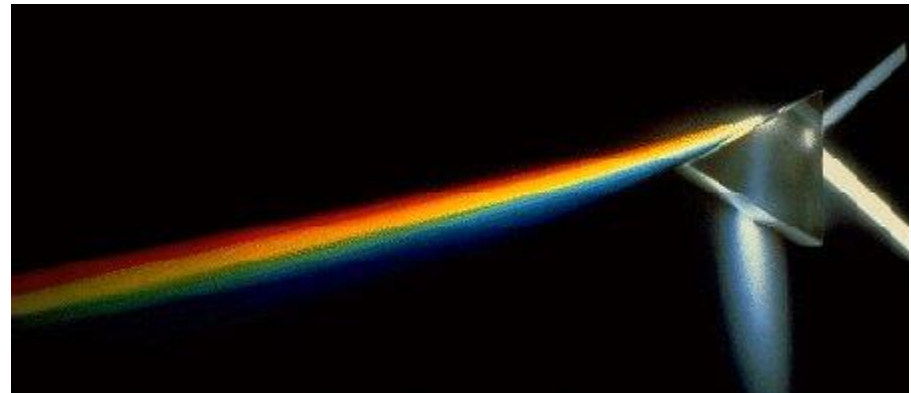
Cinkler Tibor

BME TMIT

2013. december 3.

Kedd 14:15-16:00

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

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)



The-Tiger.com

3 Generáció

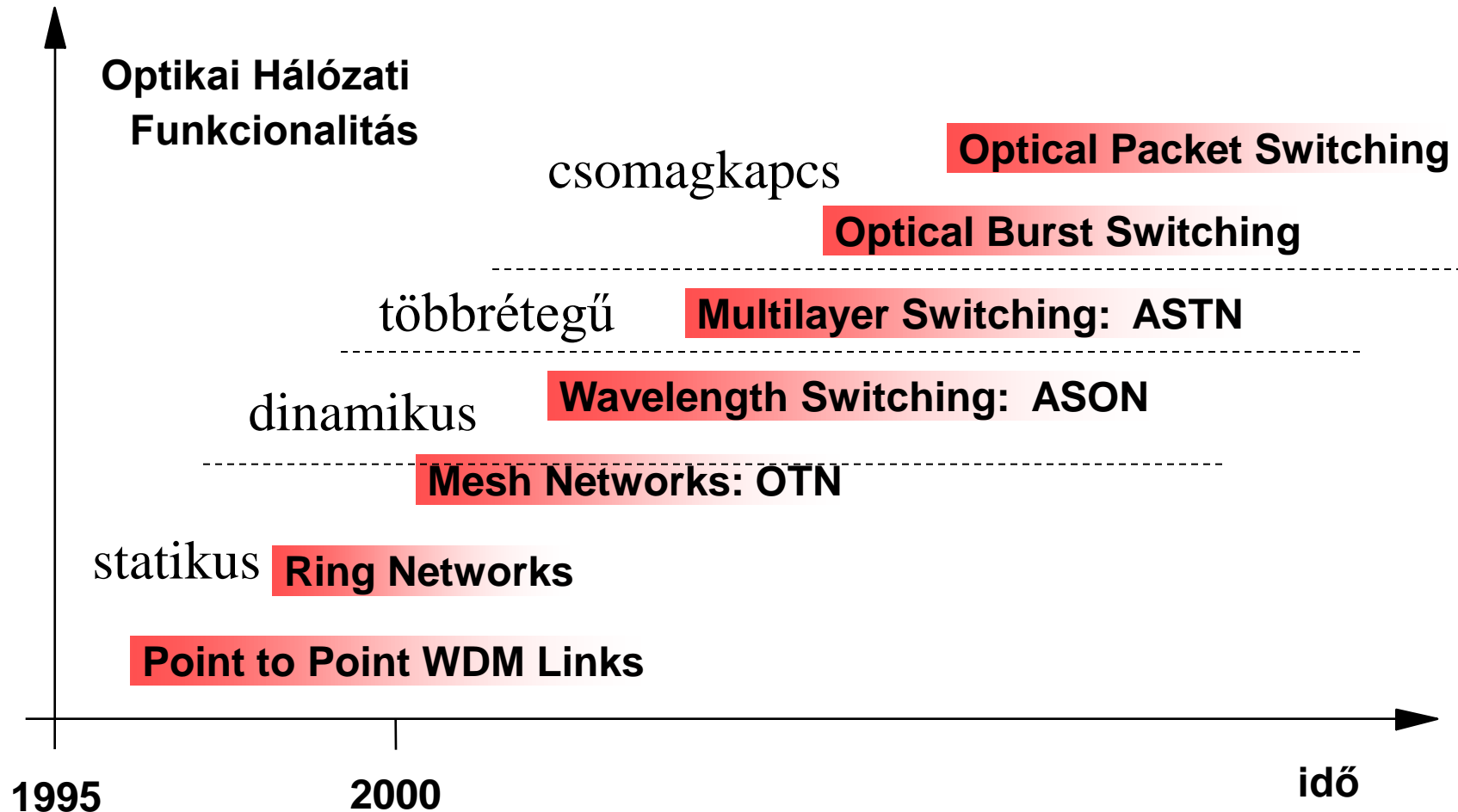
- 1. G: Csak az átviteli szakaszok optikaiak
 - PDH, SDH, ATM, MPLS, ngSDH
- 2. G: Teljes átviteli utak optikaiak
 - OTN, ASON (GMPLS, ASTN)
- 3. G: Már a vezérlés is optikai
 - OBS, OPS

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
- Frekvenciaosztás (OOFDM)
 - Optical Orthogonal Frequency-Division Multiplexing
 - is a multi-carrier modulation technology (több-vivős)
 - multiple spectrally overlapped lower-speed subcarriers (al-vivő)
 - novel elastic optical network architecture (rugalmas)
 - flexibility and scalability in spectrum allocation and data rate accommodation (spektrum és adatsebesség)

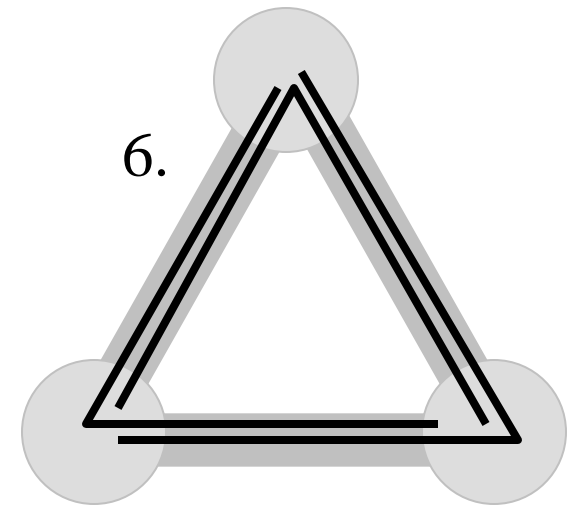
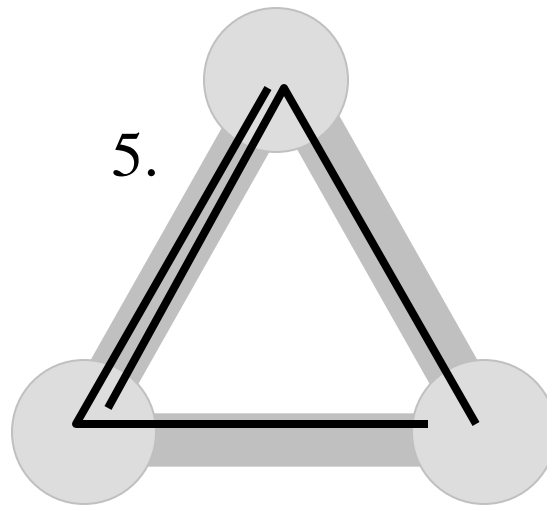
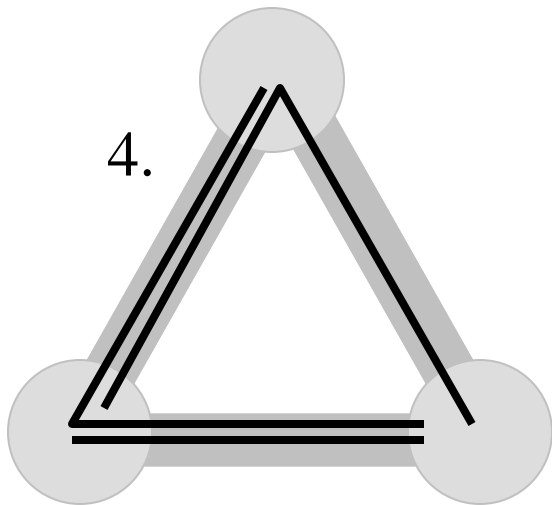
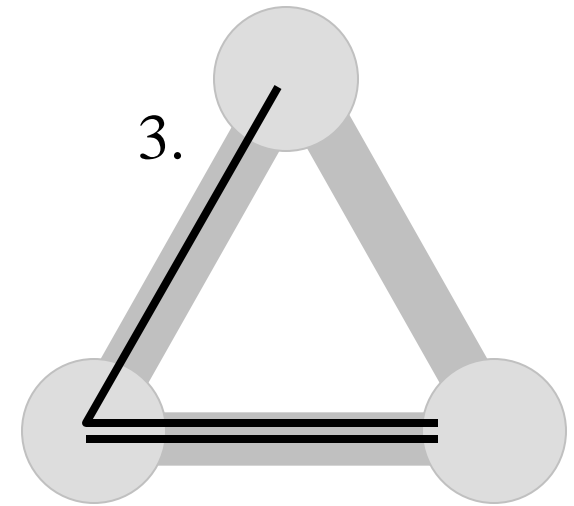
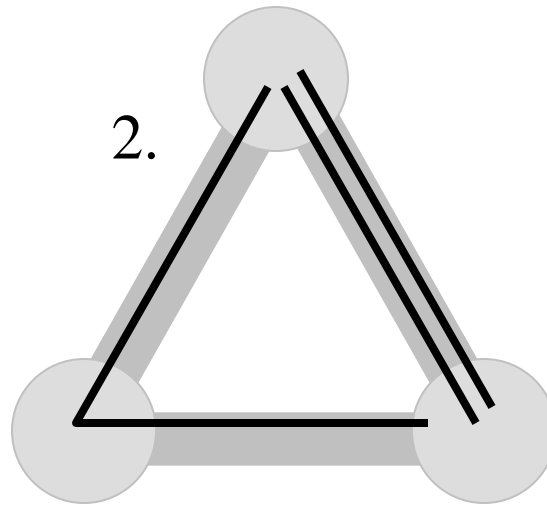
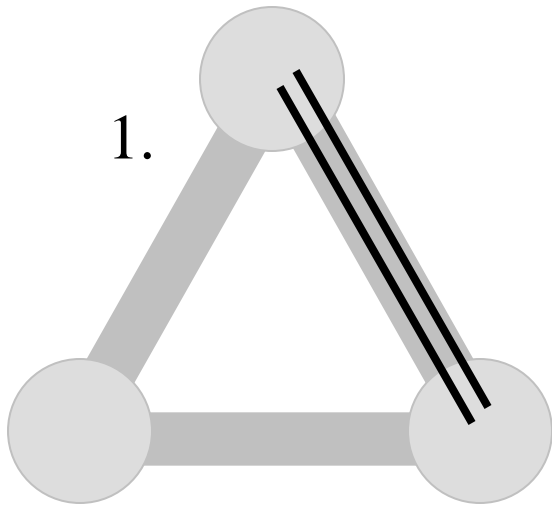
Optikai hálózatok fejlődési mérföldkövei

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



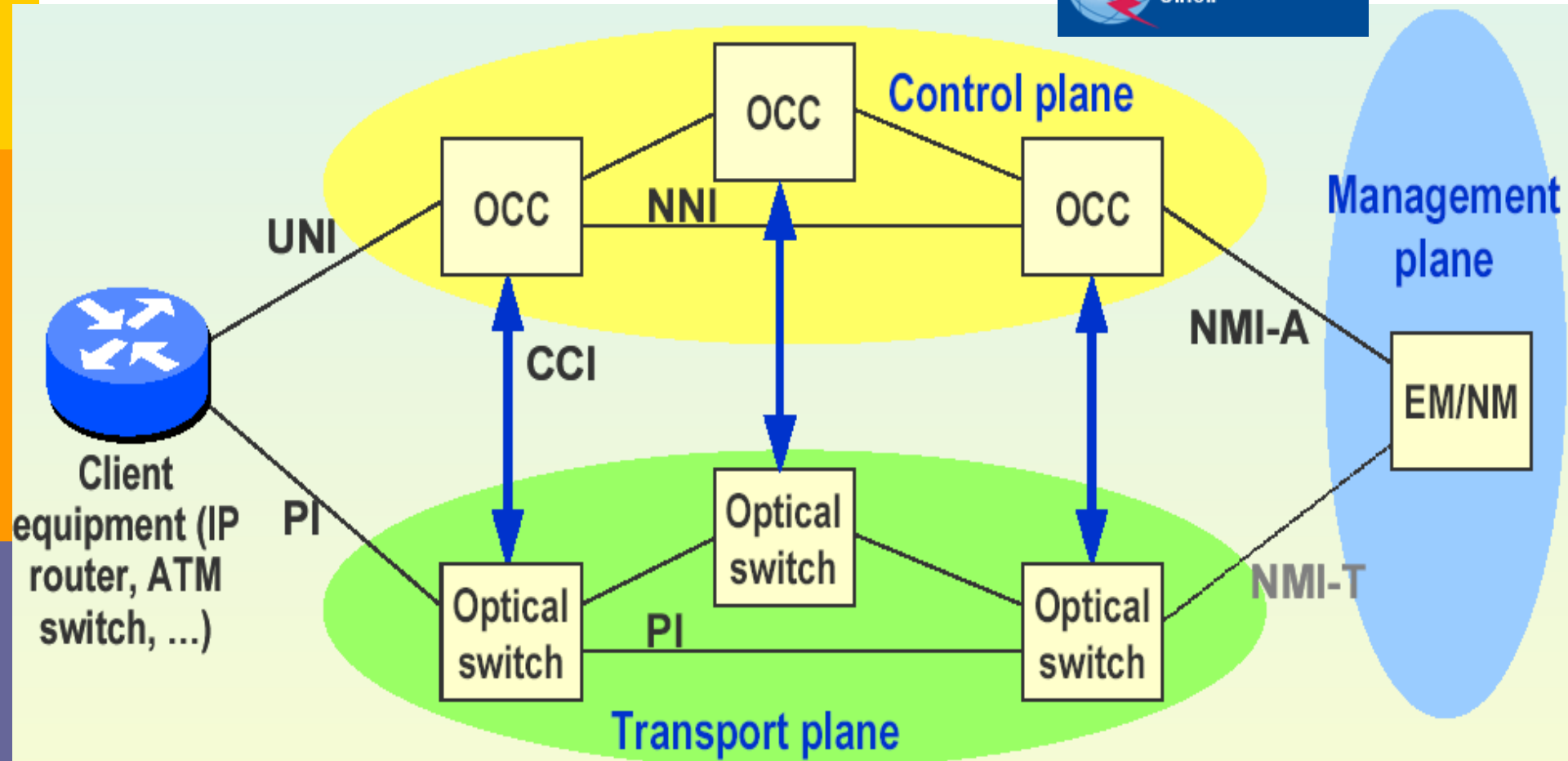
Miért legyen dinamikus?

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

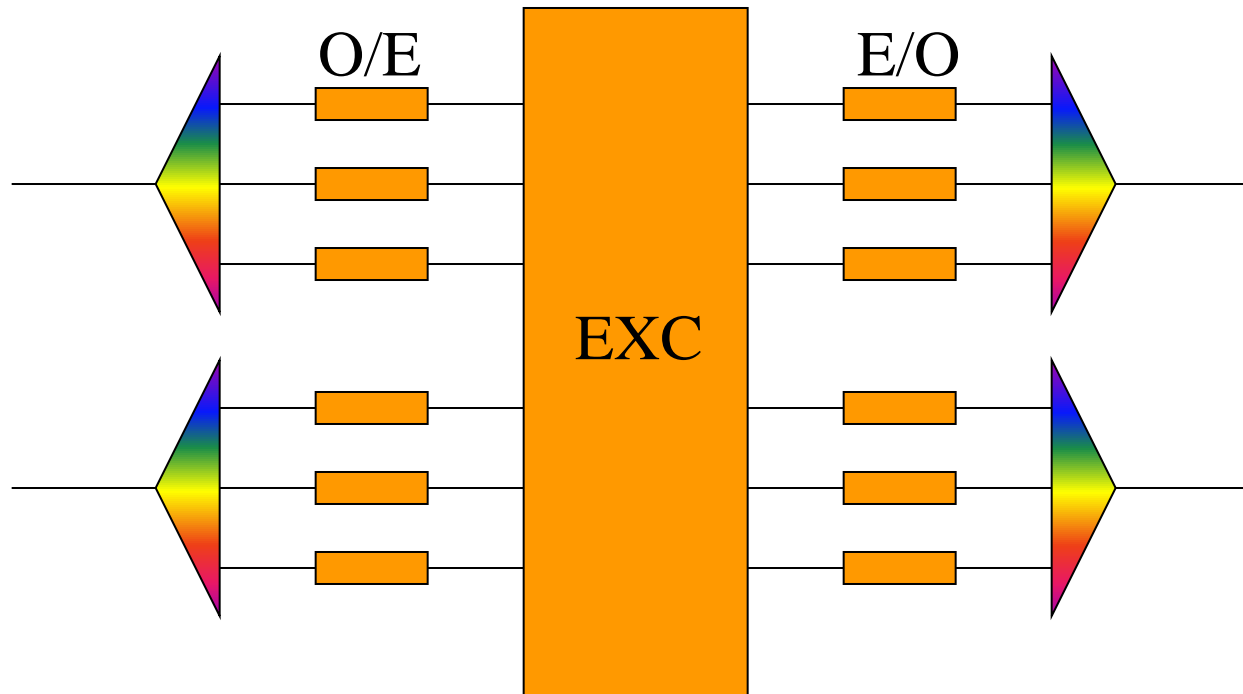
- **Menedzsment sík: Management Plane (MP)**
 - Jellemzően központi
 - Lassú, de optimális

- **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

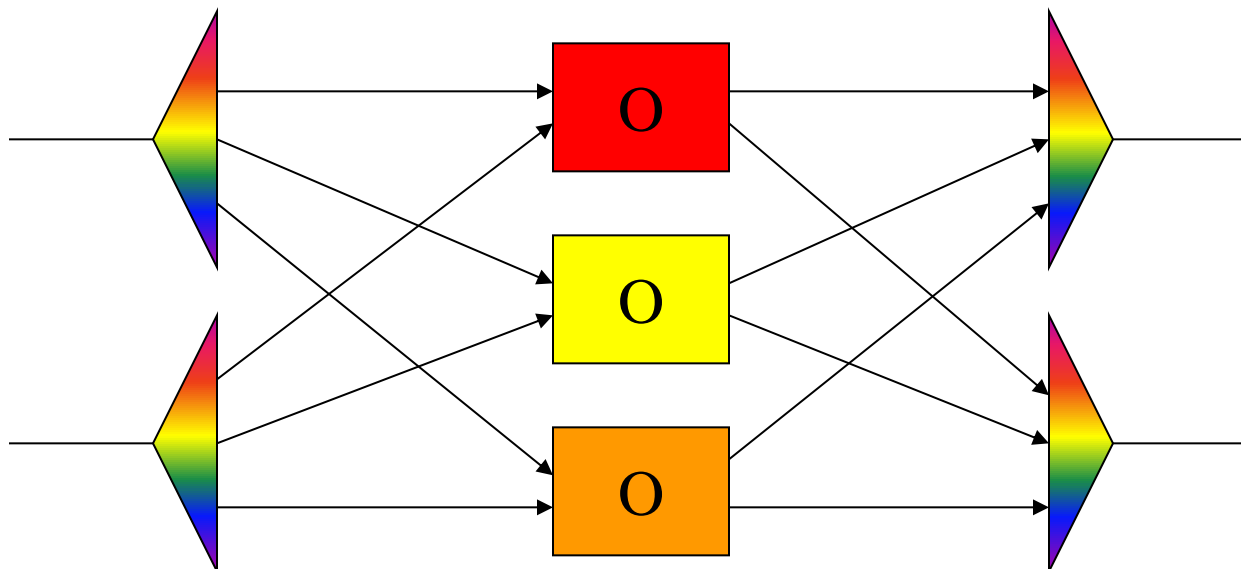
Elektro-optikai rendező:

Electro - Optical Cross Connect (EOXC)



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

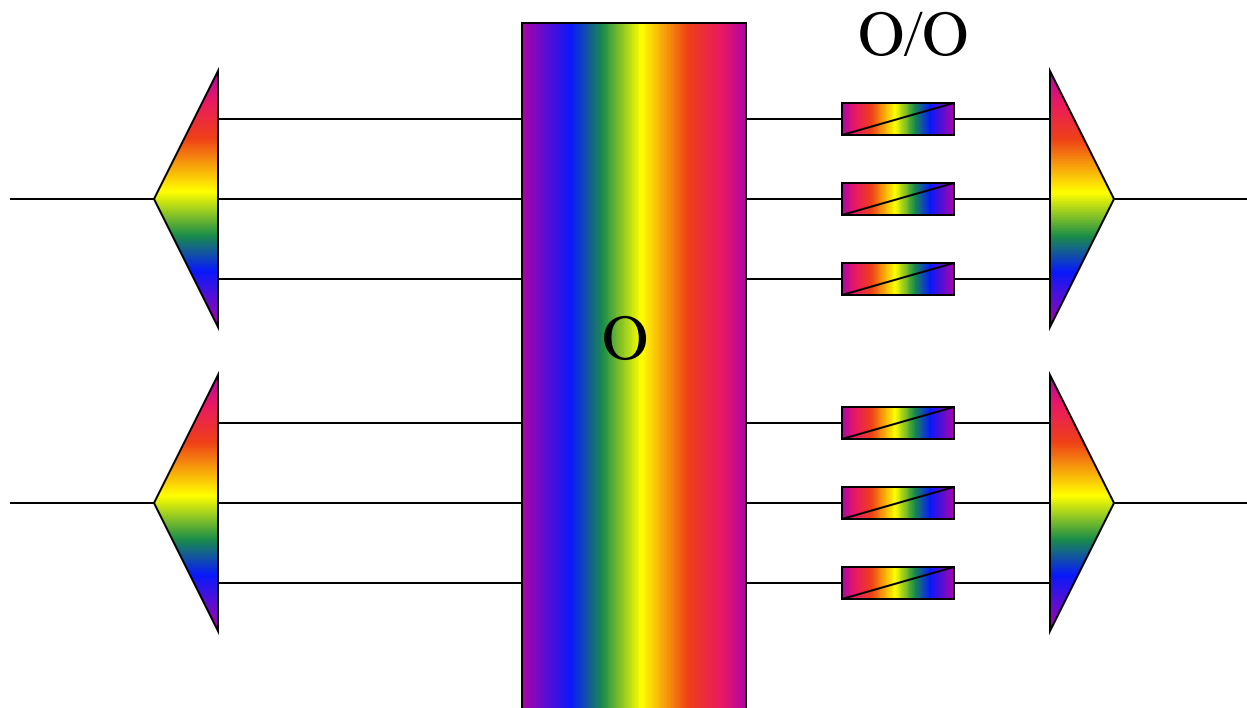
Optikai rendező: Optical Cross Connect (OXC)



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

Optikai rendező (OXC)

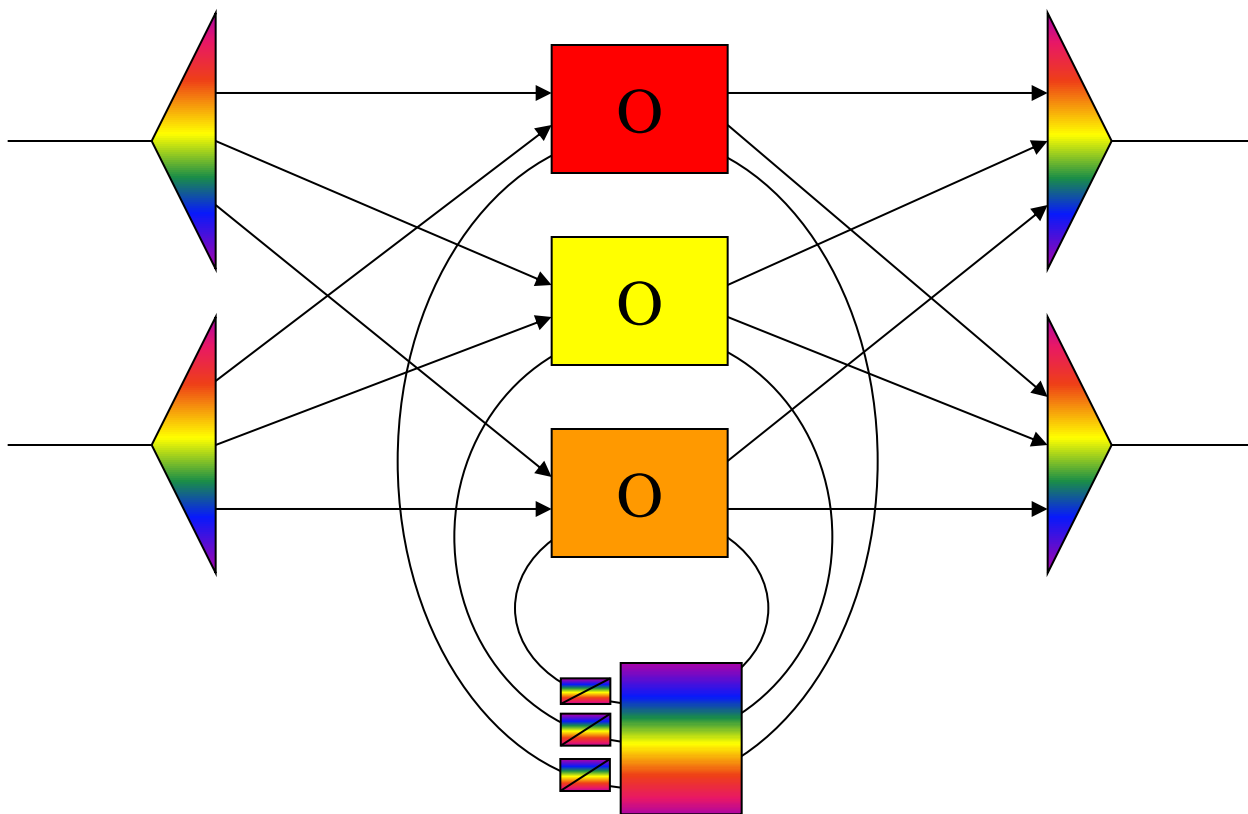
Teljes λ -konverziós képességgel




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

Optikai rendező (OXC)

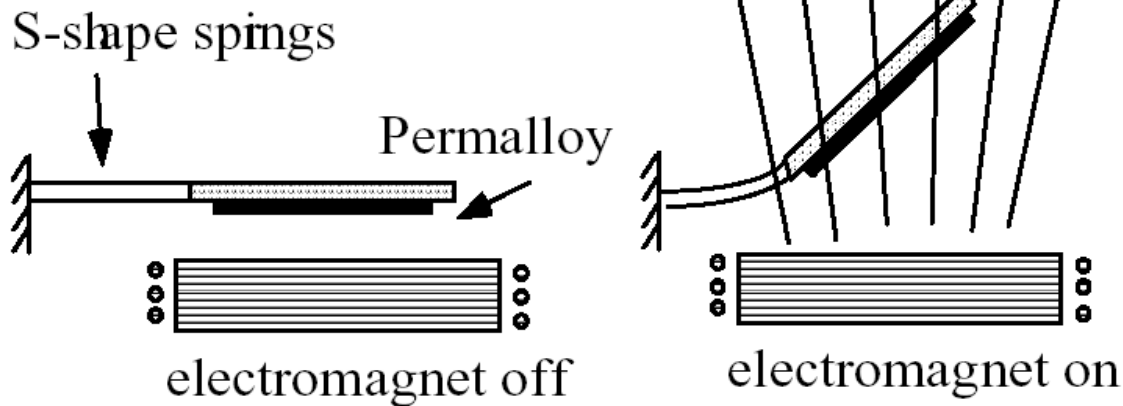
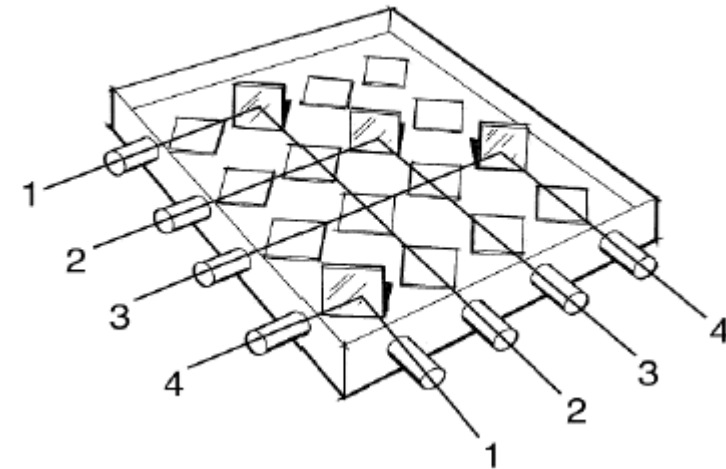
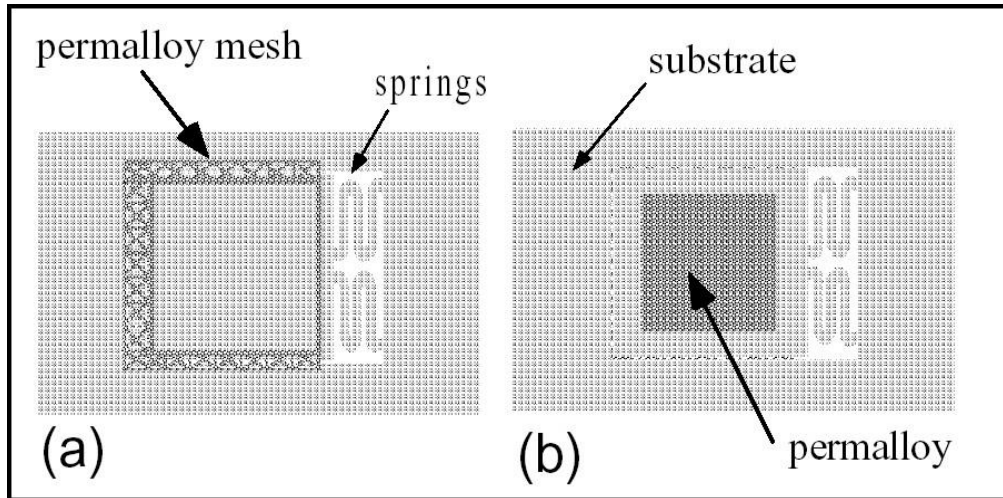
Korlátozott λ -átalakító képességgel



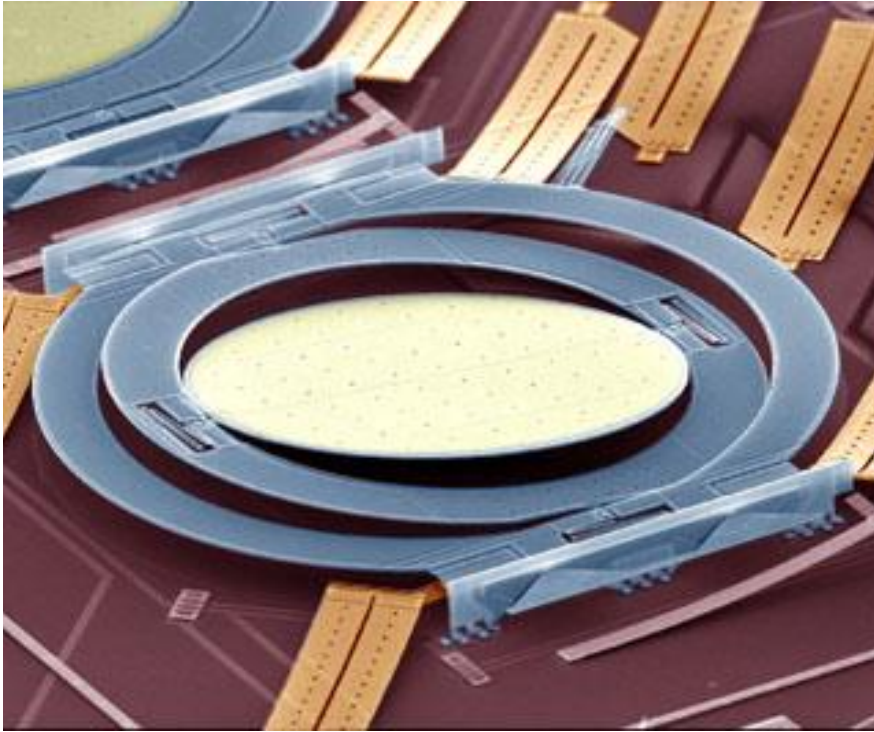
- Korlátozott számú λ átalakító (Limited Conversion Capacity)
- Lehet sávban is korlátozott  vagy elektronikus
- $4 \times 3 \times 3 = 36$, de csak 3 λ átalakító 6 helyett

2D MEMS: Micro Electro-Mechanical Systems

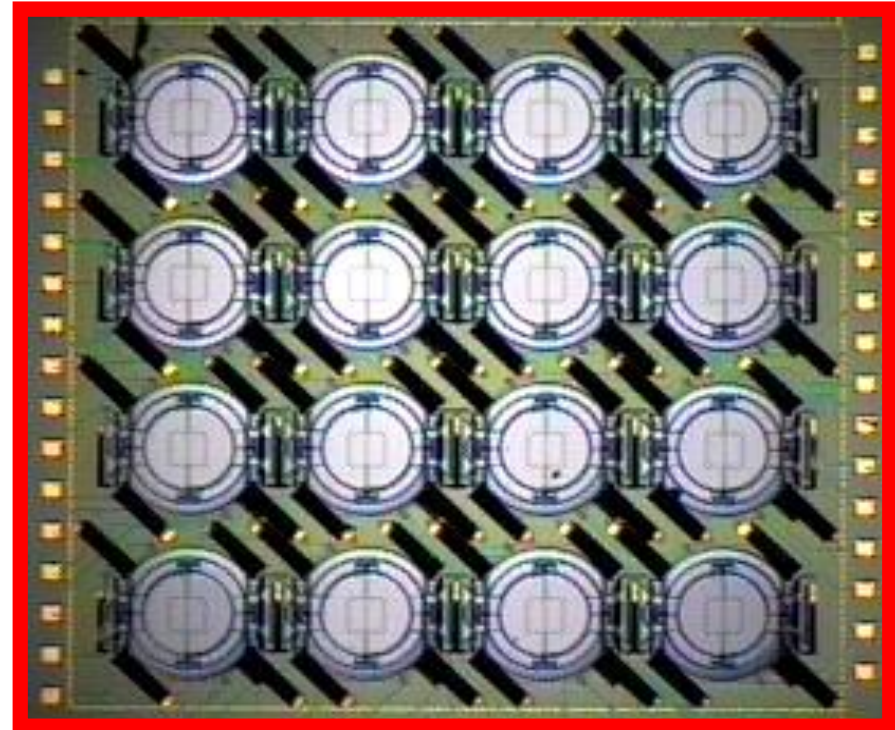
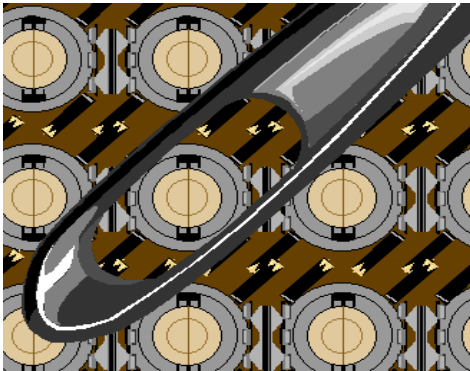
Mikro elektro-mechanikai rendszerek



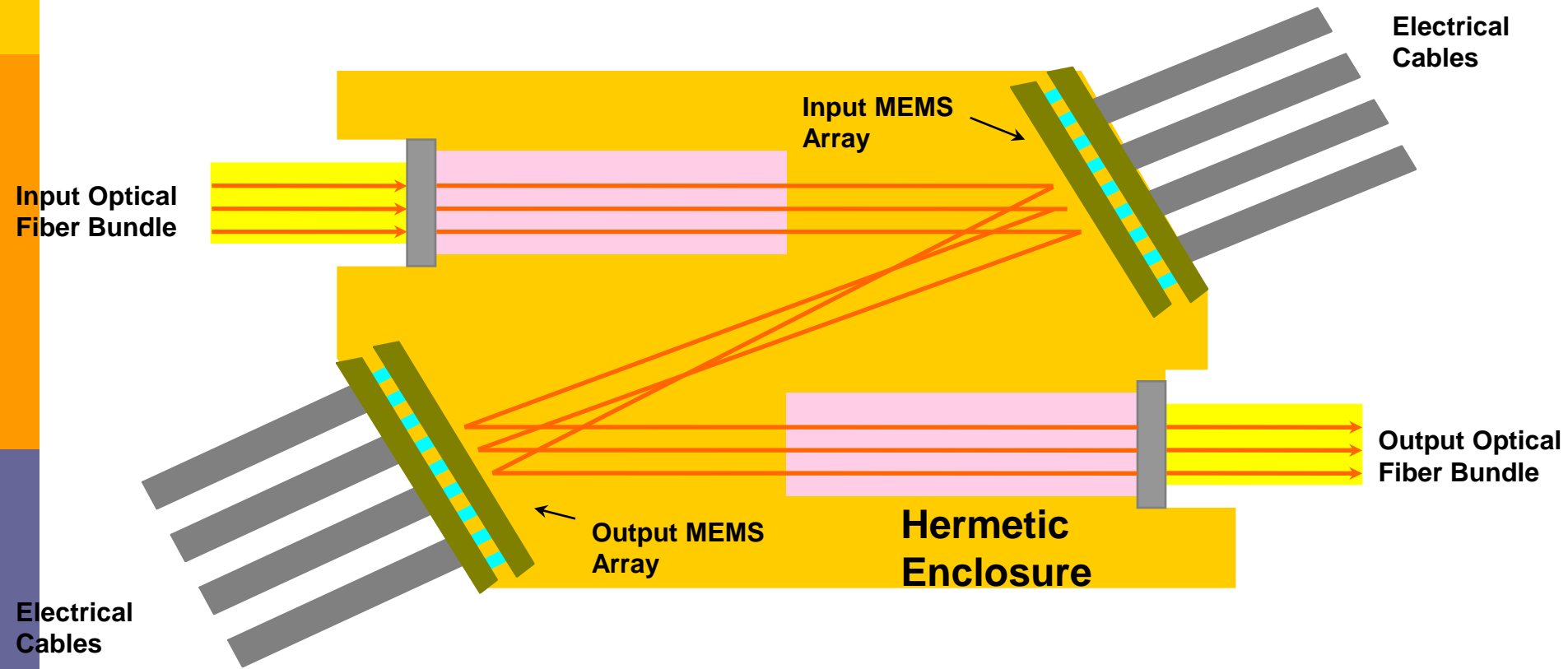
3D MEMS – a tükröcskék



Forrás: Lucent

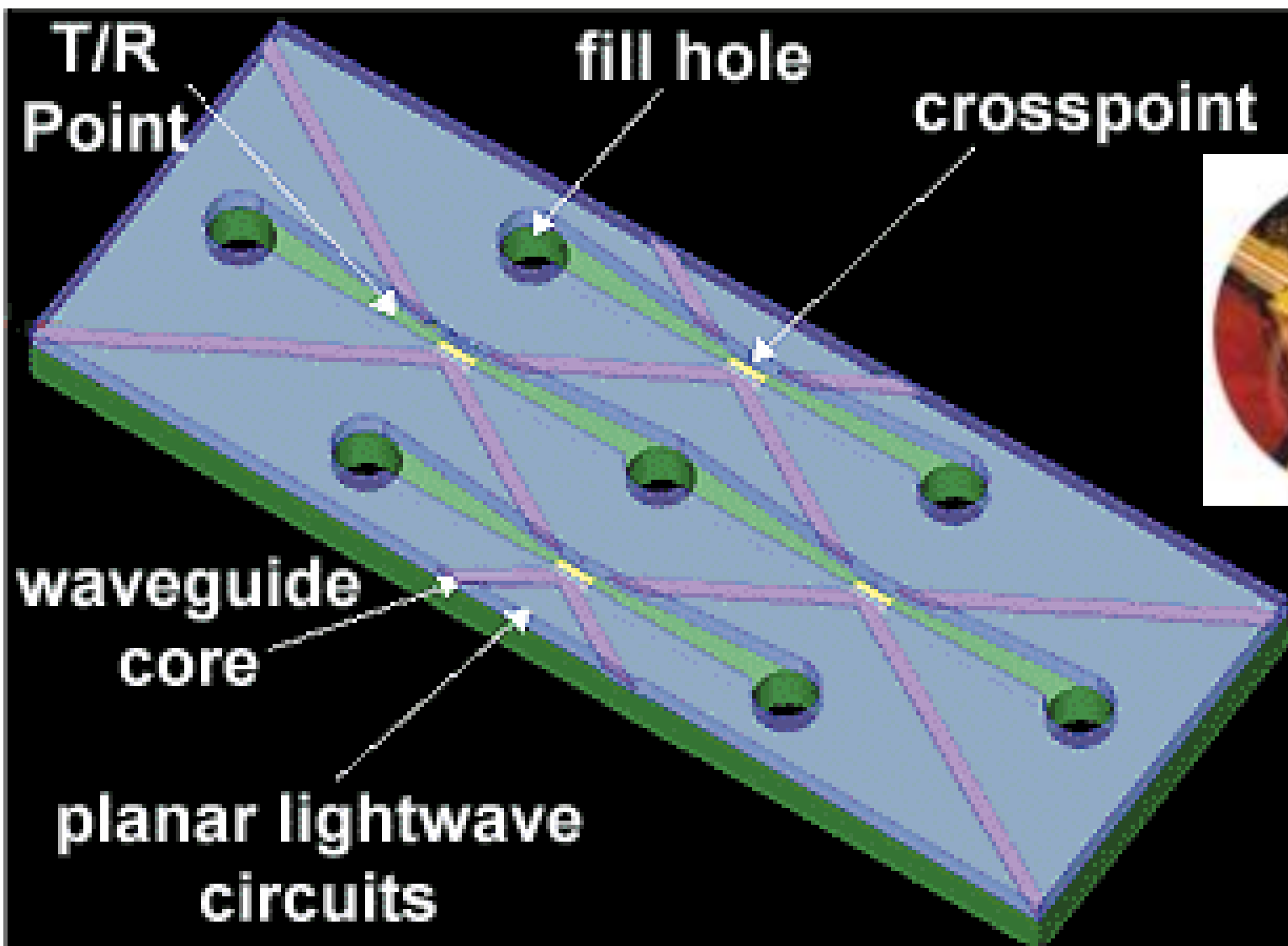


3D MEMS – Működési elv



Forrás: Lucent

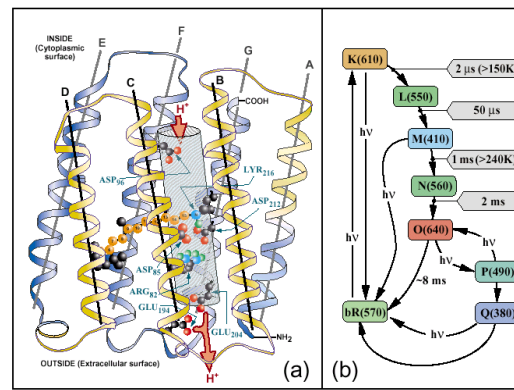
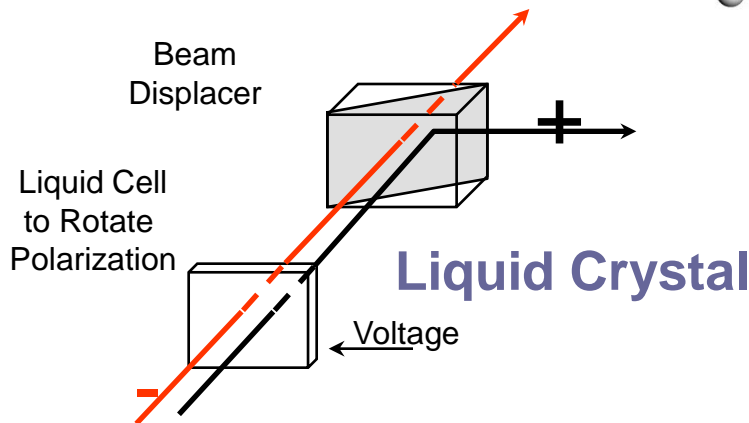
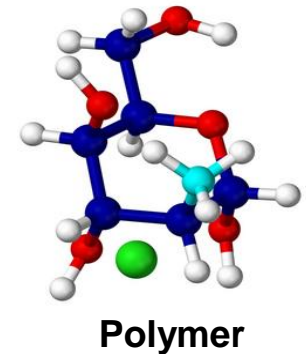
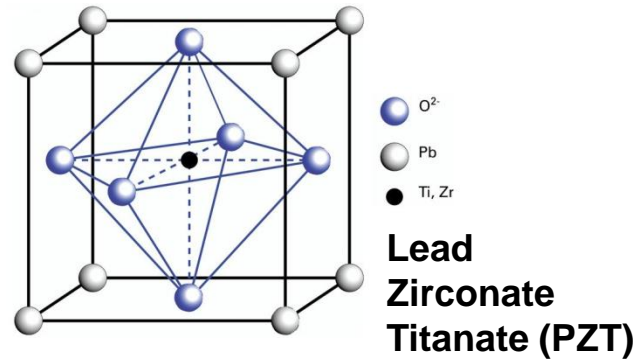
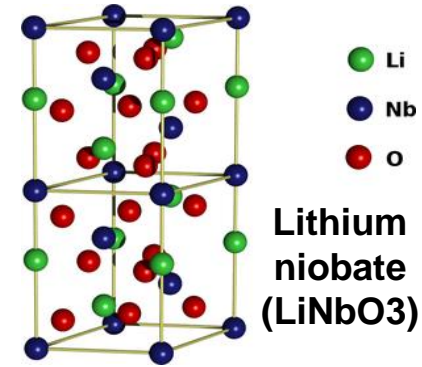
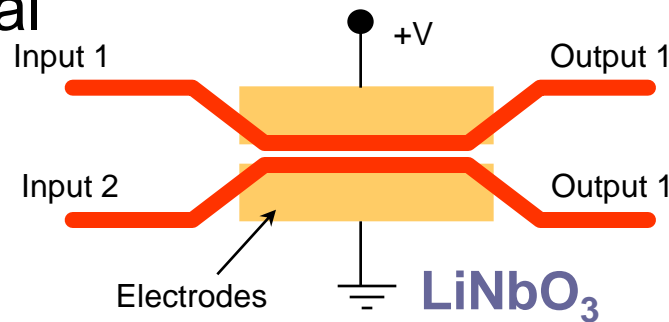
Buble-switch: Buborék kapcsoló



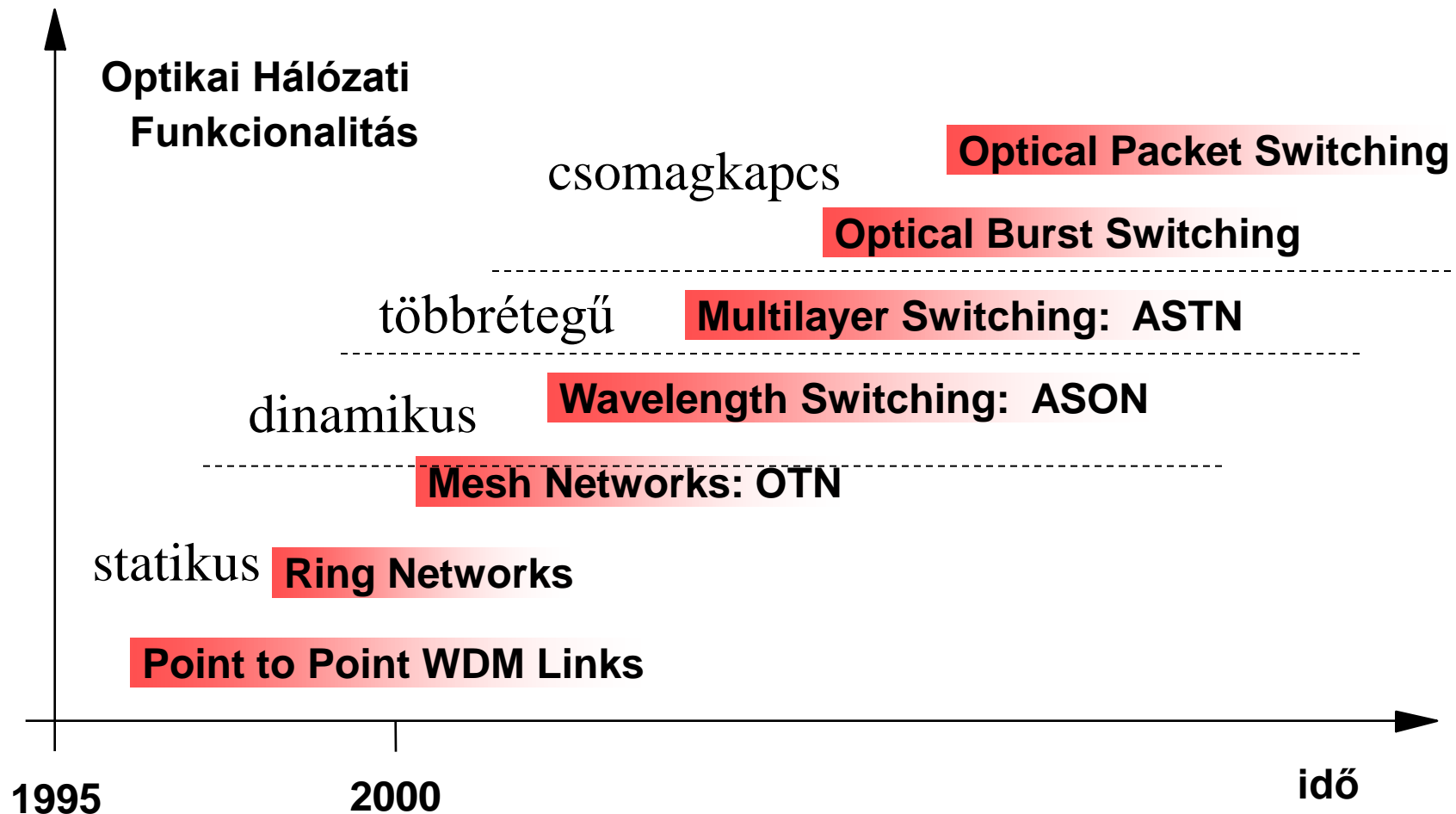
Forrás:
Agilent

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 λ)
- 1 λ csatorna: 2.5 vagy 10 Gbit/s
- 1 STM-64: 64 x STM-1
- További rétegek a finomabb granularitáshoz

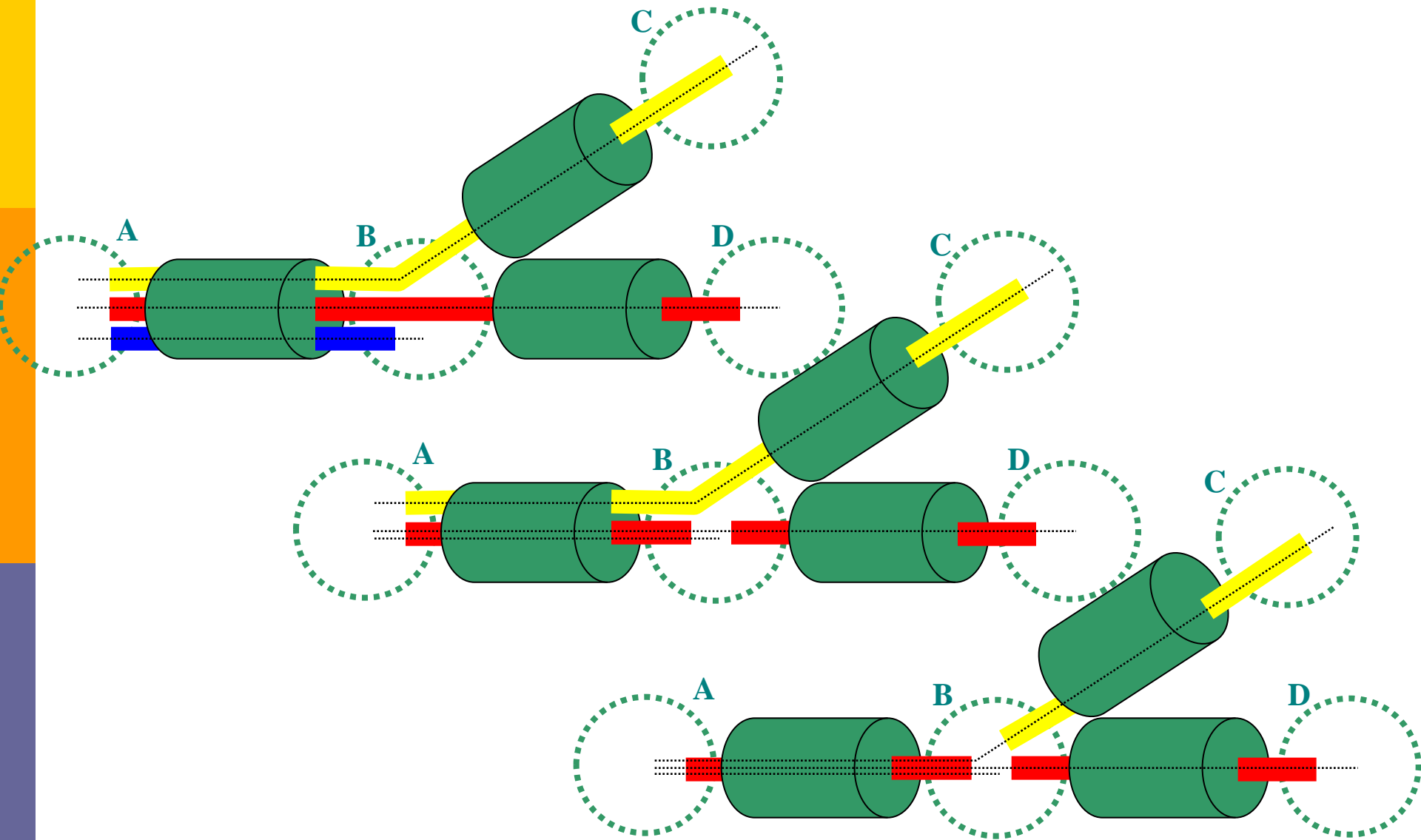
Több rétegű hálózat:

□ 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[®]

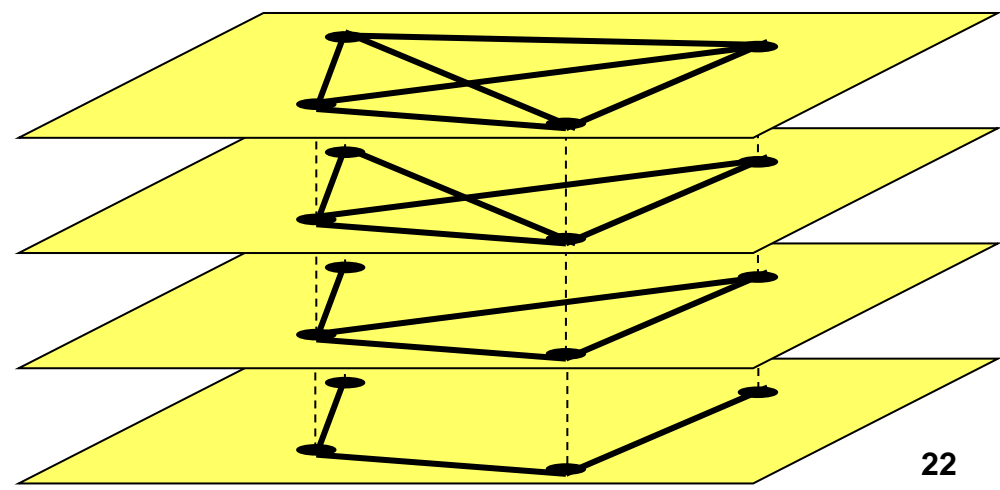
GMPLS/ASTN



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

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

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

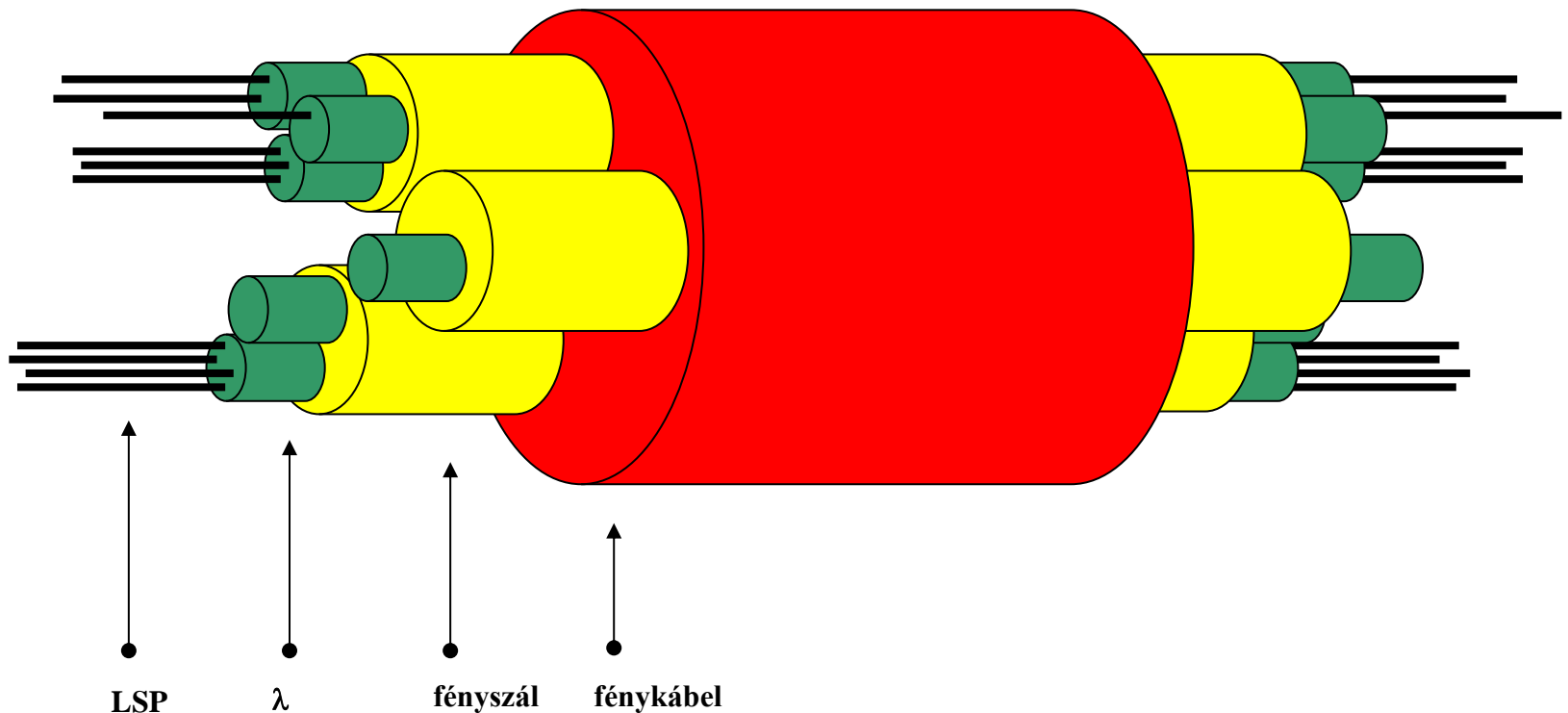


Általánosított „felülcimkézés”

Generalised Label Stacking

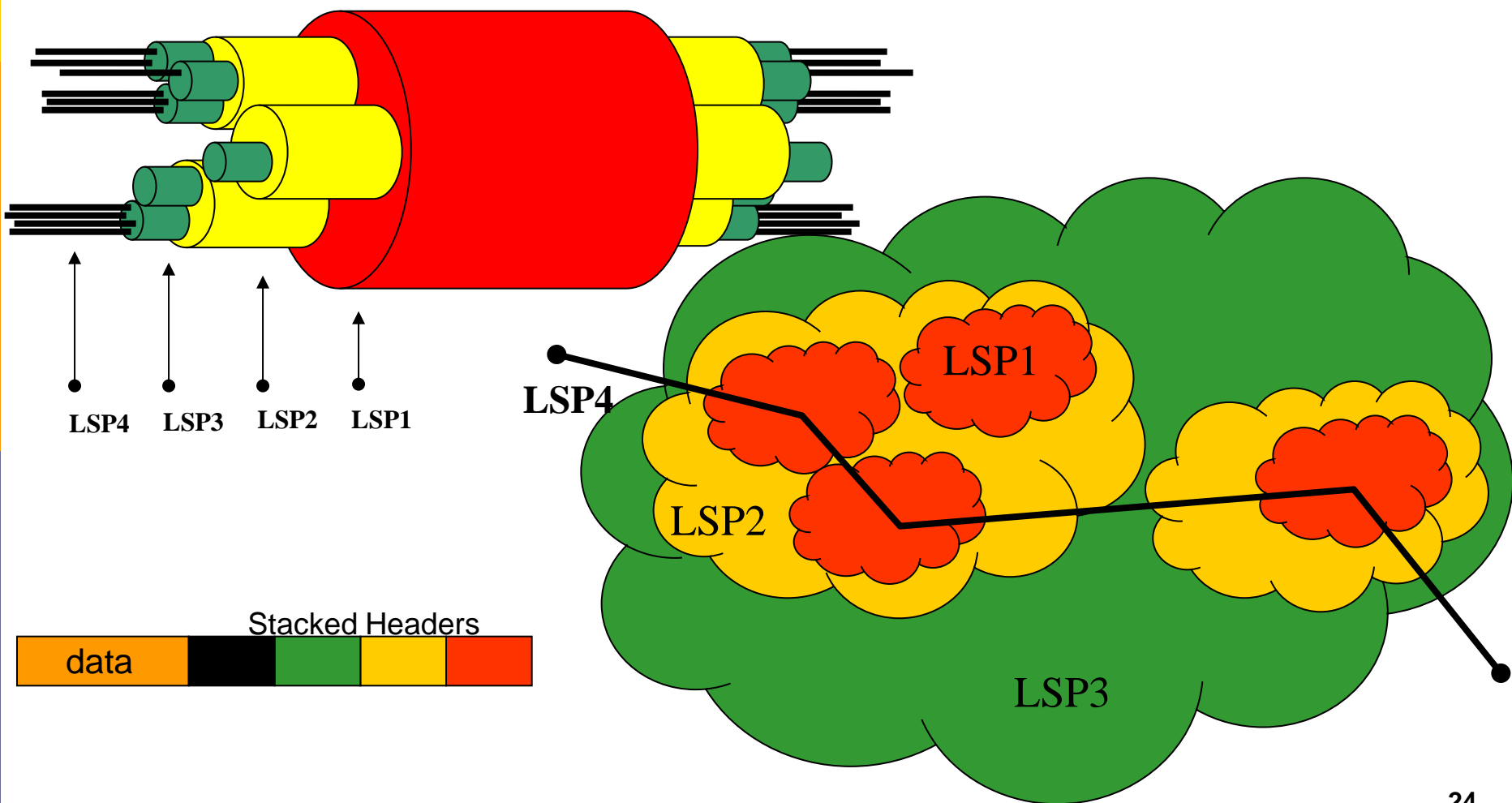
Többrétegű architektúra → Általánosított LSP-k

Multilayer Architecture → Generalised LSPs



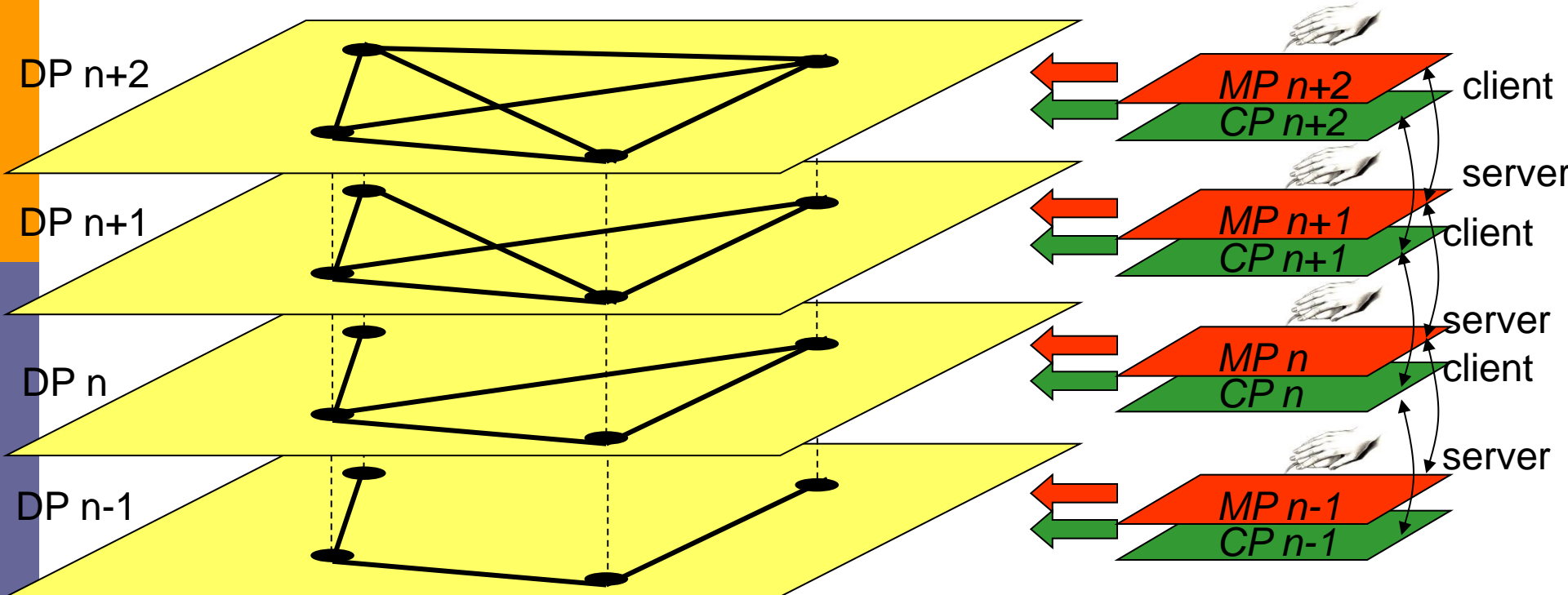
Label “Stacking” or “Swapping”?

- Cimkecsere, vagy felülcímkézés?



Routing, TE & Resilience → manapság:

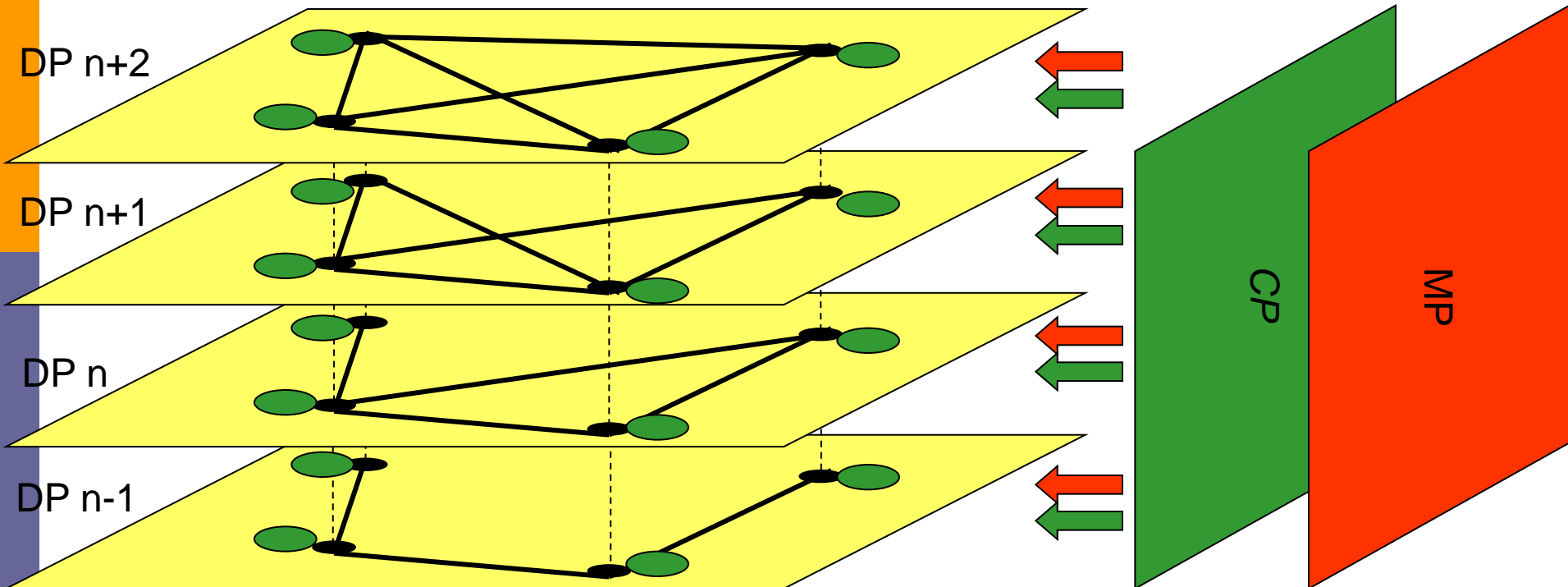
Kliens-szerver megoldás Részben kézzel



Routing, TE & Resilience → vágy:

Integrált, automatikus, elosztott!

Függőleges együttműködés vagy integrálás?



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

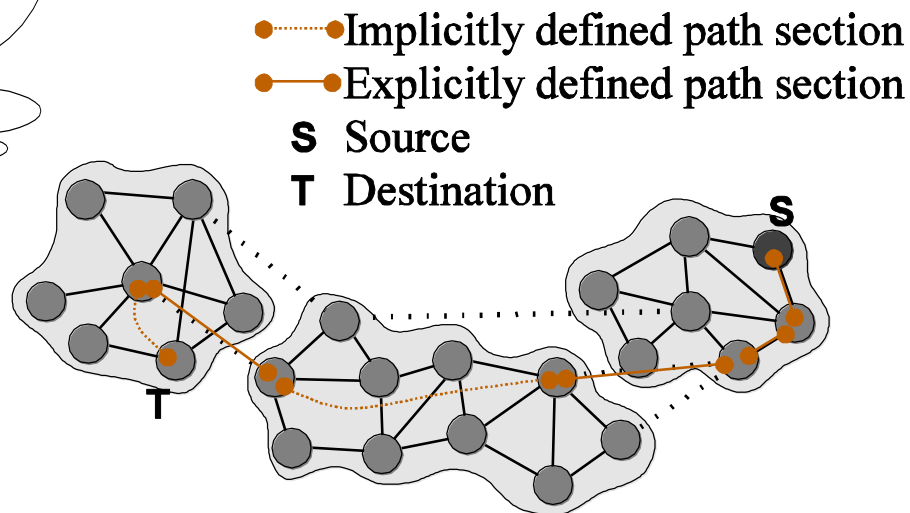
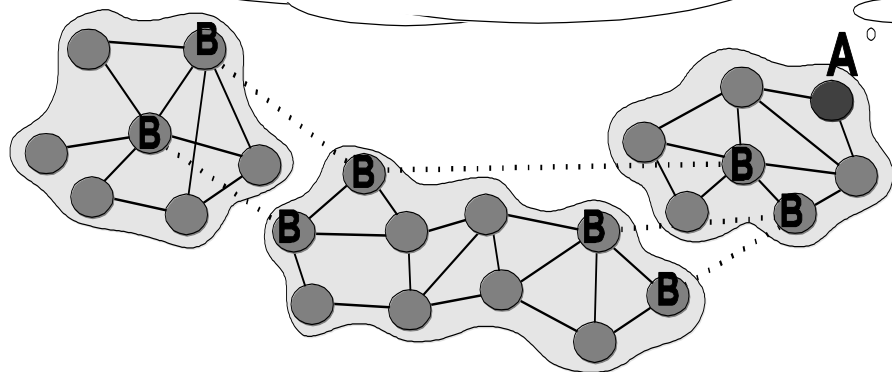
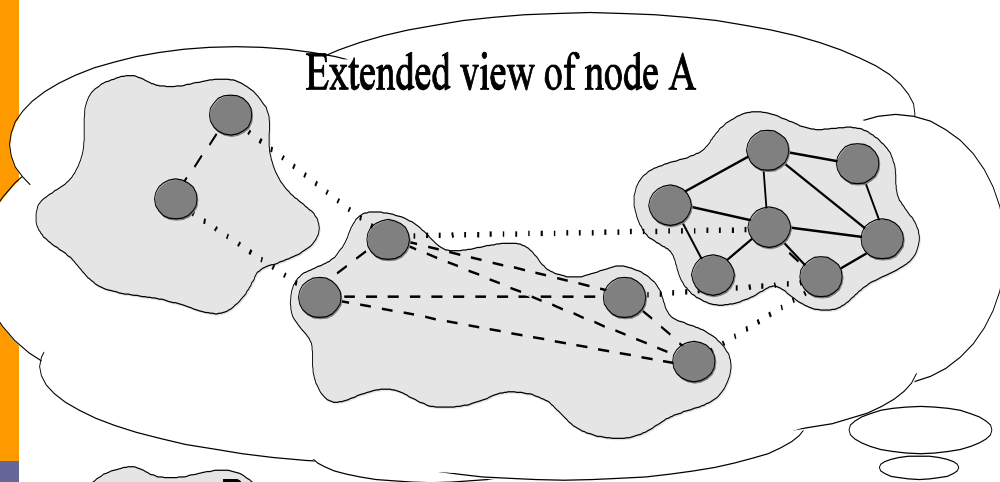
□ Több tartomány

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

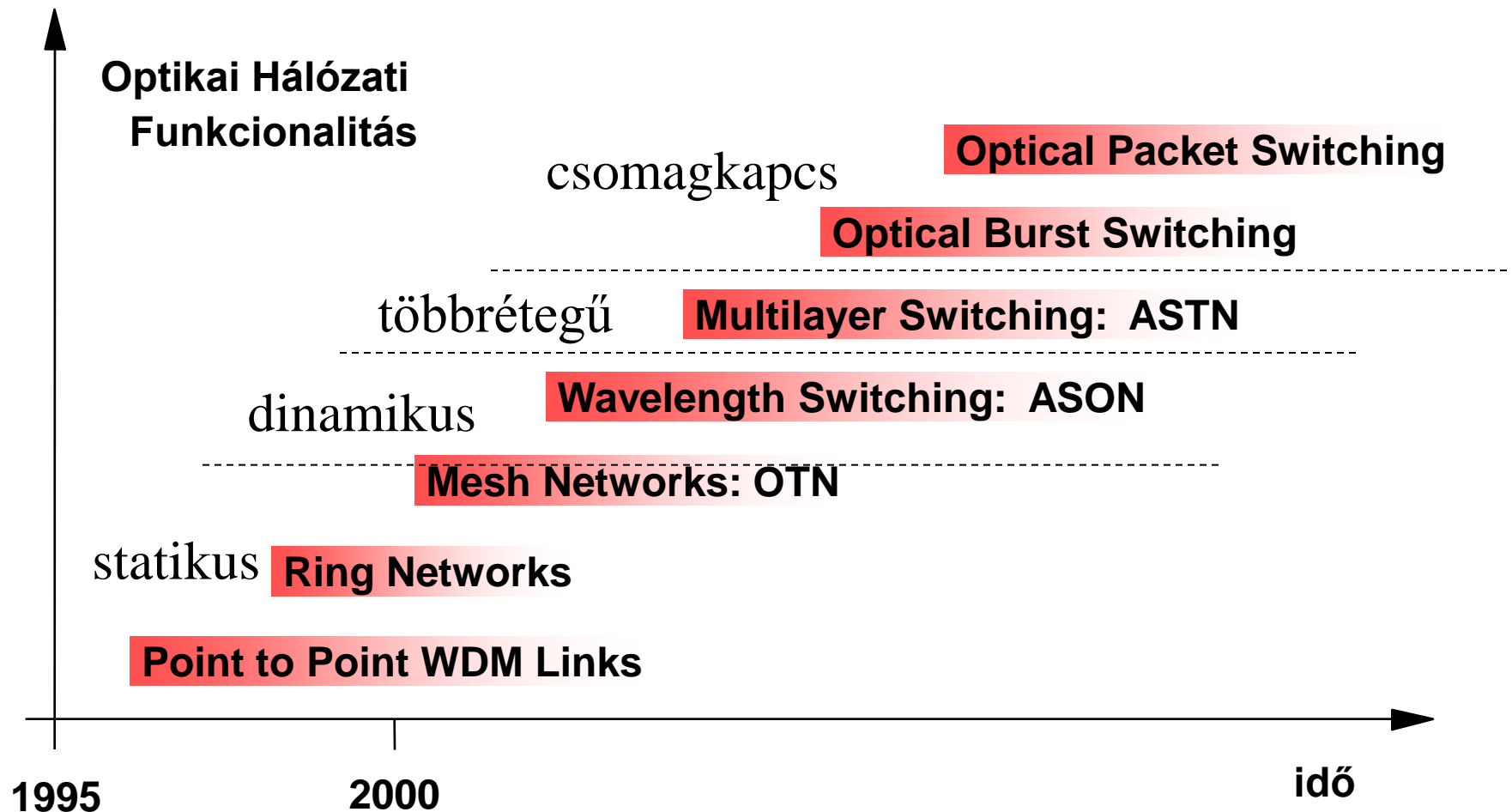
□ OSPF+BGP-4, oBGP

□ PNNI, oPNNI

□ PCE: Path
Computation Element



* Optikai hálózatok fejlődési mérföldkövei

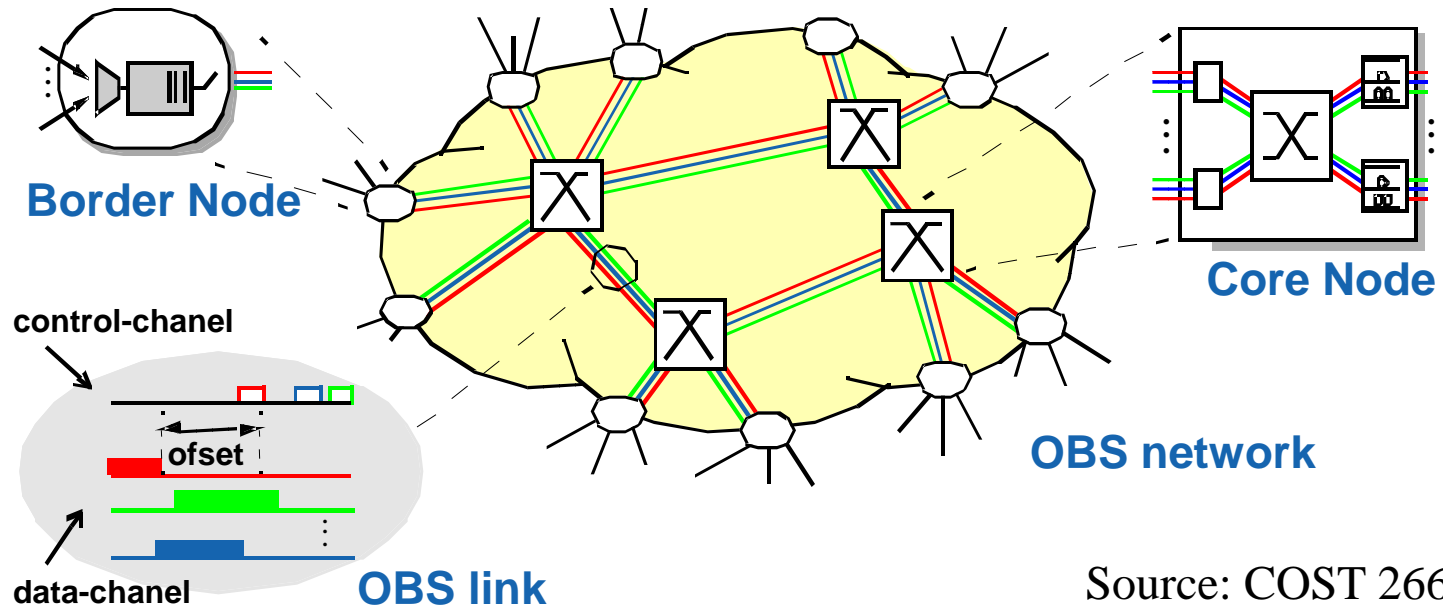


- **Photonic Time Slot Switching (időrés kapcsolás)**
- **Optical Flow / Burst / Packet Switching (OFS / OBS / OPS) (Folyam / Börszt / Csomag kapcsolás)**

Börsztös forgalomra (rövid ideig nagy sávzélesség)

- **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”)

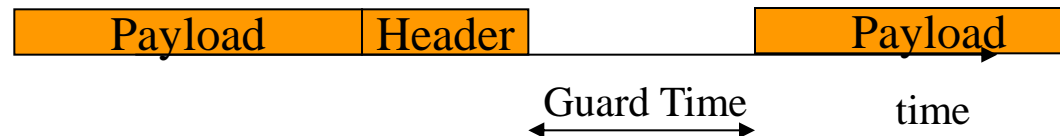
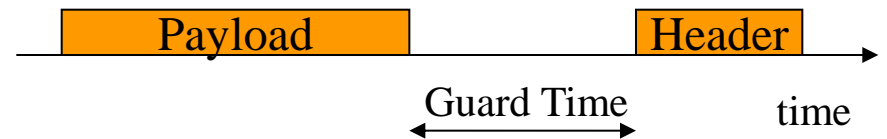
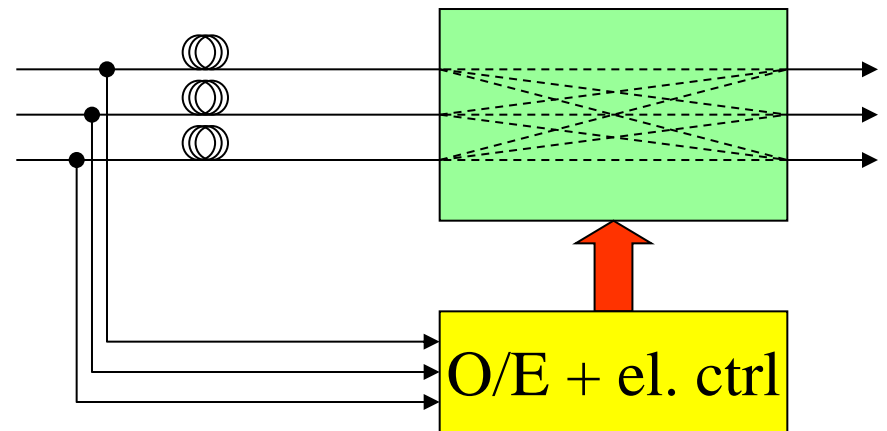
- Foglалás: A vezérlő csomag érkezésekor
- Felszabadítás: A børszt végével

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

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

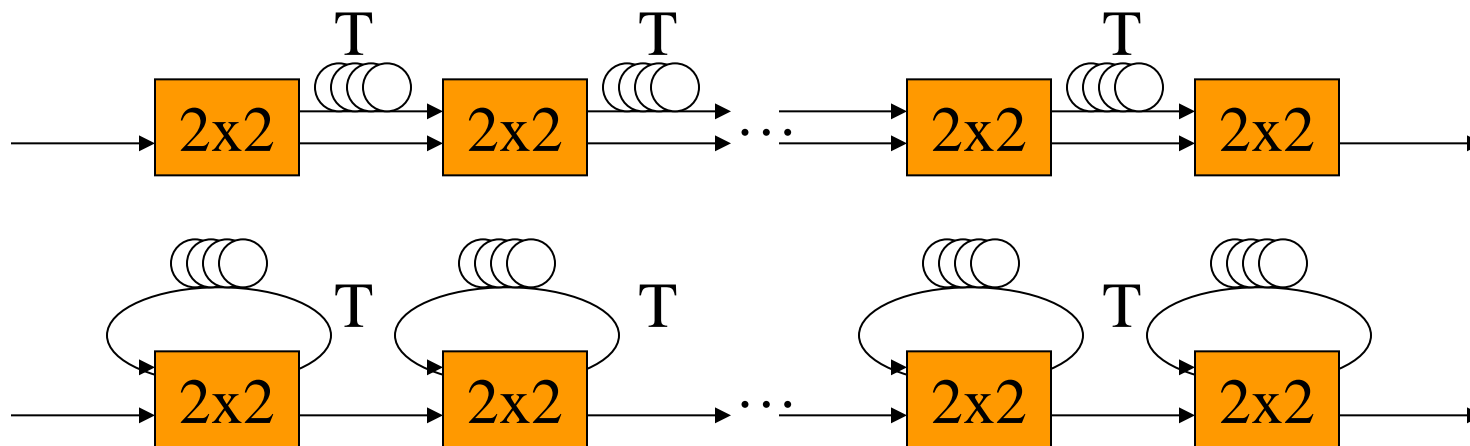
Optikai időrészkapcsolás

- 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 μm^2	100 μm^2	1000 μm^2 *	50000 μm^2	Large	Compact	Compact	Compact
Power consumption	~10 μW	~100 μW	~10mW	~100mW	1W/pkt**	2W/pkt**	-	-
Access speed	~10ps	~10ps	7ps	<100ps	A few ns***	A few ns***	A few ns***	A few ns***
Access	Parallel/serial	Parallel/serial	2-D parallel	Parallel	Parallel	Parallel	Parallel	Parallel
Notes	<ul style="list-style-type: none"> •λ-sensitive •PDL 		<ul style="list-style-type: none"> •PDL •All-optical shift register •Large-scale s/p conv. 		<ul style="list-style-type: none"> •FIFO •Discrete time •Small capacity 		<ul style="list-style-type: none"> •Narrow bandwidth**** •Short time storage •Small capacity 	

* <10x10 μm^2 + I/O=>30x30 μm^2

** Depending on optical amplifier count

Oct.26, 2008 北山

*** Speed of optical switch

**** < 20GHz

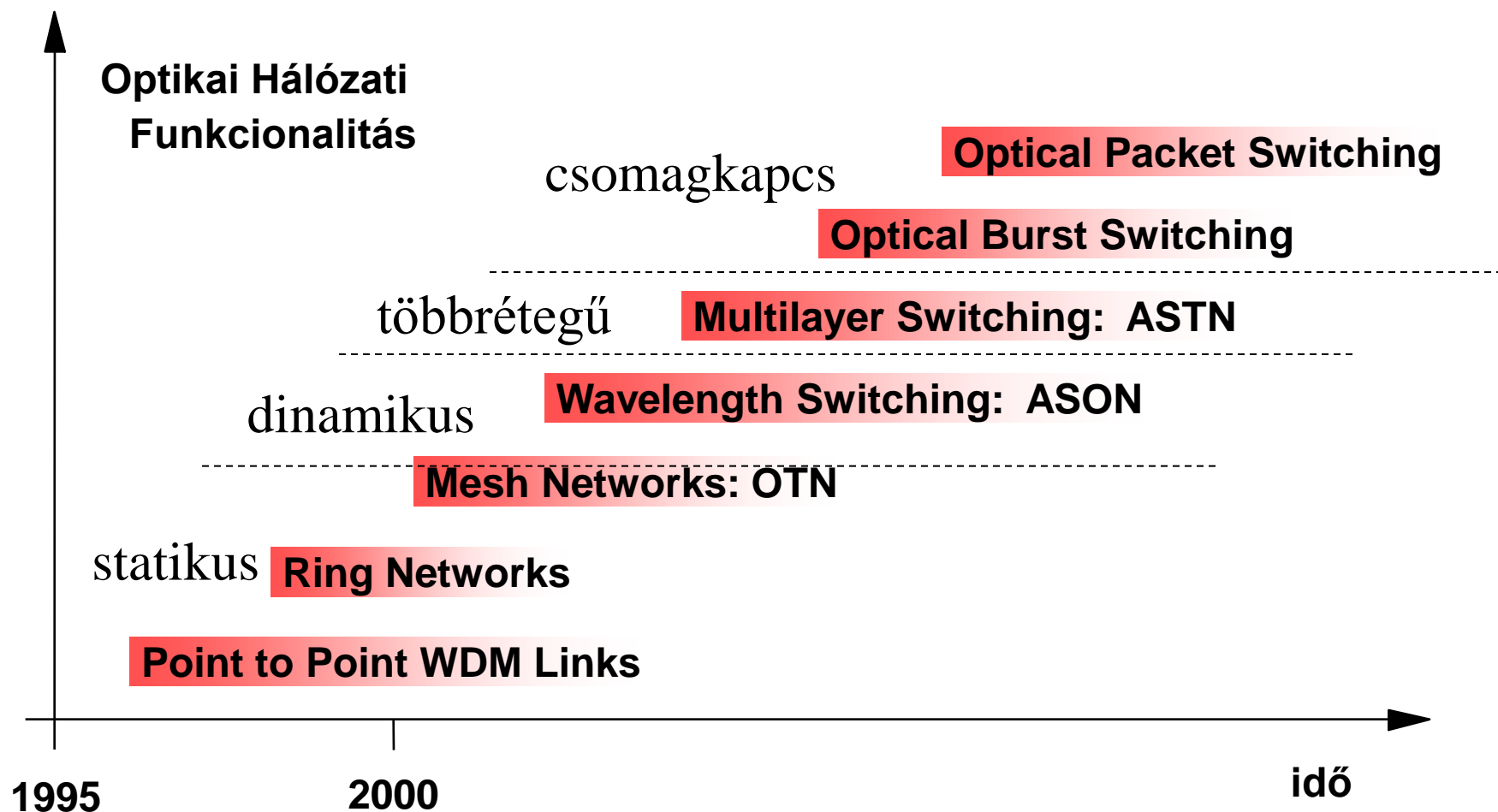
Note: SRAM: <0.6 μm^2 , <1 μW , <2ns w/o O-E-O

APOC2008 Workshop

1

Osaka Univ.

Optikai hálózatok fejlődési mérföldkövei



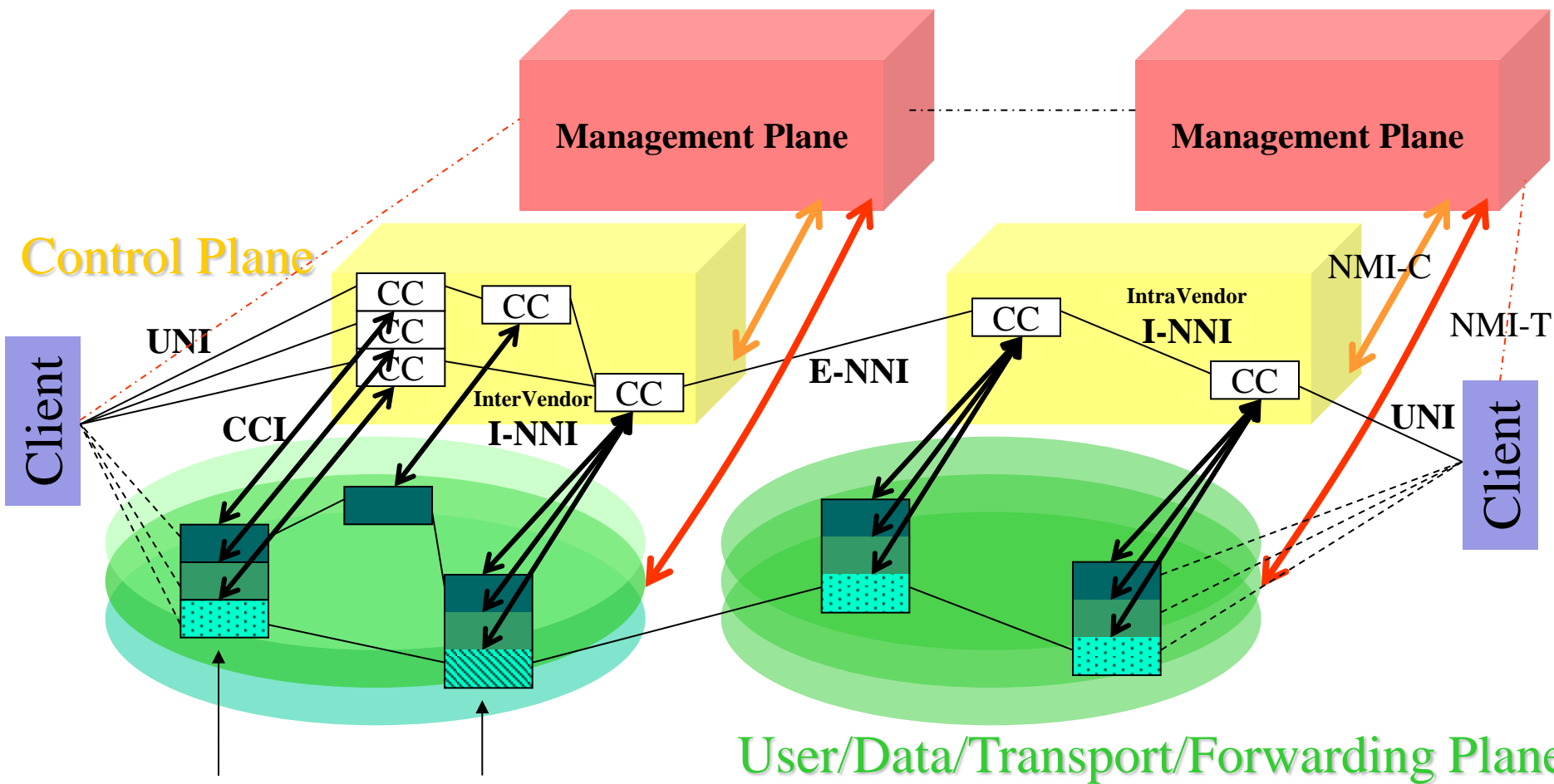
Heterogén Hálózatok

- 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 (függgőlegesen 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

Összefoglalás

- Optikai áramkörkapcsolás (alul és belül)
- Elektronikus csomagkapcsolás (felülés peremen)
- Technológia fejlődése a meghatározó
 - Izgalmas terület!
 - Kvantumkommunikáció
- Jövő óra gyakorlat