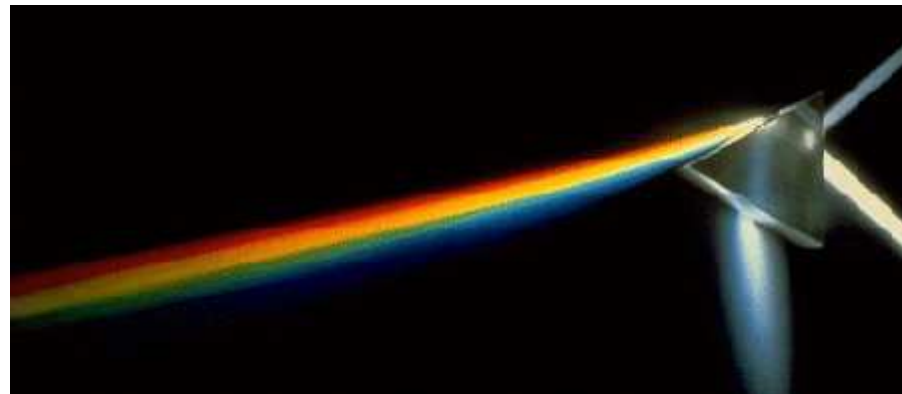


Távközlő hálózatok és szolgáltatások

9. Gerinchálózati (Transzport) Technikák (harmadik rész)

Cinkler Tibor
BME TMIT
2009. december 3.
Péntek, 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)
 - **9.2 SDH** (Szinkron Digitális Hierarchia)
 - **9.3 ngSDH** (next generation SDH)
 - **9.4 OTN** (Optical Transport Network)
 - **9.5 Kapcsolt optikai hálózatok** (ASON, ASTN, GMPLS, OBS/OPS) *Ma!*
- 10. Hálózati szolgáltatások (Henk Tamás)
- 11. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)



Múlt előtti óra!

Múlt óra!



9.5. Kapcsolt optikai hálózatok

- Motiváció
- 3 generáció
- Nyalabolás
- Heterogén
- Fejlődés:

SDH→ATM→MPLS→ngSDH→OTN→ASON/MPΛS→ASTN/GMPLS→OBS/OPS



Motiváció

- Optikai átvitel előnyei:
 - Nagy sáv szélesség
 - Kis csillapítás
 - Kevés jeltorzítás (részben kompenzálható)
 - Zavarérzékeny (EM, áthallás, környezet hatásai)
 - Olcsó (Cu → SiO₂)
 - Fémmentes (nem vezet áramot)
 - Kis átmérőjű, kis tömegű
 - Stb.

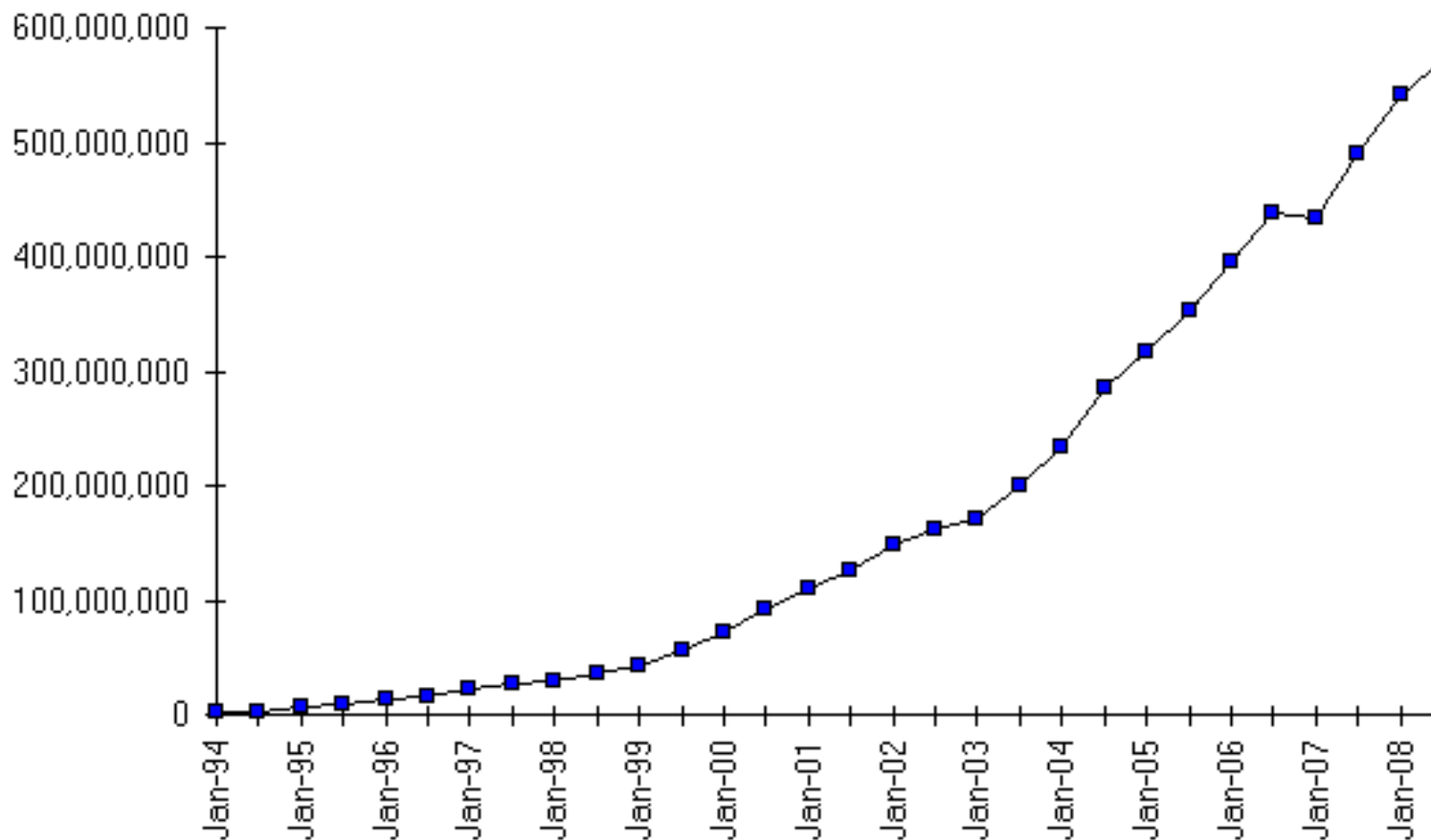
Számítógép hálózatok 4. előadásán volt optikai átvitel és a 6. előadás vége optikai kapcsolásról szólt!

* www.isc.org

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

Hálózatba kötött munkállomások száma

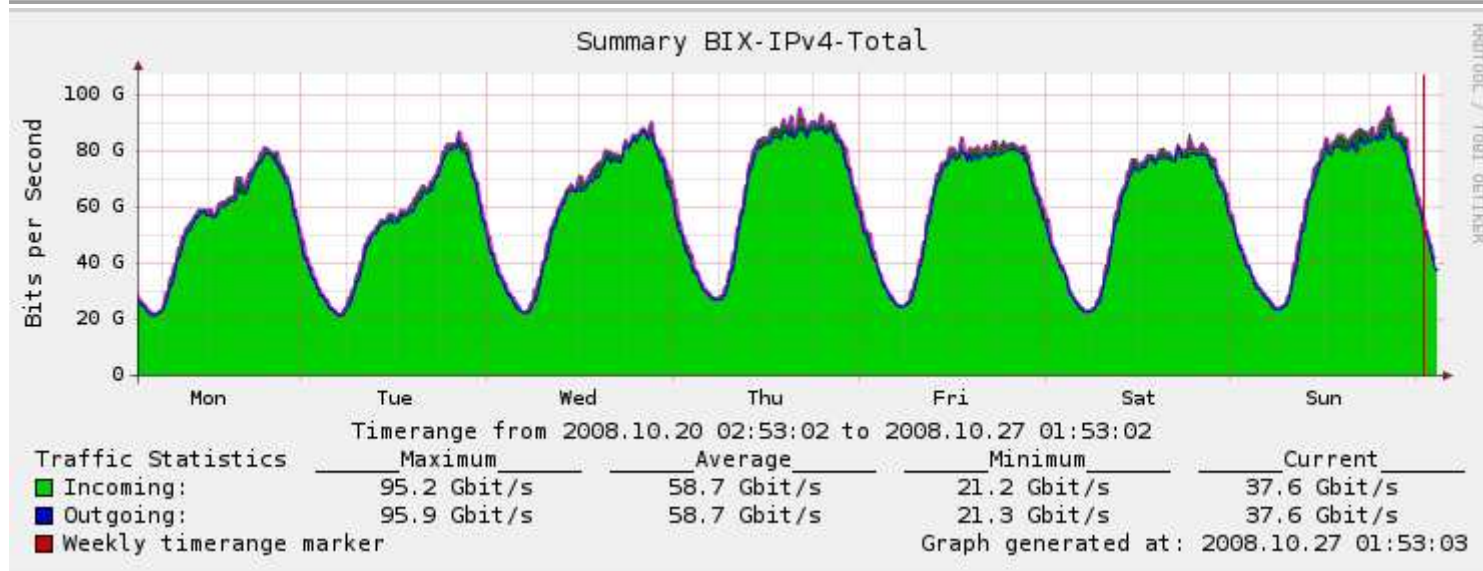
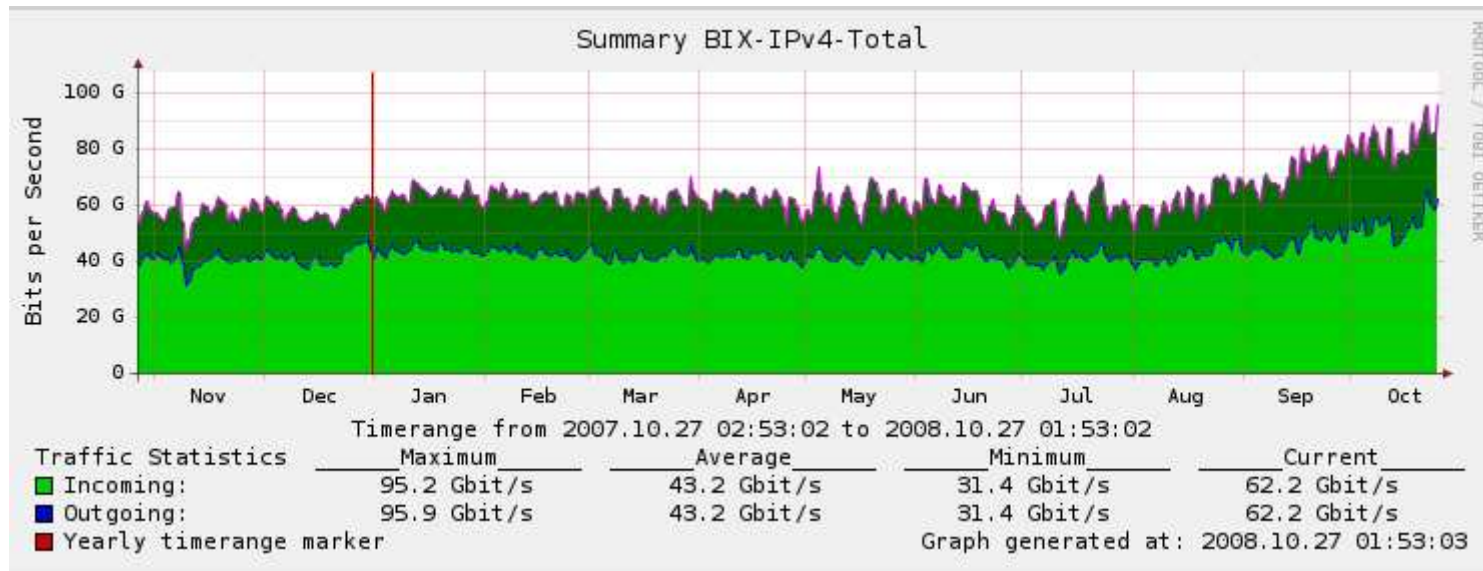
Internet Domain Survey Host Count



Source: Internet Systems Consortium (www.isc.org)

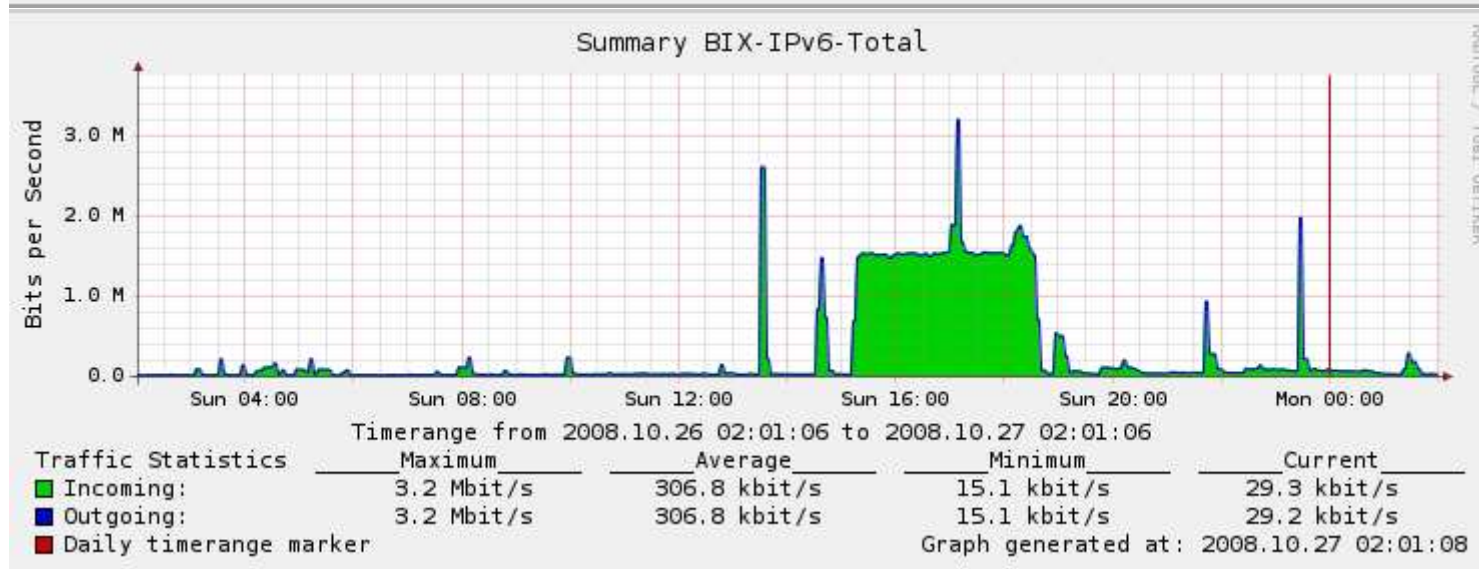
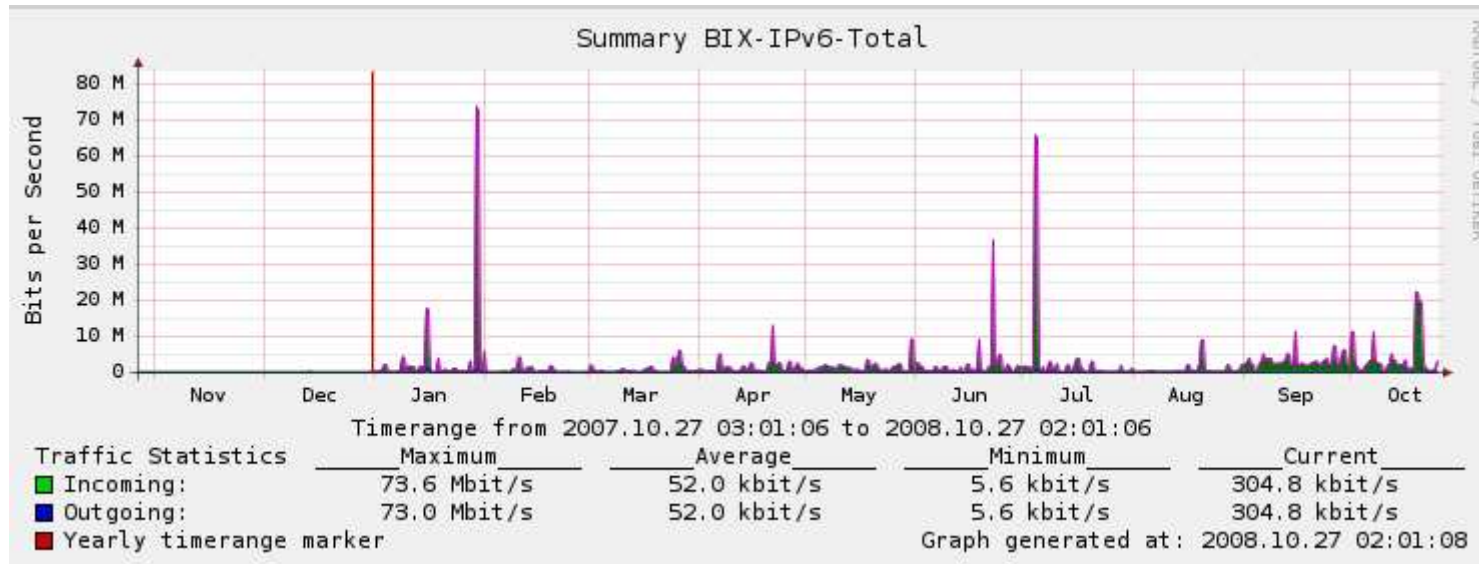
* www.bix.hu: IPv4

Yearly Graph (1 day averages)
 Weekly Graph (30 minute averages)
 Forrás: <http://www.bix.hu/>



* www.bix.hu: IPv6

Yearly Graph (1 day averages)
Daily Graph (5 minute averages)
Forrás: <http://www.bix.hu/>



Sávszélességéhes alkalmazások

- 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)
- Stb.



3 Generáció

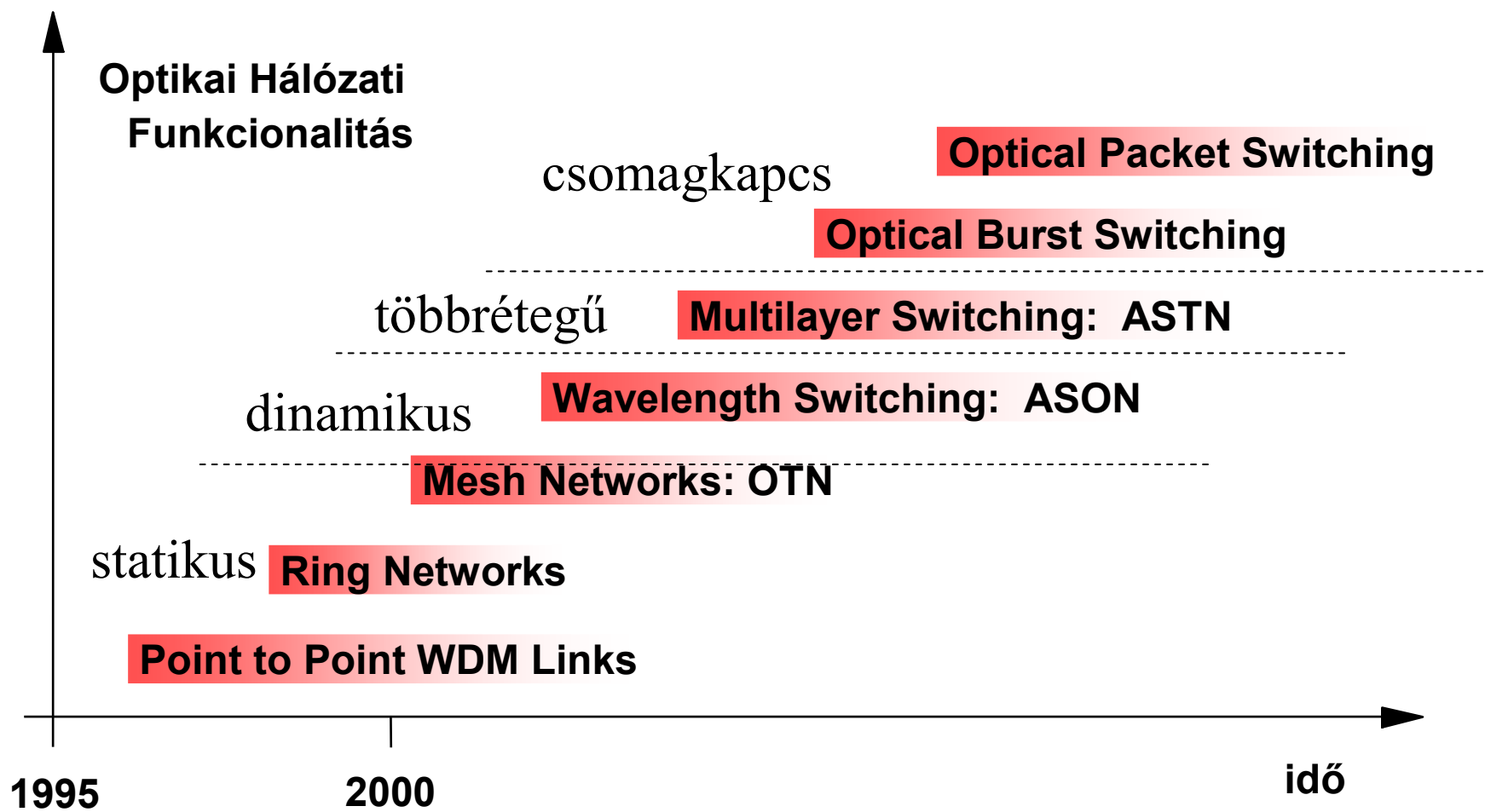
- 1. G: Csak az átviteli szakaszok optikaiak
 - PDH, SDH, ATM, MPLS, ngSDH
- 2. G: Teljes átviteli utak optikaiak
 - OTN, ASON
- 3. G: Már a vezérlés is optikai
 - OBS, OPS

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

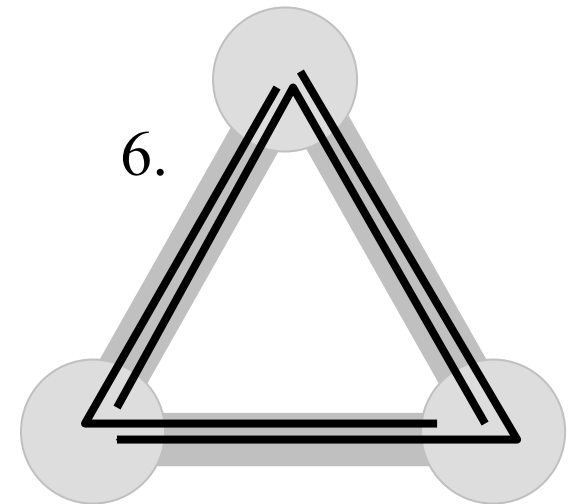
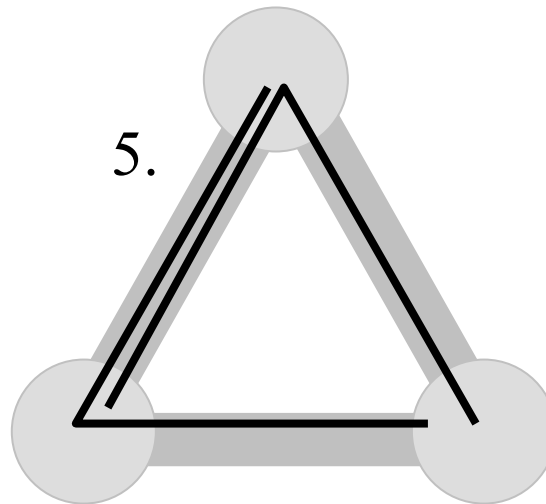
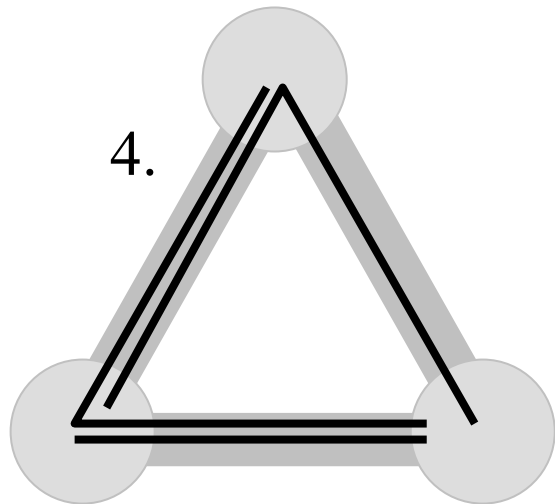
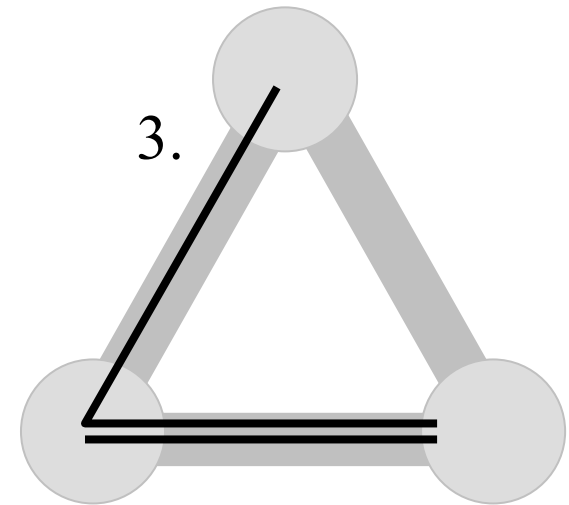
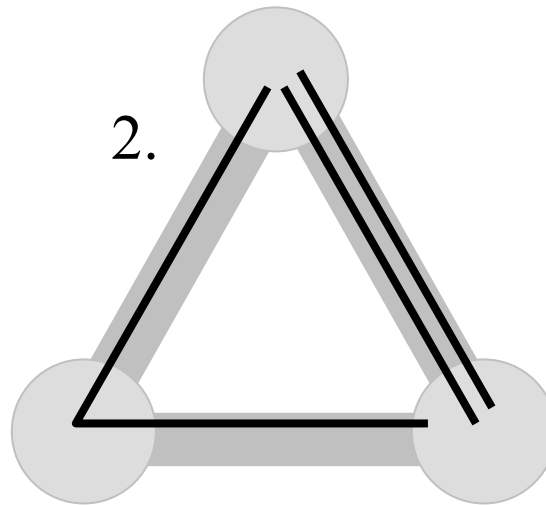
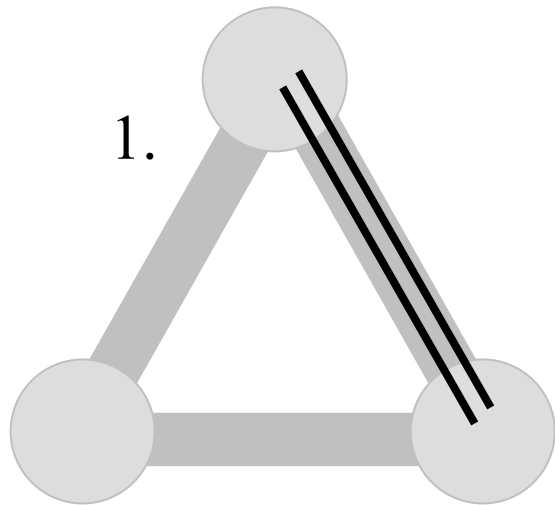
Optikai hálózatok fejlődési mérföldkövei

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



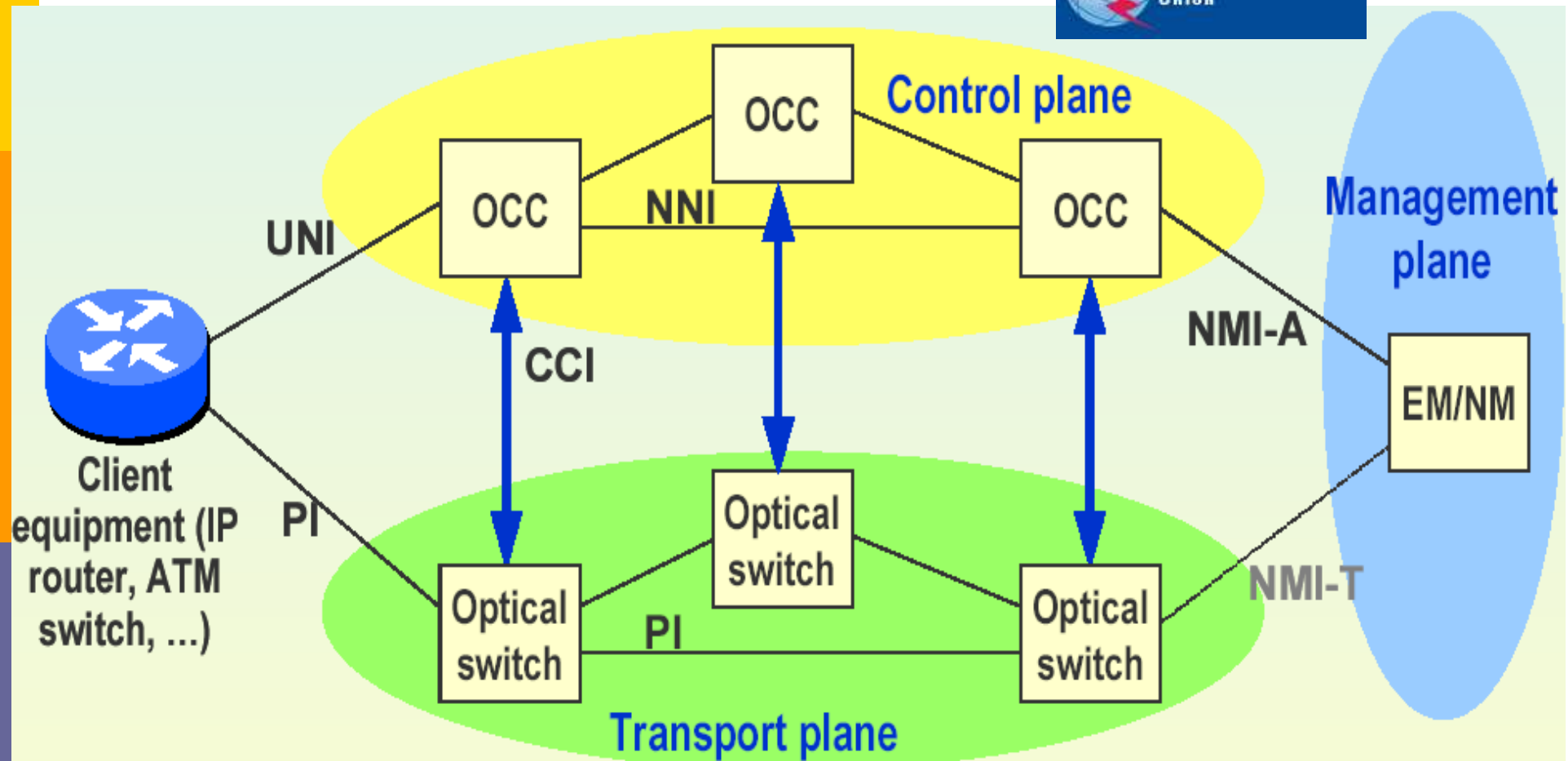
Miért legyen dinamikus?

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?

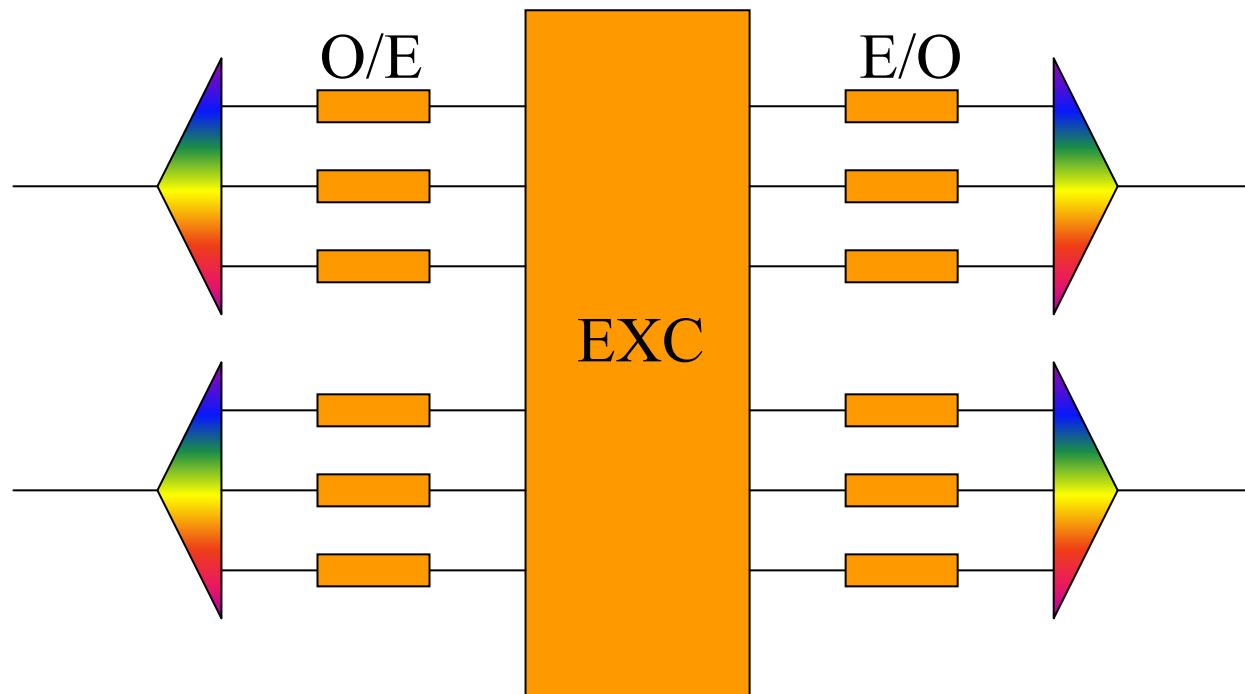
Switching vs. Cross-Connecting

- **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

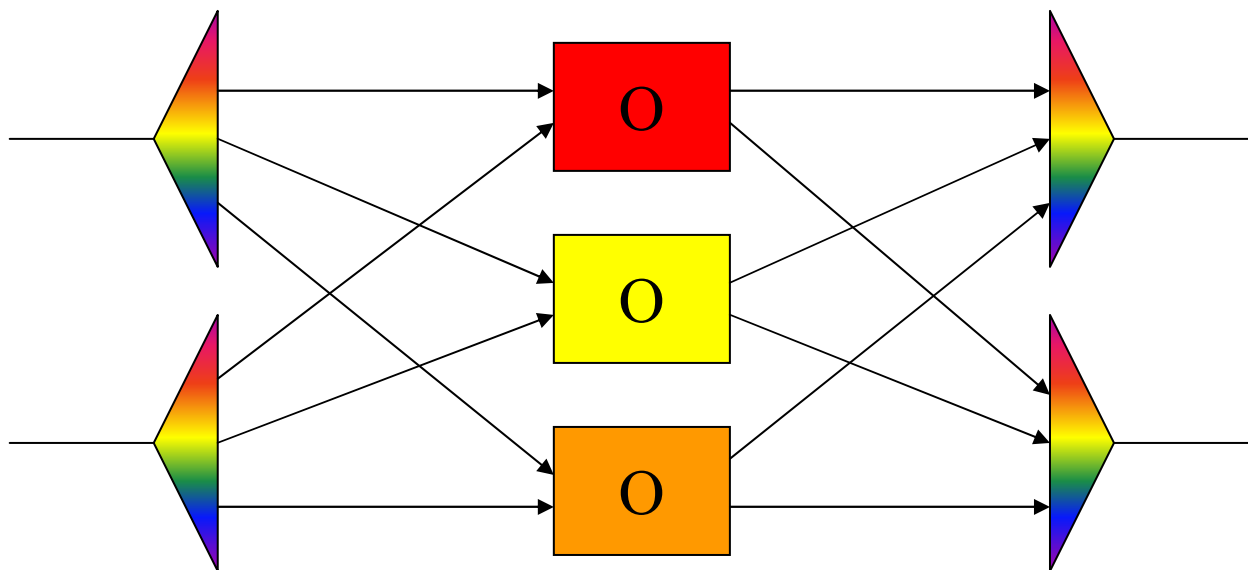
- **Összeköttetés Típusok:**
 - **Állandó**: Permanent
 - **„Lágy-állandó”**: Soft – Permanent
 - **Kapcsolt**: Switched

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



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

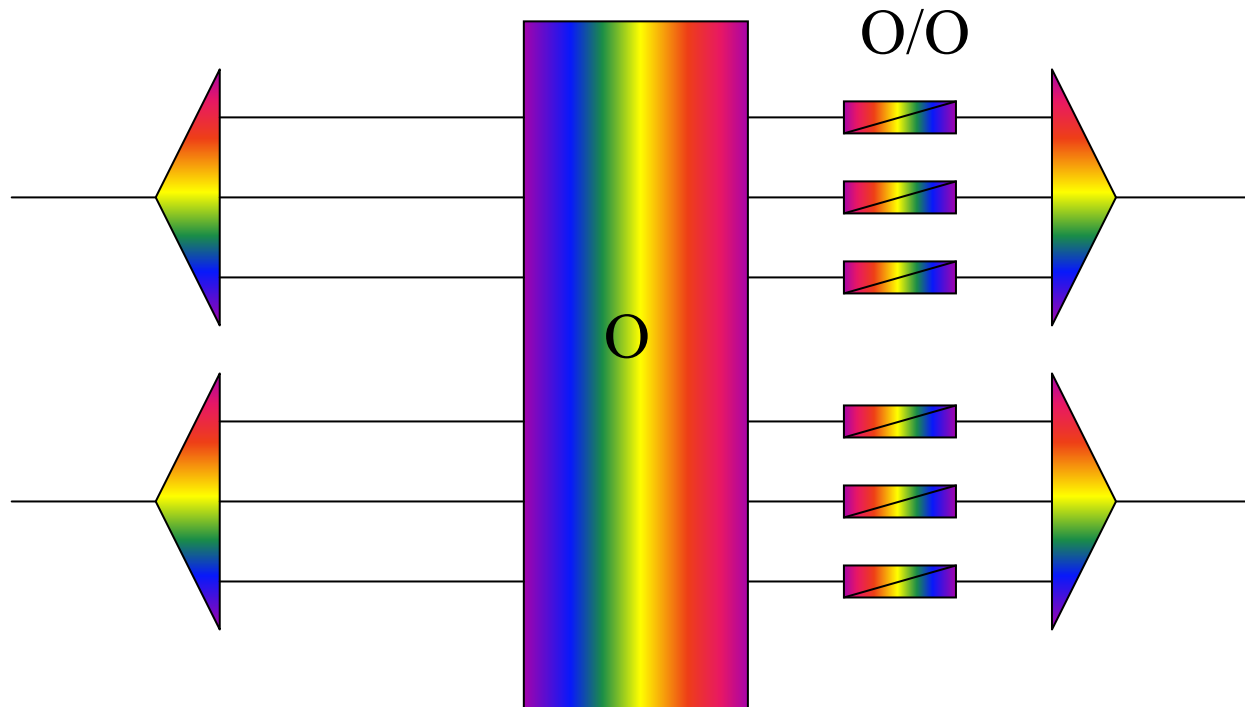
Optikai rendező: Optical Cross Connect (OXC)



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

Optikai rendező (OXC)

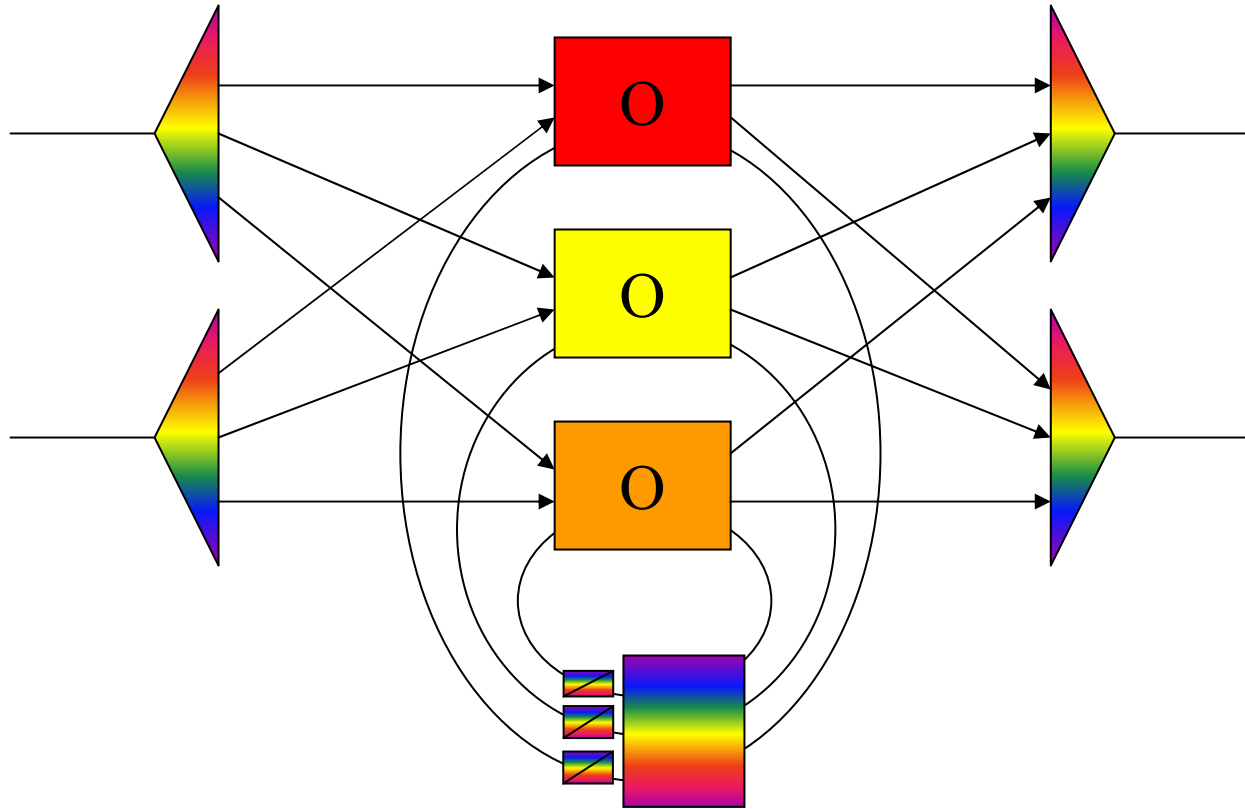
Teljes λ -konverziós képességgel

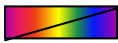


- Tisztán optikai (optikai mag: $6 \times 6 = 36 > 3 \times 2 \times 2 = 12$)
- Teljes λ -átalakítási képesség
- Költséges optikai λ -átalakítók
- “Opaque” (áttetsző, de nem átlátszó!)

Optikai rendező (OXC)

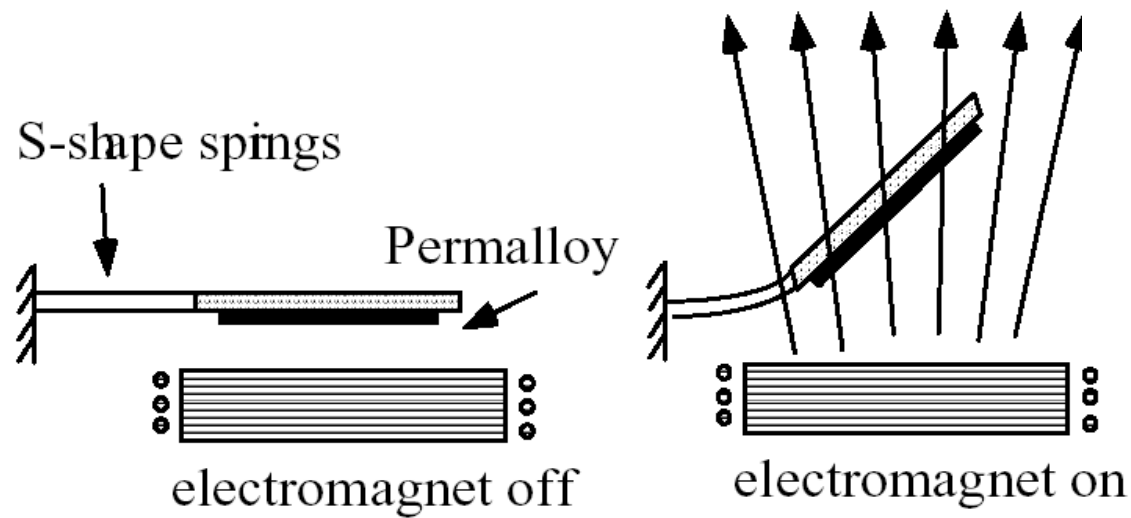
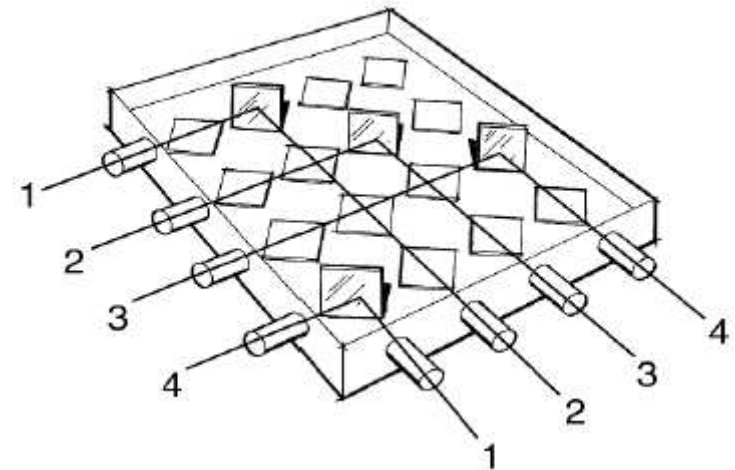
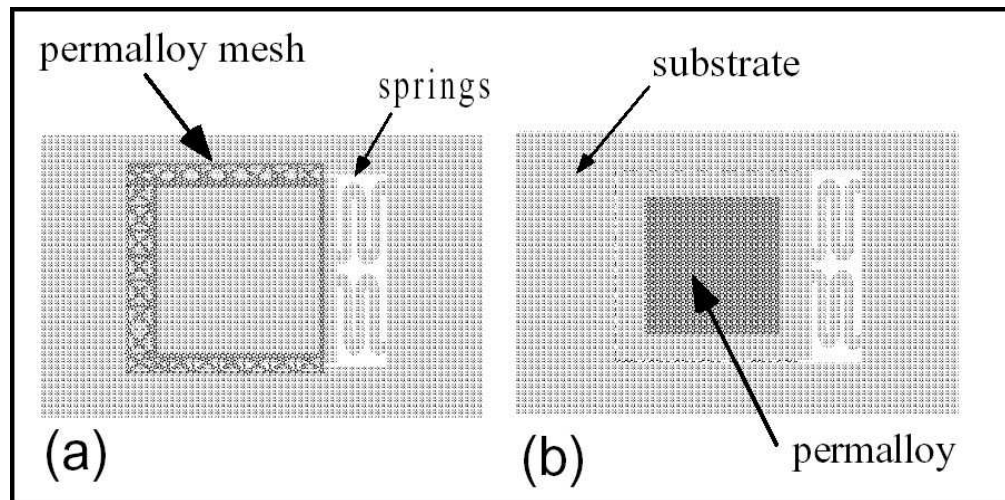
Korlátozott λ -átalakító képességgel



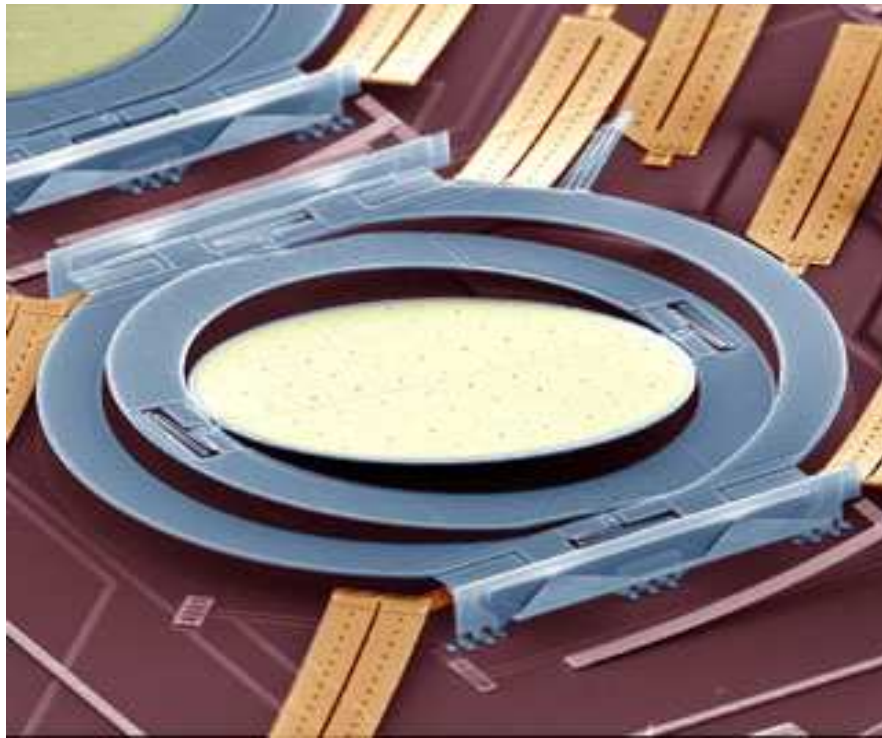
- Korlátozott számú λ átalakító (Limited Conversion Capacity)
- Lehet sávban is korlátozott  vagy elektronikus
- $4 \times 3 \times 3 = 36$, de csak 3 λ átalakító 6 helyett

2D MEMS: Micro Electro-Mechanical Systems

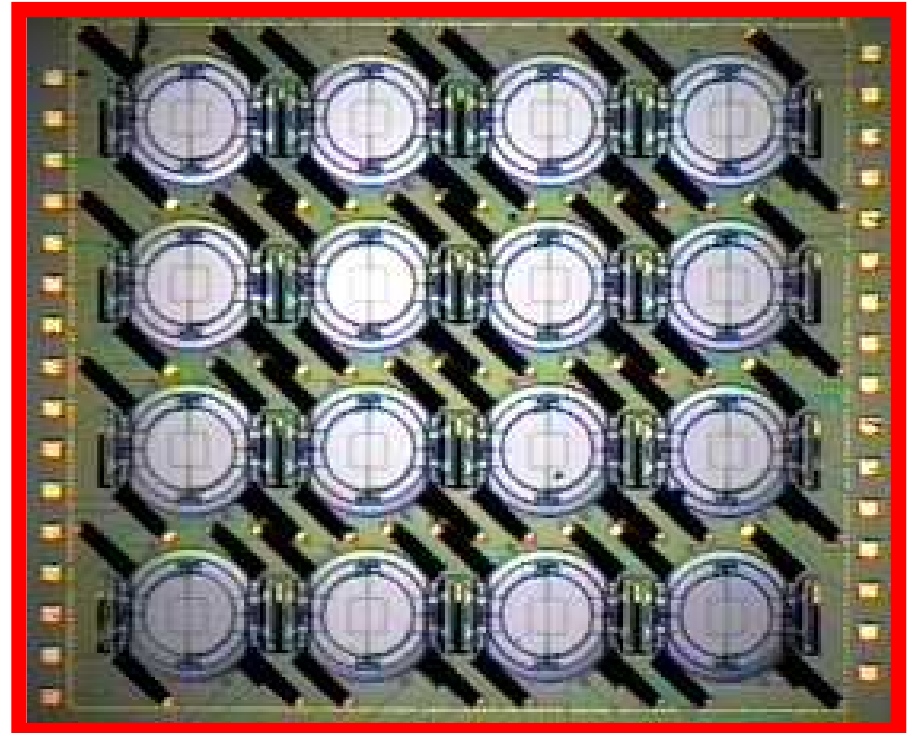
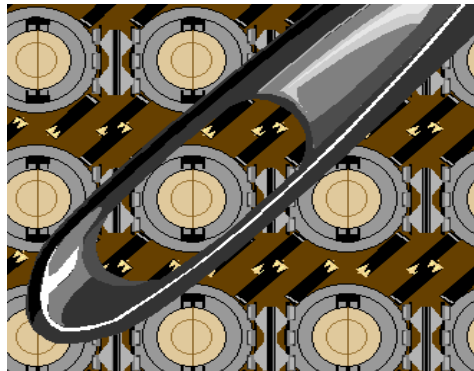
Mikro elektro-mechanikai rendszerek



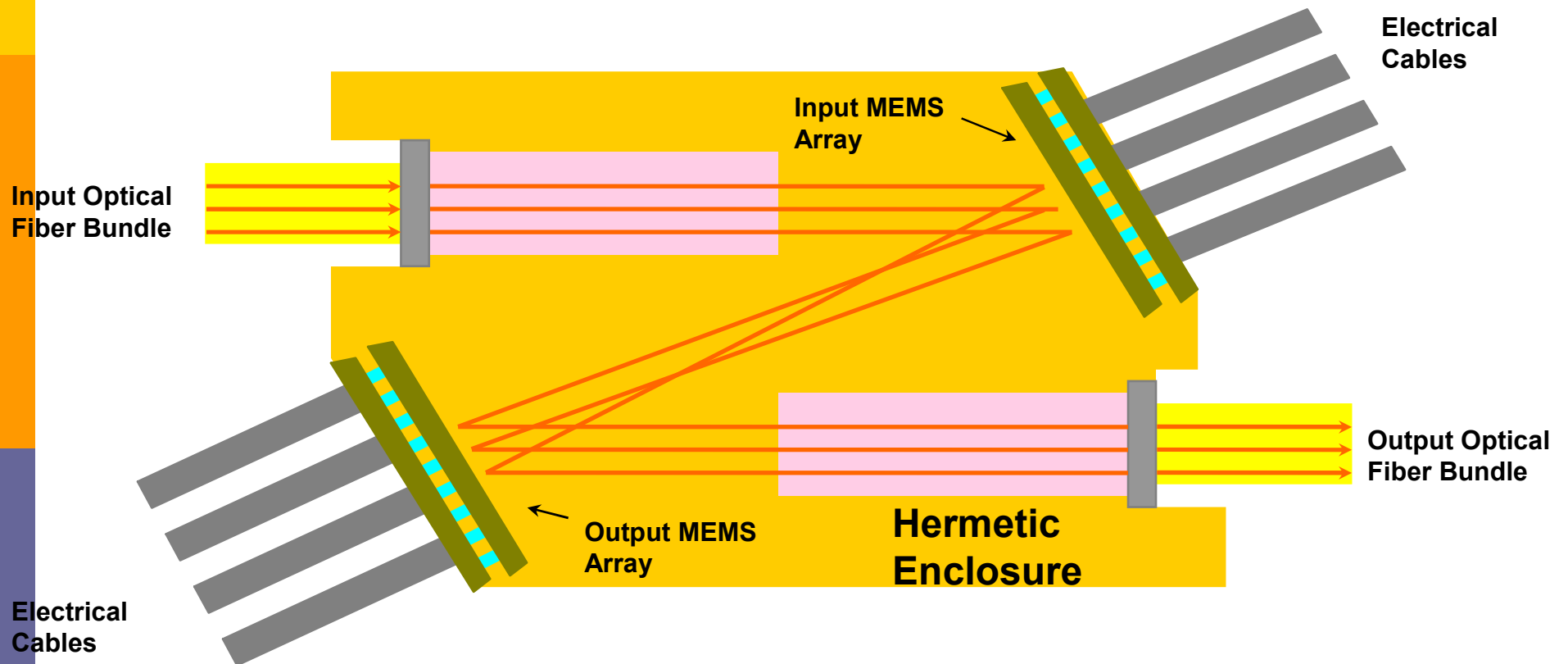
3D MEMS – a tükröcskék



Forrás: Lucent

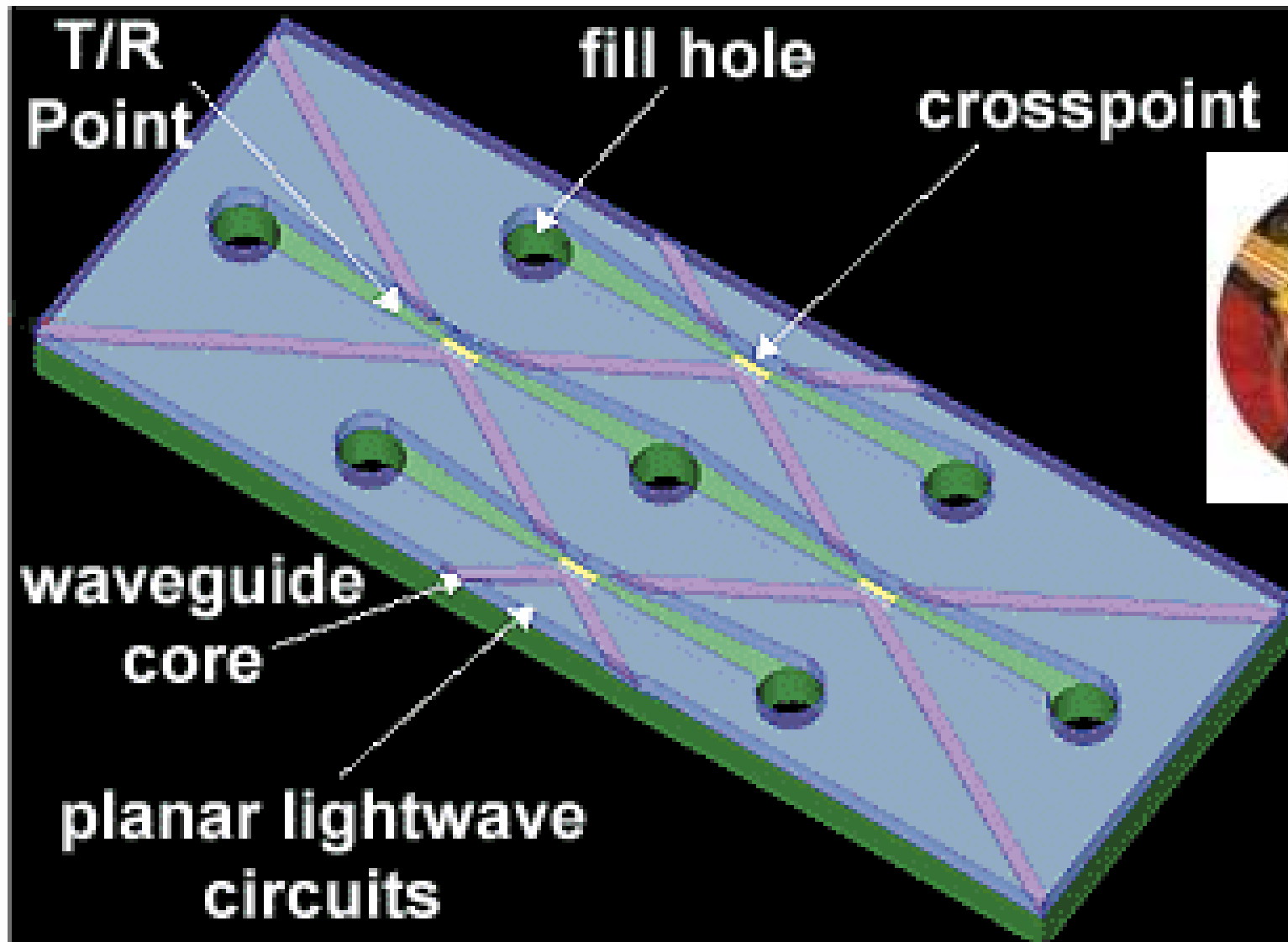


3D MEMS – Működési elv



Forrás: Lucent

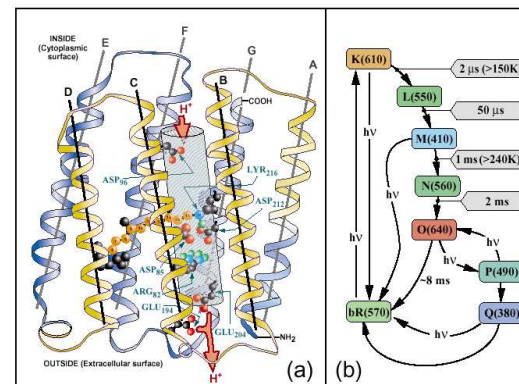
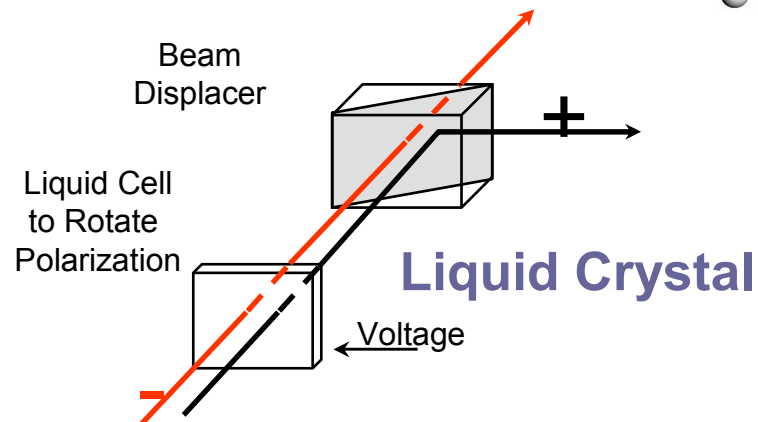
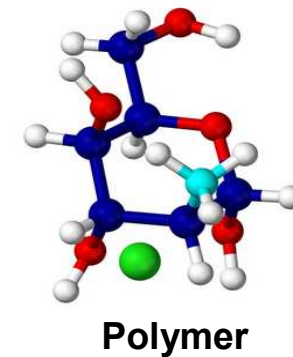
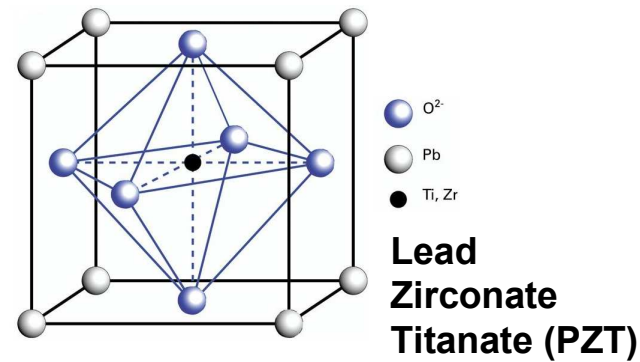
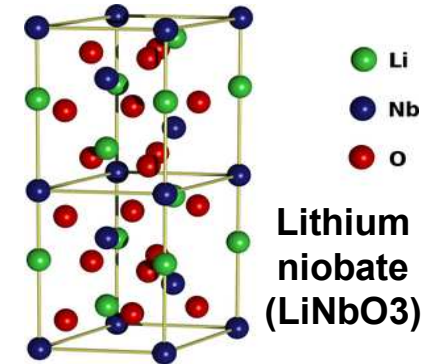
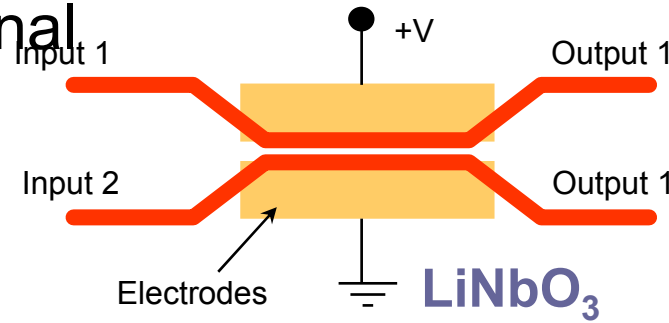
Buble-switch: Buborék kapcsoló



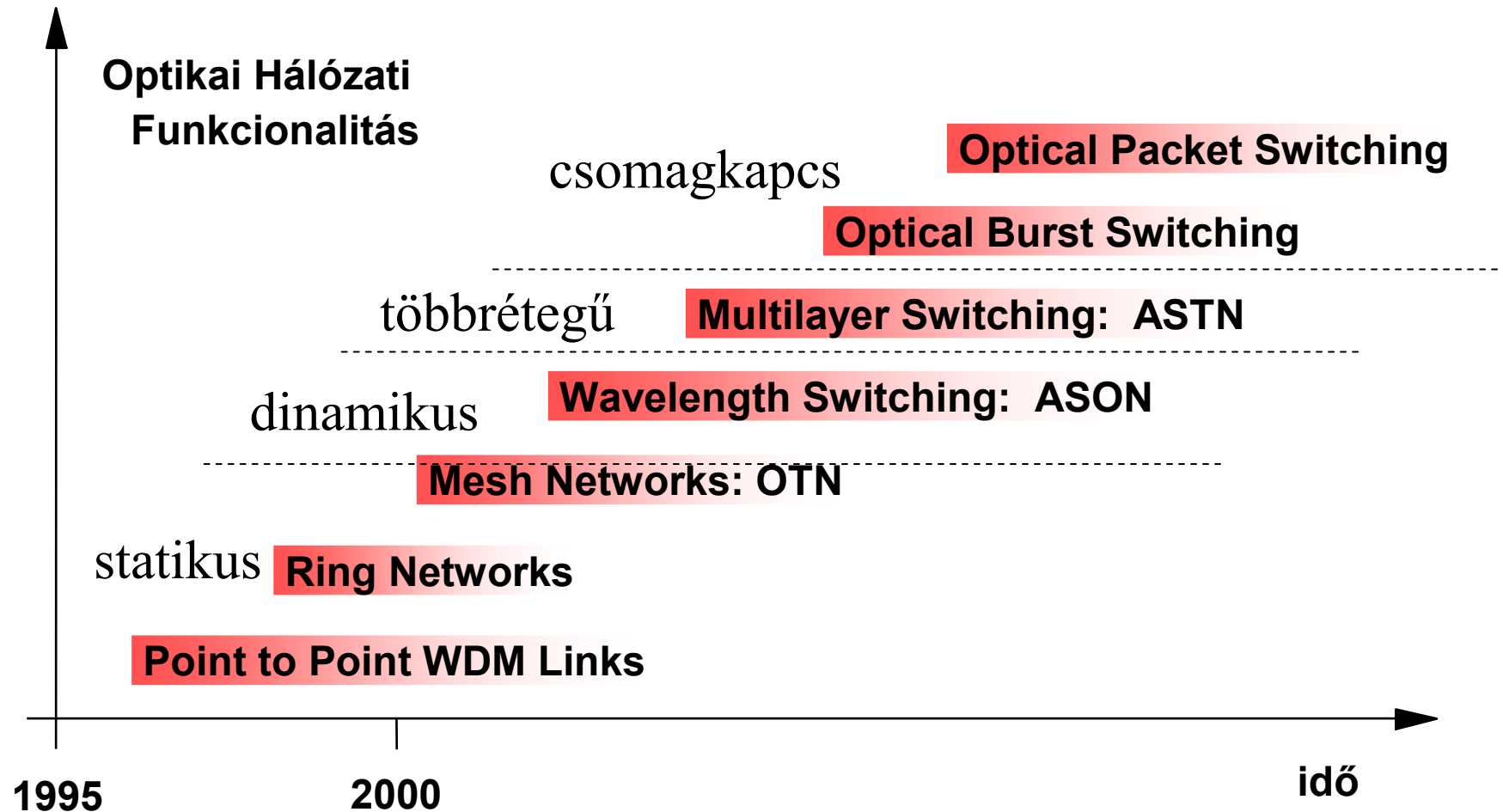
Forrás:
Agilent

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

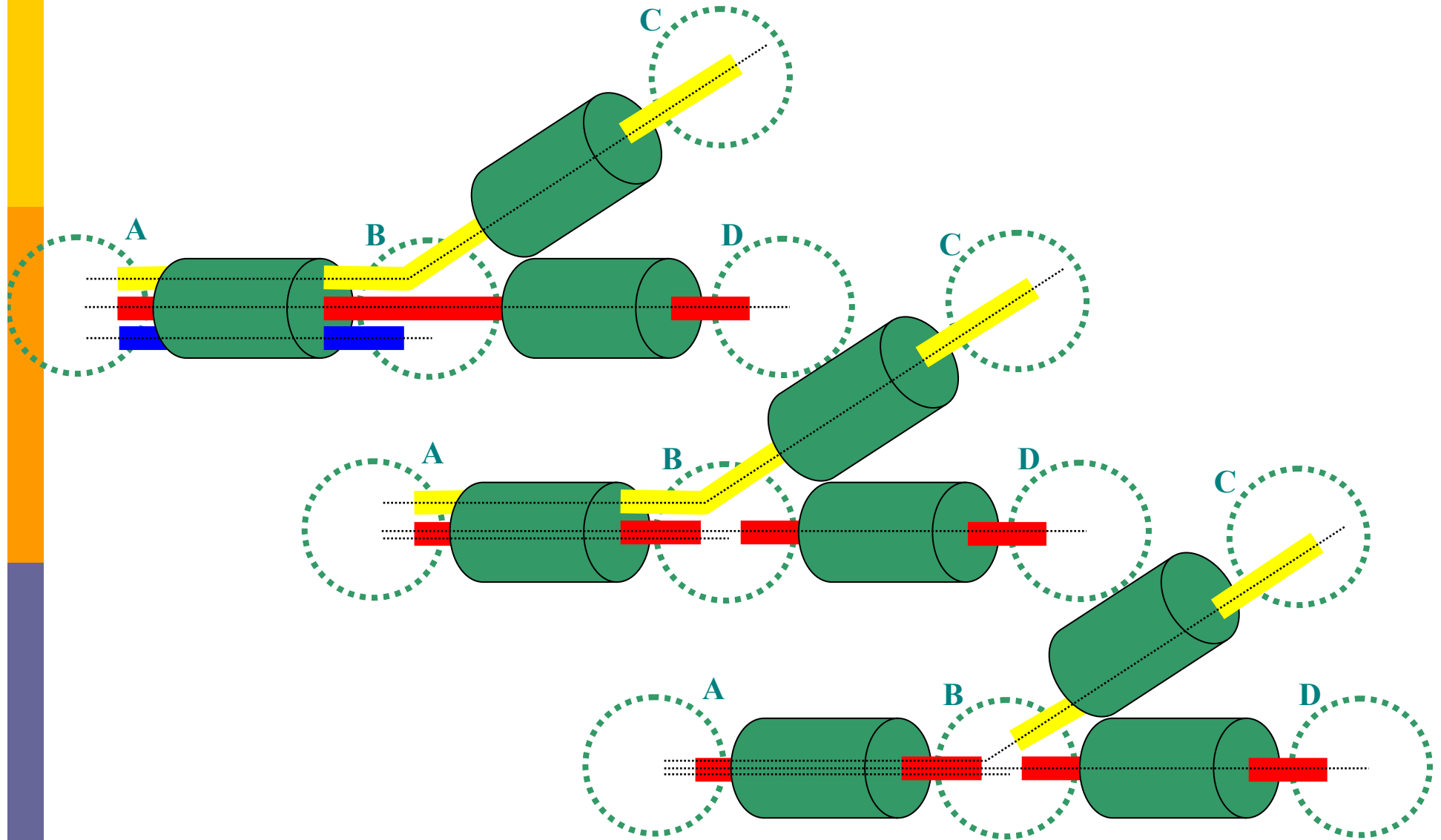
Egy rétegű hálózat:

- 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[®]

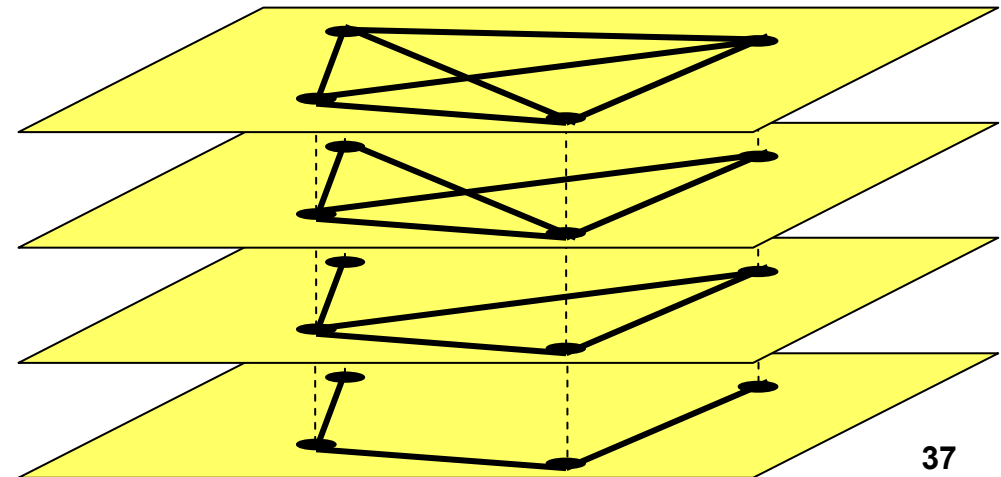
GMPLS/ASTN



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)

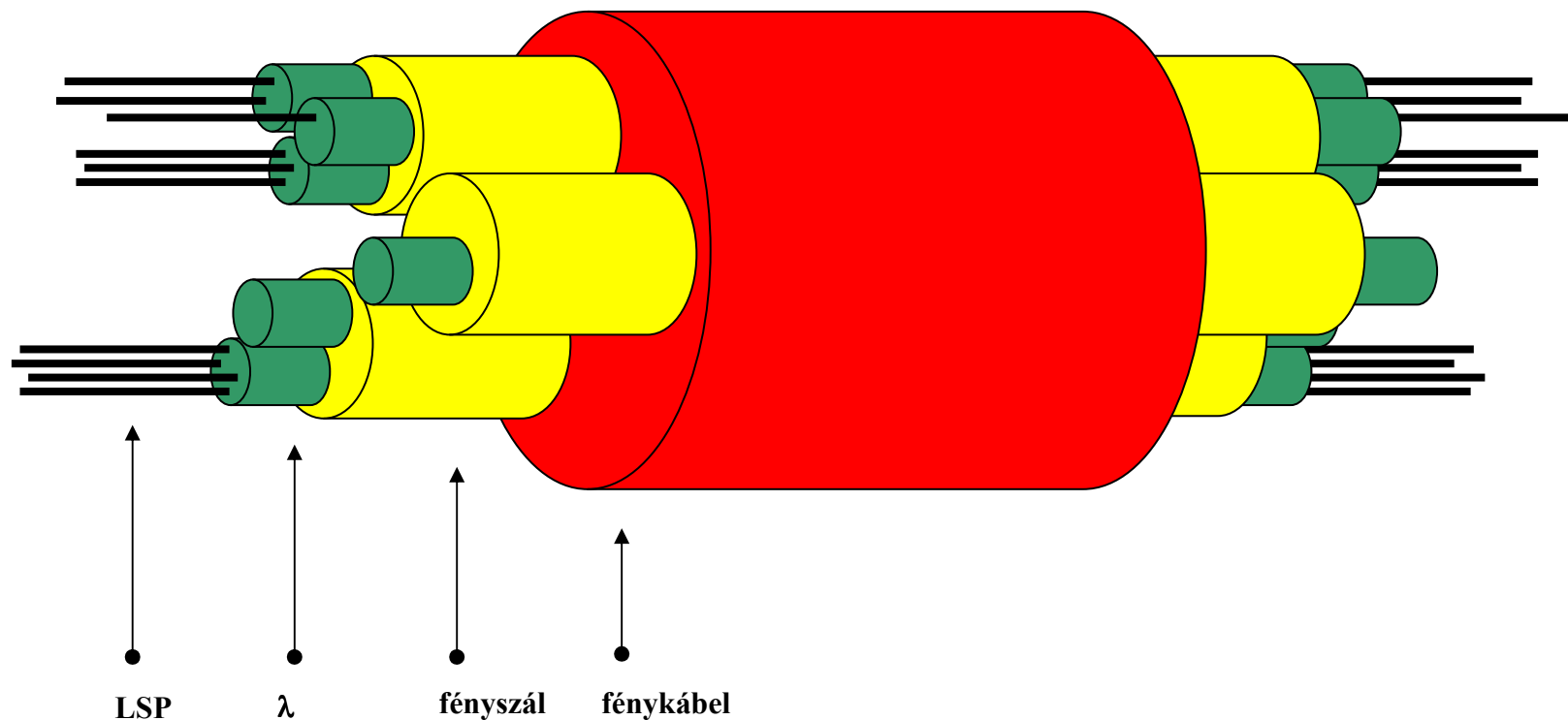


Általánosított „felülcimkézés”

Generalised Label Stacking

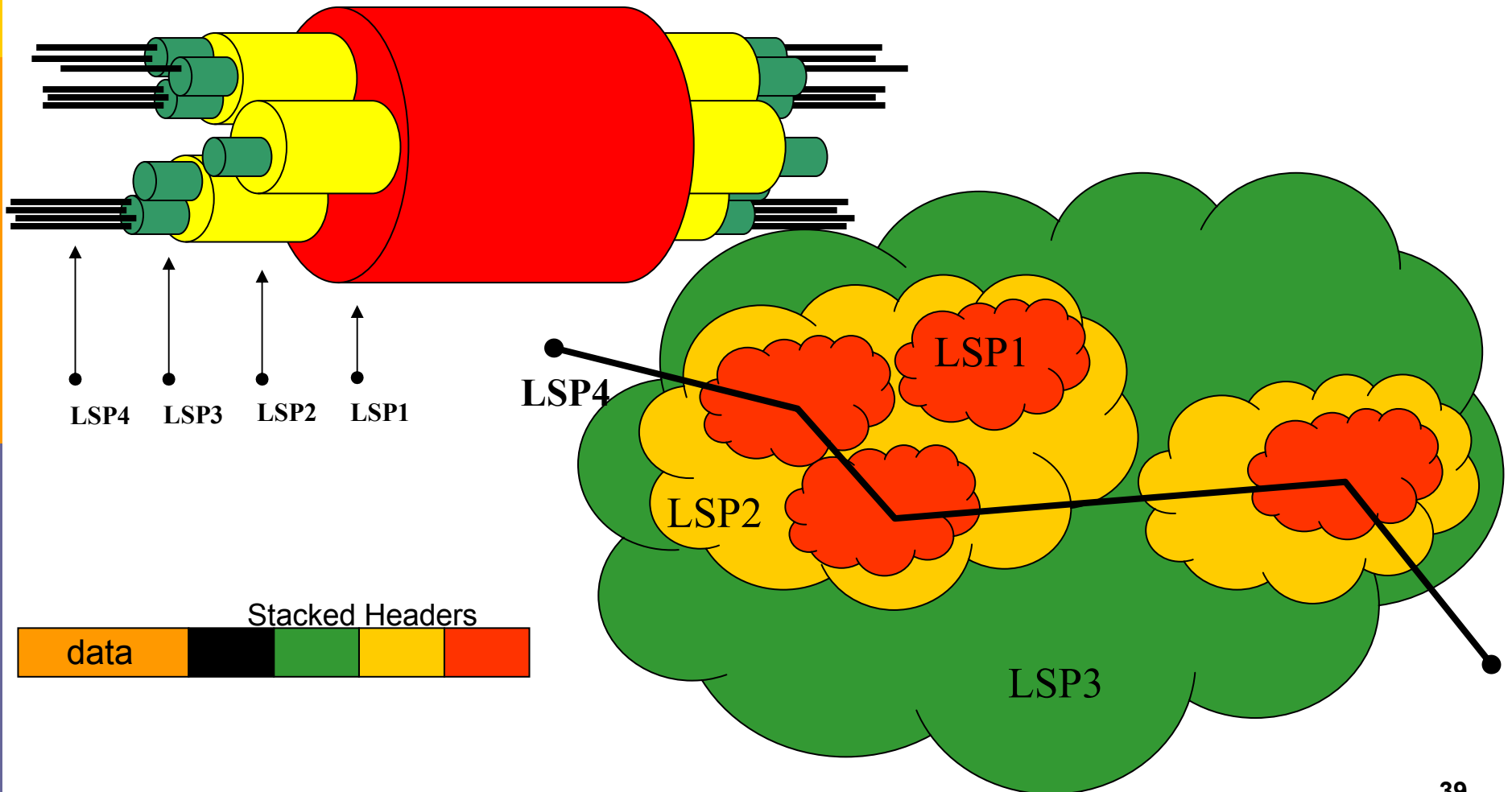
Többrétegű architektúra → Általánosított LSP-k

Multilayer Architecture → Generalised LSPs



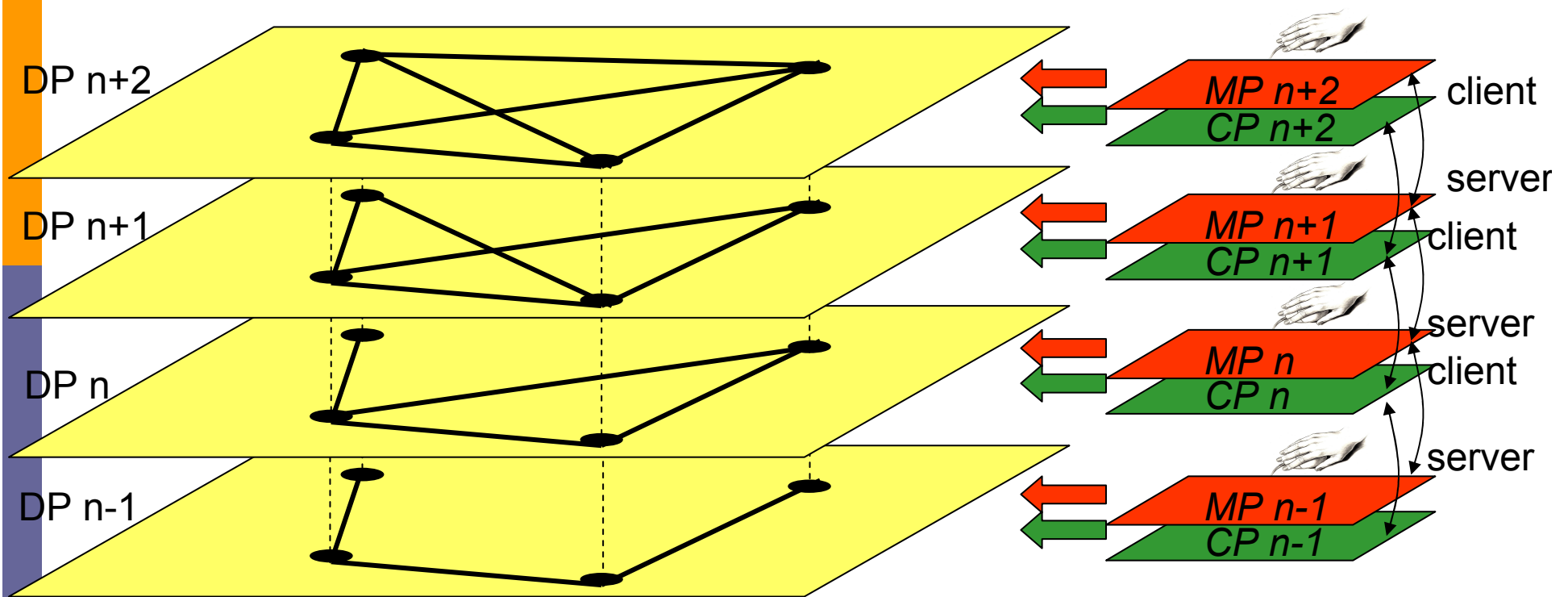
Label “Stacking” or “Swapping”?

- Cimkecsere, vagy felülcímkezés?



Routing, TE & Resilience → manapság:

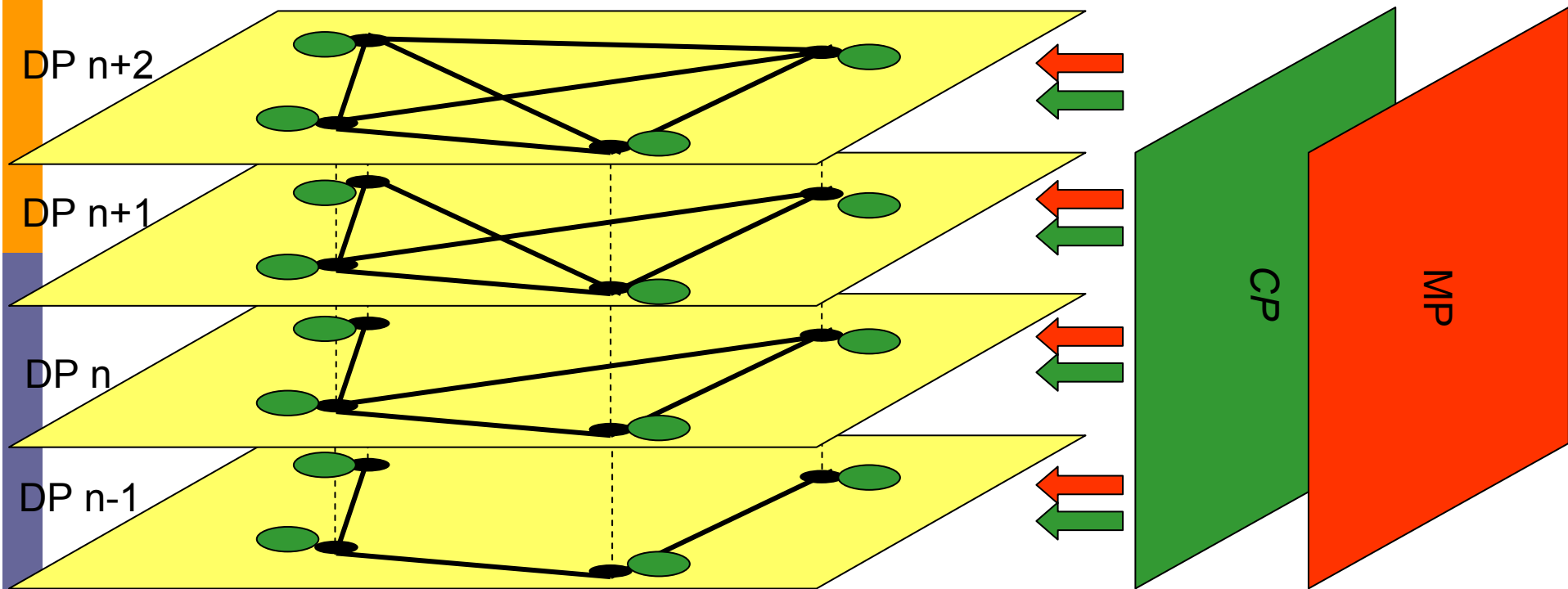
Kliens-szerver megoldás Részben kézzel



Routing, TE & Resilience → vágy:

Integrált, automatikus, elosztott!

Függőleges együttműködés vagy integrálás?



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

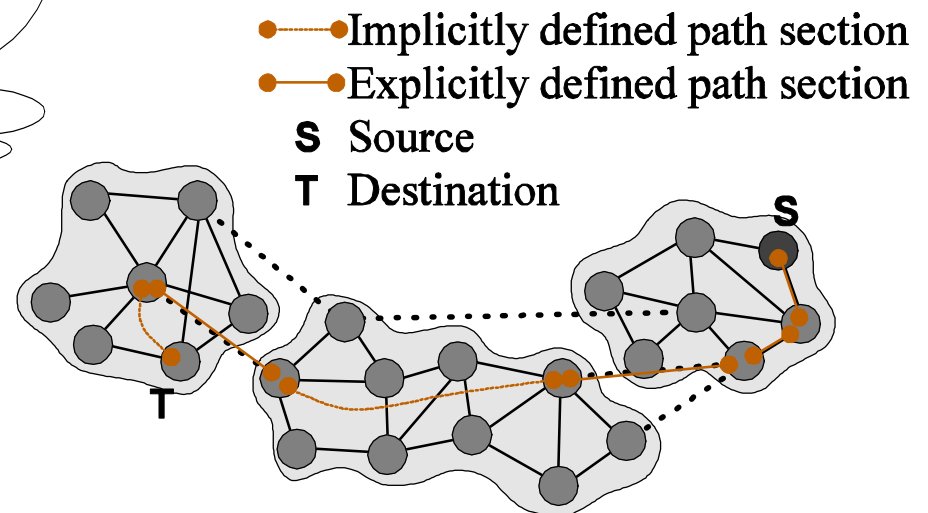
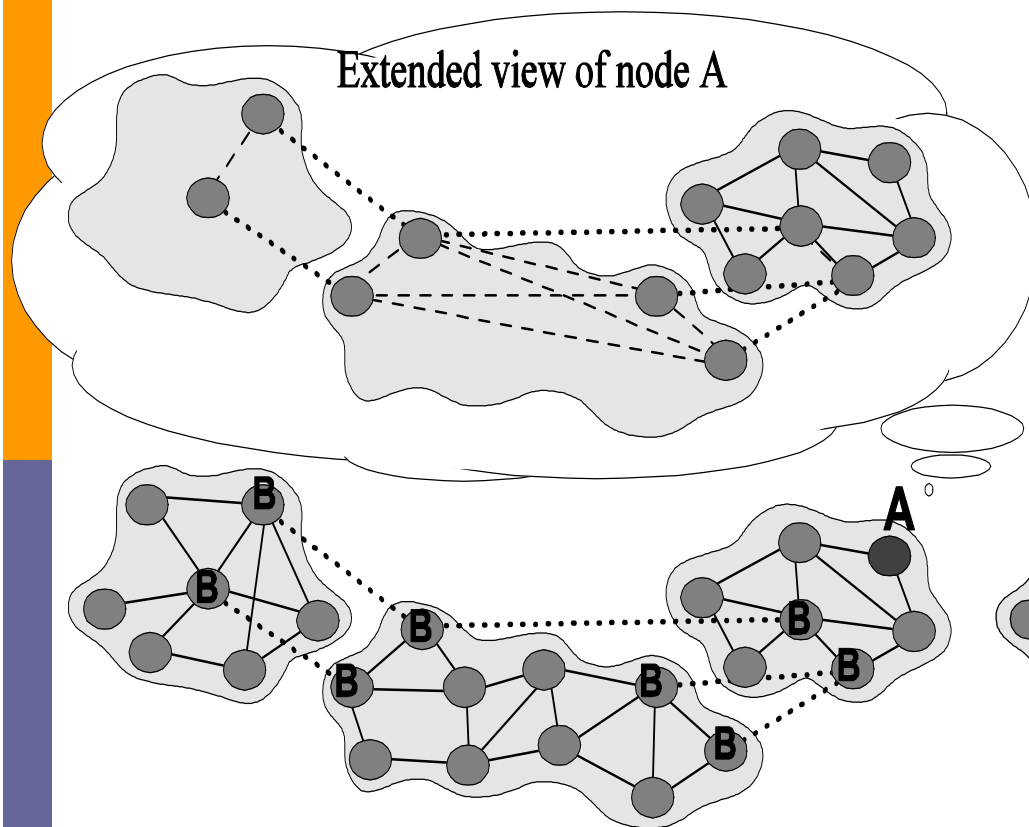
□ Több tartomány

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

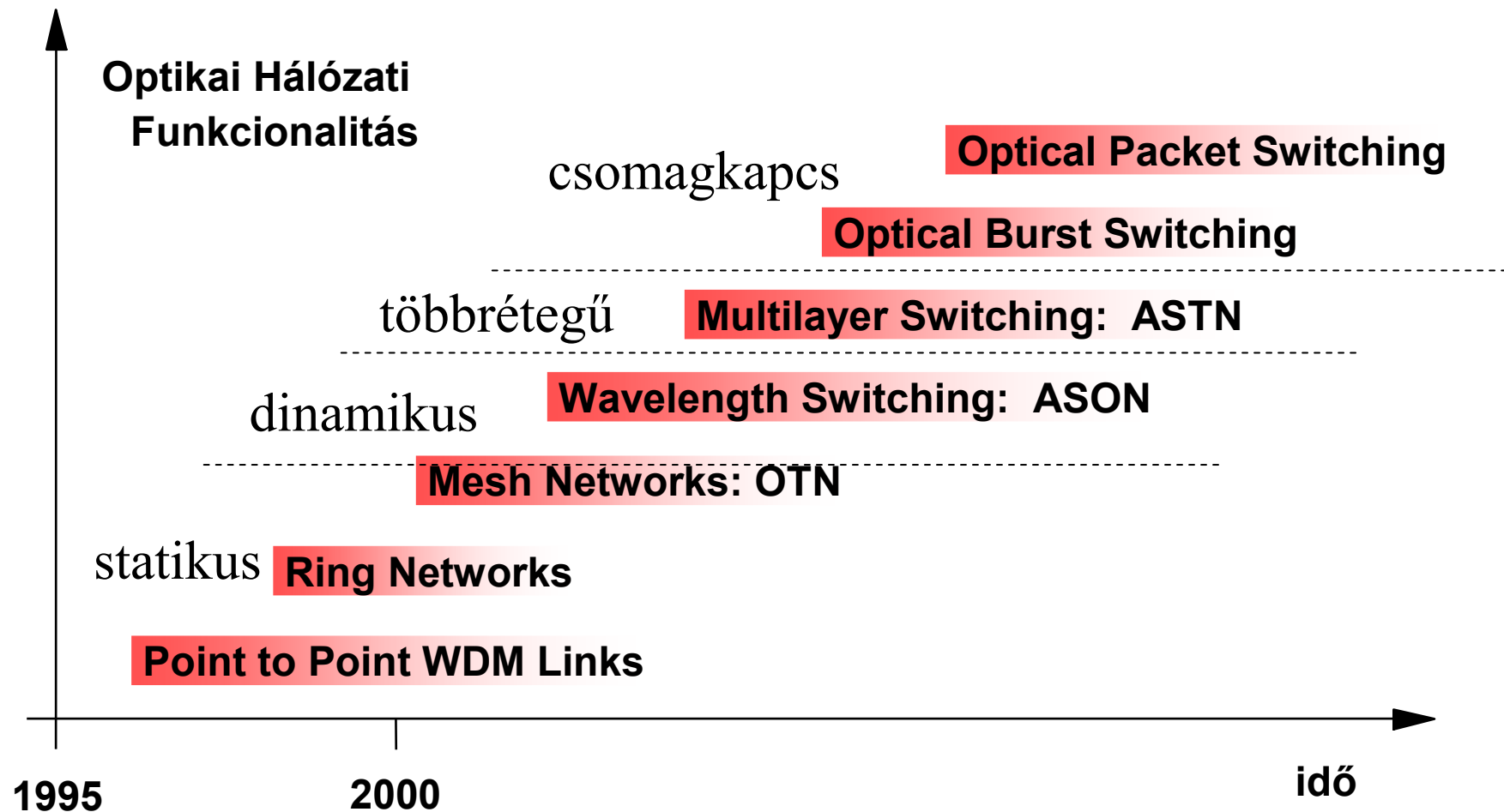
□ OSPF+BGP-4, oBGP

□ PNNI, oPNNI

□ PCE: Path
Computation Element



* Optikai hálózatok fejlődési mérföldkövei



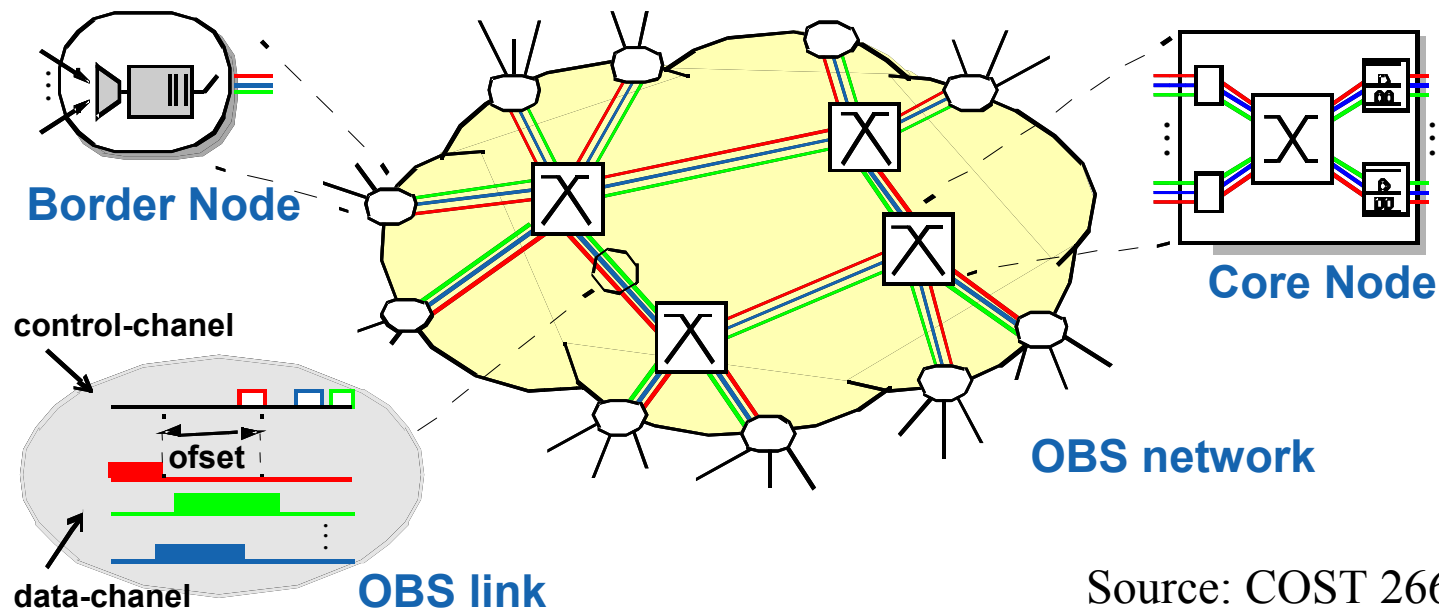
OBS/OPS

- **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



Source: COST 266

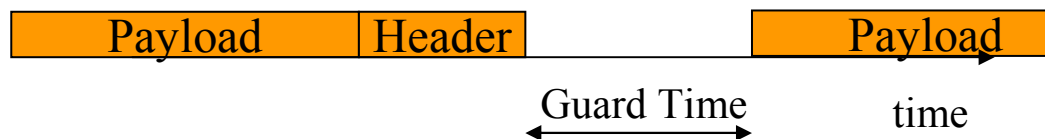
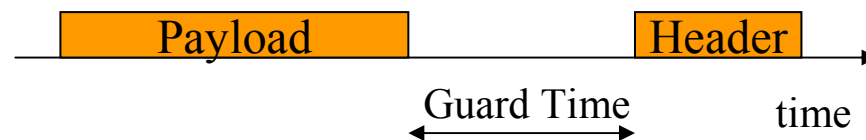
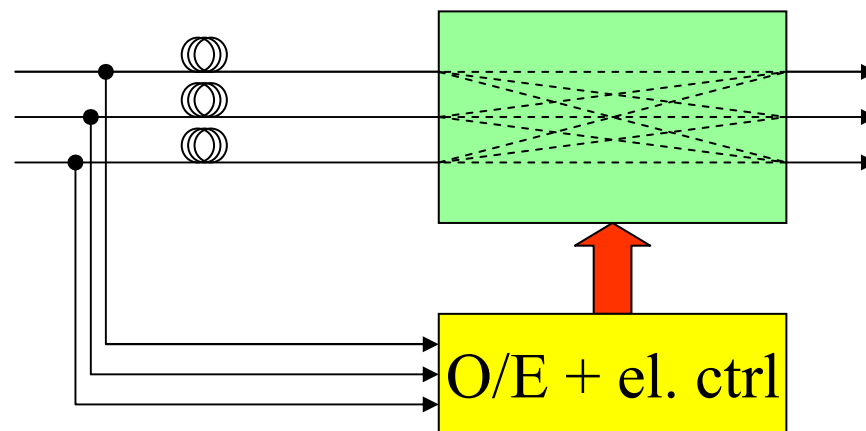
- WDM alapú átvitel
- Pufferek a peremen
- Börsztképezés a peremen
- Külön vezérlőcsatorna

Torlódáskor

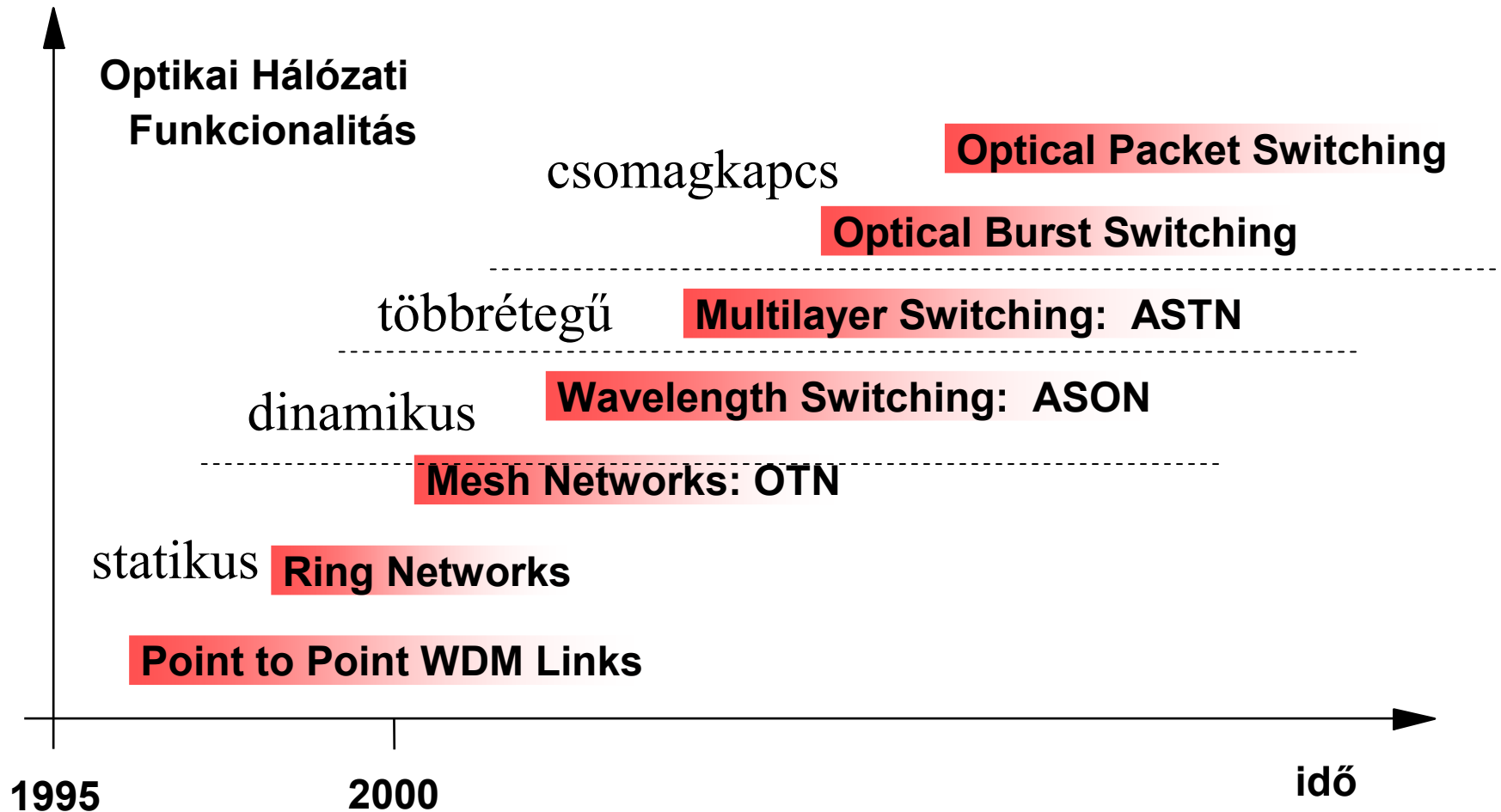
- Újraküldés
- Más hullámhossz
- Deflection (eltérítés)
- Pufferelés

Optikai időrészkapcsolás

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



Optikai hálózatok fejlődési mérföldkövei



Heterogén Hálózatok

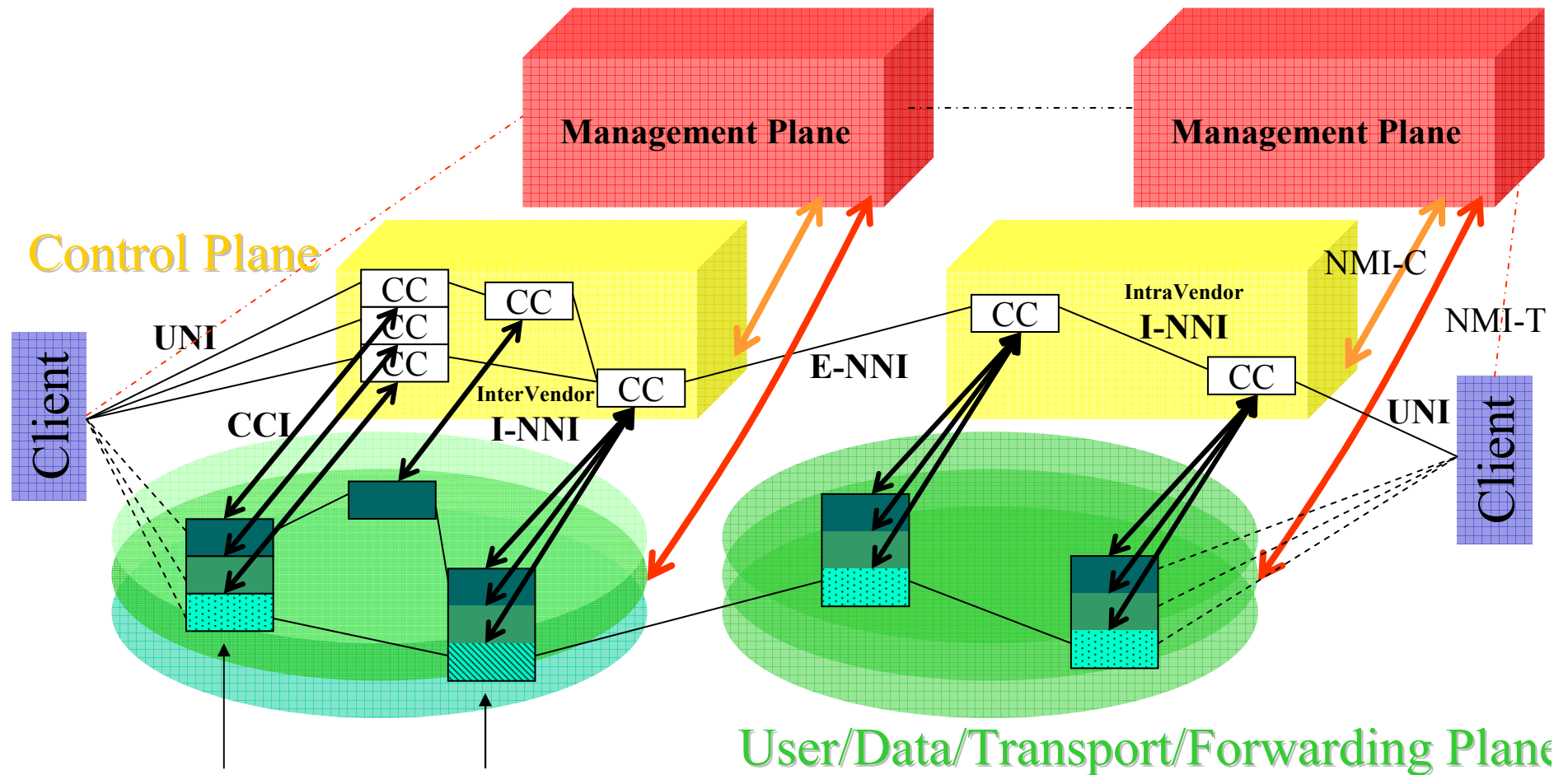
- Multi-Domain (Multi-Provider) (tartomány és szolgáltató)
- Multi-Vendor (gyártó)
- Multi-Service (Multi-Rate, Multi-Quality, Multi-Routing)
(szolgáltatás: sávszélesség, minőség, útvonalválasztás)
- Multi-Region (Multi-Technology) (hálózati technika)
- Multi-Layer (réteg)
 - Overlay (átfedő)
 - Augmented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

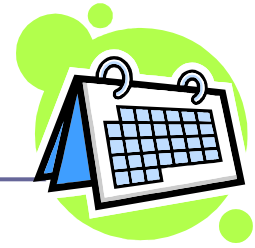
CCI: Connection Controller Interface

NMI: Network Management Interface

NMI-C: NMI for the CP

NMI-T: NMI for the Transport Plane

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)
 - 9.2 SDH (Szinkron Digitális Hierarchia)
 - 9.3 ngSDH (next generation SDH)
 - 9.4 OTN (Optical Transport Network)
 - 9.5 Kapcsolt optikai hálózatok (ASON, ASTN, GMPLS, OBS/OPS)
- 10. Hálózati szolgáltatások (Henk Tamás)

Múlt előtti óra!

Múlt óra!

Ma!

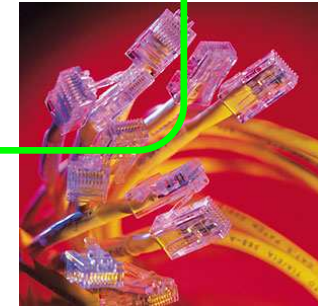


11. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)

Hálózatok tervezése és üzemeltetése

Adottak igények, költségek → csináljunk hálózatot!

- I. Hálózat tervezése, telepítése, bővítése, (tovább)fejlesztése,



Adott a hálózat → használjuk ügyesen!

- II. Hálózatok konfigurálása, üzemeltetése, fenntartása, védelme...

- O&M: Operation & Maintenance

[üzemeltetés és fenntartás]

- OAM: Operation, Administration & Maintenance

[üzemeltetés, adminisztráció és fenntartás]

- OAMP: Operation, Administration, Maintenance & Provisioning

[üzemeltetés, adminisztráció, fenntartás és kialakítás]

Hálózattervezés: Költségek

□ CAPEX: Capital Expenditure

(Tőkeáfordítás)

- Kábelek és fektetésük
- Kábelcsatorna ásás, engedélyek,
- Csomópontok és épületeik (ingatlanok)
- Légkondi, fűtés, tartalék táp, stb.



□ OPEX: Operational Expenditure

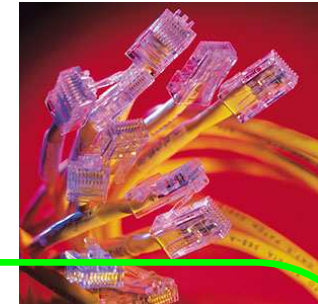
(Üzemeltetési ráfordítás)

- Legyen egyszerűen és olcsón üzemeltethető, pl. távolról
- Kevés és olcsó személyzet
- Kis fogyasztás, kis méret (helyigény)
- Adók, biztosítás, telefonköltség,...

Hálózatok tervezése és üzemeltetése

Adottak igények, költségek → csináljunk hálózatot!

- I. Hálózat tervezése, telepítése, bővítése, (tovább)fejlesztése,



Adott a hálózat → használjuk ügyesen!

- II. Hálózatok konfigurálása, üzemeltetése, fenntartása, védelme...

- O&M: Operation & Maintenance

[üzemeltetés és fenntartás]

- OAM: Operation, Administration & Maintenance

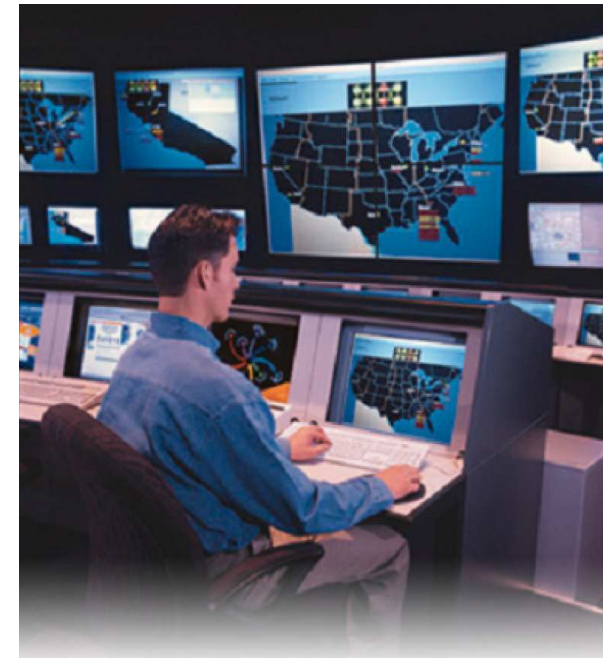
[üzemeltetés, adminisztráció és fenntartás]

- OAMP: Operation, Administration, Maintenance & Provisioning

[üzemeltetés, adminisztráció, fenntartás és kialakítás]

Egy hálózatmenedzsment központ

- Központosított
- Követi a hálózat („egészségi”) állapotát
- Algoritmusok és emberi beavatkozás



Forrás: Alcatel-Lucent, Open Days, 2007 október, Budapest

* Hálózatmenedzsment architektúra

- HW + SW
- Menedzselt elemek
 - (NE: Network Element) (agent)
- Menedzselő elem (rendszer)
 - (NMS: Network Management System)
- Interfészek
- Protokollok
 - CMIP: RFC 1189 - Common Management Information Protocol
 - SNMP: RFC 1157 - A Simple Network Management Protocol
- Adatbázis (MIB: Management Information Base)

* Hálózatmenedzsment Protokollok

- TMN: Telecommunications Management Network
1996 ITU-T M.3010

- Simple network management protocol (IETF SNMP)
 - „Számítógép hálózatok” c. tárgyban már volt!
 - SNMPv3: RFC 3411 – RFC 3418
 - NMS → NE:
 - Adatkérés: **GET, GETNEXT, GETBULK**
 - Konfigurálás: **SET**
 - NMS ← NE:
 - Adatküldés: **TRAP, INFORM**

- Common management interface protocol (CMIP, ITU-T X.700)

Hálózatmenedzsment funkciók

FCAPS: (1997. ITU-T M.3400 FCAPS)

□ **F**ault

[Hiba, Meghibásodás]

□ **C**onfiguration

[Konfiguráció (Kialakítás)]

□ **A**ccounting (**A**dministration)

[Könyvelés (Adminisztráció)] (Billing – Számlázás)

□ **P**erformance

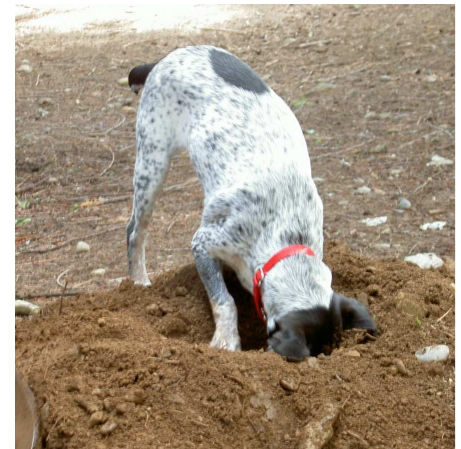
[Teljesítőkéesség]

□ **S**ecurity

[Biztonság]

1. Hibamenedzsment (Fault Management)

- Megelőző (pl. FEC) és utólagos intézkedések
- Meghibásodás észlelése
 - Pl. Helló üzenetek vagy egyéb periodikus jel kimaradása
 - Jelszintmérés
 - Riasztások terjesztése, szűrése, maszkolása (prioritások!)
 - Riasztás (AIS: Alarm Indication Signal)
- Hibahely-meghatározás (lokalizálás)
- Védelmi kapcsolás vagy helyreállítás (redundancia)
 - Védelem ha előre lefoglalt erőforrások (gyors) <50ms
 - Védelmi kapcsolás (APS: Automatic Protection Switching)
 - Helyreállítás ha nincs előre foglalva (takarékos)
 - Lehet szakasz, szegmens út (végtől-végig)
- Javítás
 - Kiszállás a helyszínre, ásás, hegesztés
- Forgalom-visszaállítás (reverting)
 - opcionális



ellenségei?



* Kábellopás 2008 szeptember

- <http://infovilag.hu/hir-12540-kabellopas-rongalas-utan-ujra.html>
- **Kábellopás, -rongálás után: újra működik a távközlés Kispesten**
- Infovilág, 2008-09-10 10:04 - Szerkesztő: Kulcsár László
- **A tervezettnél előbb, ma reggelre befejezték a Magyar Telekom szakemberei a hibaelhárítást a kábellopás miatt megrongálódott vezetékes hálózaton, Budapest XIX. kerületében, így ismét hibátlanul működnek a vezetékes távközlési szolgáltatások.**
- 2008 Szept 5 → 50 MFt feletti kár

* Kábellopás 2008 február

- <http://infovilag.hu/hir-10718-kabelrongalas-es-lopas-nagy-erovel.html>
- **Kábelerongálás és -lopás: nagy erővel dolgoznak a hibaelhárításon a telefonosok**
- Infovilág, 2008-02-26 14:42 - Szerkesztő: Kulcsár László
- **Teljes erővel dolgoznak a Magyar Telekom szakemberei, hogy ügyfelei mielőbb ismét használhassák mindazon távközlési szolgáltatásokat, amelyek a tegnapi bűncselekmény miatt váltak elérhetetlenné. A Magyar Telekom a szolgáltatáskiesés időtartamának megfelelő havidíj-jóváírással kártalanítja ügyfeleit a következő számlán.**
- 100 eFt „haszon” a tolvajoknak → 100 MFt kár az üzemeltetőnek...

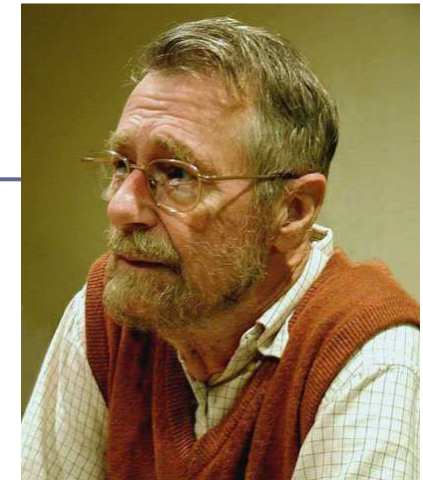
2. Konfigurációmenedzsment

- Configuration management
- Távolról vagy helyszíni
- Tárolja, követi a változásokat
- Erőforrások újraelosztása
- Útvonalválasztás
- VPN/VON kialakítása
 - Virtuális Magán / Átfedő Hálózat
 - Virtual Private / Overlay Network
- Virtuális (logikai) hálózat kialakítása

*Útvonalválasztó Algoritmusok

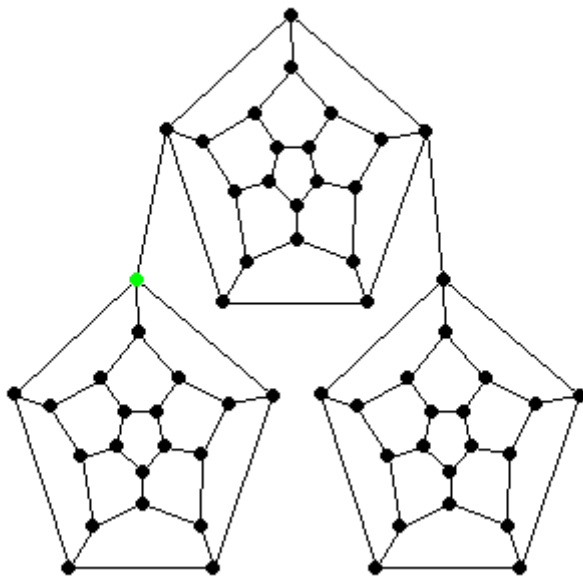
□ Útvonalválasztás

- Pont – pont (pl. Dijkstra algoritmusa)
- Pont – több-pont (többesadás)
- Diszjunkt (él- vagy csúcsfüggetlen) útpár
- Stb.



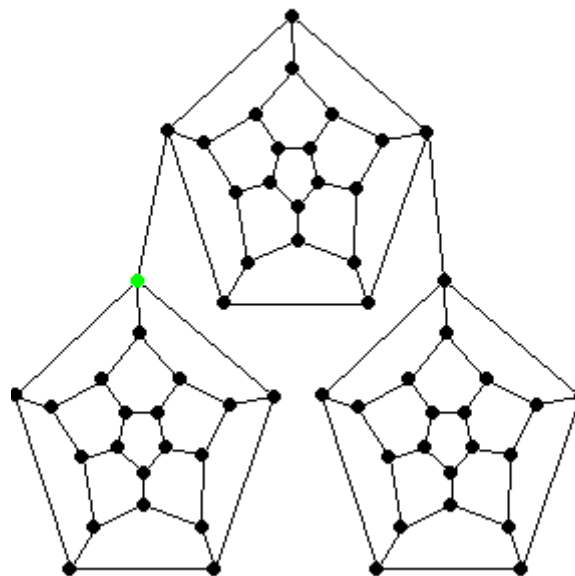
*Edsger Wybe Dijkstra
1930-2002*

Breadth-First Search



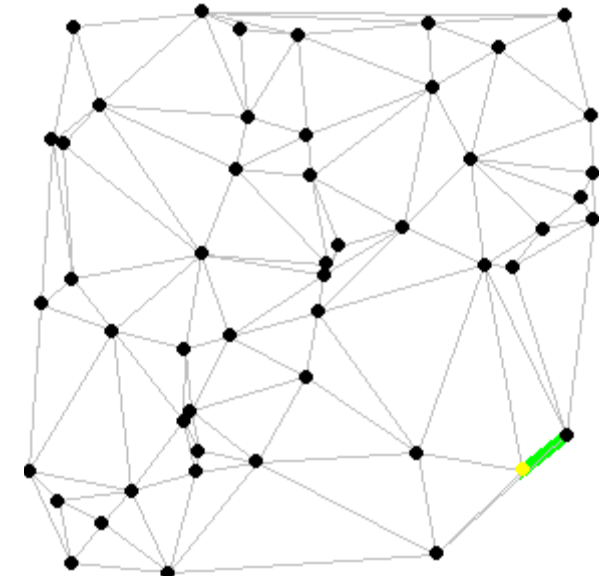
www.combinatorica.com

Depth-First Search



www.combinatorica.com

Dijkstra's algorithm



www.combinatorica.com

3. Könyvelés (Adminisztráció)

- Accounting (Administration)
- A felhasználó hálózathasználatát tartja nyilván
- Számlázás (Billing) is beletartozik
- Esetleg korlátozás
- Például az alábbi protokollokat használják:
 - RADIUS, TACACS, Diameter
- Ha nincs számlázás egy hálózatban
 - Accounting → Administration
 - Könyvelés → Adminisztráció

4. Teljesítőkéesség-menedzsment

- Performance management
 - Gyűjti és elemzi az adatokat, ha kell riaszt
- Legtöbb átvitt forgalom — garantált minőség
 - Pl. Útvonalválasztás (Routing)
 - Forgalomterelés (TE: Traffic Engineering)
 - Takarékos védelem
- Megállapodás a szolgáltatás színvonaláról
 - SLA: Service Level Agreement

- QoS \neq → QoE
 - QoS: szolgáltatásminőség (Quality of Service)
 - Mérhető, objektív
 - Csomagvesztés
 - Késleltetésingadozás
 - Sávszélesség,...
 - QoE: tapasztalt minőség: (Quality of Experience)
 - Szubjektív, emberek véleményének átlaga
 - MoS (Mean Oppinion Score)
 - Átlagos vélemény-pont

R-Value	User Satisfaction	MOS
100		5.0
94	Very Satisfied	4.4
90		4.3
↑ Toll Quality		
	Some Users Dissatisfied	
70		3.6
	Many Users Dissatisfied	
60		3.1
	Nearly All Users Dissatisfied	
50		2.6
	Not Recommended	
0		1.0

5. Biztonságmenedzsment

- Security Management
- Illetéktelen hozzáférés megakadályozása
 - Hitelesítés ([Authentication](#))
 - Titkosítás ([Encryption](#))
 - Felhatalmazás ([Authorization](#))
- IPsec, VPN,...