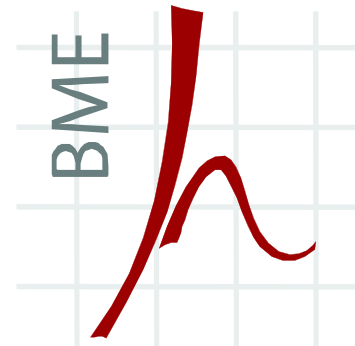


Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Villamosmérnöki és Informatikai Kar

Mérnök informatikus szak, mesterképzés – Hírközlő rendszerek biztonsága szakirány  
Villamosmérnöki szak, mesterképzés - Újgenerációs hálózatok szakirány



## BMEVIHIM134 Hálózati architektúrák Az újgenerációs hálózati (NGN) konceptió:

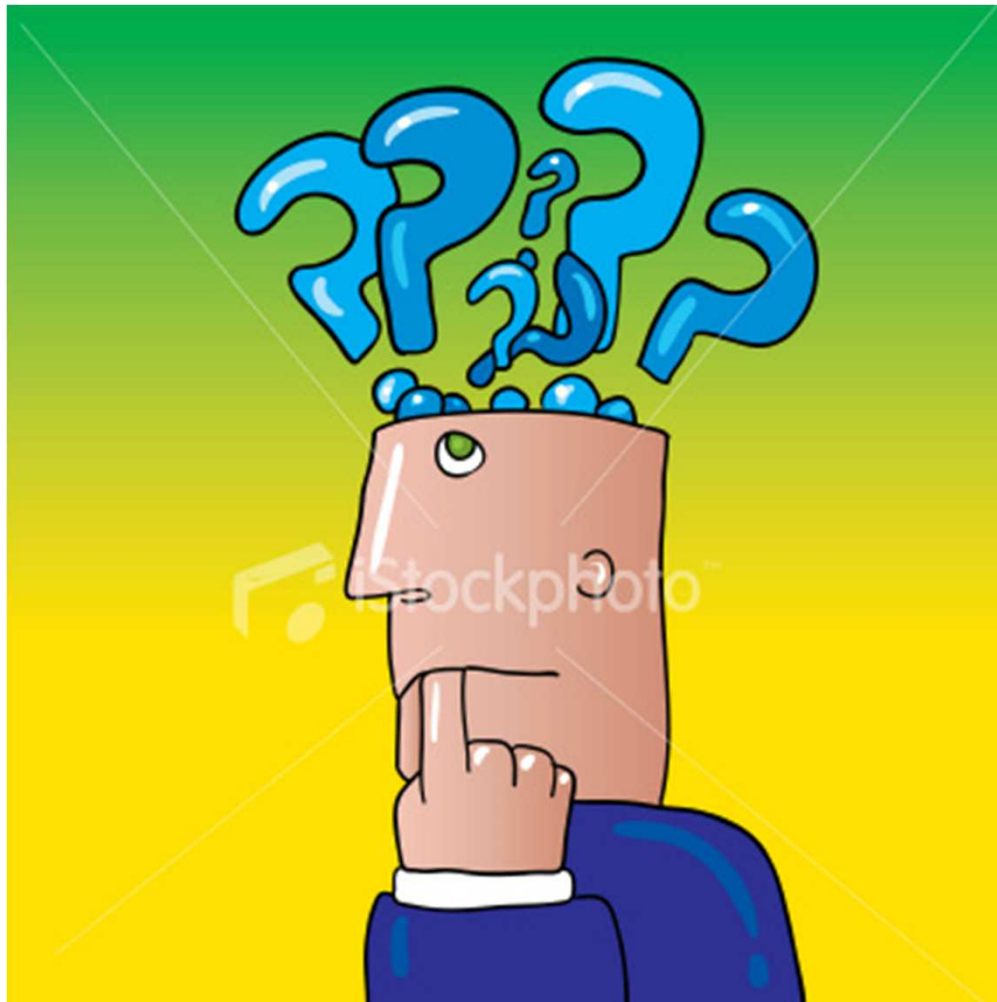
Követelmények – aggregációs  
technológiák: szolgáltatói Ethernet

*Jakab Tivadar BME Híradástechnikai tanszék*

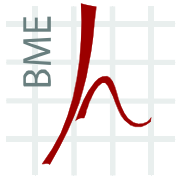
2015

# Ethernet...

---

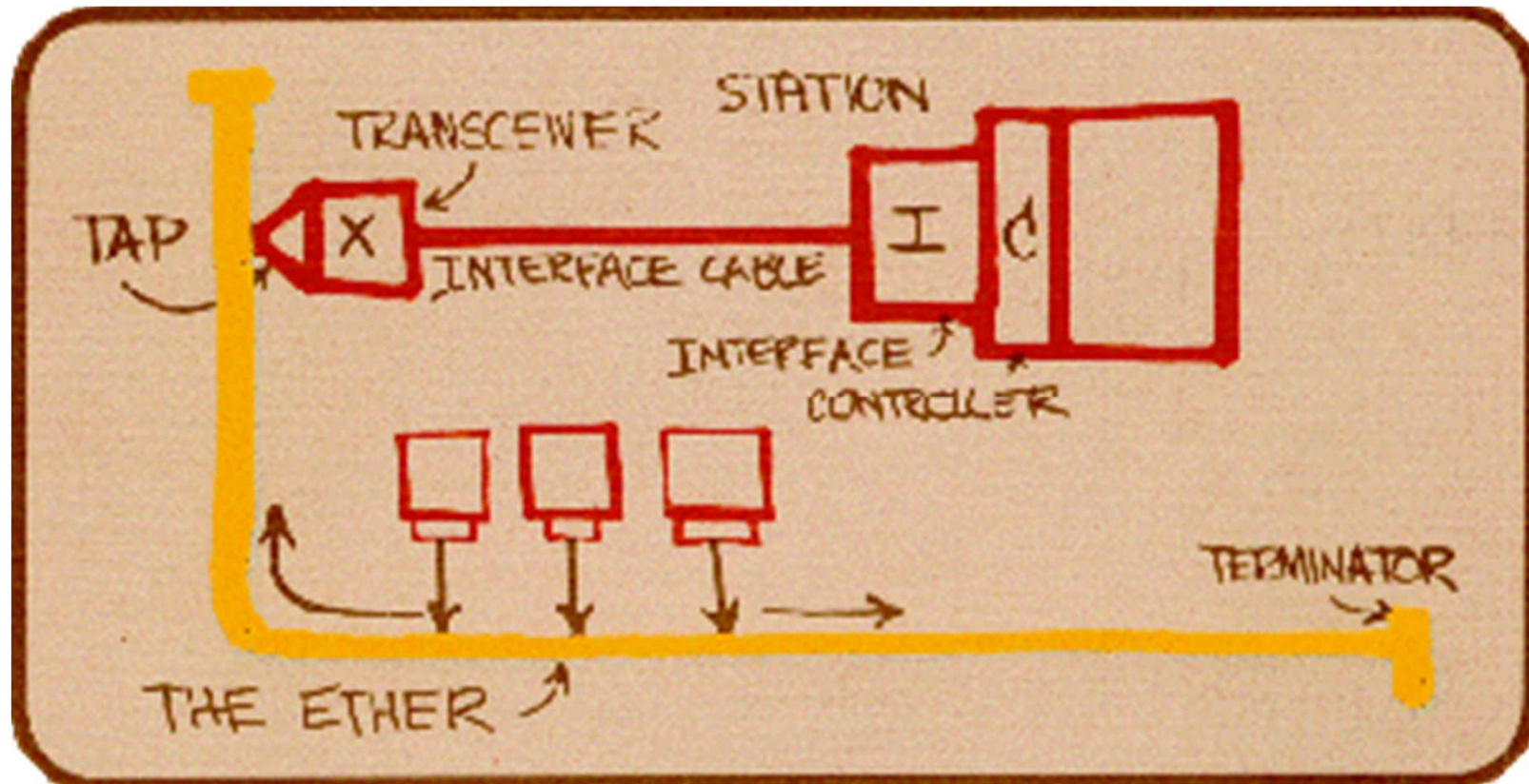


1. Protokoll
2. Technológia
3. Szolgáltatás



# PROTOKOLL

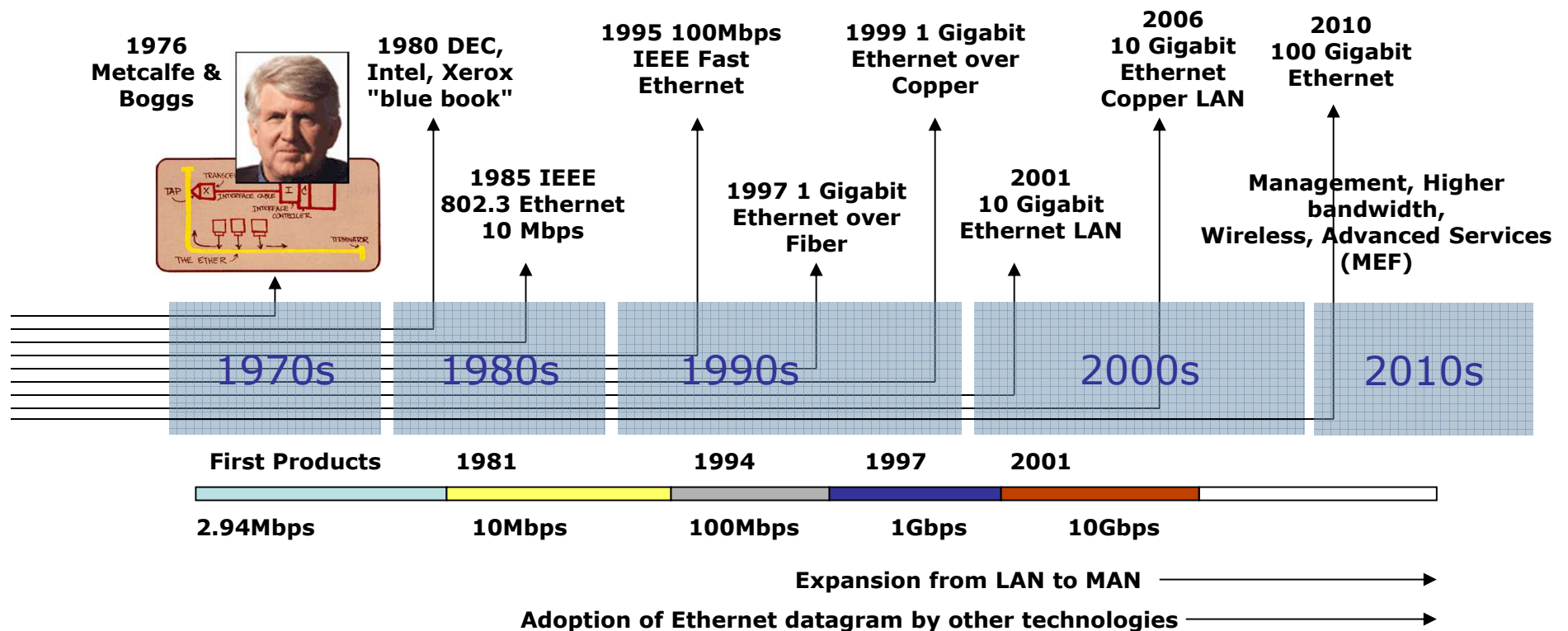
# 1. Protokoll



Robert Metcalfe, May 22, 1973, Alto Ethernet

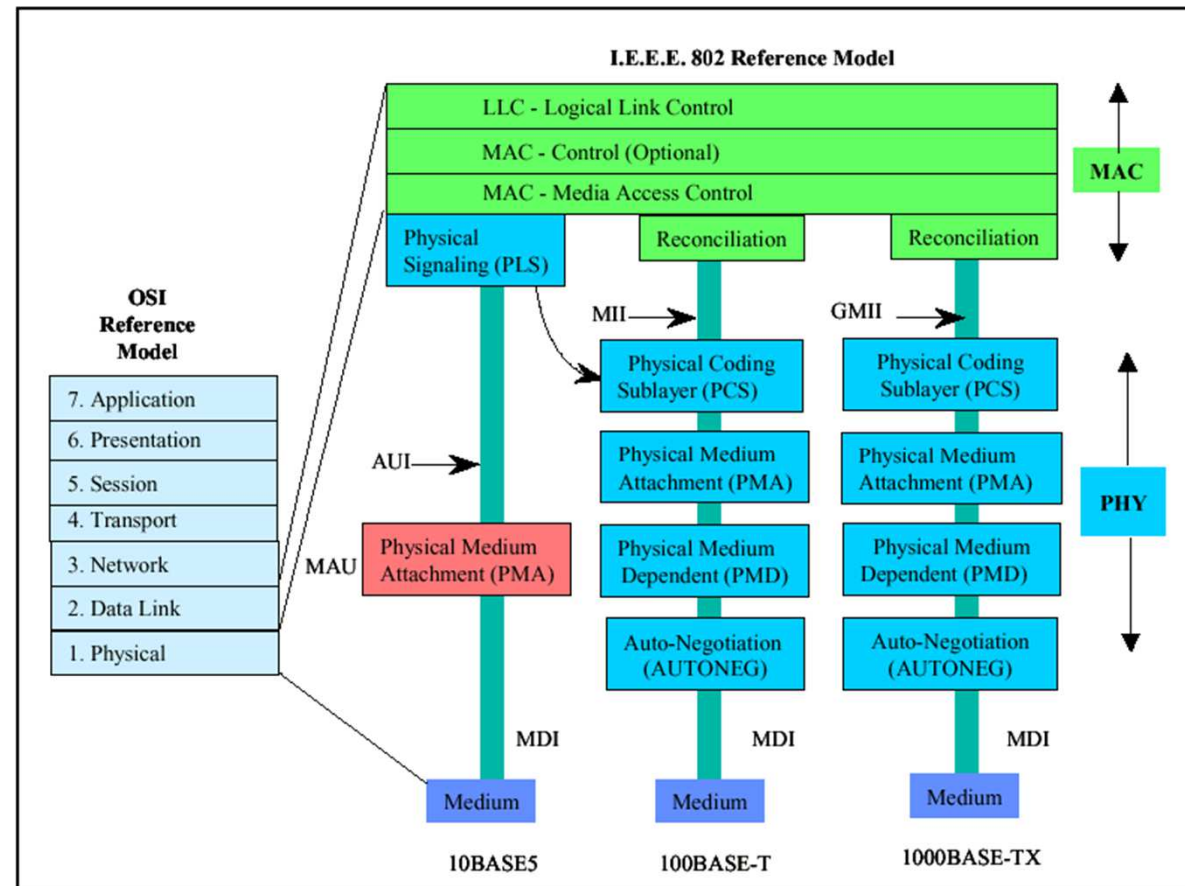
# Ethernet protokoll

**Metcalfe created Ethernet ... and he saw it was good!**



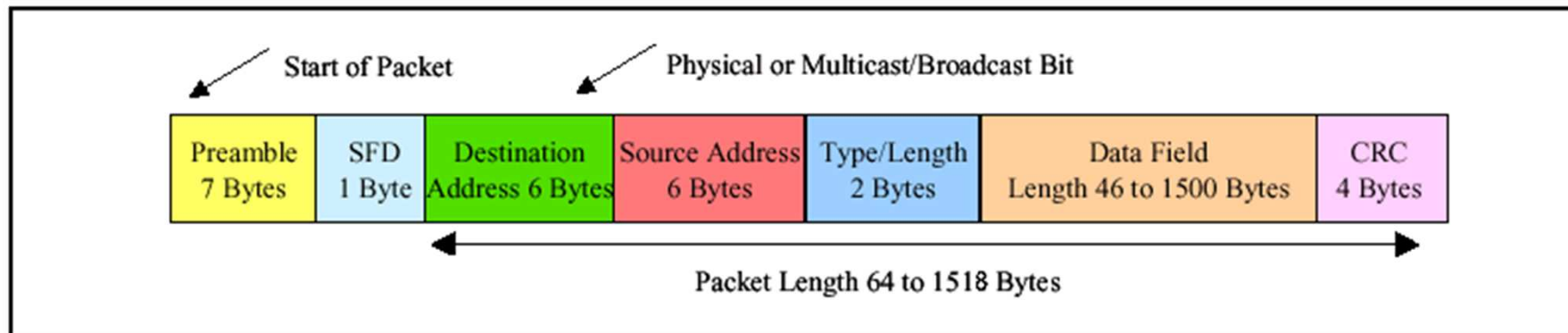
# Ethernet protokoll

- Ethernet keret
- CSMA/CD
- MAC
- LLC





# Ethernet keret



Fizikai réteg: Manchester kódolás

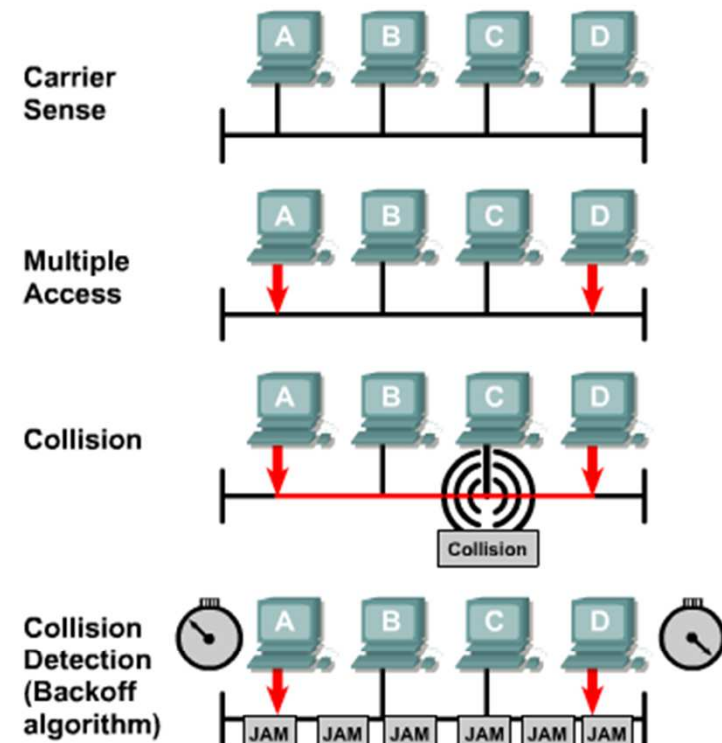
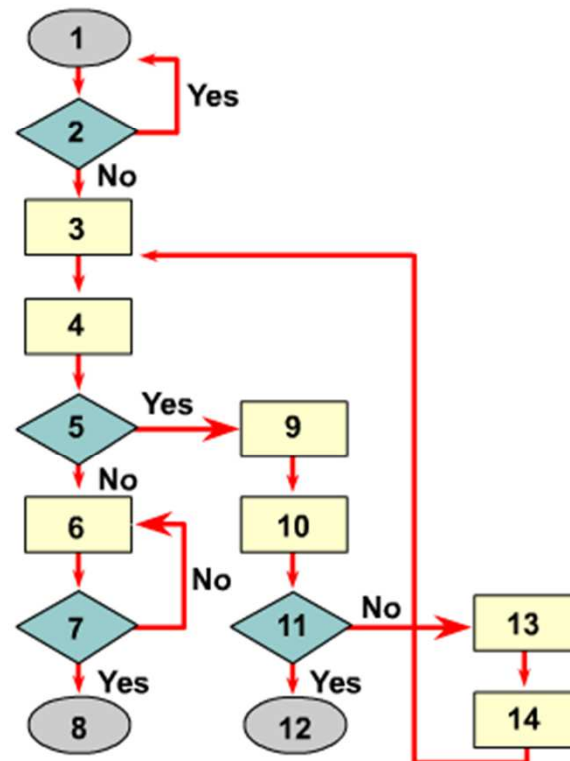
Keretfelépítés:

- 7 bájt előtag: 10101010... (10 MHz-es, 5,6  $\mu$ s-os négyszögjel)
- 1 bájt keret kezdet
- 6 bájt célcím
- 6 bájt forráscím
- 2 bájt adatmező hossz: egész keret min. 64 bájt max. 1518 bájt  
adatmező min. 46 bájt max. 1500 bájt
- 4 bájt CRC ellenőrző összeg

# CSMA/CD

- Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
- Osztott közeg hozzáférés üzenetszórással
- Kapcsolókkal szegmentált közegben nincs jelentősége
- Full-Duplex üzemmódban nincs jelentősége

1. Host wants to transmit
2. Is carrier sensed?
3. Assemble frame
4. Start transmitting
5. Is a collision detected?
6. Keep transmitting
7. Is the transmission done?
8. Transmission completed
9. Broadcast jam signal
10. Attempts = Attempts + 1
11. Attempts > Too many?
12. Too many collisions; abort transmission
13. Algorithm calculates backoff
14. Wait for t microseconds





# CSMA/CD

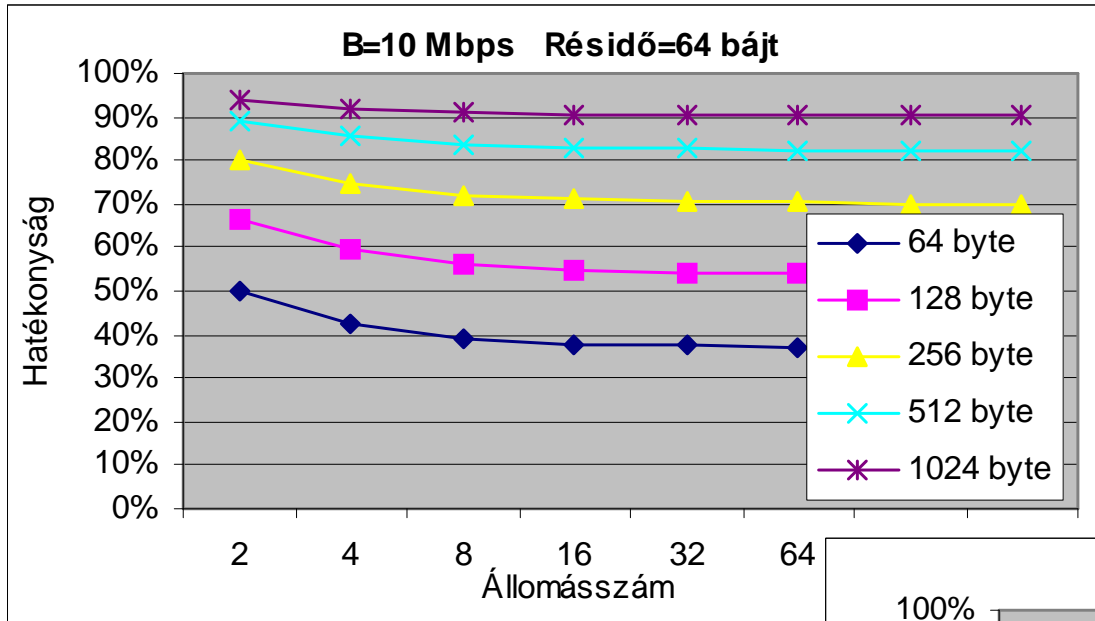
Kettes exponenciális visszalépéses, 1-prezisztens, CSMA/CD vivőjel-érzékeléses többszörös hozzáférésű protokoll

1. Versengés
2. Átvitel
3. Tétlen szakasz

$$\text{Csatornahatékonyság} = \frac{\text{Keretküldés}}{\text{Keretküldés} + \text{Versengés}} = \frac{T}{T + 2\tau \frac{1-A}{A}}$$

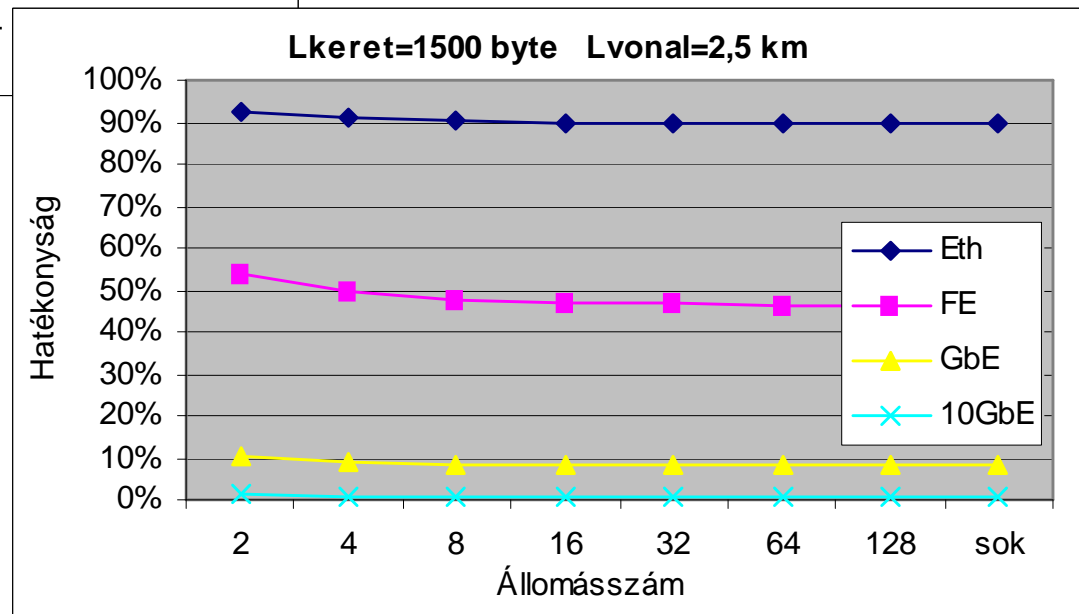
$$A = kp(1-p)^{k-1} = \left(1 - \frac{1}{k}\right)^{k-1}; p = \frac{1}{k} \text{ esetén}$$

# CSMA/CD teljesítménye



Hatékonyság - keretméret

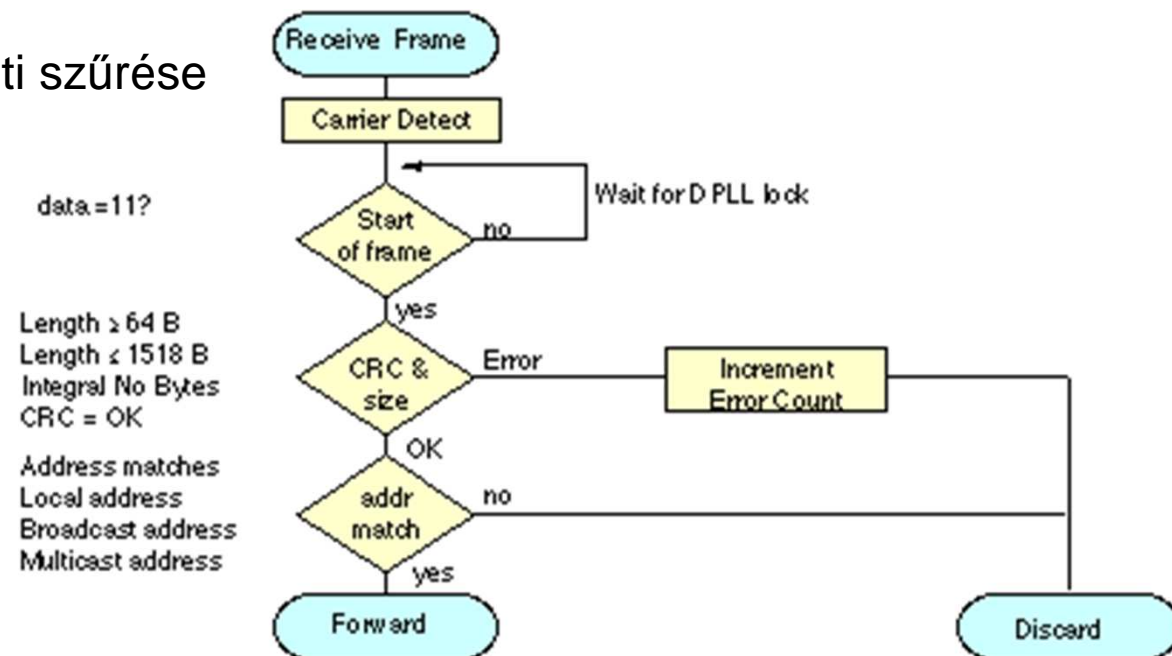
Hatékonyság - sebesség



# Media Access Control

Főként LAN hálózatokban, a közeg használatának vezérléséért felelős protokoll

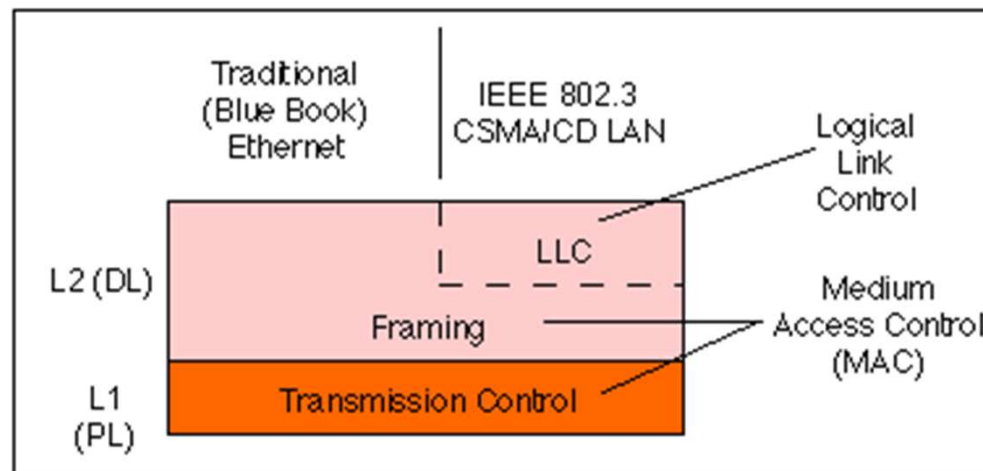
- kerethatárok felismerése
- célállomás címzése
- forrás címének elküldése
- Ethernet alrétegek ekvivalens információinak transzparens továbbítása
- hibavédelem
- fizikai átviteli közeghez való hozzáférés vezérlése
- forgalomszabályozás
- keretek célcím szerinti szűrése



# Logical Link Control

**IEEE 802 szabványcsalád egységes felületet mutat a felsőbb rétegek felé**

- LLC fejrész: sorszám és nyugtaszám
- Logikai kapcsolatvezérlés
- Szolgáltatás hozzáférési pontok (SAP) definiálása
- Adatfolyam szervezés (parancsok és nyugták is!)
- Parancsokat értelmez
- Válaszokat generál
- Helyreállítási funkciókat lát el



## 3. Nagysebességű Ethernet szabványok

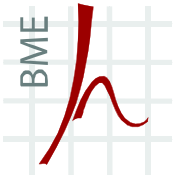
- Fast Ethernet
- Gigabit Ethernet
- 10 Gigabit Ethernet
- 100 Gigabit Ethernet

Jellemzők	10/100 Mbps	1 Gbps	10 Gbps	100 Gbps
<i>Ütköztetési ablak</i>	64 byte	512 byte	n.a.	n.a.
<i>Keretek közötti idő</i>	96 bit	96 bit	96 bit	96 bit
<i>Keretküldési próbálkozás</i>	16	16	n.a.	n.a.
<i>Visszalépési algoritmus limitje</i>	10	10	n.a.	n.a.
<i>Maximális keretméret</i>	1518 byte	1518 byte	1518 byte	1518 byte
<i>Minimális keretméret</i>	64 byte	64 byte	64 byte	64 byte

Szabvány szám	Kibocsátás éve	Elnevezés	Sebesség	Vonali hossz	Médium
802.3	1983	10BASE5	10 Mbps	500 m	Vastag koax
802.3a	1988	10BASE2	10 Mbps	185 m	Vékony koax
802.3b	1985	10BROAD-36	10 Mbps	1.8 km	Szélessávú koax
802.3e	1987	1BASE5	1 Mbps	250 m	UTP (2 pár)
802.3i	1990	10BASE-T	10 Mbps	100 m	UTP (2 pár, cat.3+)
802.3j	1993	10BASE-FP	10 Mbps	500 m	Többmódusú optika
802.3j	1993	10BASE-FB	10 Mbps	2 km	Többmódusú optika
802.3j	1993	10BASE-FL	10 Mbps	2 km	Többmódusú optika
802.3u	1995	100BASE-T4	100 Mbps	100 m	UTP (4 pár, cat.3+)
802.3u	1995	100BASE-TX	100 Mbps	100 m	UTP, STP (2 pár, cat.5)
802.3u	1995	100BASE-FX	100 Mbps	2 km	Többmódusú optika
802.3y	1997	100BASE-T2	100 Mbps	100 m	UTP (2 pár, cat.3+)
802.3z	1998	1000BASE-LX	1 Gbps	550 m / 5 km	Több- v. egymódusú opt
802.3z	1998	1000BASE-SX	1 Gbps	220 - 550 m	Többmódusú optika
802.3z	1998	1000BASE-CX	1 Gbps	25 m	STP (2 pár)
802.3ab	1999	1000BASE-T	1 Gbps	100 m	UTP (4 pár, cat.5)
802.3ae	2002	10GBASE-SR	10 Gbps	300m	Többmódusú optika
802.3ae	2002	10GBASE-LR	10 Gbps	10 km	Egymódusú optika
802.3ae	2002	10GBASE-ER	10 Gbps	40 km	Egymódusú optika
802.3ae	2002	10GBASE-LX4	10 Gbps	300 m / 10 km	Több- v. egymódusú opt
802.3ae	2002	10GBASE-SW	10 Gbps	300 m	Többmódusú optika
802.3ae	2002	10GBASE-LW	10 Gbps	10 km	Egymódusú optika
802.3ae	2002	10GBASE-EW	10 Gbps	40 km	Egymódusú optika

S, L, E – 850, 1310, 1550 nm hullámhosszak  
W, R, X – WAN PHY, LAN PHY, 8B/10B LAN PHY  
2,4,5 – vékony koax, CWDM, koax





# 40Gbps és 100Gbps Ethernet

Physical Layer Reach	1 m Backplane	7 m Copper Cable	100 m OM3, 125 m OM4 MMF	2 km SMF	10 km SMF	40 km SMF
----------------------	---------------	------------------	--------------------------	----------	-----------	-----------

40 Gigabit Ethernet: Target Applications – Servers, Data Center, Campus, Metro, Backbone

Name	40GBASE-KR4	40GBASE-CR4	40GBASE-SR4	40GBASE-FR	40GBASE-LR4
Signaling on Media	4 x 10 Gb/s	4 x 10 Gb/s	4 x 10 Gb/s	1 x 40 Gb/s	4 x 10 Gb/s
Media	Copper Backplane	Twinax Cable	MPO MMF	Duplex SMF	Duplex SMF
Module/Connector		QSFP Module, CX4 Interface	QSFP Module	CFP Module	CFP Module, QSFP Module
Availability	No Known Development	2010	2010	2011-2012	CFP 2010 QSFP 2011-2012
Price	\$\$	\$\$	\$\$	\$\$\$\$	\$\$\$\$

100 Gigabit Ethernet: Target Applications – Data Center, Campus, Metro, Backbone, WAN

Name		100GBASE-CR10	100GBASE-SR10		100GBASE-LR4	100GBASE-ER4
Signaling on Media		10 x 10 Gb/s	10 x 10 Gb/s		4 x 25 Gb/s	4 x 25 Gb/s
Media		Twinax Cable	MPO MMF		Duplex SMF	Duplex SMF
Module/Connector		CXP Module	CXP Module, CFP Module		CFP Module	CFP Module
Availability		2010	2010		2010	2011-2012
Price		\$\$\$	\$\$\$		\$\$\$\$\$	\$\$\$\$\$

## IEEE 802.3ba Physical Layer Specifications

Technológia

# TECHNOLÓGIAI ALAPOK

# Szerepkör módosulás

## LAN -> MAN, WAN

### TECHNOLÓGIA

- Átviteli közegek módosulása:
  - Koax, UTP, Optika
- Átviteli sebességek módosulása:
  - 10, 100, 1000, 10G 100G Ethernet
- Új típusú hálózati eszközök:
  - Ethernet kapcsolók

### IGÉNYEK

- Alacsony bevezetési költség
- Egyszerű eszközök
- Egyszerű működés
- Növekvő sávszélesség igények
- Hálózatok összekapcsolása
- Aggregált forgalmak kezelése
- Gerinchálózati szerepkör

**Megváltozott szerepkörhöz új típusú funkciók szükségesek!**

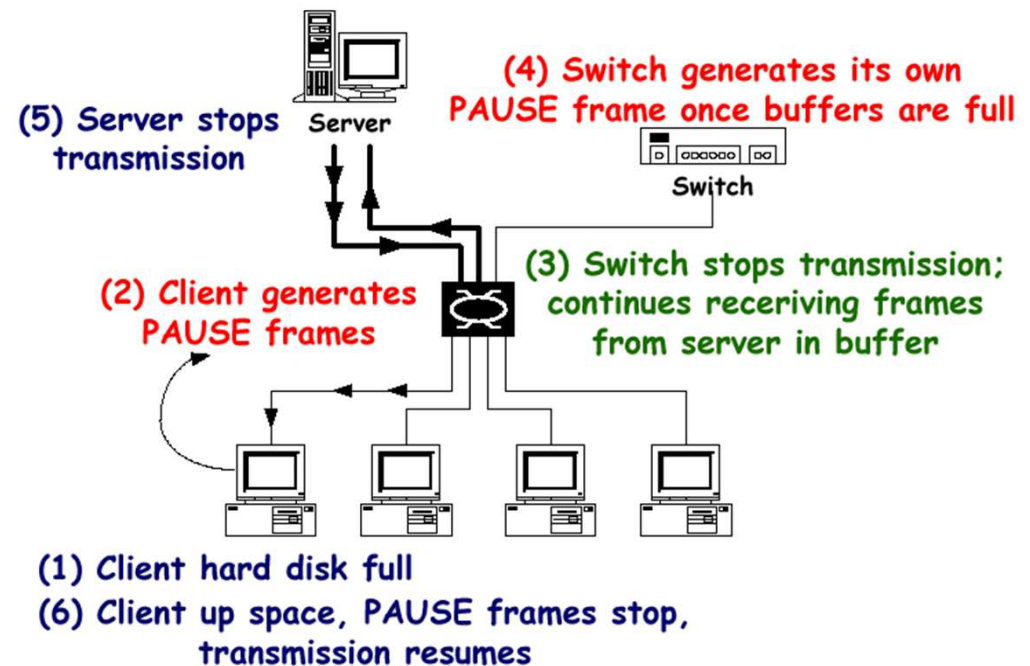
# 1. Átviteli közegek

---

- **Koax**
  - 1983: vastag koax (500 m)
  - 1985: vékony koax (185 m) „CheaperNet”
- **UTP (STP)**
  - 1990: árnyékolatlan sodort érpár
  - Csillag topológia (busz emuláció), HUB csomópont
  - 3-as és 5-ös kategóriájú kábelek
- **Optika**
  - 1993: szabványos optikai interfész
  - Egymódusú, többmódusú optikai kábelek
    - 1Gbps ~80 km, 10MGps ~40 km, 100Gbps ~10 km
  - Színezett interfészek (1Gbps, 10Gbps, 40Gbps, 100Gbps)
- **WiFi, WiMax és mikrohullámú link**
  - ...

# Flow Control

- Gyorsabb portok eláraszthatják a lassabbakat.
- 802.3x forgalom kontrolálás
  - Full-duplex esetben kell (nincs CDMA/CD)
  - PAUSE keretek definiálása
  - Start-stop mechanizmus
  - Link szinten működik, végponttól végpontig nem.



# QoS garantálás

---

- Tisztán kapcsolt Ethernet hálózatokban ennek ellenére sem garantálható a sávszélesség az egyes forgalmak számára végponttól-végpontig.
- L2 szinten egyedüli megoldás a túlméretezés!
- MPLS illetve IntServ/DifServ alapú sávszélesség lefoglalásos megoldások implementálása.



# Menedzsment funkciók

---

Legfontosabbak:

- Konfigurálás
- Hibadetektálás
- Teljesítőkéesség vizsgálat

Számtalan egyéb:

- Biztonság
- Hozzáférés
- Tervezés
- Stb...

# Menedzsment funkciók

---

- Fejrészben minden keretnél
  - Fejlett hibajelzés
  - PHY réteg ping és hurok
  - Dedikált OAM keretekben beszélik le a használatot
  - Max. 1 byte a fejrészben (a 7 byte-ból)
- **Dedikált OAM keretek**
  - Alapvető hibajelzés
  - MAC réteg ping és hurok
  - Link monitoring funkció
  - 128 byte-os keretek
- **Beágyazott üzemeltetési csatornák**
  - Fejlett hibajelzés
  - Fejlett link monitoring

## 2. Hidak és kapcsolók

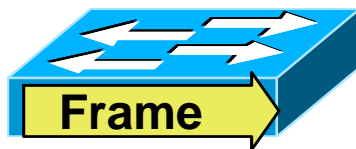
---

- **Ethernet kapcsolók**
  - 1990-es évek: új funkciójú eszköz
    - Nagyszámú csomópont jelenléte
    - Dedikált szegmensek, teljes Ethernet sebességgel
    - Teljesítőképesség volt a szempont
    - Ütközési tartományok eltávolítása (nincs CSMA/CD!)
    - Ethernet szegmens -> Pont-pont összeköttetés
    - Nincs távolsági korlát (CSMA/CD miatt)
    - 1997: Full-duplex működésű Ethernet (forgalomszabályozó keretek)
- **Kapcsolt hálózatok**
  - Busz
  - Pont-pont
  - Kapcsolt

# Keretek továbbítása a kapcsolóm

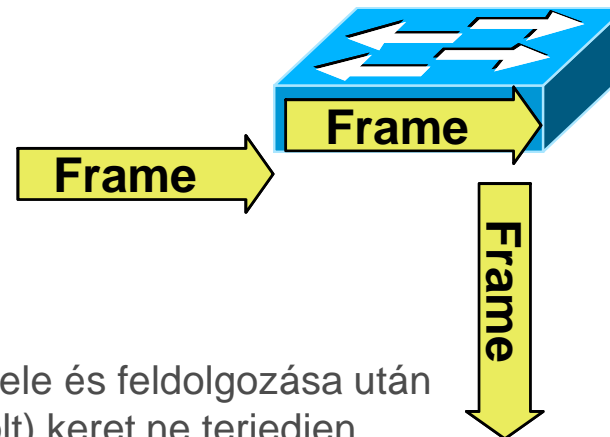
- **Cut-through**

- A cél MAC cím olvasása után azonnal továbbít



- **Store and forward**

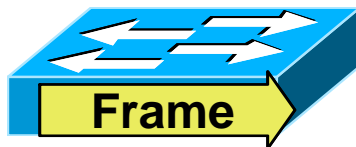
- A teljes keret vétele, feldolgozása után továbbít



- **Fragment free**

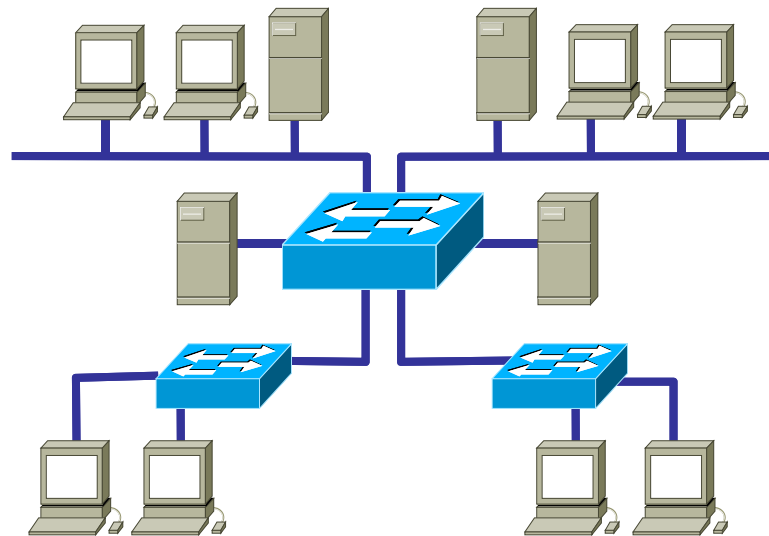
(modified cut-through)—Cat1900 Default

- Az első 64 byte (min. kerethossz) vétele és feldolgozása után továbbít (triviálisan sérült ( pl. csonkolt) keret ne terjedjen)



# A kapcsolók három funkciója

---



- MAC címek automatikus tanulása
- Továbbítási/szűrési döntés
- Hurokmentes továbbítási hálózat fenntartása

# Minőségbiztosítás Carrier Class Ethernet

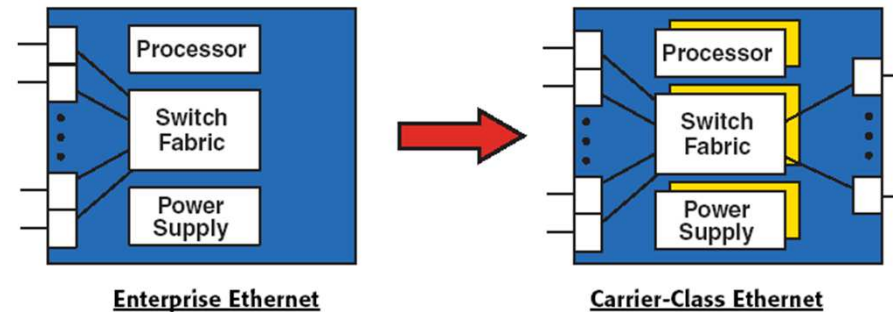
---

- Hardver redundancia
- Prioritás és VLAN struktúra (802.1p/Q)
  - Biztonság
  - Load-balancing
  - Prioritás
  - Forgalom szétválasztás
- Védelem
- Flow Control
- Menedzsment

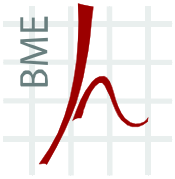


# Carrier Class Ethernet equipment

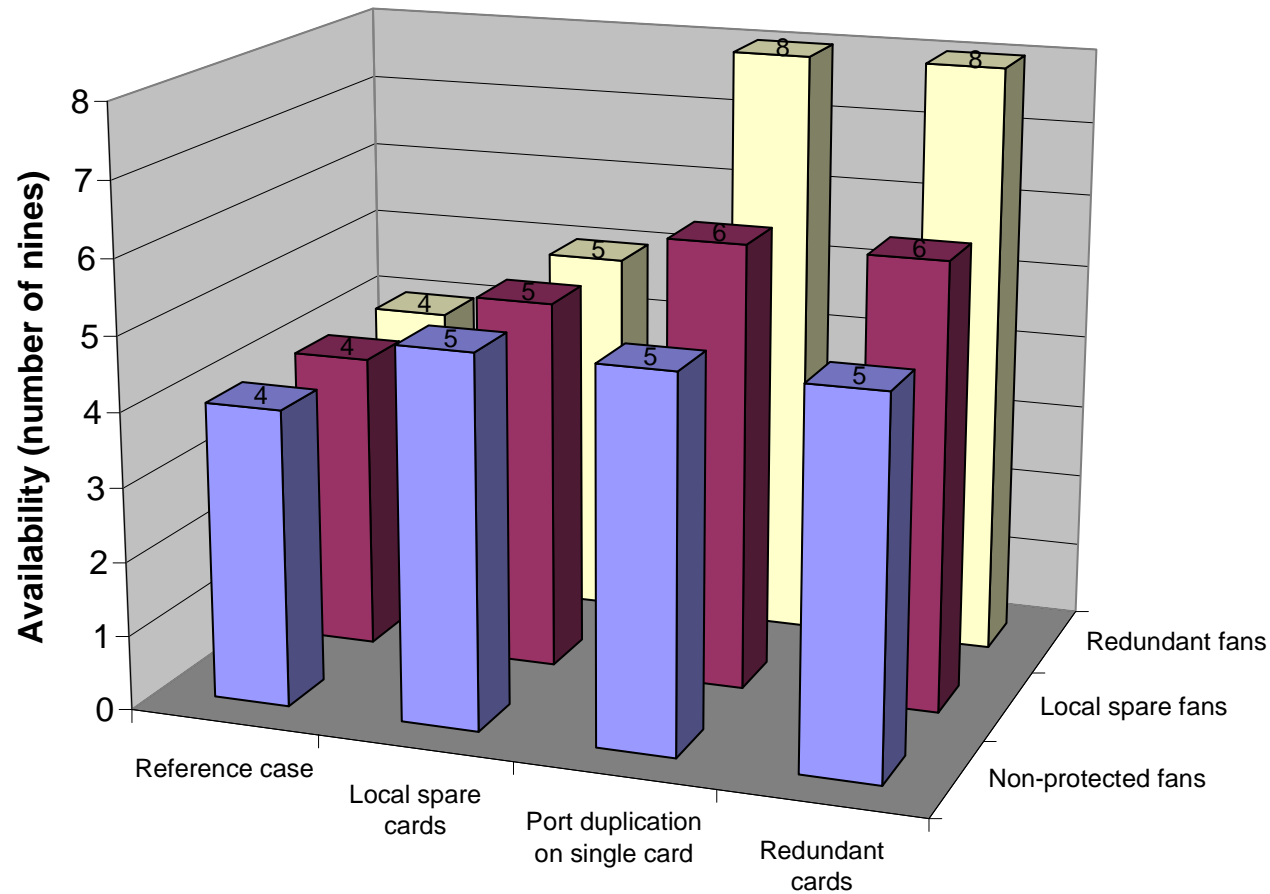
- **Redundant switch architecture**
- **HW redundancy:**
  - Power
  - switch fabric
  - Fans
  - ...etc.
- **SW-based resilience technologies:**
  - VRRP
  - HPS/HPR
  - Link Layer Resilience
  - Path Protections
  - ...etc.



Resilience Technology	Typical Restoration Time
<b>Software Resilience</b>	
Virtual Router Redundancy Protocol	5 to 10 seconds
Hitless Protection System	5 to 10 seconds
Hitless Protocol Restart	3 to 5 seconds
<b>Link-layer Resilience</b>	
Rapid Spanning Tree	2 to 3 seconds
Rapid Ring Spanning Tree	0.5 to 1 second
<b>Path Protection</b>	
MPLS fast fallover LSPs	< 50 milliseconds
MPLS RSVP-TE Fast Reroute	< 50 milliseconds
Spatial Replacement Protocol/RPR	< 50 milliseconds
<b>Hardware Redundancy</b>	
Power, switch fabrics, fans, CMs	< 50 milliseconds



# Carrier Ethernet platforms' availability analysis



# 802.1p/Q

- **Első próbálkozások a prioritás kezelésre**
  - Prioritásos sorok a kapcsolókban.
  - 3 bit (8 db) prioritási osztály definiálása.
- **802.1Q VLAN szabvány**
  - 1518-ról 1522-re nőtt a keret!
  - 4096 db VLAN definiálható

## VLAN kapcsolók:

### -Biztonság

- VLAN-ok között nincs átjárás (L2 szinten)
- Szűrési feltételek beállítása

### -Prioritás

- Megvalósítástól függő prioritási sorok
- Általában kevesebb számú

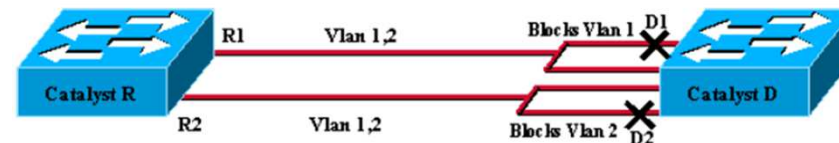
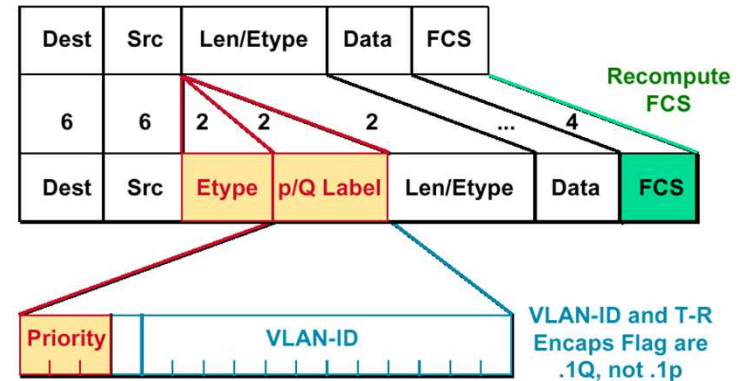
### -Load balancing

- VLAN-o közötti terhelésmegosztás lehetséges

## Kompatibilitási problémák:

1. Ethernet keret
2. Prioritásos keret
3. VLAN keret

## 802.1p/Q tags

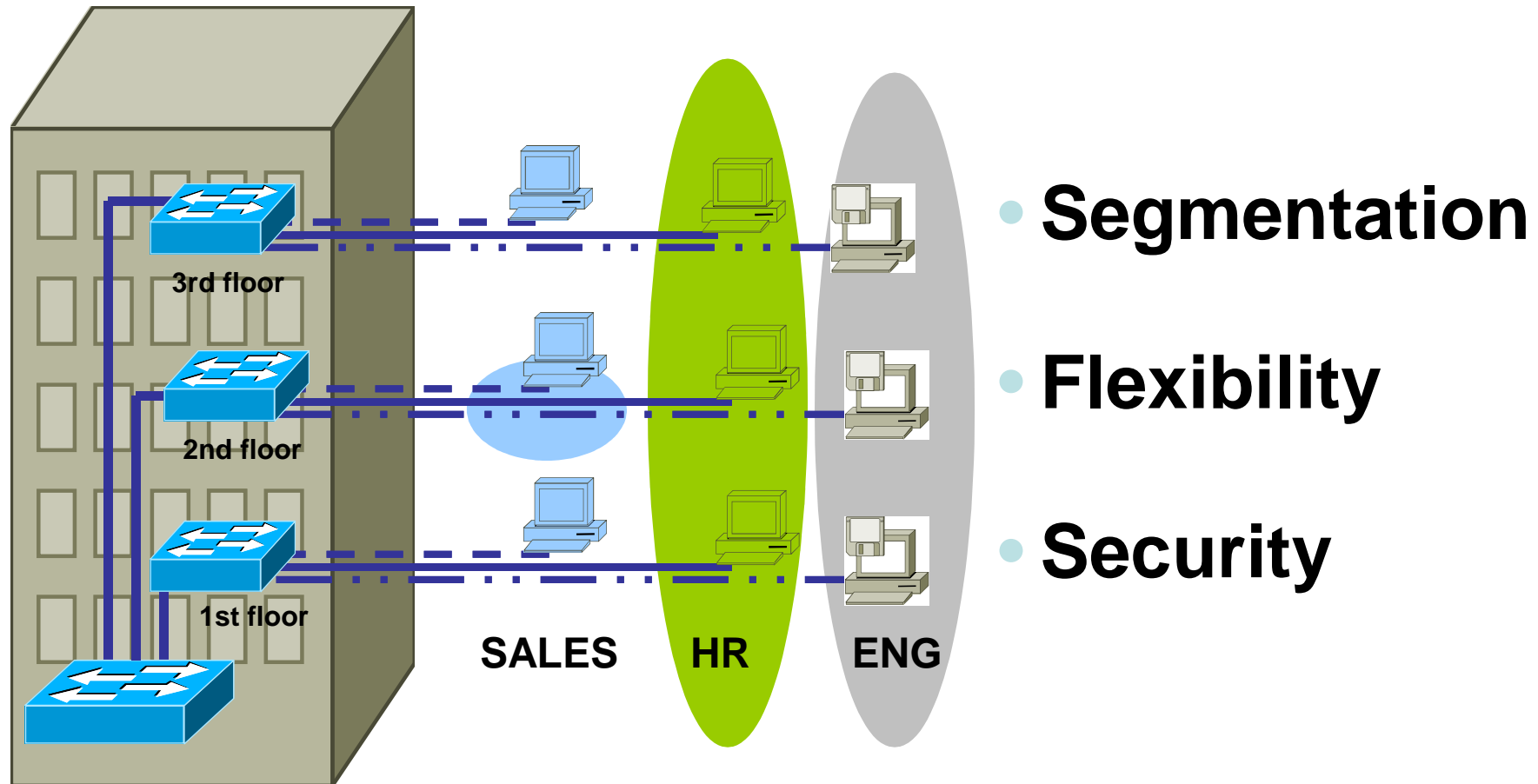


# VLAN csoportosítás

---

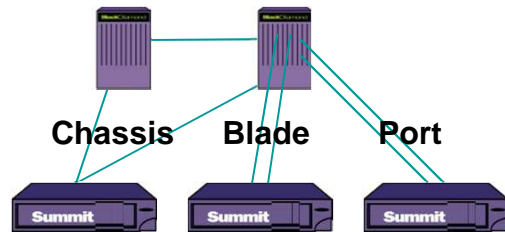
- Port alapú VLAN
- Protokoll alapú VLAN
- MAC cím alapú VLAN
- IP cím alapú VLAN
- Azonos bánásmód (policy) alapú VLAN

# VLAN Overview



A VLAN = A broadcast domain = Logical network (subnet)

## Layer 1 – Physical

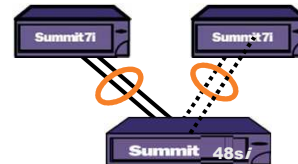


### Physical Redundancy

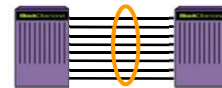
- Port, blade, chassis
- Redundant Power supply
- Redundant Switching Fabric
- Hot-swappable
- Hitless upgrades, patching, etc
- Protected memory

## Layer 2 – Ethernet Topologies

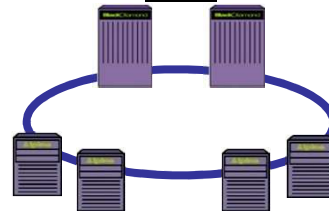
### Software Redundant Port



### Link Aggregation

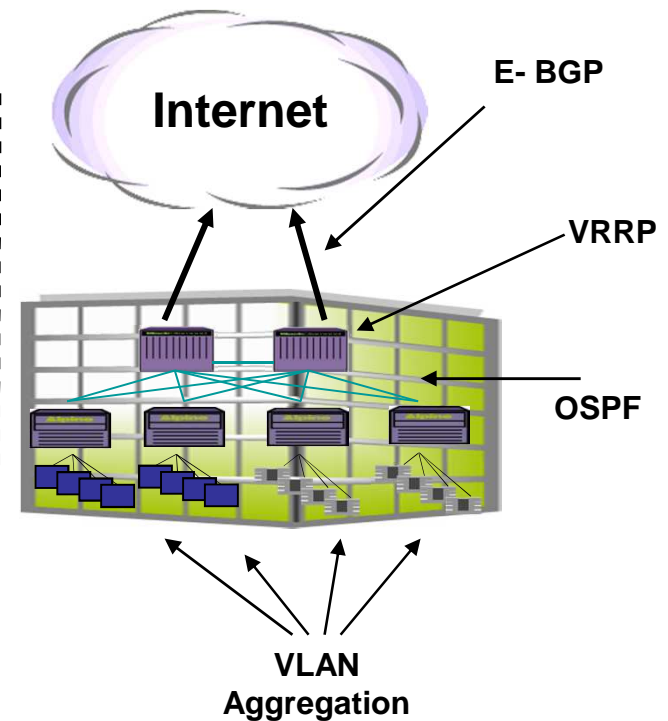


### Ring



- STP
- RSTP
- EAPS
- Proprietary

## Layer 3 – Routing



- Virtualisation of software threads and processing
- Software sparing



# Fejlett STP algoritmusok

---

- **Maga az STP képes helyreállítani a hibákat**
  - A hálózat összekapcsoltságától függ.
  - Lassú mechanizmus.
  - Valójában nem erre tervezték.
- **Fejlesztések**
  - Konvergencia sebességének növelése. (RSTP)
  - VLAN struktúrák kezelése. (PVST)
  - Különálló szegmensek együttműködése. (MVST)
  - Gyűrűs hálózatok skálázhatósága. (Ring-STP)

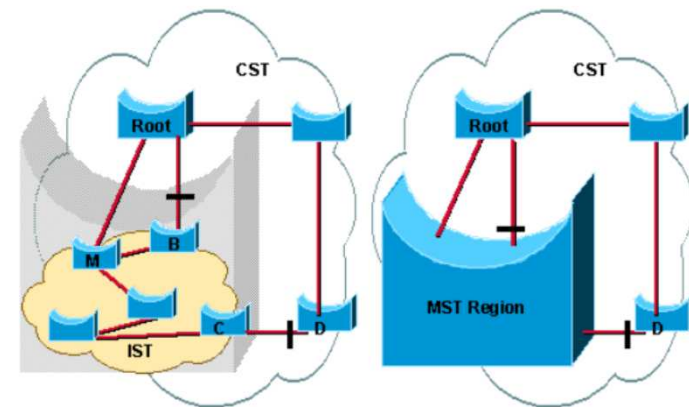
# PVST+,MIST,MSTP

---

- **PVST+ - Per VLAN Spaning Tree(Cisco)**
  - VLAN-onként STP
  - Más-más gyökér híd lehet
  - Nagy CPU terhelés, hálózati terhelés elosztás
- **MIST - Multiple Instance of Spanning Tree(Cisco)**
  - VLAN csoportokat kezel
  - Kicsi CPU terhelés, hálózati terhelés elosztás
  - Egy kapcsoló több MIST példány
  - Egy VLAN csak egy MIST példányhoz tartozhat
- **MSTP - Multiple Spanning Tree Protocol – 802.1s**
  - A MIST szabványosított változata

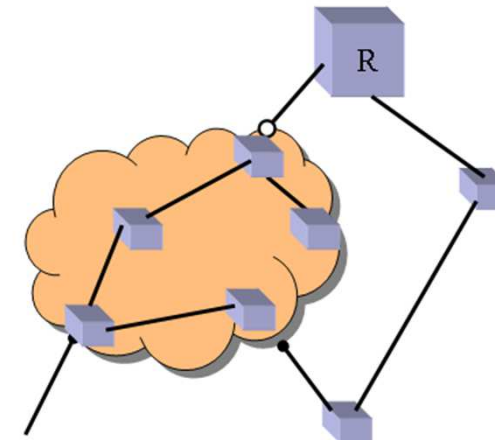
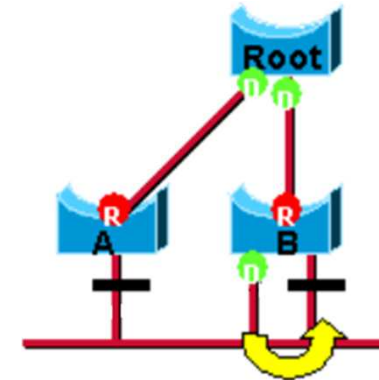
# MST - 802.1s

- Minden kapcsoló az alábbiakat tárolja:
  - Konfiguráció név
  - Konfiguráció verzió
  - 4096 soros tábla a VLAN RSTP összerendelésről
- Ahhoz, hogy egy kapcsoló egy MST régióhoz tartozzon ugyanazt a konfigurációt kell tartalmaznia
  - A konfiguráció elterjesztéséhez nincs ajánlás...
- A működéshez tudni kell a pontos határokat
  - A BPDU-ba a konfiguráció kivonata is el van küldve
  - Ha ez egy porton különbözik akkor a port határ port
- MST példányok
  - Egy IST (Internal Spanning Tree)
  - Tetszőleges MSTI (Multiple Spanning Tree Instance)



# Fejlett STP algoritmusok

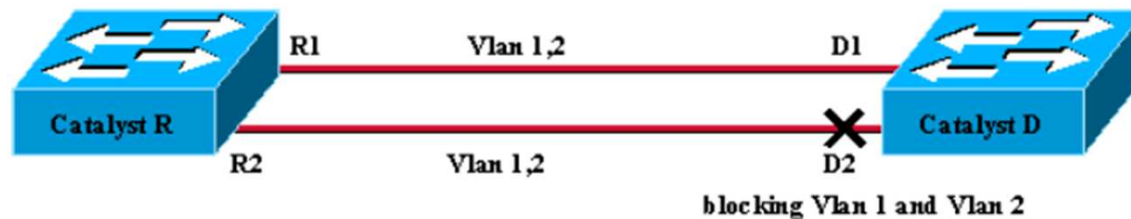
- **RSTP (802.1w)**
  - Alternatív és Backup portállapot definiálása.
  - Keep-alive jellegű jelzésrendszer.
  - Nem kell végigvárni a keretfigyeléssel és tanulással járó folyamatot. (előre tudja, hogy nem lesz hurok)
  - 2-3 mp a konvergencia idő.
- **PVST (Per-VLAN Spanning Tree)**
  - VLAN-onként külön STP a redundáns linkek megkülönböztetésére.
  - Sok VLAN esetén sok számítást igényel.
- **MVST (802.1s Multiple-VLAN Spanning Tree)**
  - Megoldja a skálázási problémát.
  - Több VLAN adható egy STP-hez.
  - Szegmensenként külön STP, amelyeket egy másik STP fog össze.
- **Ring-STP**
  - Összekapcsolt gyűrűs hálózatok jobb kihasználtsága.
  - Gyűrűnként külön STP.
  - Skálázási korlátok feloldása.



# Port duplikálás

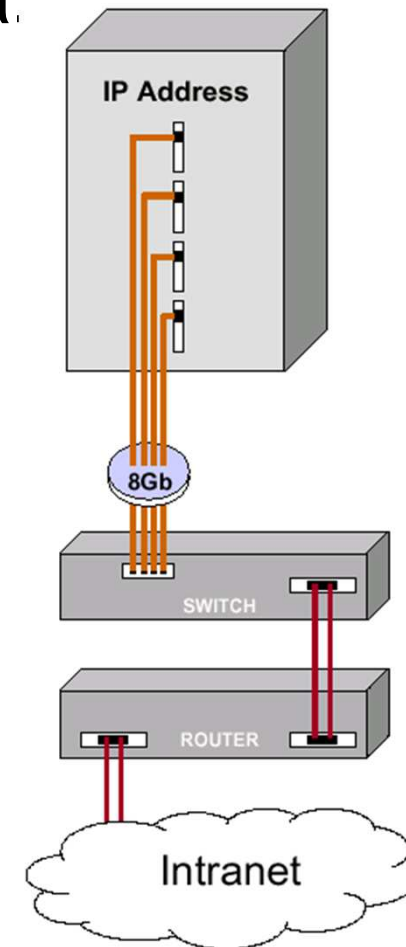
## Kapcsolók közötti linkek redundanciája

- Meghibásodás esetén egyszerű átkapcsolás



## 802.1ab Link Aggregation Control Protocol (LACP)

- Finomabb skálázás
- Hibatűrő képesség növelése



# Ethernet Protection Switching (EPS)

- **VLAN alapú védelmi átkapcsolás**
  - Előre definiált védelmi STP-k VLAN-onként
  - Útvonal csoportok (Path Group)
  - Alternatív útvonal csoportok
  - Hibadetektálás (heartbeat)
- **Előnyök – hátrányok**

-Gyors (<50 ms)

-Olcsó

-Minden topológiát támogat

-Dinamikusan használja a

-sávszélességeket

-Előre definiált VLAN-ok

-Járulékos információk

-Skálázhatóság romlik sok csomópontonál.

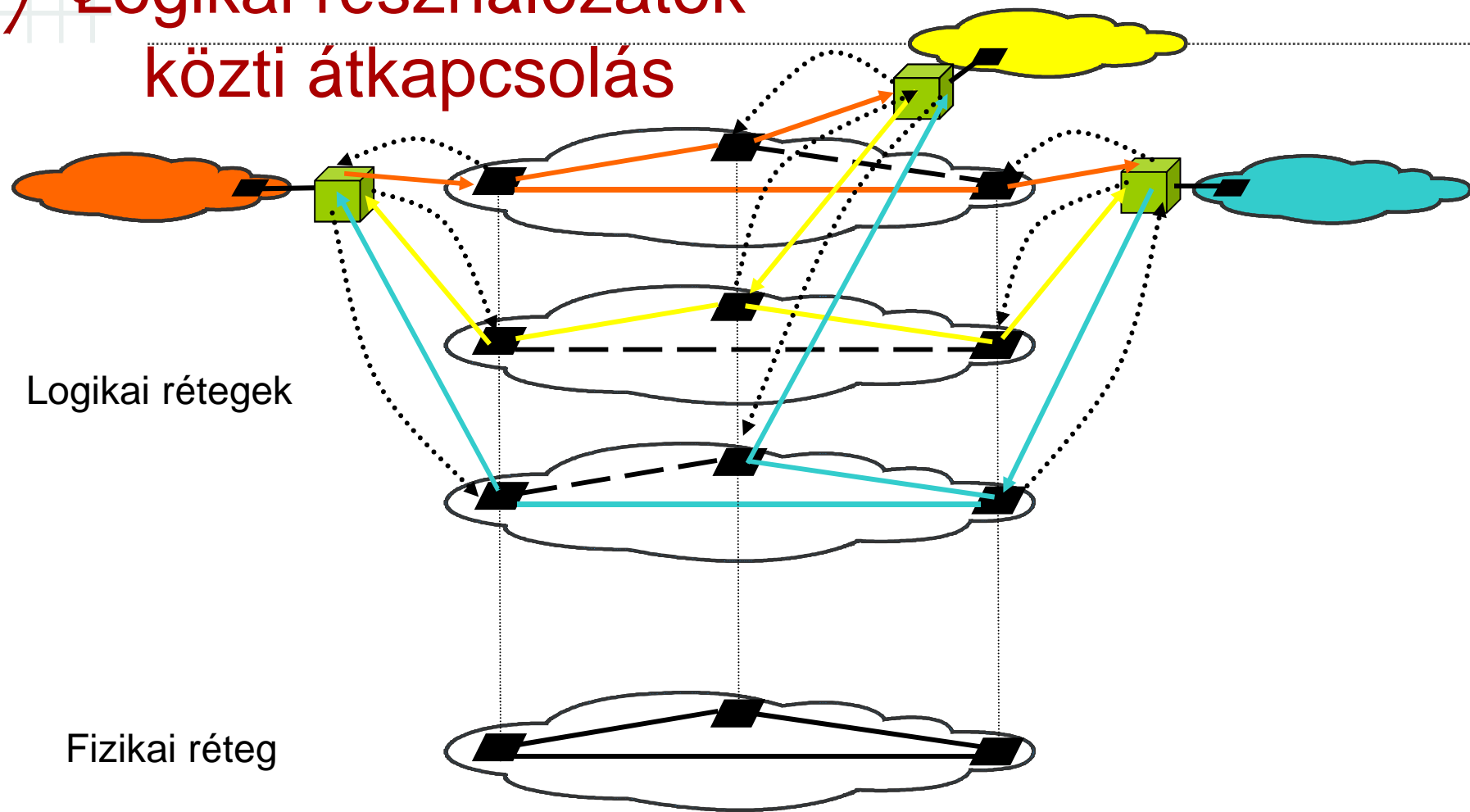
-IP réteggel való együttműködés

# Logikai részhálózatok közti átkapcsolás

---

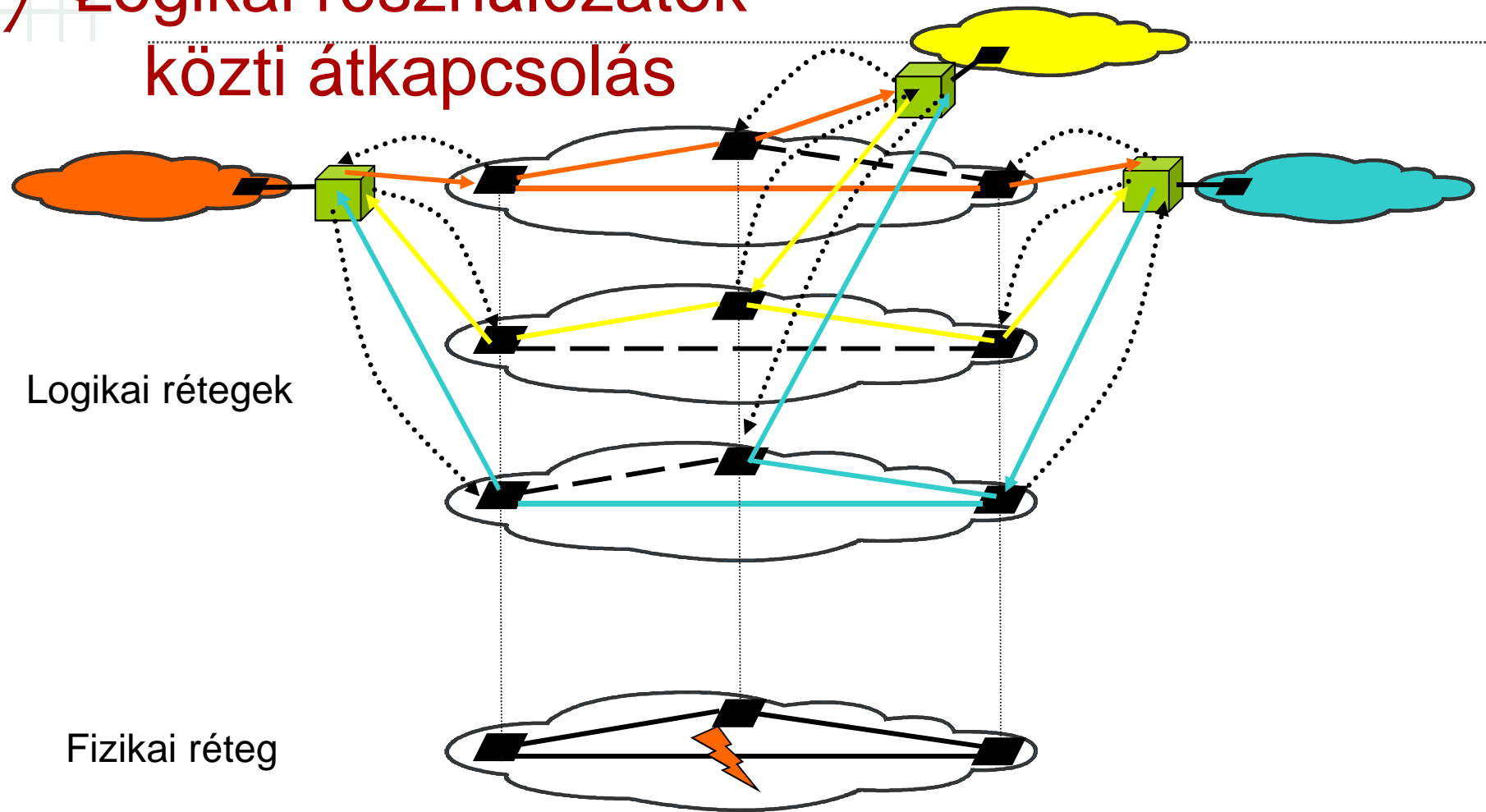
- Adott fizikai infrastruktúra felett a transzport logikailag elkülönülő részhálózatokba szervezeten (forgalmak elkülönítése például belépési pontonként)
- A részhálózatok is biztosítják az összefüggőséget
- Hiba esetén forgalom átterhelése egy hibamentes részhálózatba

# Logikai részhálózatok közti átkapcsolás





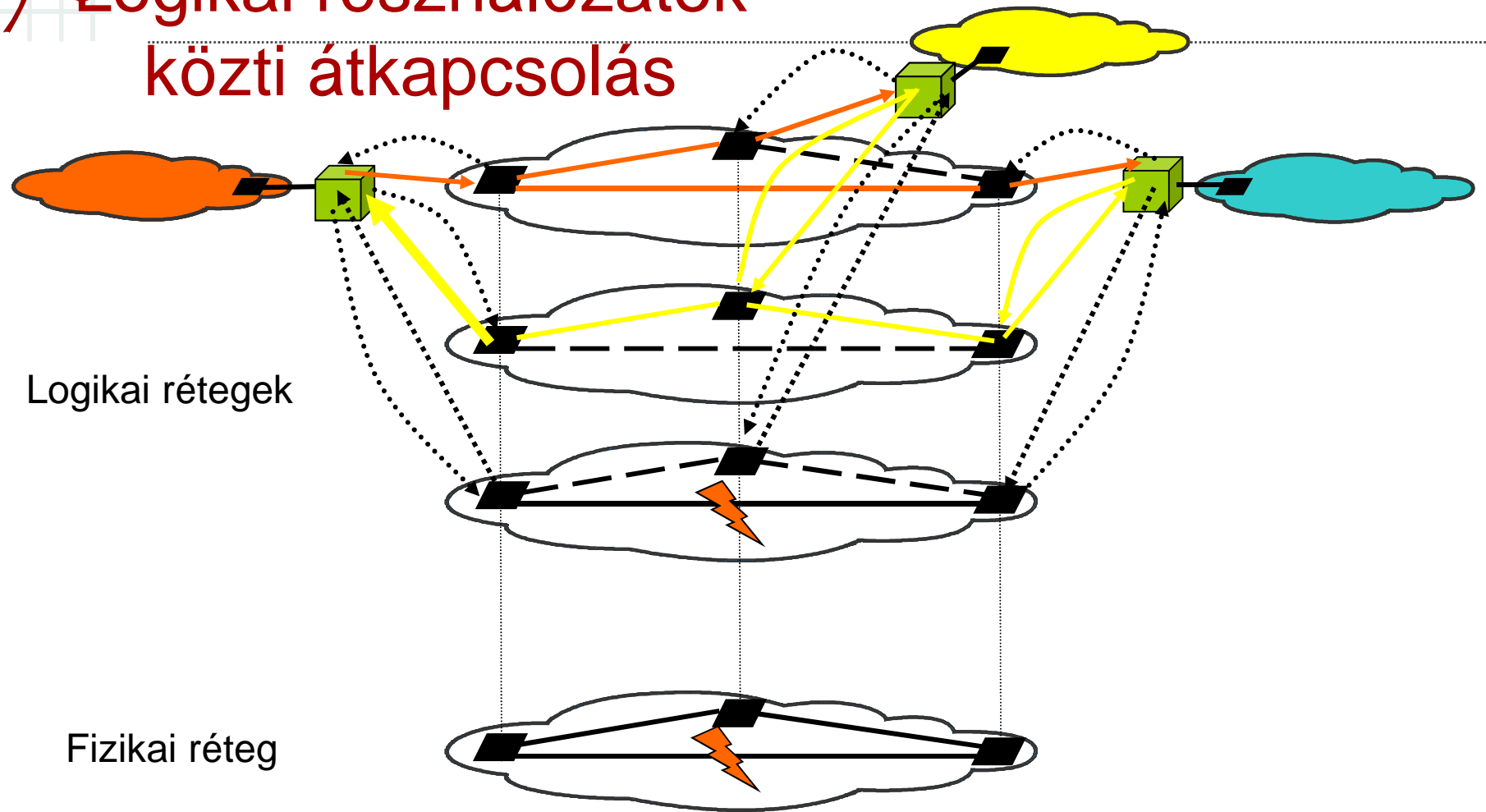
# Logikai részhálózatok közti átkapcsolás



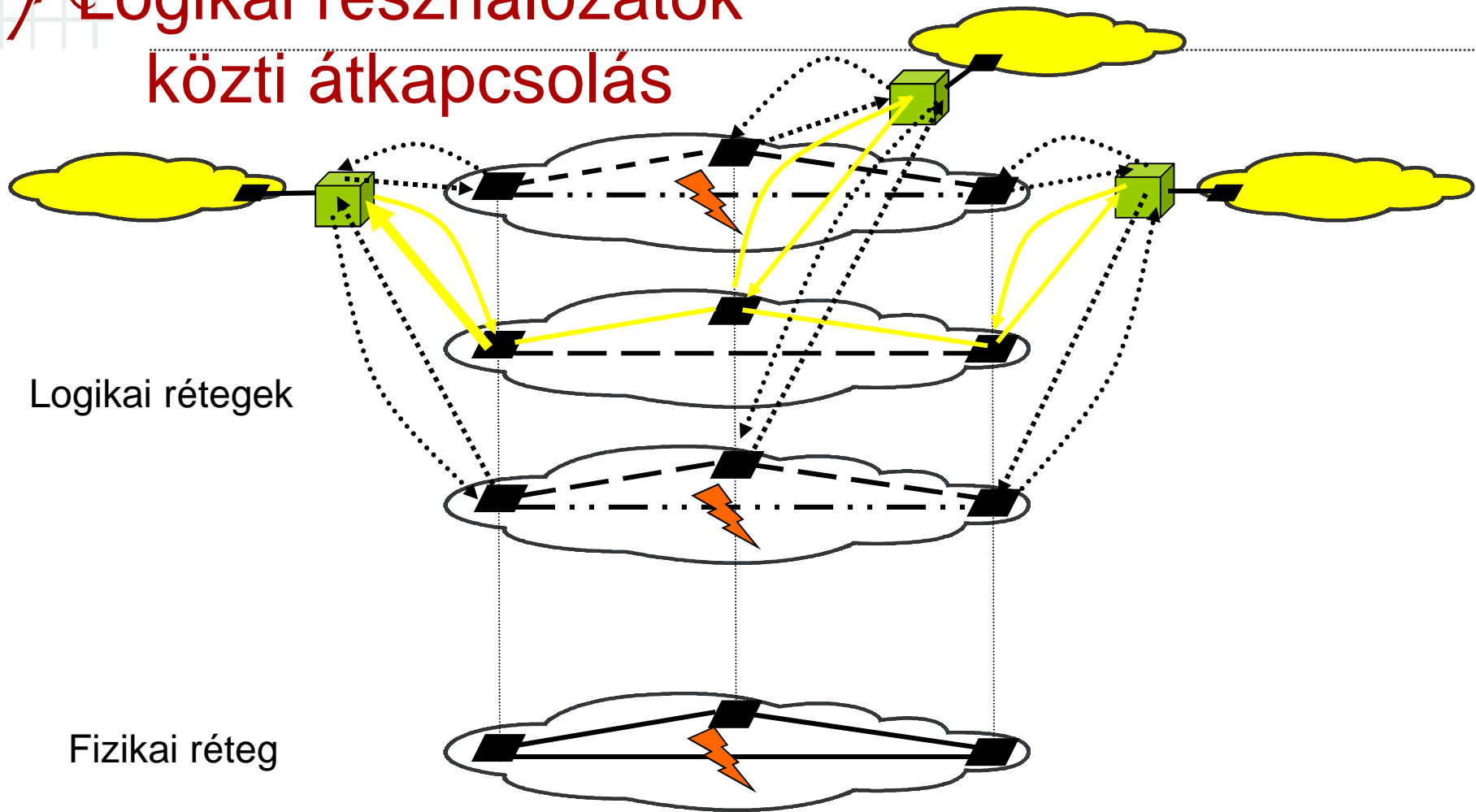
Logikai rétegek

Fizikai réteg

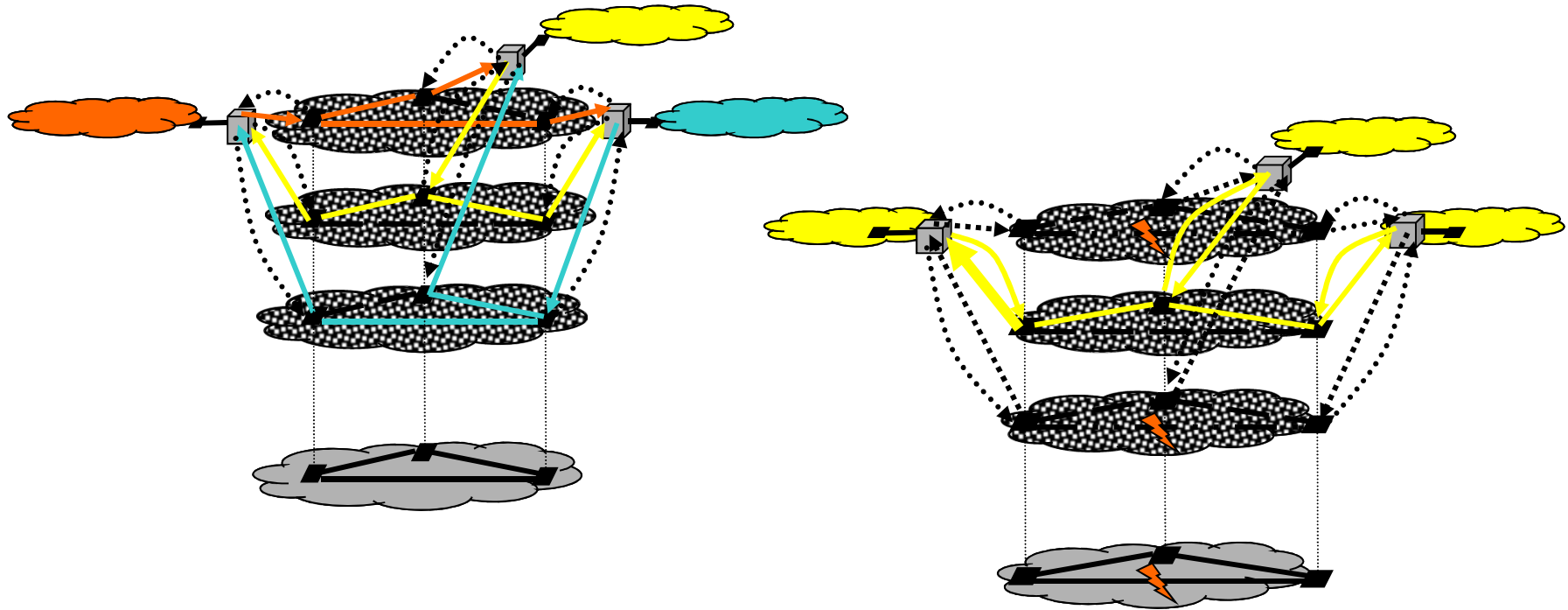
# Logikai részhálózatok közti átkapcsolás



# Logikai részhálózatok közti átkapcsolás



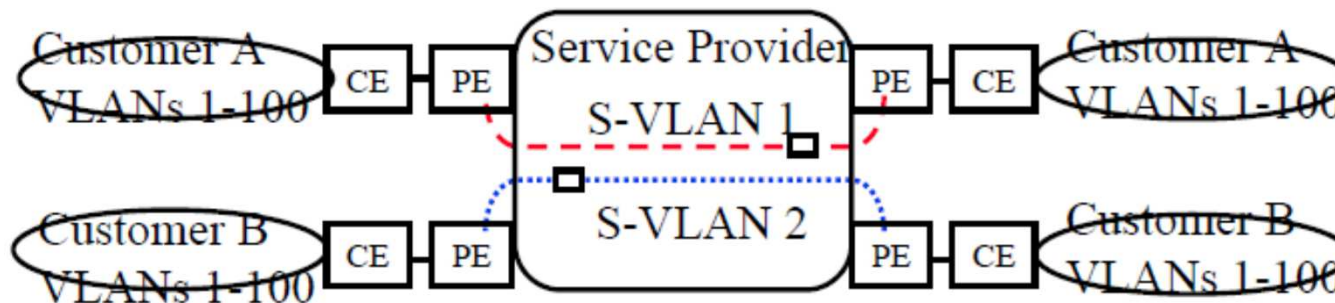
# EPS



# NYILVÁNOS HÁLÓZATI SZOLGÁLTATÁSOK

# Szolgáltatások, megoldandó problémák: Transzparens LAN összekapcsolás

- Felhasználói LAN-ok összekapcsolása
  - felhasználói VLAN-tag transzparens átvitele
  - Q in Q: IEEE 802.1ad-2005 és IEEE 802.1Q-2011, keretbővítés, szolgáltatói VLAN ID hozzáadása



C-DA	C-SA	Type 88A8	S-VID	Type 8100	C-VID	Type	Payload
------	------	--------------	-------	--------------	-------	------	---------

# Szolgáltatások, megoldandó problémák: Szolgáltatási osztályok (QoS) támogatása

- 8 szolgáltatási osztály (3 bit) a DiffServ Assured Forwarding Code Point-oknak megfelelően (IP QoS Differentiated Services architektúra)

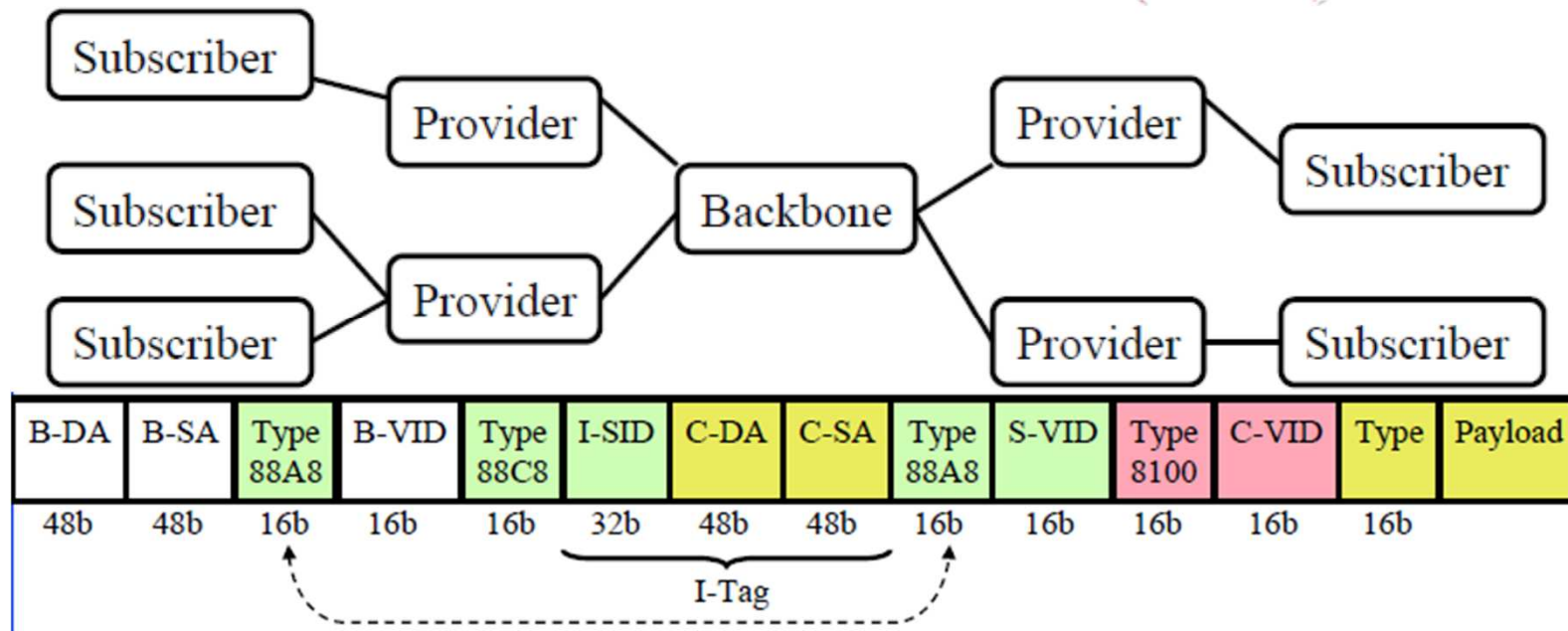
S-Tag	Priority	CFI	S-VLAN ID	Type/Length
	3b	1b	12b	16b

Priority	Class
7	Strict Priority
6	AF1
5	AF2
4	AF3
3	AF4
2	AF5
1	AF6
0	Best Effort

# Szolgáltatások, megoldandó problémák: Szolgáltatói maghálózat skálázódása (támogatott MAC címek)

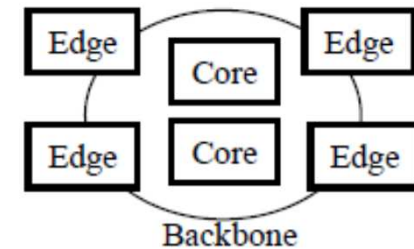
- A maghálózatban támogatandó MAC címek száma túl nagy (FIB mérete, STP konvergenciaideje, tanulási flood-ok forgalma)
  - Keretbővítés: MAC címek csak a maghálózaton áthaladáshoz, MAC-in-MAC IEEE 802.1ah-2008, 802.1Q-2011



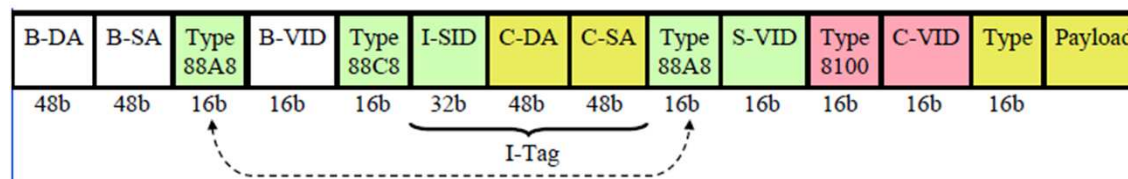
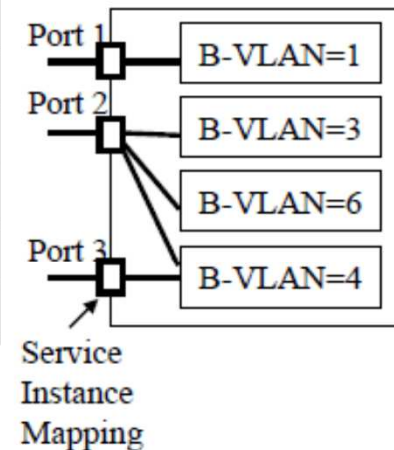


# Szolgáltatások, megoldandó problémák: Szolgáltatói maghálózat skálázódása (támogatott MAC címek)

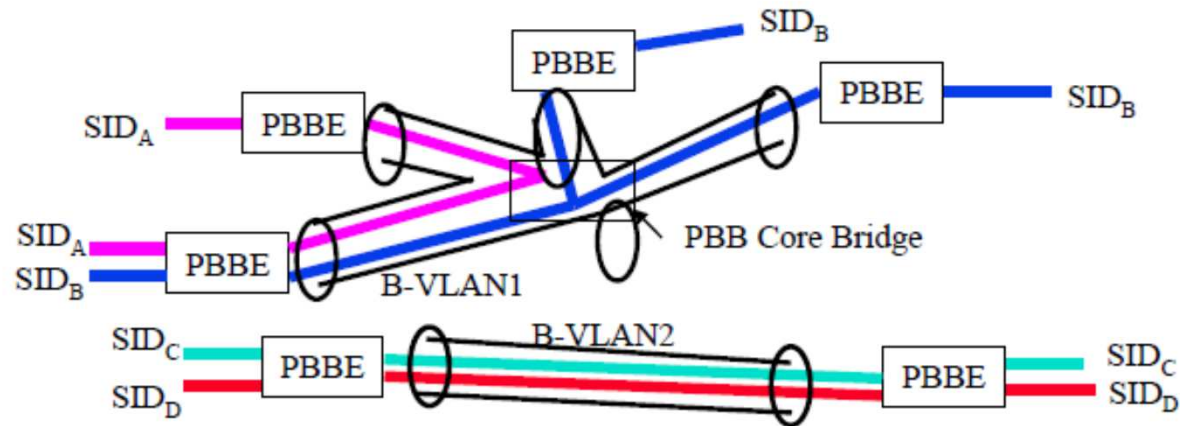
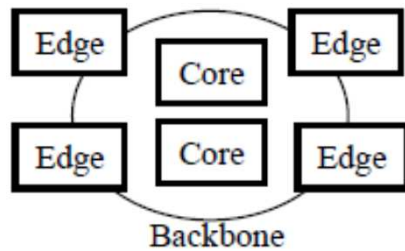
- PE – PE forwarding, a C-k csak a PE-k MAC címeit - B-DA és B-SA - ismerik (tanulják)
- B-DA meghatározása C-DA alapján
- C-k B-DA és B-VID alapján forwardolnak
- I-SID egy adott flowt jelöl
  - port alapon, port és S-VID alapon, vagy port, S-VID és C-VID alapon



SID	Definition	B-VLAN
1	Port 1	1
20	Port 2, S-VLAN=10	3
33	Port 2, S-VLAN=20	6
401	Port 2, S-VLAN=30, C-VLAN=100	4
502	Port 3, S-VLAN=40, C-VLAN=200	4



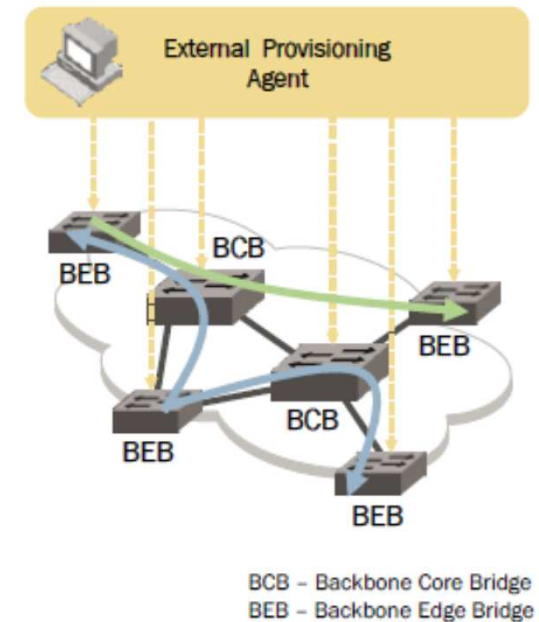
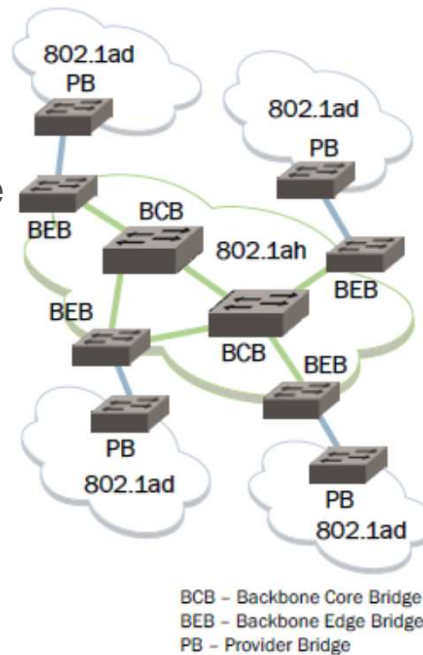
# MAC-in-MAC



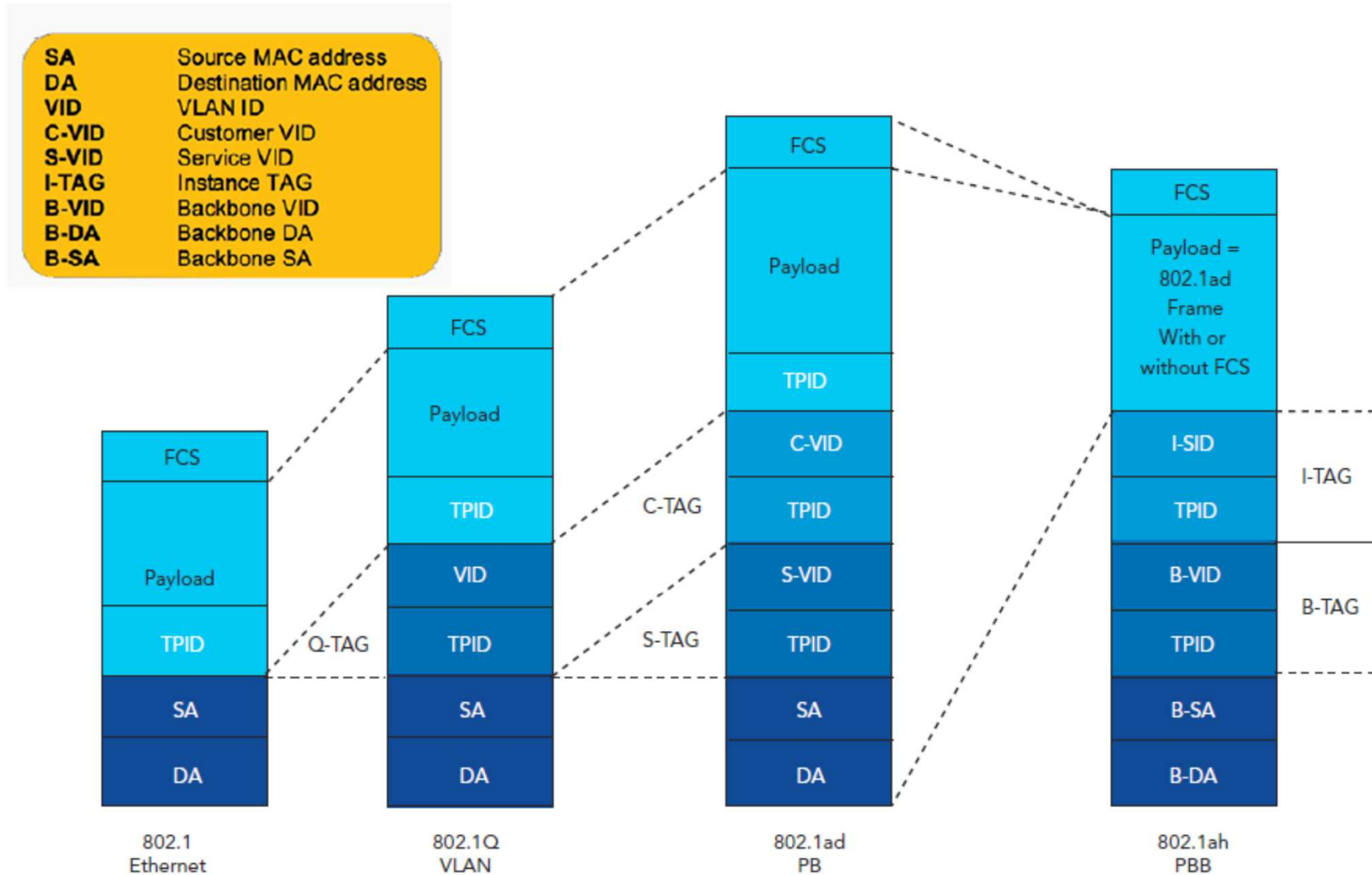
- A maghálózat VLAN-jai (B-VID) több szolgáltatást is vihetnek
- 24 bit SID szegmens,  $2^{24}$ -en Service Instance (megkülönböztethető szolgáltatás)

# Provider Backbone Bridging

- PBB a skálázási korlátok feloldására és a szolgáltatási képességek bővítésére
  - hierarchia (edge, core, encapsulation)
  - BE-k tanulják a PE-eket, BC-k a BE-ke
  - felhasználói és szolgáltatói hálózat elválasztása
- PBB TE előzetesen megtervezett, konfigurált és menedzselte egyirányú utak (alagutak) támogatása
  - hierarchia (edge, core, encapsulation)
  - nincs STP és autolearning (helyette menedzsment alapú konfigurálás)
  - TE (hálózatvédelem, az STP adaptáció helyett)
  - független szolgáltatási és transzportréteg (Ethernet, IP, VLL, VPLS szolgáltatások is)
- QoS támogatás mindkét esetben a prioritásokra alapozva, az ütemezés a switch által támogatott algoritmusoktól függő



# Az Ethernet-keretformátum változása a szolgáltatói Ethernet (Carrier Ethernet) fejlődése során



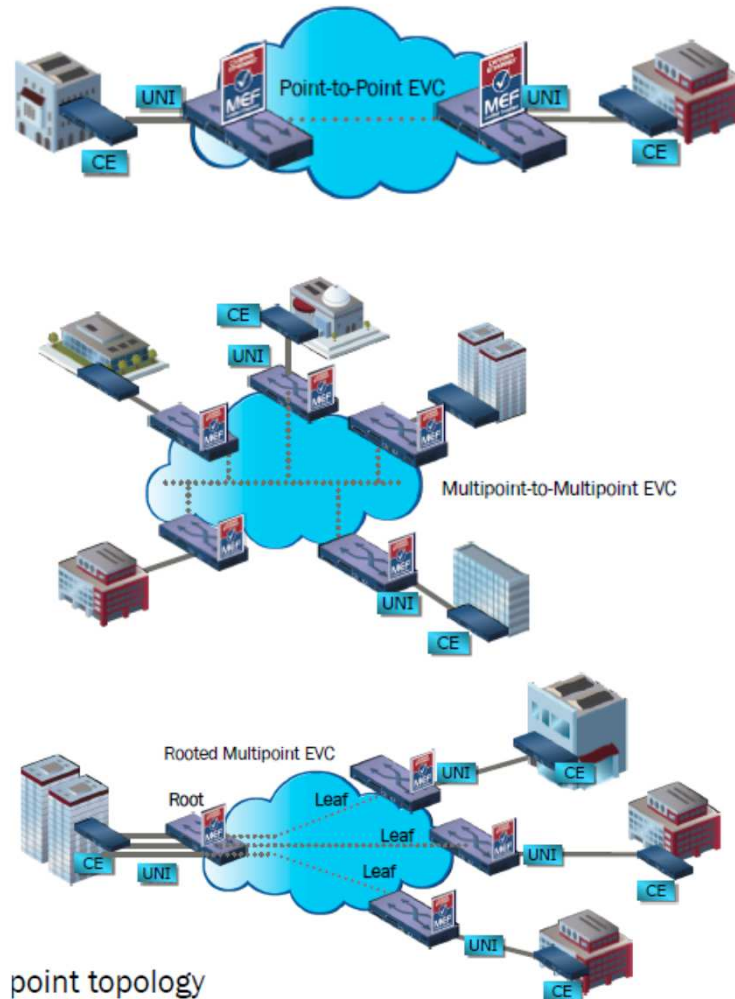
# Carrier Ethernet szolgáltatások


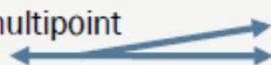

## (Metro Ethernet Forum)

---

- **Szabványos szolgáltatások**
  - E-Line, E-LAN, E-Tree
- **Skálázhatóság**
  - 1G és 10G a kisebb felbontású szolgáltatások összefogására is
- **Rendelkezésreállítás**
  - Hálózati támogatás és architekturális változatok a hibák felismerésére, behatárolására és kiküszöbölésére a szolgáltatás megszakadása nélkül (=hálózatvédelmi megoldások)
- **QoS**
  - Változatos opciók támogatása
- **Szolgáltatás menedzsment**
  - Centralizált menedzsment a állapotmonitorozásra, -kiértékelésre és beavatkozásokra szolgáltatói kategóriájú OAM eszközkészlettel

# MEF Ethernet szolgáltatások



MEF Service	Provides
E-Line	Point-to-point EVC 
E-LAN	Multipoint-to-multipoint EVC 
E-Tree	Rooted Multipoint EVC 

- **E-line: P2P,**
  - EPV mint a TDM bérelt vonal,
  - VPL mint FR vagy ATM
- **E-LAN: MP2MP**
  - L2 VPN, transzparens LAN szolgáltatás
- **E-Tree: P2MP, rooted MP**
  - végpontok szerinti forgalom-szétválasztás
  - Hub and Spoke



# Szolgáltatói kategóriájú Ethernet - áttekintés

	MPLS	MPLS-TP	PBB	PBB-TE
Network Services	Multiservice IP, L2 Carrier Ethernet and L3 VPNs Services	Transport-level Carrier Ethernet Services	L2 Metro and Aggregation Carrier Ethernet Services	Carrier Ethernet Services Over PBB Networks
Carrier Ethernet Services	E-Line (VLL) E-LAN (VPLS)	E-Line (VLL) E-LAN (VPLS)	E-Line E-LAN	E-Line
Standard Status	Mature IETF Standards	IETF Work in Progress	IEEE 802.1ah (2008)	IEEE 802.1Qay (2009)
Widely Implemented	✓	Not Yet	Limited	Limited
Widely Deployed	✓	Not Yet	✓	✗
Market Trend	✓	✓	✗	✗
Future Development	Point-to-multipoint LSP Extensions Extensions to OAM TE for Multi-area/ Multi-AS	Framework OAM	✗	✗