

Ethernet – első rész

Moldován István



- A *lokális hálózat* azonos szinten elhelyezkedő gépek összességét jelenti.
 - Ezek az adatkapcsolati szintű működés szempontjából azonos jogú egységek. – logikai szinten
- Ezeket szokás *többszörös hozzáférésű hálózatok*nak is nevezni, mert több, azonos joggal rendelkező egység fér hozzá egy adott, közös elérésű erőforráshoz.
 - Ez például a sín topológia esetén maga a sín.
- Annak érdekében, hogy ehhez az elosztott erőforráshoz mindenki igazságosan tudjon hozzáférni, *elosztott protokollok* alkalmazása szükséges.

Az Ethernet őse: Aloha



BME-TMIT

- Hawai szigetek közti rádiózásra fejlesztették
- Több állomás egymással való beszélgetésére
- Algoritmus:
 - Ha van adat, elküldi
 - Vár a nyugtára. A vevők minden csomagot nyugtáznak
 - Ha nem jön ACK, az ütközést jelent. Random idő múlva újraküldi a csomagot

Az Ethernet fejlődése



BME-TMIT

Aloha

Az ős.

Slotted Aloha

Újítás: csak adott időpontokban küldhet (slots)

CSMA

CSMA = Carrier Sense Multiple Access
Újítás: Először ellenőrzi, hogy van-e adás, és csak akkor küld ha nincs

CSMA/CD

CD = Collision Detection

Újítás: Leállítja a küldést ha ütközést észlel (ilyen az Ethernet)

Hogyan kezdődött...



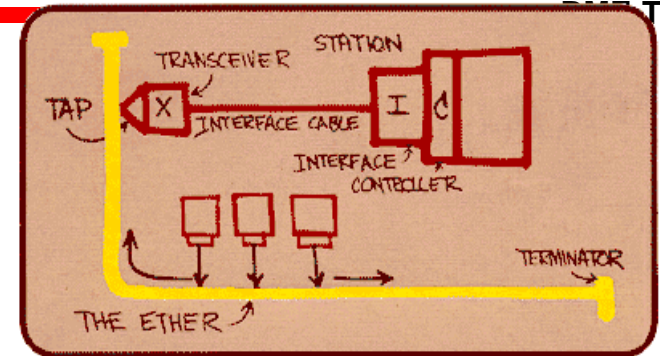
- 1972 Dr Robert Metcalfe

1976 az Ethernet nevet először használták

- Az eredeti DIX Ethernet V2 standard
 - 1982 (DEC-Intel-Xerox)

- Az IEEE 802.3

- 10Base-5 - 1983
- 10Base-2 - 1988
- 10Base-T - 1990









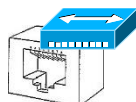
Az első Ethernet ábra

- Ethernet fejlődés –10 Mega után
 - 100BASE-TX (Fast Ethernet)
 - IEEE 802.3u: 1995
 - 1000BASE-X (Gigabit Ethernet)
 - IEEE 802.3z: Június 1998
 - 1000BASE-T (Gigabit on Copper)
 - IEEE 802.3ab Június 1999
 - 10 Gigabit Ethernet (IEEE 802.3ae)
 - IEEE 802.3ae 2002 nyarán

Ethernet az OSI Modellben



BME-TMIT

OSI MODEL		TCP / IP		Exchange Unit
7	 Application Layer Communication Type: E-mail, FTP, client/server...	FTP,	Application Protocol	APDU
6	 Presentation Layer Encryption, data conversion: ASCII to EBCDIC, BCD to binary...	HTTP, SMTP,		
5	 Session Layer Starts, stops sessions. Maintains orders.	DNS, Telnet	Session Protocol	SPDU
4	 Transport Layer Ensures delivery of entire file or message.	TCP, UDP		
3	 Network Layer Routes data to different LANs, WANs based on Network address.	IP (ICMP, ARP, RARP)	Packet	Frame
2	 Data Link (MAC) Layer Transmit packets from node to node based on station address.	Ethernet IEEE 802.3		
1	 Physical Layer Electrical signals and cabling.			

OSI = **O**pen **S**ystem **I**nterconnection

- Az Ethernet által lefedett rétegek:
 - Physical Layer (Layer 1) – teljesen lefedi
 - Data Link layer (Layer 2) – részlegesen lefedi

IEEE	Leírás
802.2	Logical Link Control (LLC) szabvány. Egy általános interfészt határoz meg a hálózati réteg (IP, IPX,...) és az adatkapcsolati réteg (Ethernet, Token Ring,...) közt
802.3	CSMA/CD hálózat specifikáció. Meghatározza a csomag formátumot, kábelezést és a jelzési rendszert.

IEEE 802 Csoportok

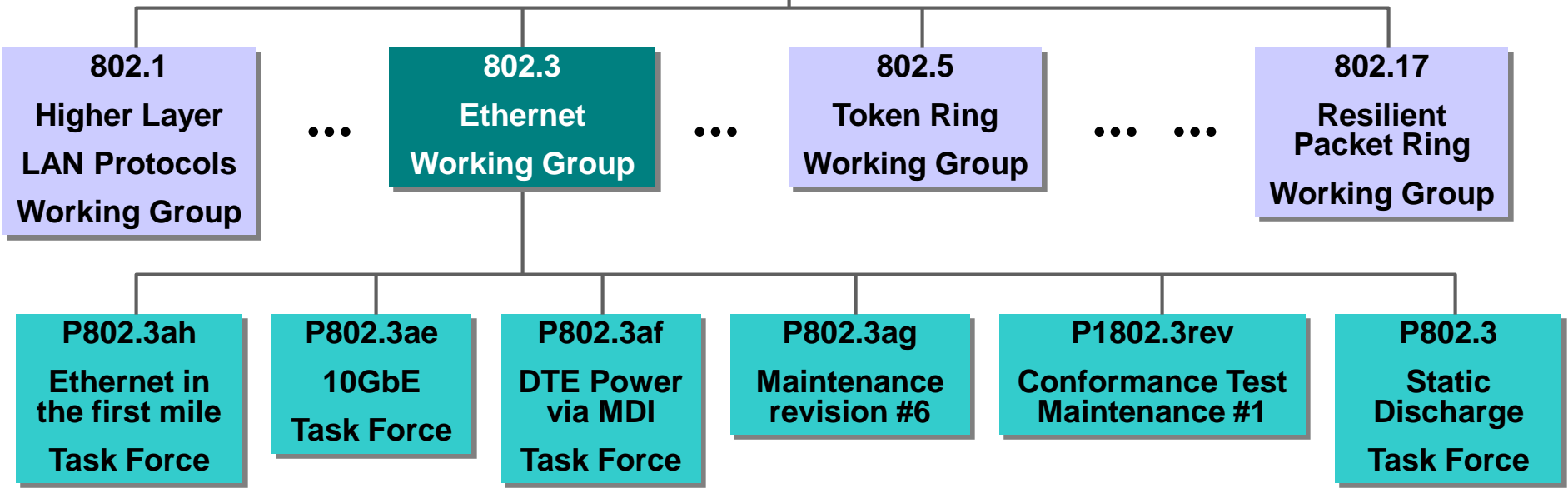


BME-TMIT



IEEE
Standard Boards

IEEE 802
LAN/MAN
Standard Committee

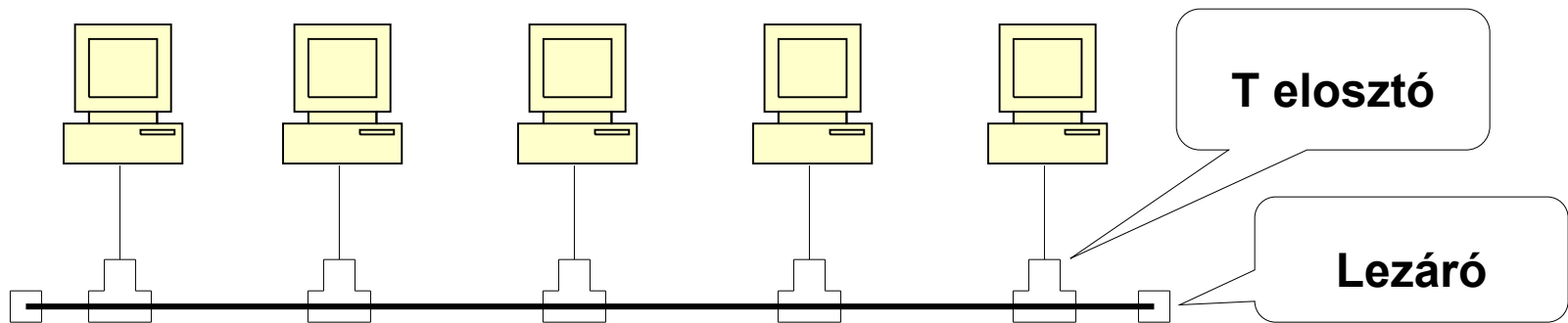


Fizikai kapcsolat típusok - 1



BME-TMIT

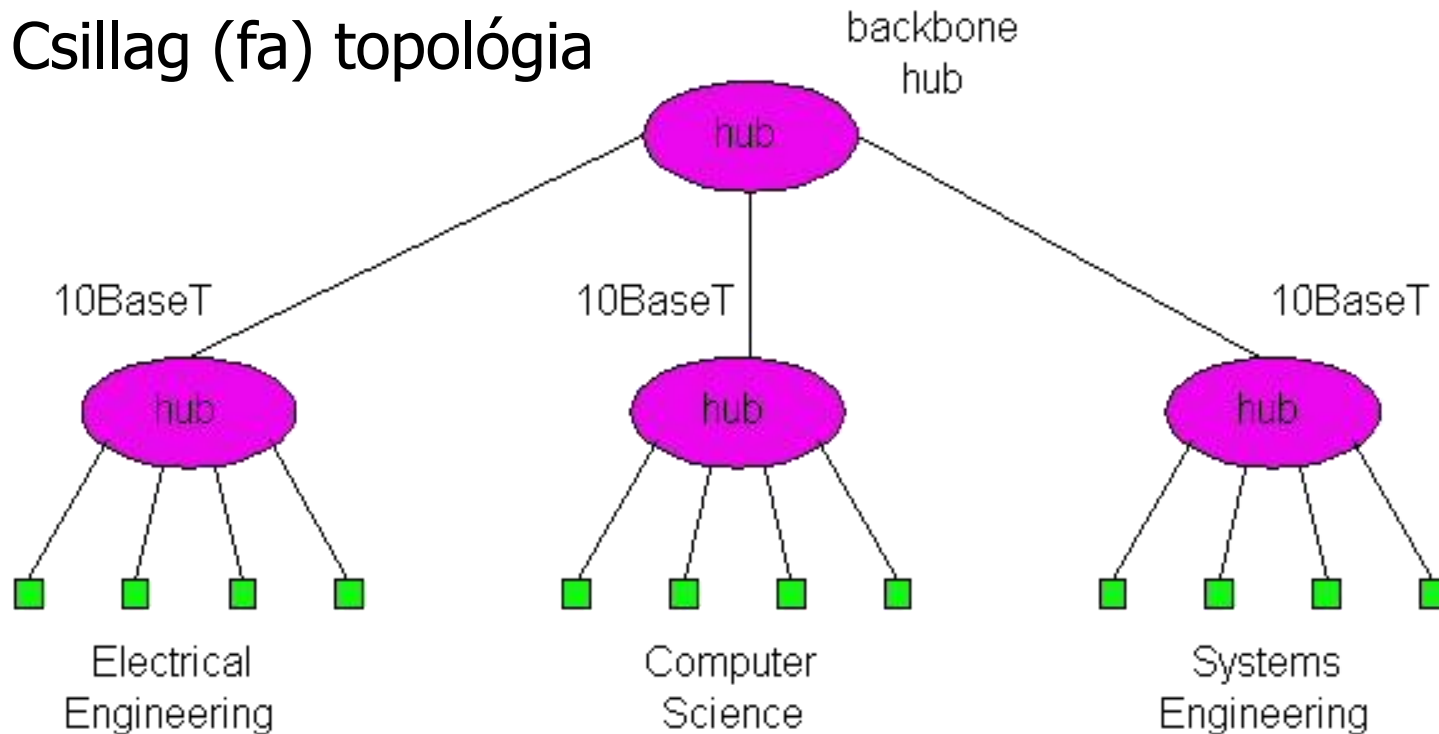
- Koax, vagy 10base2
 - 10: 10Mbps; 2: 200 méter max kábel hossz
 - Vékony koax kábelt használt, busz topológia
- Nagyobb távolság áthidalása:
 - repeater



Fizikai kapcsolat típusok - 2



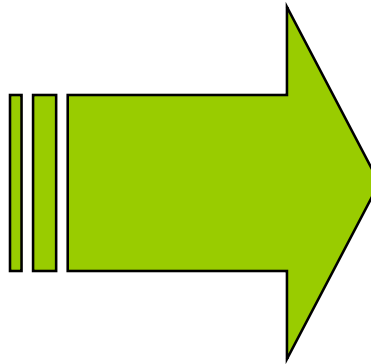
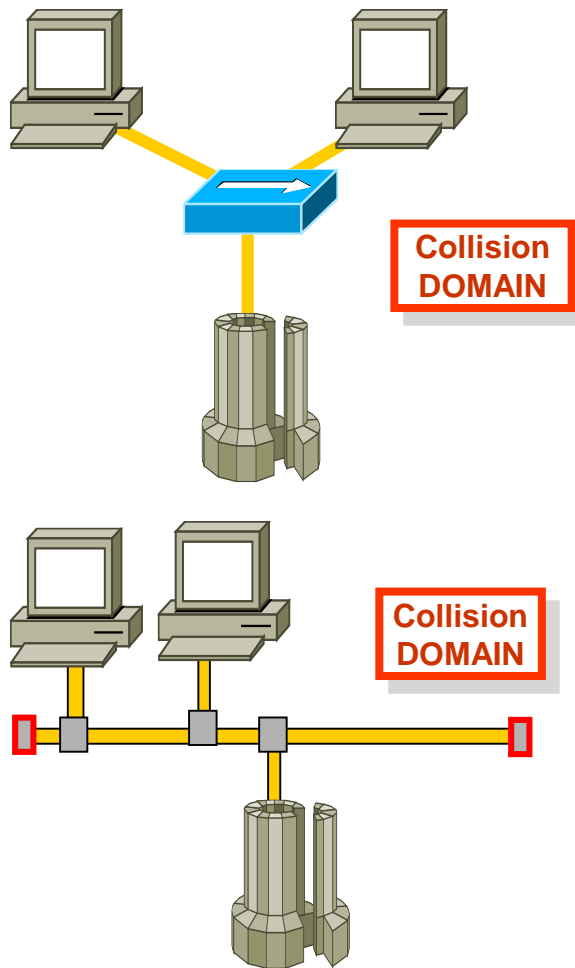
- 10BaseT és 100BaseT
 - 10 vagy 100 MBps
 - T: Twisted Pair, csavart érpár
 - Csillag (fa) topológia



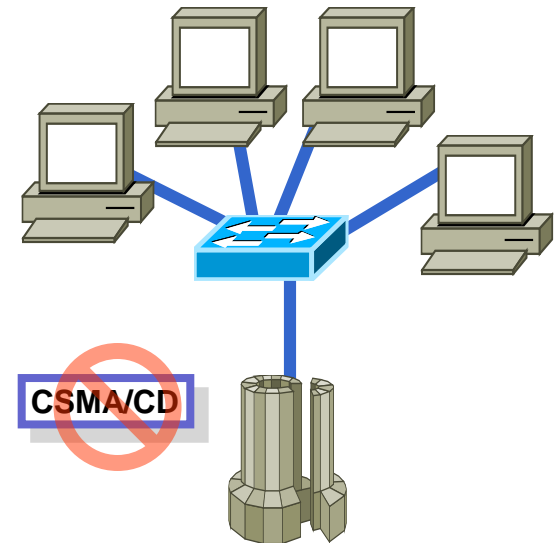
Nincs több ütközés!



BME-TMIT



FDX & Microsegmentation
Nincs ütközés



*L2+ Switching - Full Duplex
CSMA/CD nem kell*

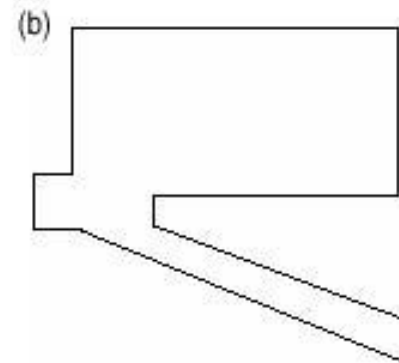
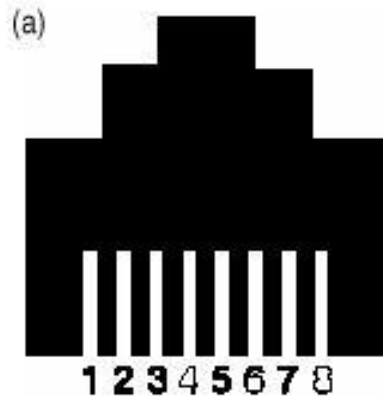
- GE: Gigabit
 - TX – csavart érpár
 - SX/LX/FX – üvegszál, különböző távolságok áthidalására
- 10GE
 - Csak üvegszál
- 802.11: WLAN
 - Ethernet az is!

UTP – Category 5



BME-TMIT

- RJ-45 dugasz



- **Láb kiosztás (10/100)**

- 1 TD+ (Transmit Data)
- 2 TD- (Transmit Data)
- 3 RD+ (Receive Data)
- 4 Nem használt

- 5 Nem használt
- 6 RD- (Receive Data)
- 7 Nem használt
- 8 Nem használt

- A GE mind a 8 szálát használja!

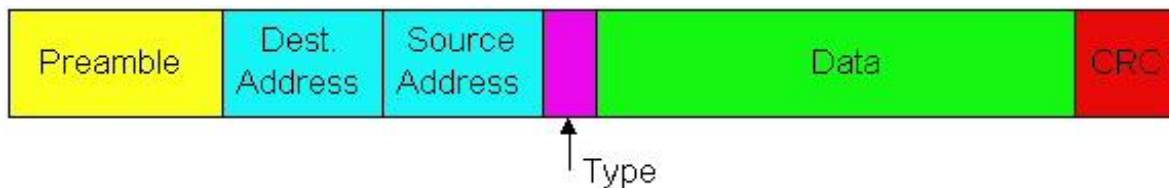
- Direkt kábel
 - A terminálok HUB-hoz való csatolására szolgál
 - A kábel mindkét vége ugyanúgy van bekötve
 - Figyelni kell hogy X- és X+ -t hasonló szín vigye
 - (pl. TD+ narancs-fehér, TD- fehér-narancs)
- Cross kábel
 - Két gép egymással csak keresztkábelben tud kommunikálni
 - A TD kivezetések az RD lábakra kell legyenek kötve

- Előnye a nagyobb távolságok áthidalásának lehetősége
 - Olcsóbb, gyors
 - Kiterjeszti a LAN hálózatot 100m –nél távolabbra
- Pont-pont típusú kapcsolat
- FX interfész, csatlakoztatás:
 - média átalakító
 - Bővíthető kapcsoló
- GE: GBIC/SFP

- Standard Ethernet formátumot használ
- Point-to-point és megosztott broadcast működést támogat
- Megosztott módban CSMA/CD-t használ
 - Csak rövid távolságot hidal át (<100m réz esetén.)
- Full-Duplex 1 Gbps sebességgel point-to-point linkeken
 - Általában üvegszálás média, nagyobb táv

- Általában a GE-képes eszközökben kiválasztható a fizikai médium
 - TX (réz), SX/LX/FX (üveg)
- GigaBit Interface Converter
 - Cserélhető, hot-swappable modul
- Small Factory Plug
 - Kisebb méretű átalakító

- Ethernet csomag fejlődés
 - I, II, 802.3 (802.2 SNAP az Ethernet II kompatibilitás miatt)
- IEEE 802.3 Data Link Control (DLC)



- A Preamble és CRC mezőket a hardver kezeli:
 - 7 bájttal 10101010 melyet egy 10101011 bájttal követ (szinkronizáció céljából szükséges)
- Az IEEE 802.3 kasznál LLC és SNAP keretezést

Csomag formátum - 3



BME-TMIT

- Címek: 6 bájtosak
 - A csomagokat minden állomás fogadja, de eldobja ha nem neki címezték
- Type mező: 2 bájt
- CRC: 4 bájt, a vevő ellenőrzi és eldobja a csomagot, ha hibát detektál
- Data: maximum 1500 bájt, minimum 46 bájt
 - Maximum 9000 bájt GE esetén

Csomag formátum - 3



BME-TMIT

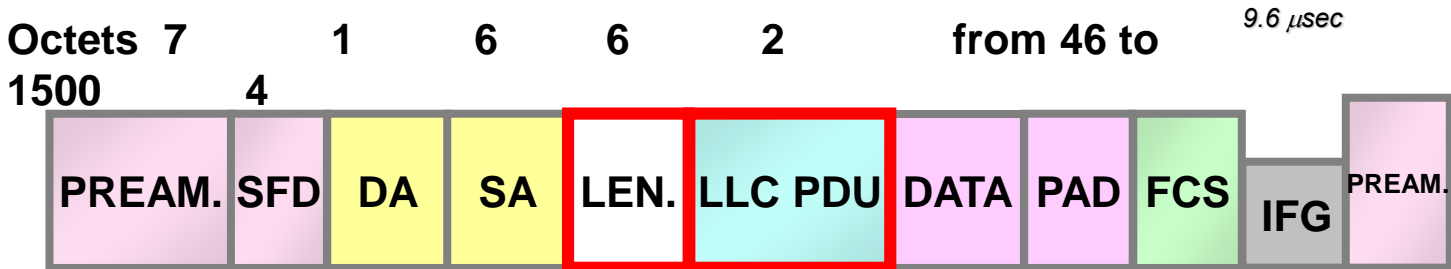
E.g. 0800 IPv4
86DD IPv6
0806 ARP
...

MTU	FR	4470
	FDDI	4500
	ATM	9180
	Ethernet	1500

Ethernet V2



IEEE 802.3



802.2 LLC
802.2 SNAP

Megkülönböztethető a V2 és 802.3

Maximum Frame Size az 1518 (decimal), vagy 0x05EE Hex
EthernetV2 Ethertype mindig nagyobb mint 0x05EF

<http://www.iana.org/assignments/ethernet-numbers>

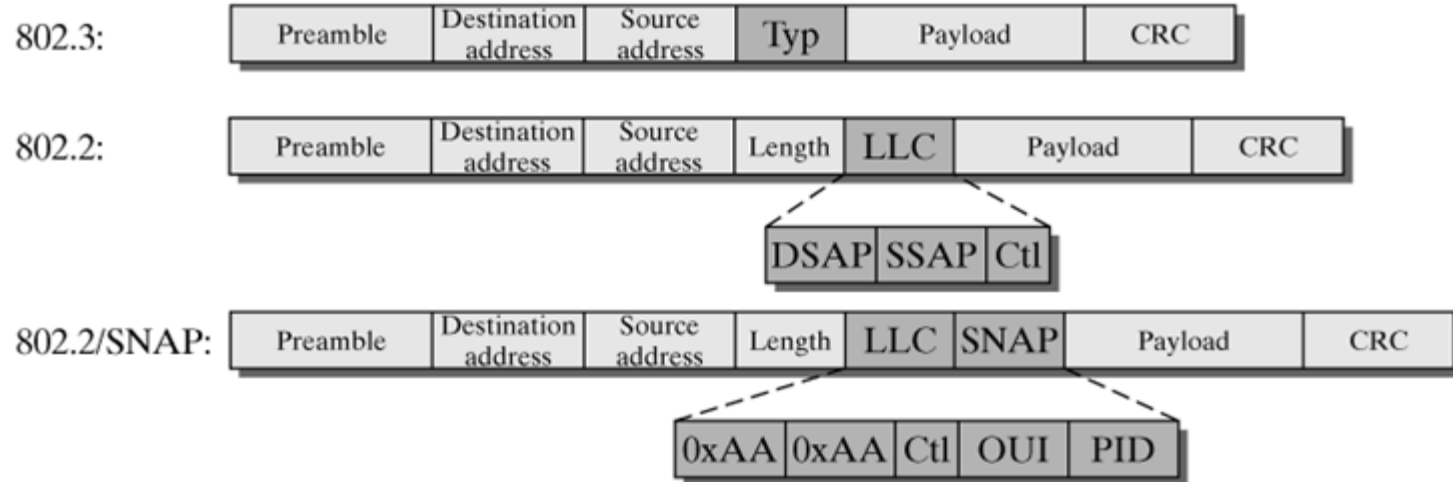
- **Logical Link Control (LLC) Feladatai:**
 - **MAC szintű protokoll multiplexálás/demux**
 - **opcionálisan flow control, csomagvesztés esetén újraküldés kérések**
- Service Access Point (SAP) mező szerinti szétválasztás
 - Source és Destination SAP
 - Control
 - **Több működési mód**
- **Subnetwork Access Protocol (SNAP)**
 - Még több protokoll multiplexálására (8 bit nem elég)
 - Az 0xAA és 0xAB SAP SNAP fejléceket jelent
- Mivel az LLC/SNAP 8 byte overhead-et jelent, az IETF szabvány kimondja, hogy az IP/ARP csomagokat Ethernet esetében Ethernet II keretformátummal kell küldeni

Az LLC/SNAP fejléc



LLC variant

MAC and LLC frame formats



IEEE Organizationally Unique Identifier (OUI)

000000, a protocol ID = Ethernet type (EtherType)

más OUI érték más szervezet protokoll ID-je

Protocol Identifier – PID

EtherType, vagy az OUI által kiosztott

Keret továbbítás



BME-TMIT

Egyedi MAC címek

0000.0012.3456

VENDOR Code „OUI“
24 Bits

Egyedi számok
24 Bits

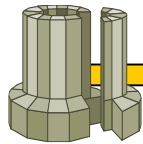
E.g. Alcatel: 00-11-3F
Xerox: 00-00-00

Burned-In Address (BIA):

- Locally Administered Address (LAA)
- Universally Administered Address (UAA)

Elméletileg ez 281,474,976,710,656 cím
Mindenkire 56,000 MAC cím jut!

Direkt címzés: **UNICAST**



FRAME

A PC MAC címére
címezve

0000.0000.0001

0000.0000.0002

*Kivétel:
NIC promiscuous módban*

FRAME

0000.0000.0002

Ez nekem
szól...

http://coffer.com/mac_find/
<http://standards.ieee.org/regauth/oui/index.shtml>

- HUB
- Switching HUB
- Bridge
- Switch
 - Menedzselhető
 - Nem menedzselhető

- Fizikai szintű ismétlő eszköz
 - Bit szinten ismétli a csomagot
- Több egyidejű küldő: ütközés
 - Tehát a „collision domain” megmarad
- A HUB-okat általában hierarchikusan, fa topológiába kapcsolják
 - Uplink: általában cross-connect kábelrel csatlakozik
 - Az összes csomagot minden állomás megkapja

HUB – előnyök, hátrányok



BME-TMIT

- Minden HUB portra kapcsolt LAN egy ***szegmens***
- Minden állomás ütközhet a kollíziós terület bármely tagjával
 - Ez rontja a hálózat teljesítményét
 - Csökkenti a skálázhatóságot
 - Mindenki látja a többiek forgalmát
- Különböző médiák nem kapcsolhatók össze
 - Pl. ha van 10Mbps állomás a rendszerben, a teljes sebesség visszaesik 10-re

- Egy „okosabb” HUB
- Megtanulja a hozzá kötött eszközök címeit (MAC vagy IP), és csak oda küldi a csomagokat
- Előnyök:
 - jobban skálázható
 - biztonságosabb
 - Az ütközési valószínűséget lecsökkenti, de nem szünteti meg

- Link Layer eszközök: megvizsgálják a MAC fejléceket és szelektíven továbbítanak
- Elválasztják az ütközési zónákat:
 - puffereklik a csomagokat
 - Csak a megfelelő szegmensre továbbítanak
- A célszegmensen CSMA/CD-t használnak a hozzáférésre
- A puffereklés lehetővé teszi különböző médiák/sebességek összekapcsolását

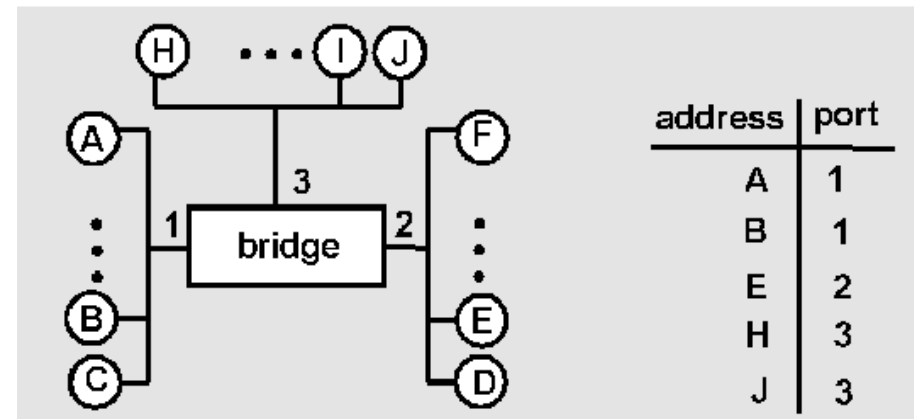
- Cél: traszparens működés
 - Automatikus, plug-n-play működés
 - Automatikus konfigurálás
 - A létező LAN-okkal való együttműködés
- Három fő funkcionális:
 1. Csomag továbbítás
 2. MAC cím tanulás
 3. Hurok elhárítás: Spanning Tree algoritmus

- Megtanulják, hogy mely MAC címet melyik porton érik el: szűrési táblák
 - A beérkező csomagnak kiolvassa a forrását
 - Bejegyzi a szűrési táblába a megfelelő port-al
- Minden bejegyzéshez tartozik egy időbélyeg
 - {MAC cím, port, idő}
 - A bejegyzések az idő lejártával törlődnek
- Működés:
 - Ha van bejegyzés, oda továbbít
 - Ha ugyanaz az interfész, eldobja a csomagot
 - Ha nincs bejegyzés, broadcast

MAC cím tanulás - példa



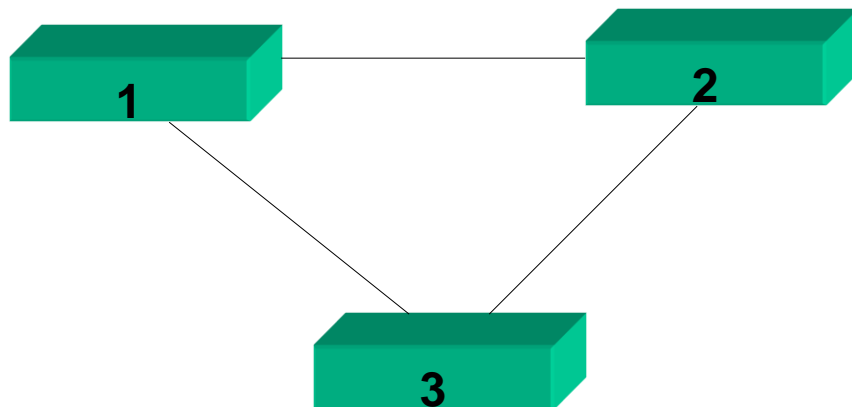
- C küld D-nek
 - A bridge broadcast-ol a 2 és 3 interfészeken
 - A 3. interfészen mindenki eldobja
- D válaszol
 - A bridge már tudja C helyét, csak az 1.-es szegmensre küldi



Redundancia - hurok



BME-TMIT



1. Az első bridge kap egy csomagot. Továbbítja 2 es 3 felé
2. 2 a csomagot továbbítja 3 felé,
3. ugyanakkor 3 továbbítja 2 felé
4. 2 es 3 a csomagokat továbbítják 1 felé
 - ez egy hurok, végtelen körforgás

- Célja a hurok elkerülése
 - Induláskor fa topológiára korlátozza a fizikai topológiát
- Tanuló bridge alapú
- A csomagok kizárólag a fa mentén közlekednek
 - a gyökér irányában, ameddig a cél MAC cím egy más interfészhez nem tartozik
- 802.1D, 802.1w

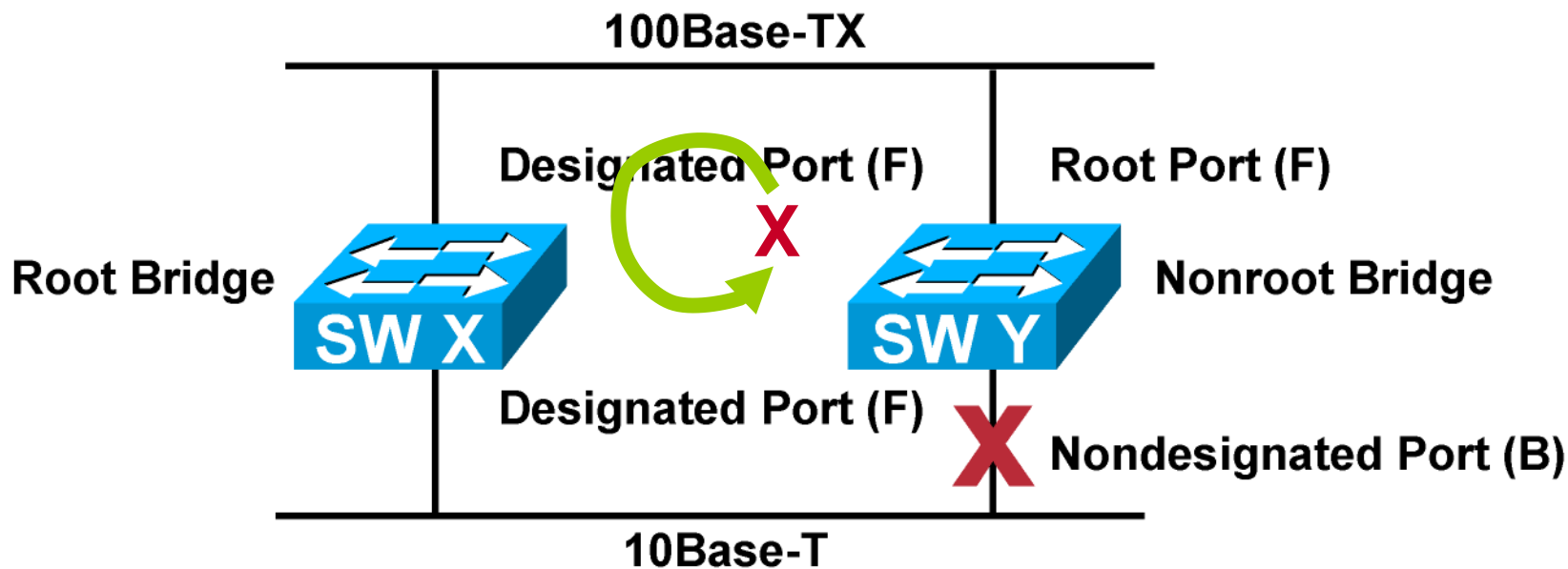
Spanning Tree Alapok



BME-TMIT

Hurok mentes

- Egy root bridge egy hálózatban
- Egy root port minden nem-root bridge-n
- Egy „designated port” minden szegmensre
- Az összes többi port blokkol

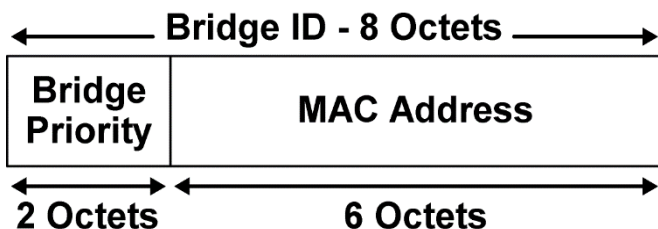


Bridge Protocol Data Unit



Bytes	Field
2	Protocol ID
1	Version
1	Message Type
1	Flags
8	Root ID
4	Cost of Path
8	Bridge ID
2	Port ID
2	Message Age
2	Maximum Time
2	Hello Time
2	Forward Delay

- a BPDU-k feladata:
 - root bridge választás
 - Hurok felderítés
 - Blokkolás a hurok elkerülésére
 - Értesíteni a hálózatot a változtatásokról
 - A spanning tree monitorozása



IEEE 802.1t - bővítések
Priority = Pri; VLAN ID

Link Speed	Cost (Revised IEEE Spec)	Cost (Previous IEEE Spec)
10 Gbps	2	1
1 Gbps	4	1
100 Mbps	19	10
10 Mbps	100	100

STP algoritmus - 1



BME-TMIT

- A kapcsolók először kiválasztanak egy gyökeret (*Root Bridge*)
 - a legkisebb MAC címmel vagy ID-vel rendelkezőt
- a gyökérből kiindulva kiépítik a fát
 - minden port rendelkezik egy árral (*Port Cost*)
 - a fa kiépítésekor a legkisebb árral rendelkező útvonalat választja
- a fa kiépülése után megtanulja a címeket
 - 15 másodperc tanulási idő

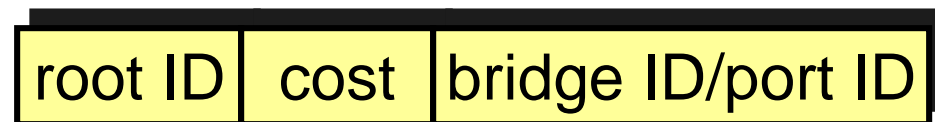
- Bridge ID
 - Alapértelmezett értéke a MAC cím
 - állítható

- Portonkénti ár (**Port Cost**)
 - Alapértéke a sebességtől függ
 - Manuálisan beállítható

STP algoritmus - 2



- Először minden bridge azt feltételezi hogy ő a root
 - BPDU üzenetet küld a következő tartalommal:



Root bridge ID (amit gondol)

Root cost

Saját bridge ID

- Első BPDU: (B, 0, B)

STP algoritmus - 3



- A Root bridge a legkisebb ID-vel rendelkező bridge lesz.
 - Ha egy kapcsoló kisebb ID-vel rendelkező BPDU-t kap R-től, elfogadja root-nak, és a következő BPDU-t továbbítja:



- Ahol B a saját ID és cost a *Port Cost*-ok összege R felé
- 15 másodperc van a topológia kialakítására

STP algoritmus - 4

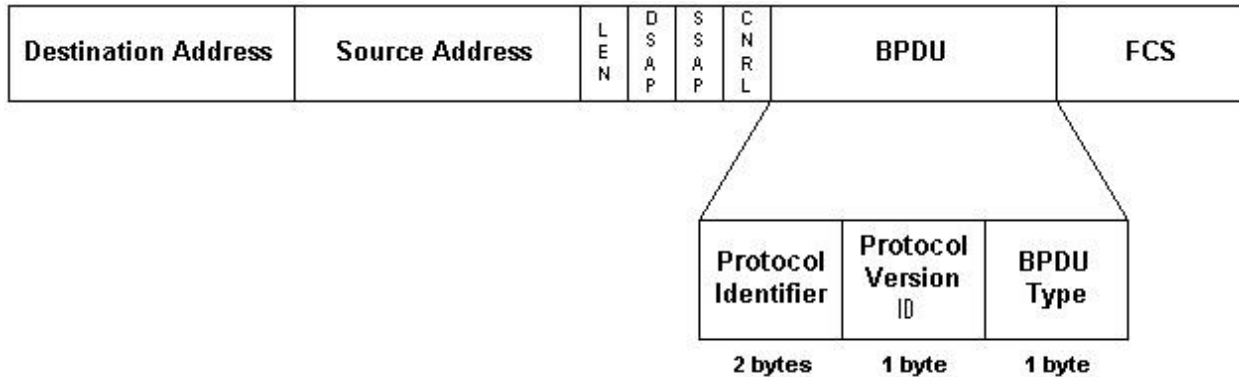
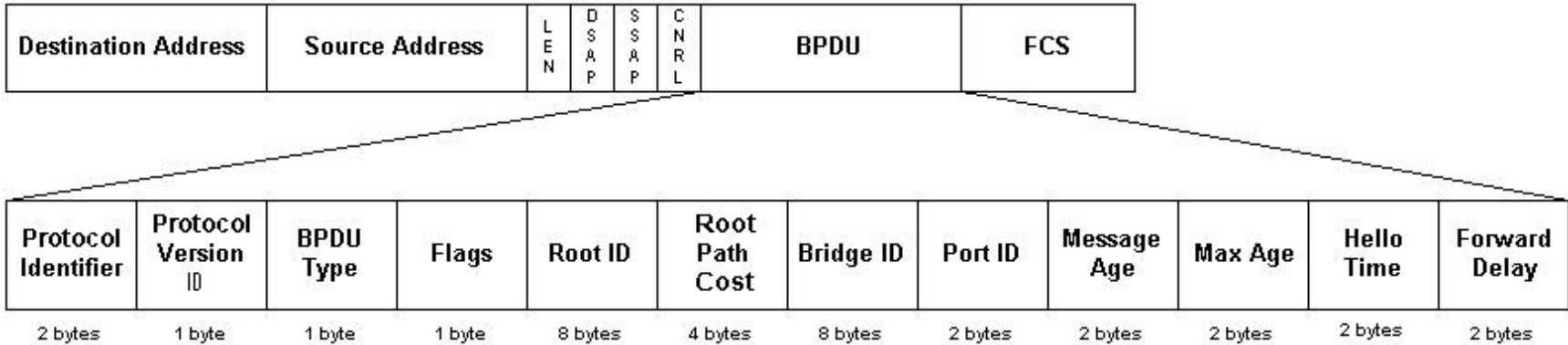


BME-TMIT

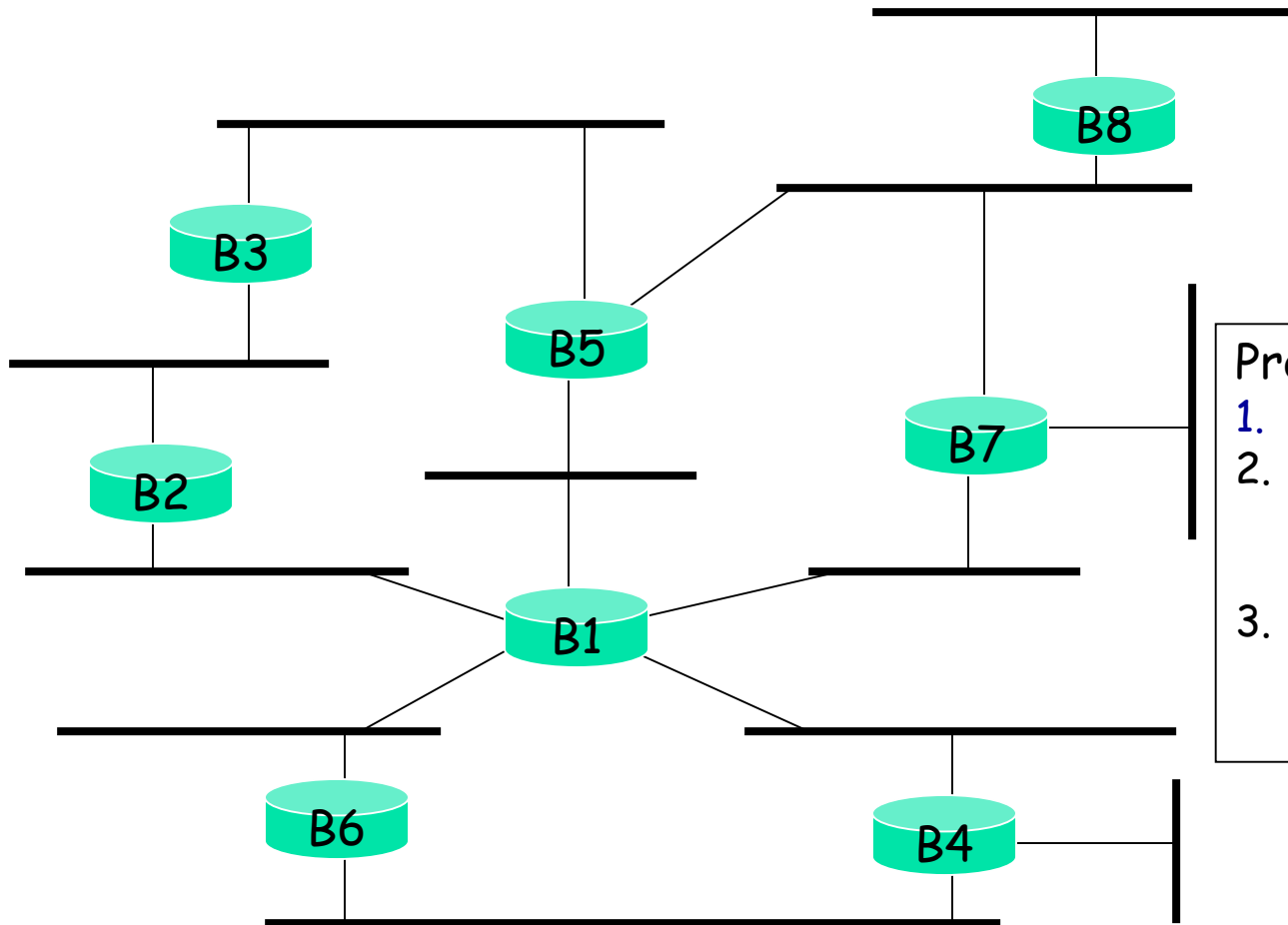
- Az interfész amelyen a Root Bridge-t éri el, a *Root Port* lesz
- Az a bridge, amely egy LAN-t szolgál ki a root fele, a LAN *designated bridge*-e lesz
 - A designated bridge portja *forwarding state*-be kerül
- Az összes többi, topológiában részt nem vevő interfész blokkolni fog (*blocking state*)
- Létezik egy adminisztratív kikapcsolt állapot is, a *disabled state*

- Az STP-t úgy tervezték, hogy a topológiában bárhol lehetnek HUB-ok
 - Pl. egy HUB 2 bridge-hez kötve
- Figyelembe kellett venni a médium hozzáférés szempontjából is
 - Full duplex linknél ezt nem kell nézni

Bridge BPDU-k



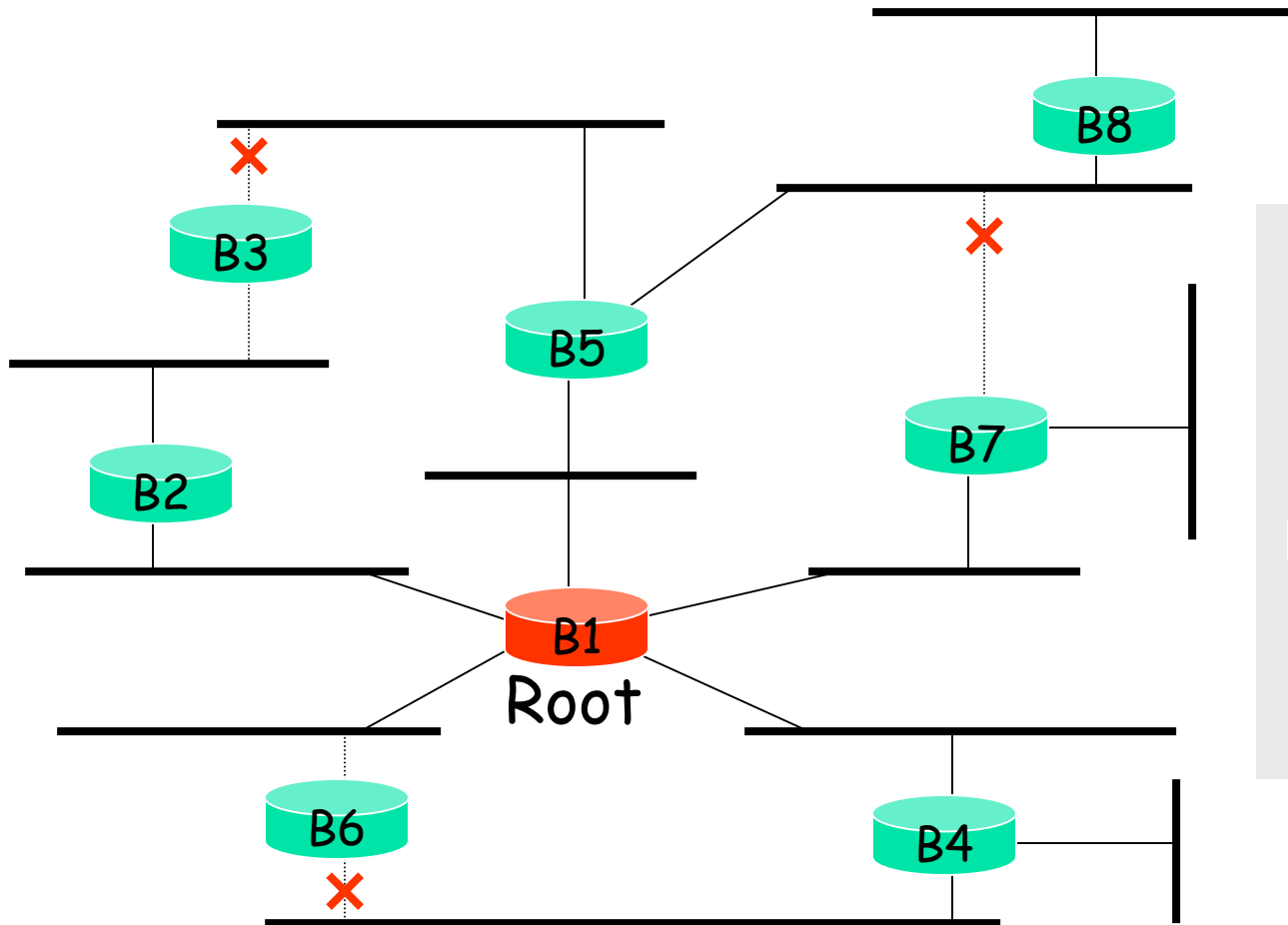
Példa – Fizikai topológia



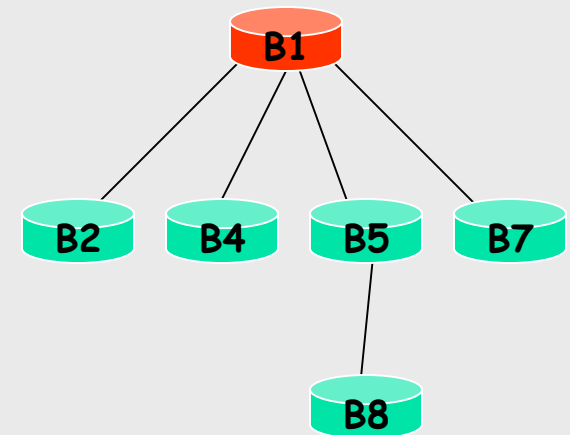
Protocol működés:

1. **Root** kiválasztás
2. minden LAN-ra kiválasztja a **designated** bridge-et, a legközelebbit a root-hoz.
3. Minden bridge a **root** fele a **designated** bridge-en keresztül küld.

Példa – STP Topológia



Spanning Tree:



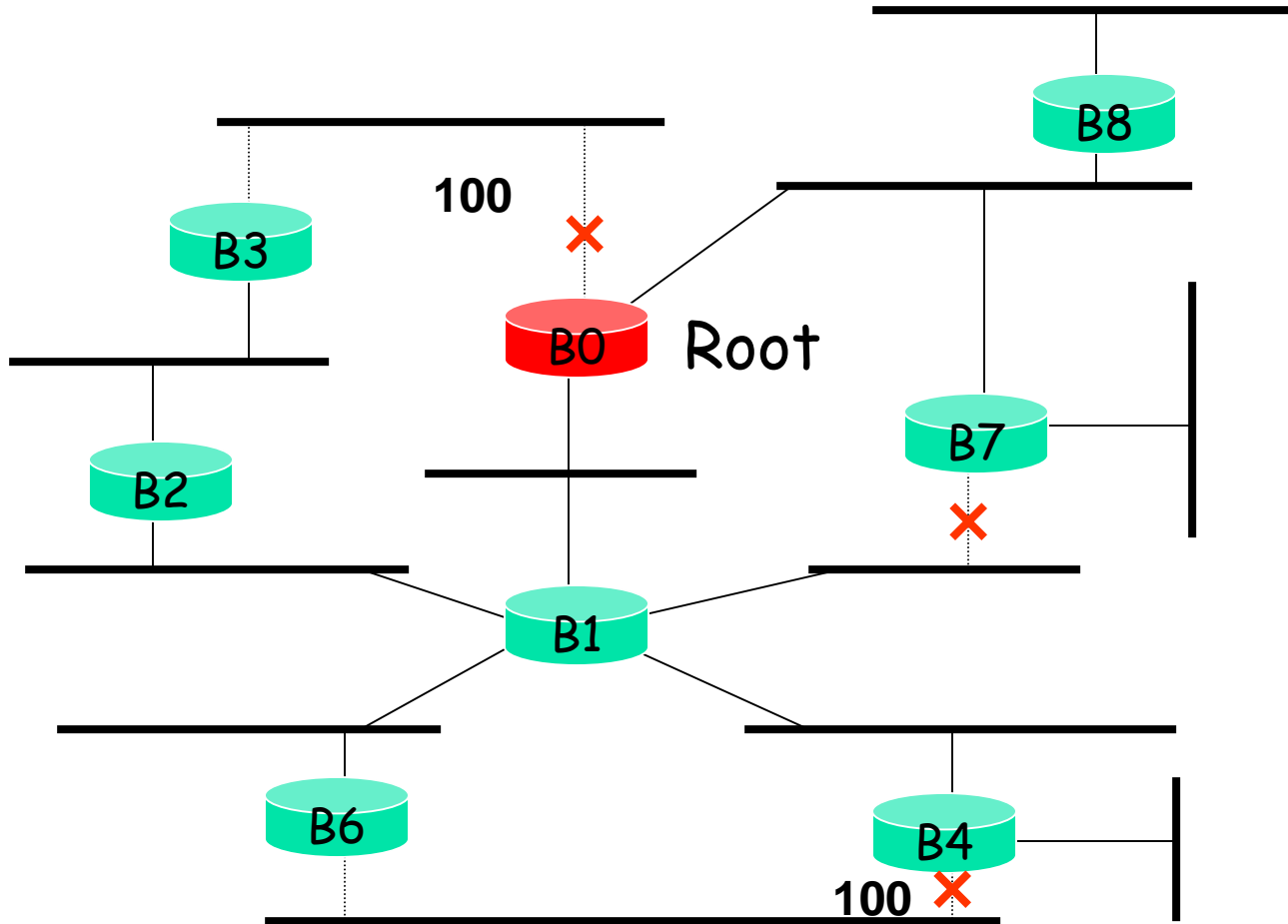


- A bridge ID manuális beállításával megválaszthatjuk a root-ot
 - Általában célszerű megválasztani
- A Port Cost-ok meghatározásával megváltoztathatjuk a kialakuló fát
 - Csak indokolt esetben érdemes átállítani
 - Hiba esetén a rossz beállítás szuboptimális topológiához vezethet

Példa – Módosított STP Topológia



BME-TMIT



- Minden porton periodikusan HELLO üzeneteket küldenek
- 2 HELLO üzenet elmaradása hibát jelent
 - A bridge-ek újraszámolják a topológiát
 - Ha van blokkolt port akkor azt fogja használni
- Hiba detektálható link szakadásból is
 - Gyorsabb
 - De ez nem elég, szoftver hibát nem detektál

802.1w - Rapid STP alapok

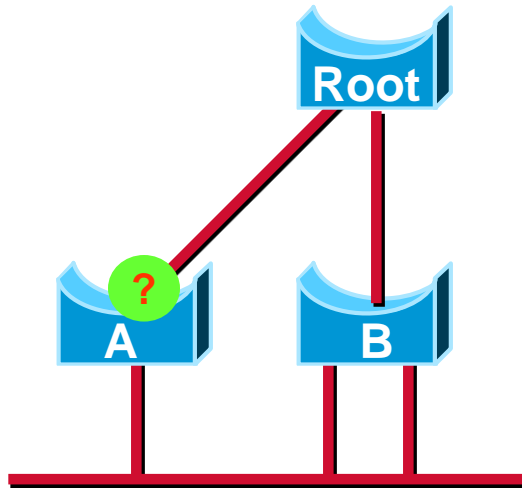
- Újabb IEEE protocol (802.1w)
Kompatibilis a 802.1D-1998-al
- Gyorsabb konvergencia & Timer független
 - CSAK point-to-point FDX Link esetén
 - CSAK ha az edge portok helyesek
 - CSAK ha 802.1D együttműködés nem kell
- Gyártók egyedi megoldásait tartalmazza
- Újítások:
 - új Port Role
 - Más BPDU
 - BPDU kezelés
 - Gyors port állapotváltás
 - Új topologia kialakítás
 - PVST+/802.1D kompatibilitás



RSTP Port Állapotok



BME-TMIT



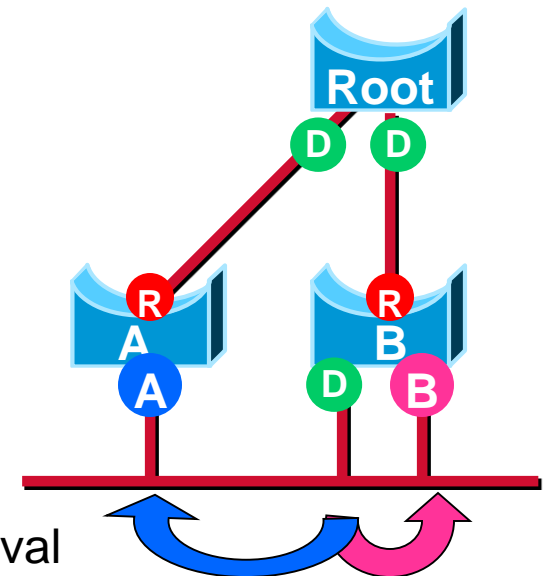
STP 802.1D	RSTP 802.1w	Active ?	Learning ?
Disabled	Discarding	No	No
Blocking	Discarding	No	No
Listening	Discarding	No	No
Learning	Learning	No	Yes
Forwarding	Forwarding	Yes	Yes

- RSTP szétválasztja a Port Szerepét és Állapotát
- RSTP csak 3 Port állapotot tartalmaz:
 - DISCARDING
 - LEARNING
 - FORWARDING

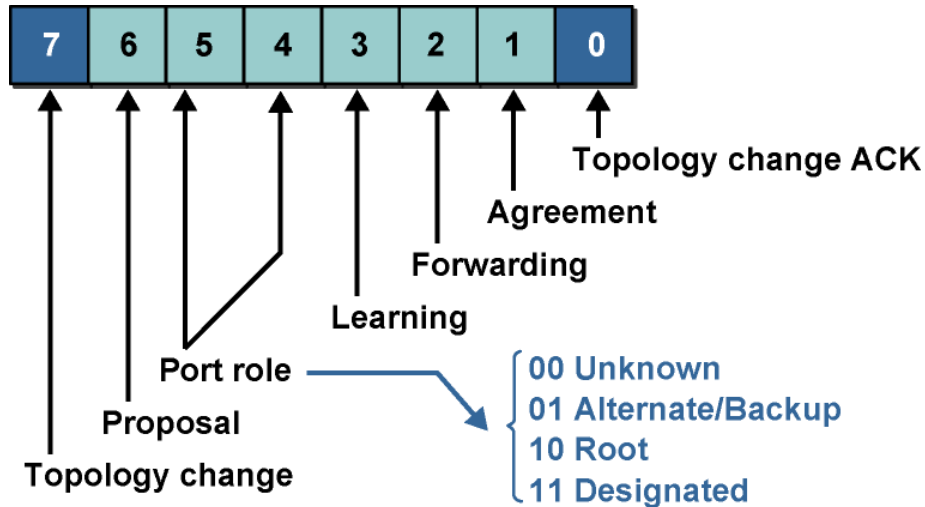
RSTP Port Roles



- R** Root Port (Fwd):
Az a port amely a legjobb BPDU-t kapja
– shortest path a Root irányába a cost függvényében
- D** Designated Port (Fwd):
A port amely a legjobb BPDU-t küldi egy segmensen
- A** Alternate Port (Disc):
Más bridge BPDU-k által blokkolt port
– redundáns út a Roothoz
- B** Backup Port (Disc):
Port blokkolva ugyanazon bridge által küldött BPDU-val
– redundáns út egy segmenshez



RSTP BPDUs



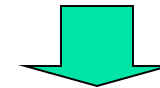
IEEE 802.1d/w BPDUs have the following layout:

```

protocol id: 0000 IEEE 802.1d
version id:  00 -> 02
bpdu type:   00 config bpdu, 02 RSTP bpdu
             80 tcn bpdu
bit field:   1 byte
 1 : topology change flag
 2 : unused  0 Agreement
 3 : unused  0 Forwarding
 4 : unused  0 Learning
 5 : unused  0 Port Role
 6 : unused  0 Port Role
 7 : unused  0 Proposal
 8 : topology change ack
root priority 2 bytes
root id:      6 bytes
root path cost: 4 bytes
bridge priority: 2 bytes
bridge id:    6 bytes
port id:      2 bytes
message age:  2 bytes in 1/256 secs
max age:      2 bytes in 1/256 secs
hello time:   2 bytes in 1/256 secs
forward delay: 2 bytes in 1/256 secs
    
```

- Minden bridge hello_time indőnként BPDUs-t küld
- Port állapot érvénytelenítődik 3 x hello_time max idő alatt
 - i.e. 3 BPDUs elvesztése

802.1D eldobják a 802.1W BPDUs-kat

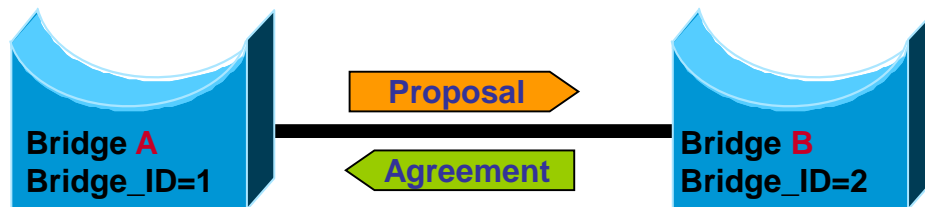


Együttműködés + RSTP előnyök elvesztése

Gyors átmenet Forwarding-ba

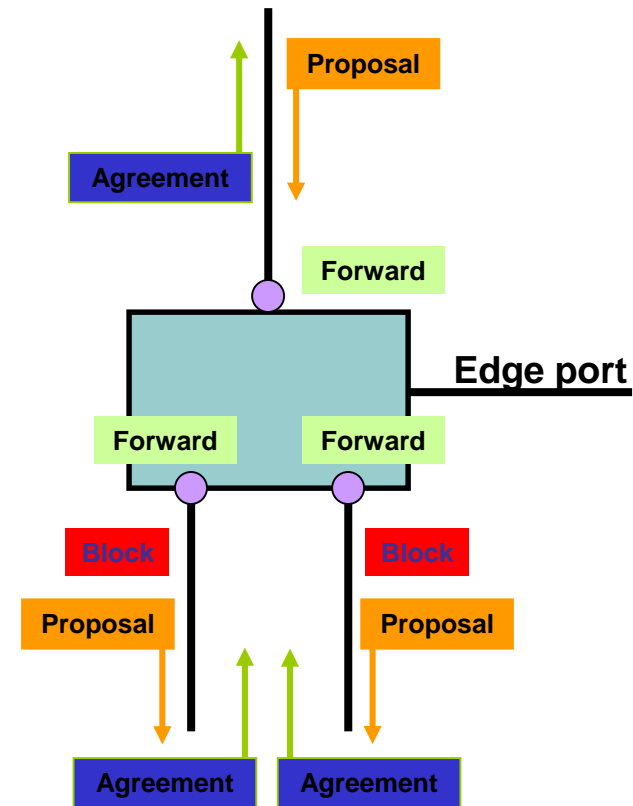


BME-TMIT



- Amikor egy port bekapcsol,
 - A bridge egy BPDU-t küld **proposal** flag-el hogy designated legyen a segmensen
- A válasz egy
 - BPDU **agreement** flag-el ha a távoli bridge elfogadja
- **Amint megérkezik az agreement - forwarding**

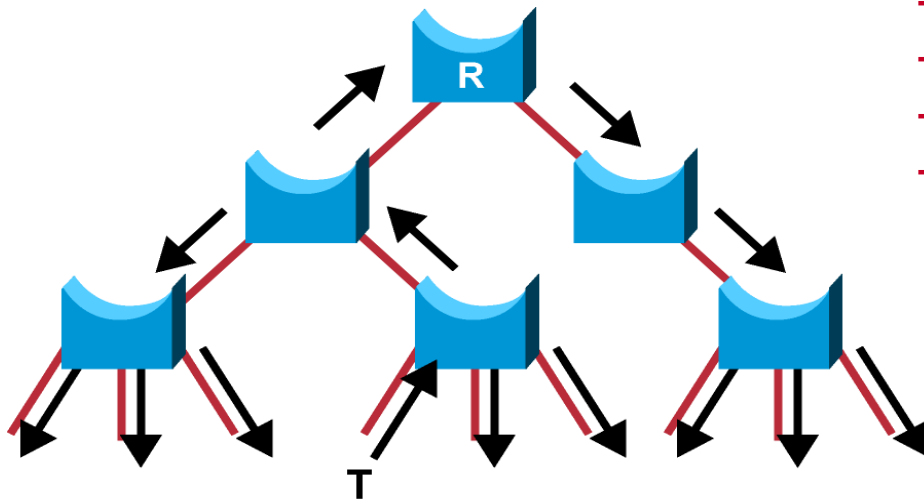
- Proposal érkezés
 - Blokkol minden nem edge port
- Visszaküld egy agreementet
 - Az új port forwarding állapotba kerül
- A többi porton proposal küldés
- Agreementek fogadása
 - Portok forwarding módba



RSTP Topology Change



BME-TMIT



- + Port on which the TCN was received is not flushed
- + Edge ports are not flushed
- +/- Flooding but connectivity restored immediately
- + No need for proxy multicasts

- TC csak azon a linken amely **forwarding-be megy**
- A kezdeményező küldi (nem a Root) és a szomszédok továbbítják az **aktív topológia mentén**
- TC bit 2 x hello time időre
- **Azonnal törli a CAM táblát**

- a reakcióidő lecsökkentésére találták ki
- a STP protokoll továbbfejlesztett változata
- működése nem időzítőkön alapul
- új port állapotokat vezet be a gyorsabb átkapcsolás érdekében
- a HELLO üzenetek sűrűségét is megnövelték
- 802.1w – később 802.1D-2003-ként már minden eszköznek kötelező

- Proposal-agreement módszer
 - a jobb útvonallal rendelkező kapcsoló felajánlja az útvonalat
 - a legjobb ajánlatot fogja elfogadni
- A topológia helyreállása nem függ időzítőtől
- Több kapcsolón keresztül is működik

- A root, forwarding, blocking állapotok mellett a bridge még a következő állapotokat ismeri:
- Alternate port
 - Alternatív útvonal hiba esetén a root felé
- Backup port
 - Egy párhuzamos útvonal egy olyan LAN felé, melynek designated bridge-e
- Új topológia kialakulásakor ezek a portok kapcsolnak be

- Az új topológia kialakulása nem timer függő, de topológia függő
 - Nincs korlát – csak az időzítő (STP-ből)
 - Nagy topológia esetén lassú lehet
- Terhelés megosztás továbbra sem lehetséges
- A tanulási fázis nem csökkent le
 - Bár a táblák ürítésére megoldást ad

- Layer 2 továbbítás – MAC címek alapján
- Megtanulja a MAC címeket akár a bridge
- Erőssége a store-and-forward működés amely egyidejű továbbítást végezhet különböző portok között
 - Nincs ütközés
 - Nagy sebességű *backplane*
- Nagyszámú interfész
 - Különböző sebességek/médiumok

- A nagyobb teljesítményű kapcsolók egyben bridge-ek is
 - Támogatják az STP protokollt
- Típusok
 - Nem menedzselhető:
 - irodai célokra, HUB-ok összekapcsolására kiváló
 - Nem támogatja az STP protokollt, sem a VLAN-okat (jövő óra)
 - Menedzselhető
 - VLAN és STP támogatás
 - Menedzsment interfész
 - L2/L3

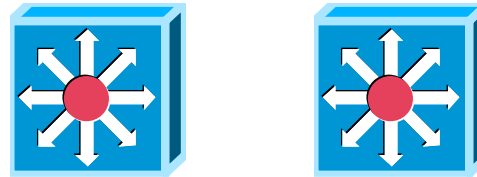
- Egyes kapcsolók képesek pont-pont módban működni
 - Nincs ütközés
 - Full duplex kapcsolat
 - Nagyobb elérhető sávszélesség
- Beállítható
 - Kapcsolók között
 - Kapcsoló és munkaállomások között

- Hierarchikusan



Router

Nagy teljesítményű,
multiservice kapcsoló



SWITCH, Bridge



HUB



- O'Reilly ***Ethernet: The Definitive Guide***
 - by Charles E. Spurgeon
- IEEE 802.3 szabvány
- Cisco – Understanding STP, RSTP

Folytatása következik



Budapest University of Technology and Economics

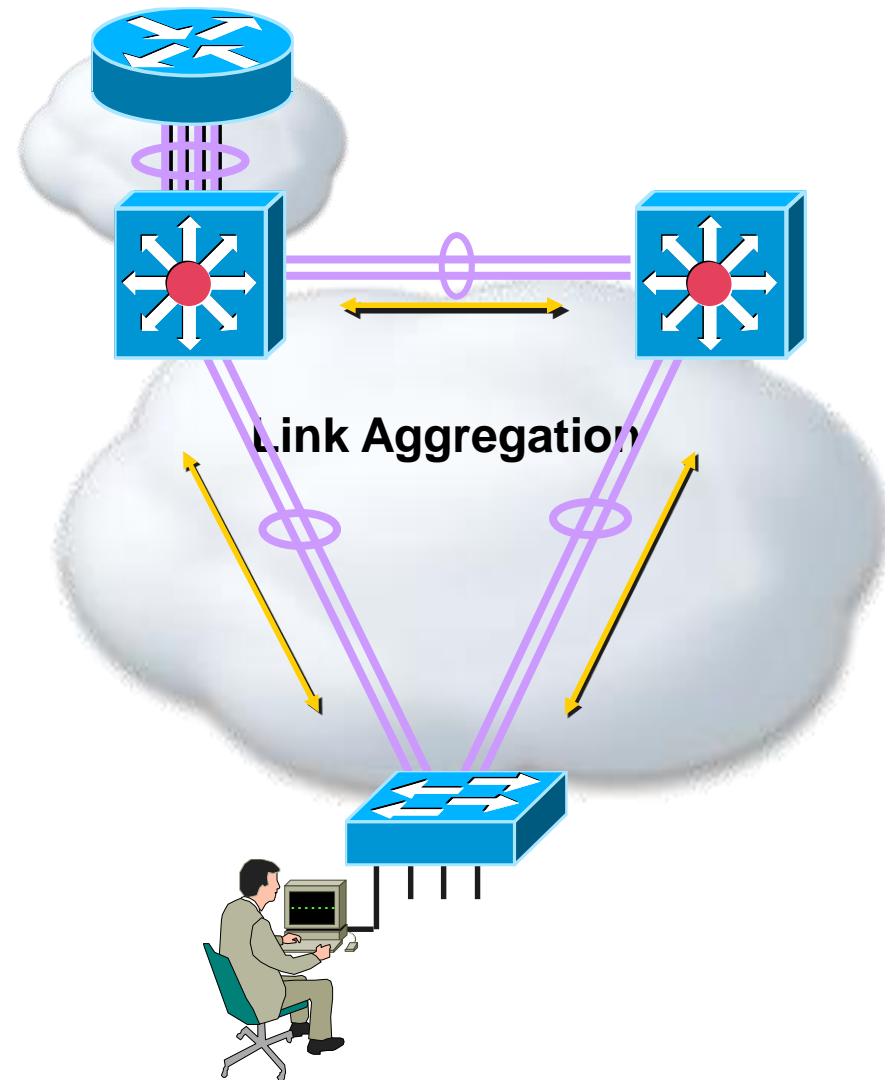


Department of
Telecommunications and Media Informatics

Link Aggregáció



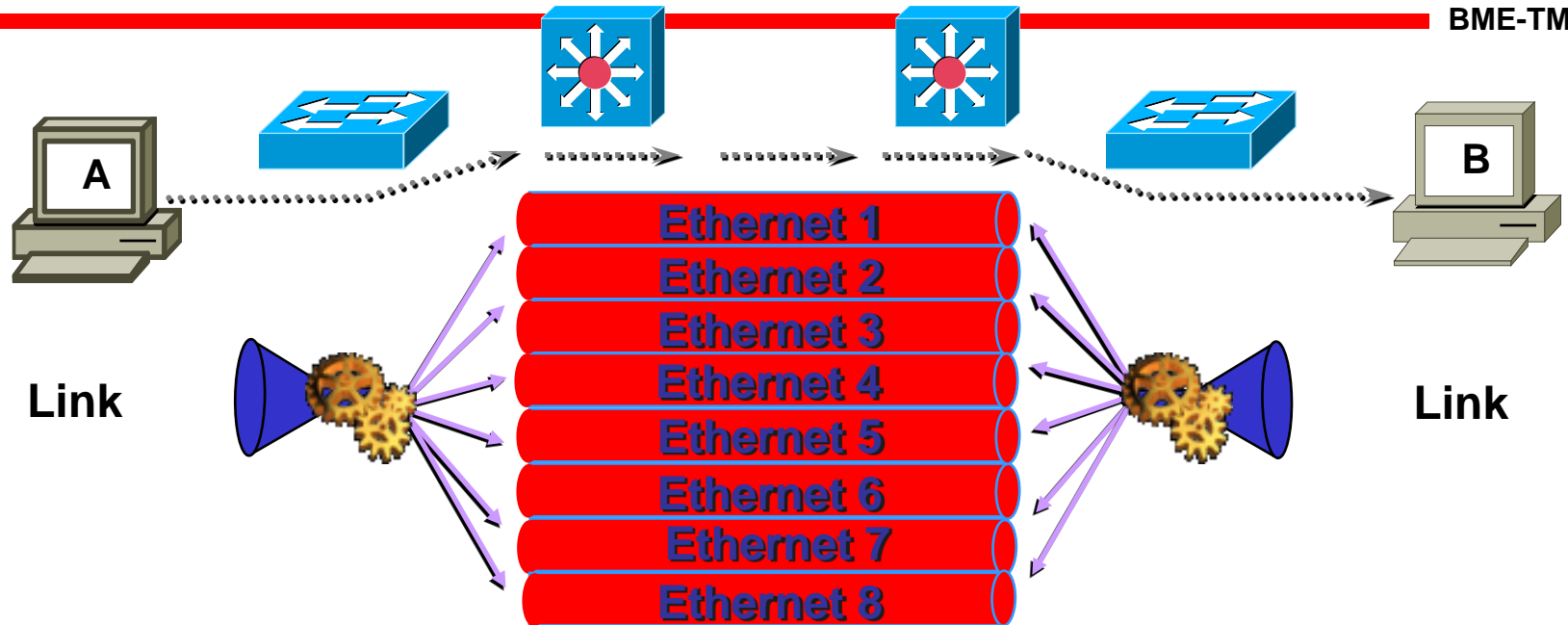
- Link Aggregáció
 - Hasonló linkek összefogása (összesen 8-ig)
10/100/1000/10GE ports
- Használható switchek, routerek és néhány típusú NIC között
- Aggregált Link
 - mindig point-to-point



Link Aggregáció



BME-TMIT



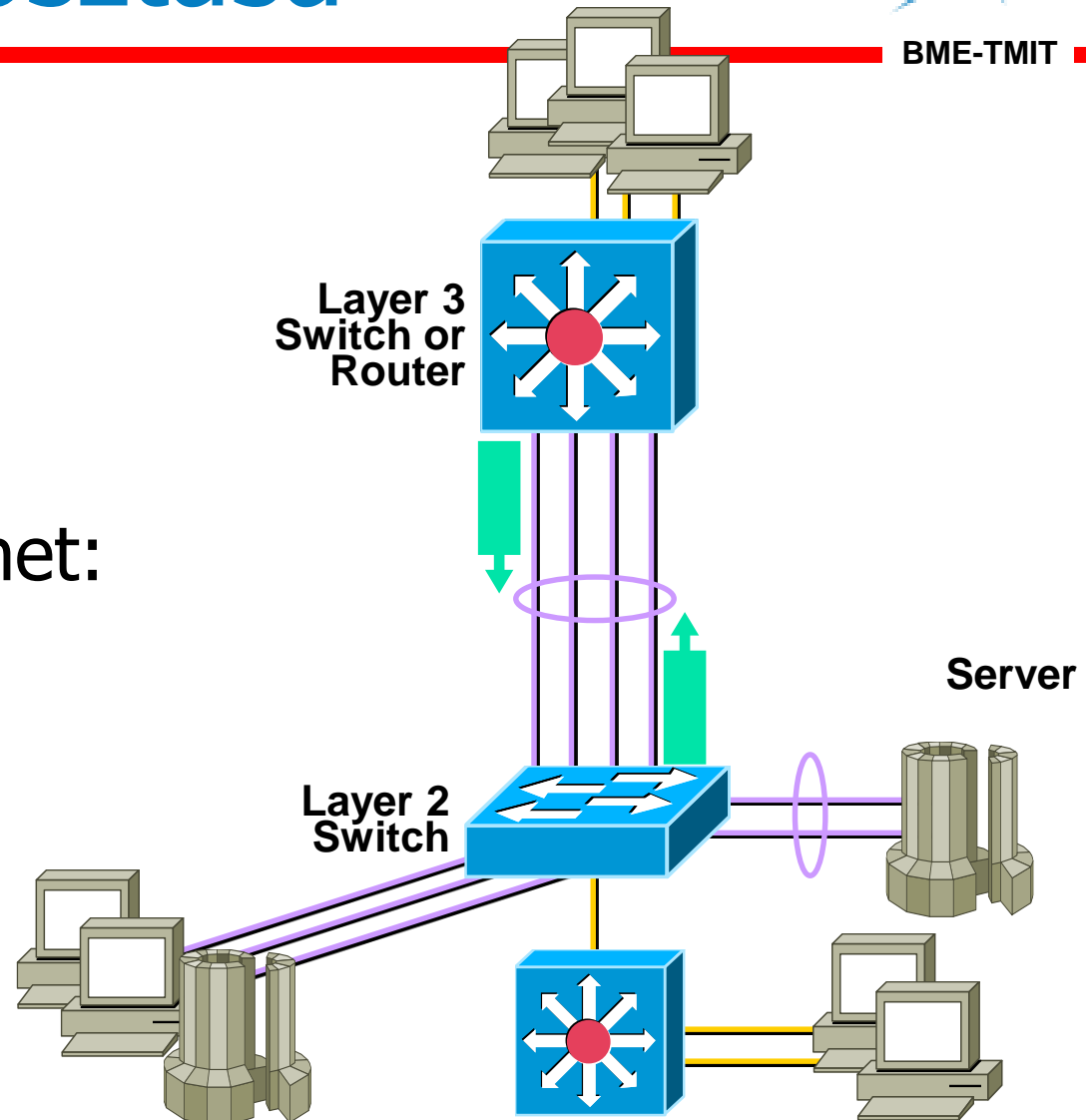
- Load sharing és Layer-1 redundanciát nyújt
 - Hash függvény a következő alapokon:
 - MAC, IP addresses, Layer-4 ports (session)
 - Az egész csatorna egyetlen logikai port
 - Vezérlő Protokoll: IEEE 802.3ad LACP

Terhelés megosztása



BME-TMIT

- Függ a beállított konfigurációtól és a hash-függvénytől
- A hash függvény lehet:
 - MAC-cím alapú
 - IP cím alapú
 - Layer-4 alapú (session)



- Adminisztrátor által beállítható állapotok - LACP
 - ON
 - Csatorna akarok lenni, nem érdekel mit gondolsz!
(nem generál LACP üzeneteket)
 - OFF
 - Nem akarok csatorna lenni, és nem érdekel mit gondolsz!
(nem fogadja az LACP üzeneteket)
 - Active
 - Csatorna szeretnék lenni. Érdekel a dolog?
(Used when you are interested in being a channel)
 - Passive
 - Várom az ajánlatokat, nekem mindegy!
(a “plug-and-play” működésnél használatos, DE a másik oldalt jól kell konfigurálni)

**Aggregált
LINK megvalósul:**

- **Active-active,**
- **Active-passive,**
- **On-on**