

Ethernet – második rész

Moldován István



Budapest University of Technology and Economics



**Department of
Telecommunications and Media Informatics**

- LAN (Local Area Network): broadcast tartomány
 - a tartományon belül mindenki megkapja a szórt üzenetet
 - kívül senki
 - a LAN határait a kábelezés szabja meg
 - kifelé router kell a kommunikációhoz
 - másik gép megtalálásához is szórt adás kell (ARP)
- VLAN (Virtual LAN): adminisztratív úton létrehozott broadcast tartomány
 - a rendszer adminisztrátora határozza meg, ki van benne
 - a határok itt nem fizikaiak, csak virtuálisak
 - a különböző VLAN-ok nem látják egymás forgalmát

A VLAN által nyújtott előnyök és hátrányok



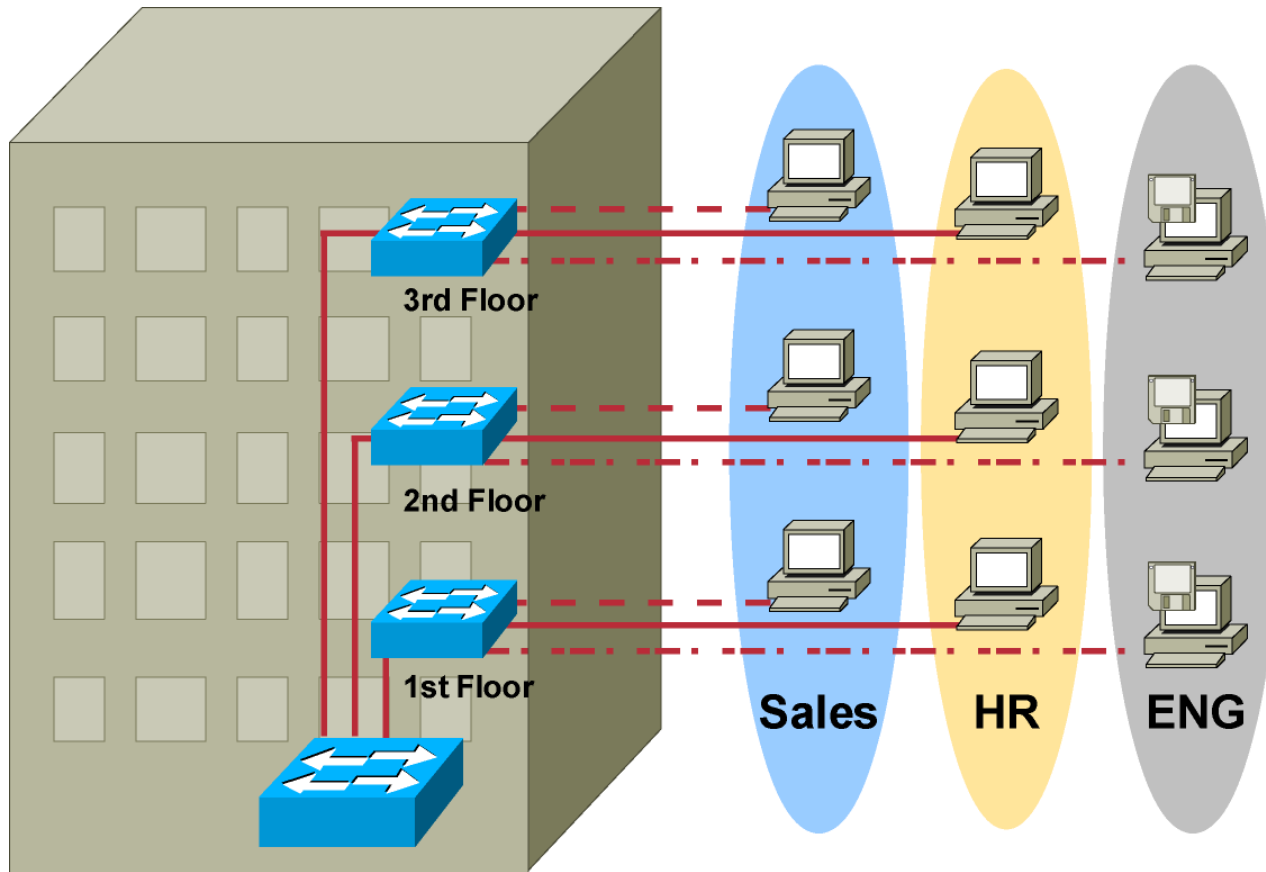
BME-TMIT

- Előnyök:
 - könnyebb kezelni a felhasználók helyválttatását (mobilitás)
 - szórt adás kiterjedésének csökkentése
 - felhasználók virtuális elkülönítése
 - hatékonyabb topológia (esetleg átlapolódás is a VLAN-ok között)
 - biztonság nő
 - virtuális munkacsoportok
- Hátrányok:
 - a virtuális munkacsoportoknál túl gyakorivá válhat a tagság változása
 - Adminisztrációs problémák
 - WAN-ra kiterjedő VLAN-nál a szórt adás már főbb vonalakat is terhelhet

VLAN Áttekintés



BME-TMIT



- Layer 2 connectivity
- Logikai elrendezési flexibilitás
- Egyetlen broadcast domain
- Management
- Biztonság

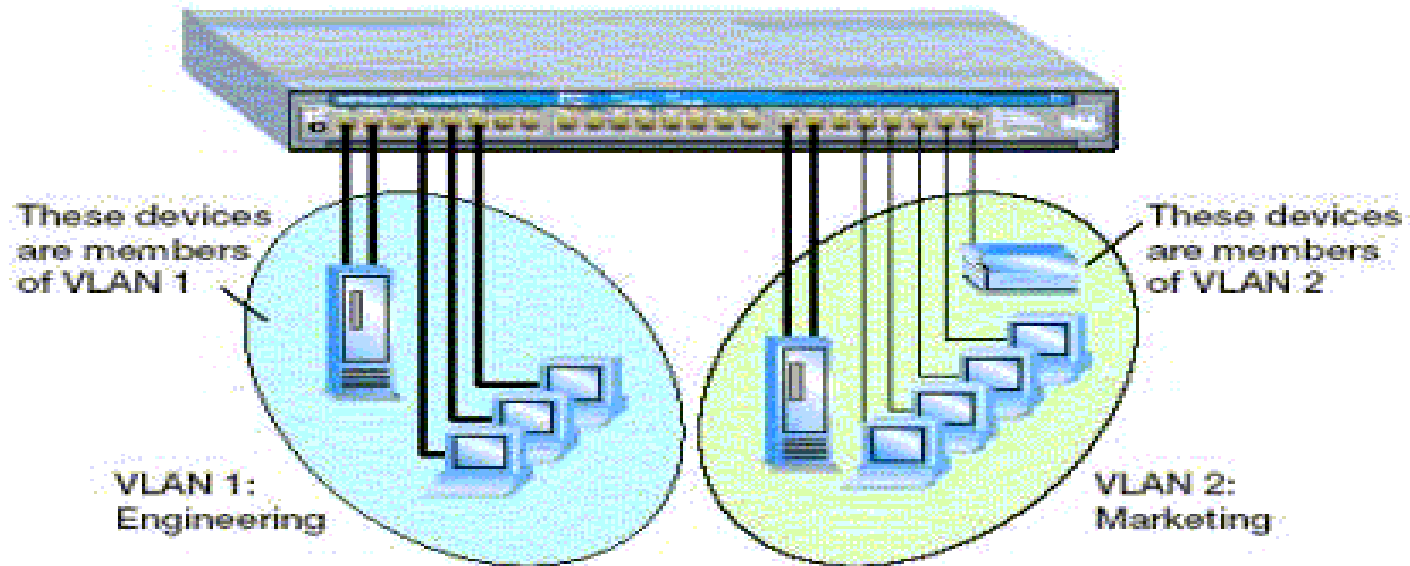
1 VLAN = 1 Broadcast Domain = 1 Logikai hálózat (Subnet)

- Megosztott kapcsolók
 - Csak kapcsolón belül értelmezett
 - Lehet port alapú, MAC alapú
- IEEE 802.1Q szabvány
 - Az Ethernet szabvány kiterjesztése
 - Új mező az Ethernet fejlécben
 - Egy LAN-on belül értelmezett

Megosztott kapcsoló példa



BME-TMIT



1. VLAN: 2., 4., 6., 9. port

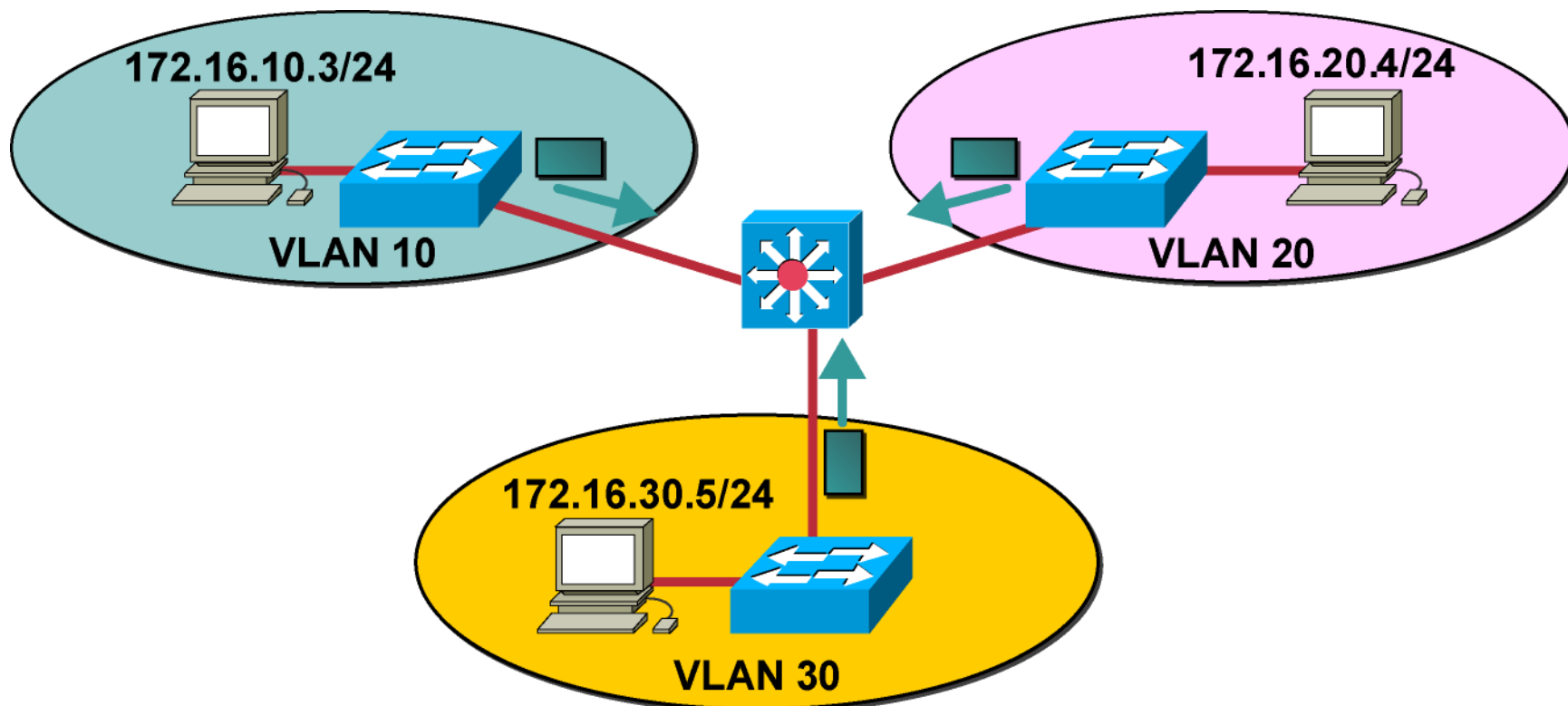
2. VLAN: 17., 19., 21., 23. port

Egymás forgalmát nem látják!

Átjárás VLAN-ok között



BME-TMIT



- **Probléma: elkülönített Broadcast Domain**
 - Természetüktől fogva a VLAN-ok tiltják a VLAN-ok közti kommunikációt
 - A VLAN-ok közti átjárás 3. szintű eszközt igényel: L3 SW vagy Router

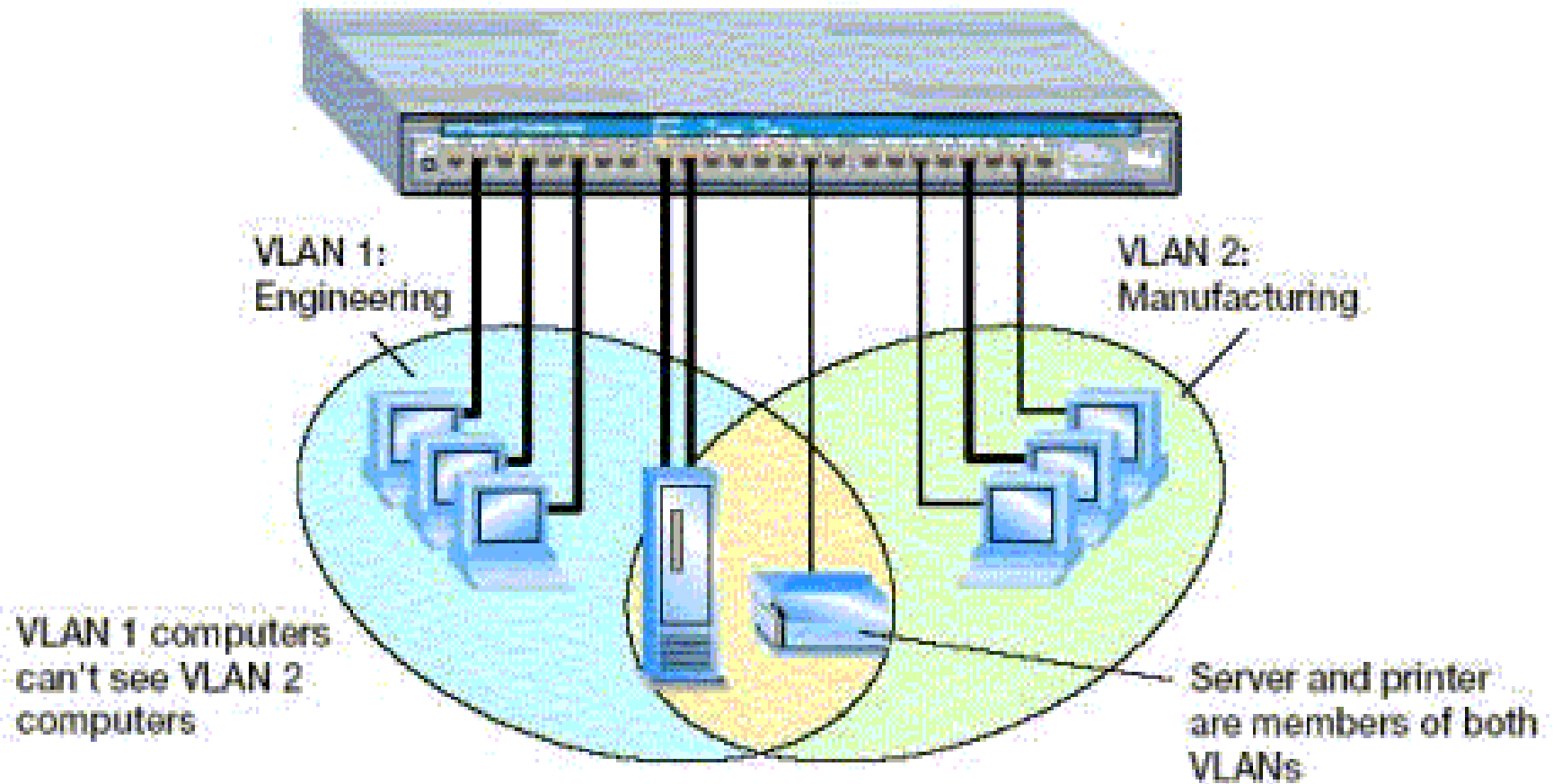
- minden IEEE 802 LAN MAC protokoll felett használható
- könnyű adminisztráció (létrehozás, tag hozzáadása, stb.)
- két különböző VLAN között nincs forgalom (adatkapcsolati szinten)
- egy LAN-on belül több csoport is elkülöníthető
- jól megválasztott csoportok esetén forgalomcsökkenés érhető el

- minden VLAN-nak van egy azonosítója: VID
- a switch nyilvántartja, melyik porthoz melyik VLAN-ok tartoznak
- egy felhasználó több VLAN-nak is tagja lehet
- egy port több VLAN-hoz is tartozhat
- a VLAN több switchre is kiterjedhet
- csökken a szórt adás által felemészített kapacitás, biztonság nő

VLAN-ok átfedése



BME-TMIT

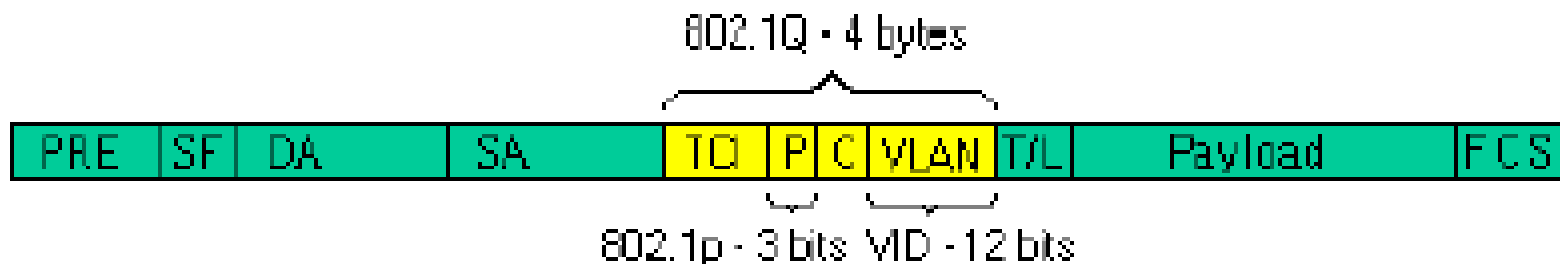


.1Q VLAN keretformátum



BME-TMIT

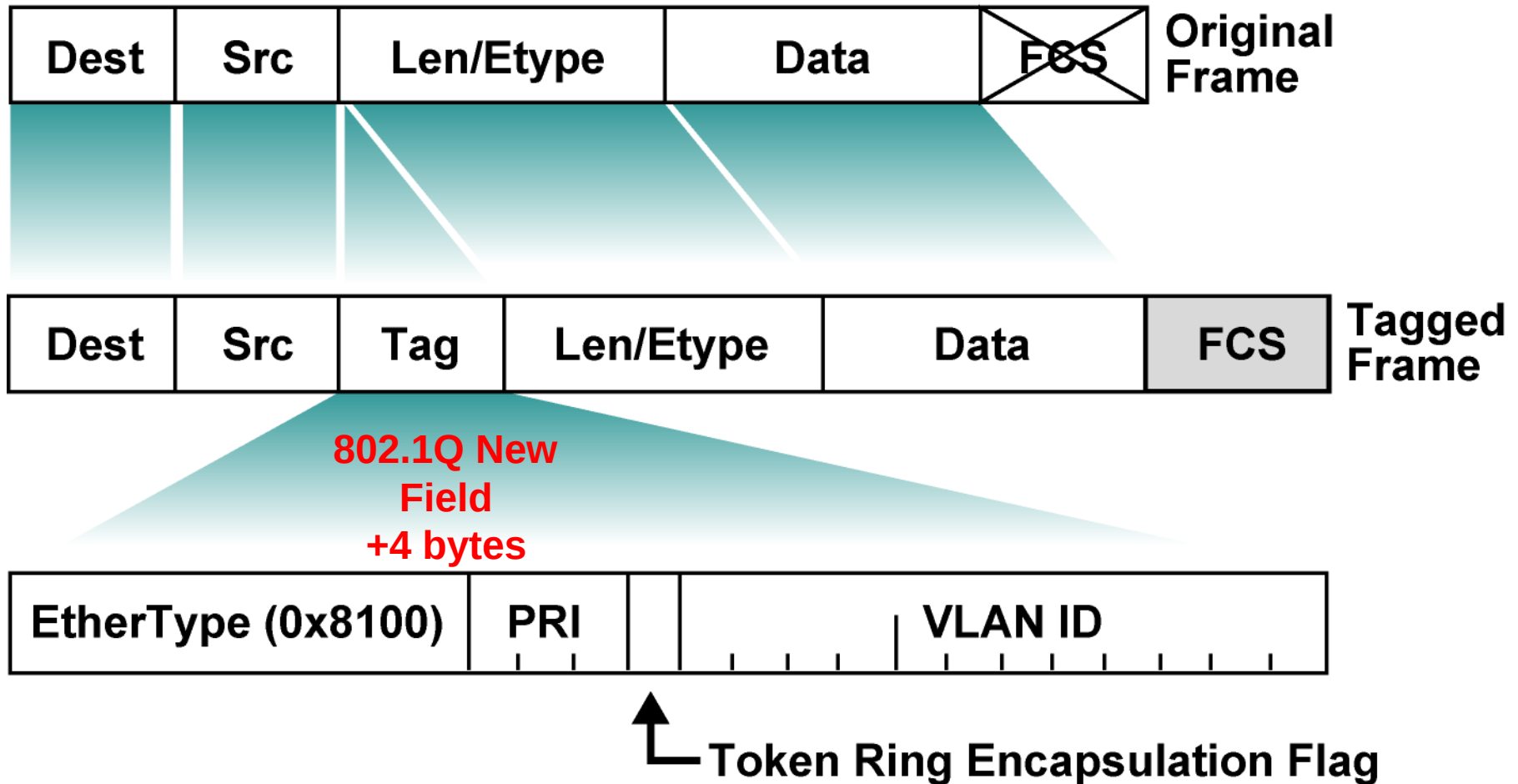
- A VLAN tag tárolásához új mezők az Ethernet-keretben
 - 4 bájtal nő az Ethernet keret
- Helye közvetlenül a forrás MAC cím után
- Lehetővé teszi a minőségbiztosítást is
 - 802.1p prioritás bitek



802.1Q Tag Formátum



BME-TMIT

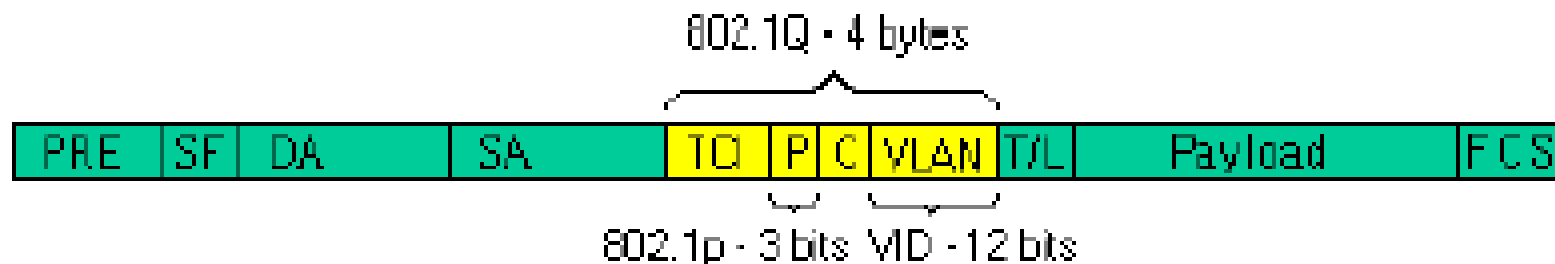


Új keretformátum – 2.



BME-TMIT

- TCI (Tag Control Info): 8100-as értéke mutatja a 802.1p és Q használatát
- P: prioritás (0..7)
- C (Canonical Indicator): megmutatja, hogy kanonikus formátumban vannak-e a MAC-címek
- VLAN: a VID-t tárolja (0..4095)



- Régi berendezések:
 - A TCI mező értéke 0x8100, melyet típusként értelmeznek
 - Ha nem támogatja, nem tudja értelmezni tehát eldobja a keretet
- megoldás: az új, tag-el rendelkező kereteket támogató eszközök csatlakoztatásánál a régi típusúak felé csatlakozó portokon a tag leválasztása

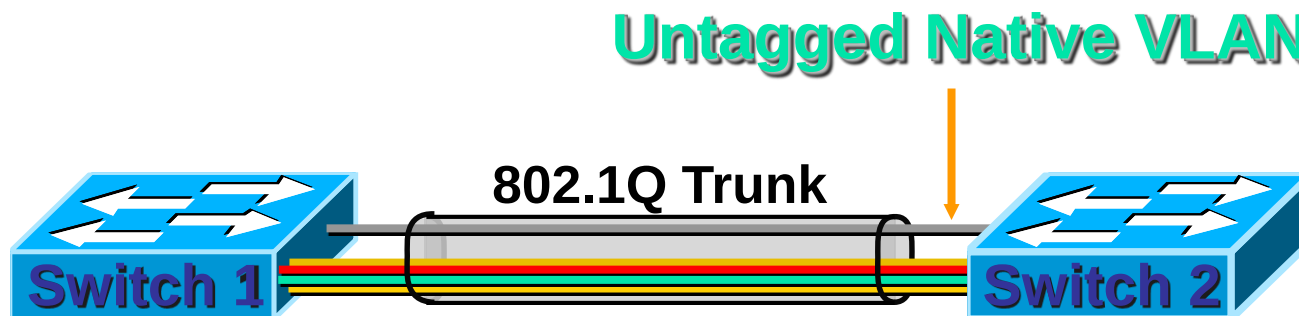
- VLAN Identifier
- 0-4095 tartomány
- 0: alapérték
 - ha a keret eredetileg tag nélküli volt, ezt kapja meg
- 4095: fenntartva, az ilyen VID-jű kereteket eldobjuk
- lehetőség van rá, hogy a tag nélküli keret 0-tól különböző értéket kapjon (port-based VLAN, Port VID)
 - Port VID: a switch minden portjának van, azt mutatja, hogy a tag nélküli keretet melyik VLAN-ba továbbítsák

A Natív VLAN és a 802.1Q



BME-TMIT

- Egyetlen nem-csomagolt VLAN – nincs Tag
- Általánosan elterjedt menedzsment célokra
- Meghatározva és kötelező a 802.1Q -ban
- Bármely VLAN lehet, nem feltétlen a VLAN 1
- Egy hálózati tartományban egységes



- megnézzük a fejléceket
- ha nincs tag:
 - VID=0 értékkel teszünk bele
 - ha port alapú VLAN-t használunk, a port PVID-je lesz a VID
- ha van tag, szűrés:
 - megnézzük, kik a tagjai a VID által mutatott VLAN-nak
 - ha a fogadó port nincs a VLAN-ban, eldobjuk a keretet
 - egyébként megnézzük, a cél is tagja-e a VLAN-nak
 - ha igen, továbbítjuk

- megnézzük, a másik oldal támogatja-e a tagelt kereteket
 - ha nem, levesszük a taget
 - ha igen, továbbküldjük
- Átjárás VLAN-ok között csak routeren keresztül
 - Ha egy porton több VLAN van, a router virtuális interfészekként kezeli
 - Átjárás csak IP szinten!

VLAN-ok hozzárendelése



BME-TMIT

- Port-based VLANs: fizikai interfészenként
- MAC-based VLANs: a kapcsoló rendelkezik egy MAC-VLAN listával
- Protocol-based VLANs: a kapcsolóban be van állítva hogy milyen protokoll milyen VLAN-hoz tartozik
- IP subnet alapú (nem elterjedt)

- a legegyszerűbb megoldás
- a switch egyes portjaihoz hozzárendeljük a megfelelő VLAN azonosítóját
- egy porthoz legfeljebb egy azonosító tartozhat
- a VLAN változtatásakor csak a switch-hez kell nyúlni – a felhasználó számára átlátszó

- a switchben egy lista van, ez tartalmazza az egyes VLAN-okhoz tartozó eszközök MAC-címét
- előny:
 - ha egy felhasználó portot változtat a switch-en belül, az nem igényel semmilyen beavatkozást
- hátrányok:
 - általában nehezekebb az adminisztráció (mindenki MAC-címét ismerni kell)

Protokoll alapú VLAN



BME-TMIT

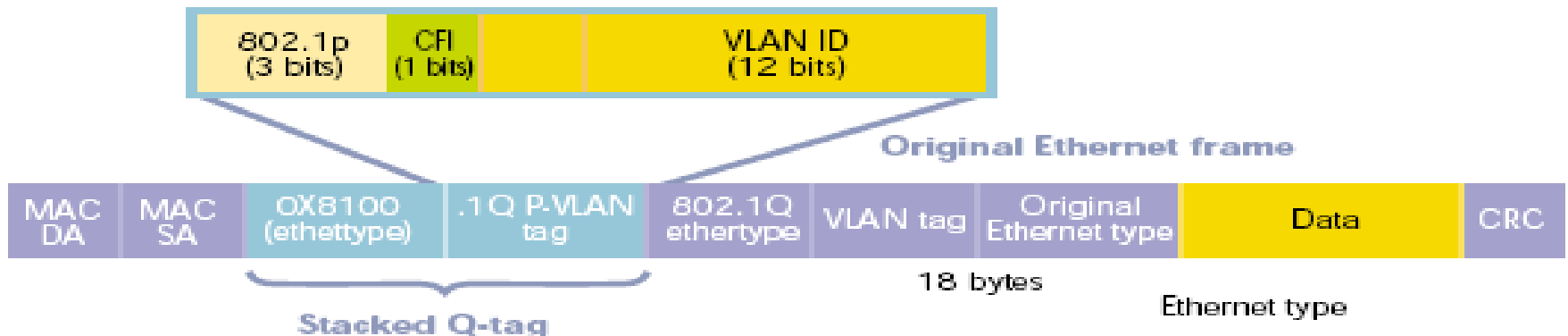
- Különböző protokoll típusokhoz más-más VLAN tag lesz rendelve
- Feltételezi, hogy a kapcsoló megnézi az IP fejléceket
- Nem felhasználót azonosít, hanem szolgáltatást

Q-in-Q (VLAN trönk)



BME-TMIT

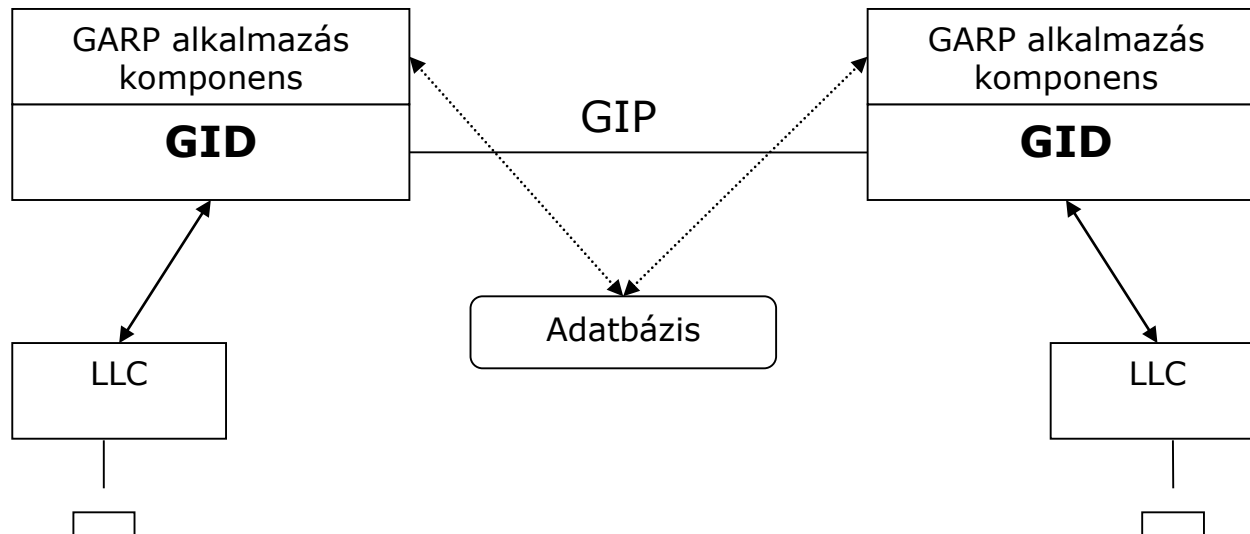
- 4096 VLAN nem elég egy nagyobb hálózatban (>4095 felhasználó)
 - A felhasználók azonosítására használva: C-VLAN
- Bevezetnek egy szolgáltatói VLAN tag-et
 - S-VLAN



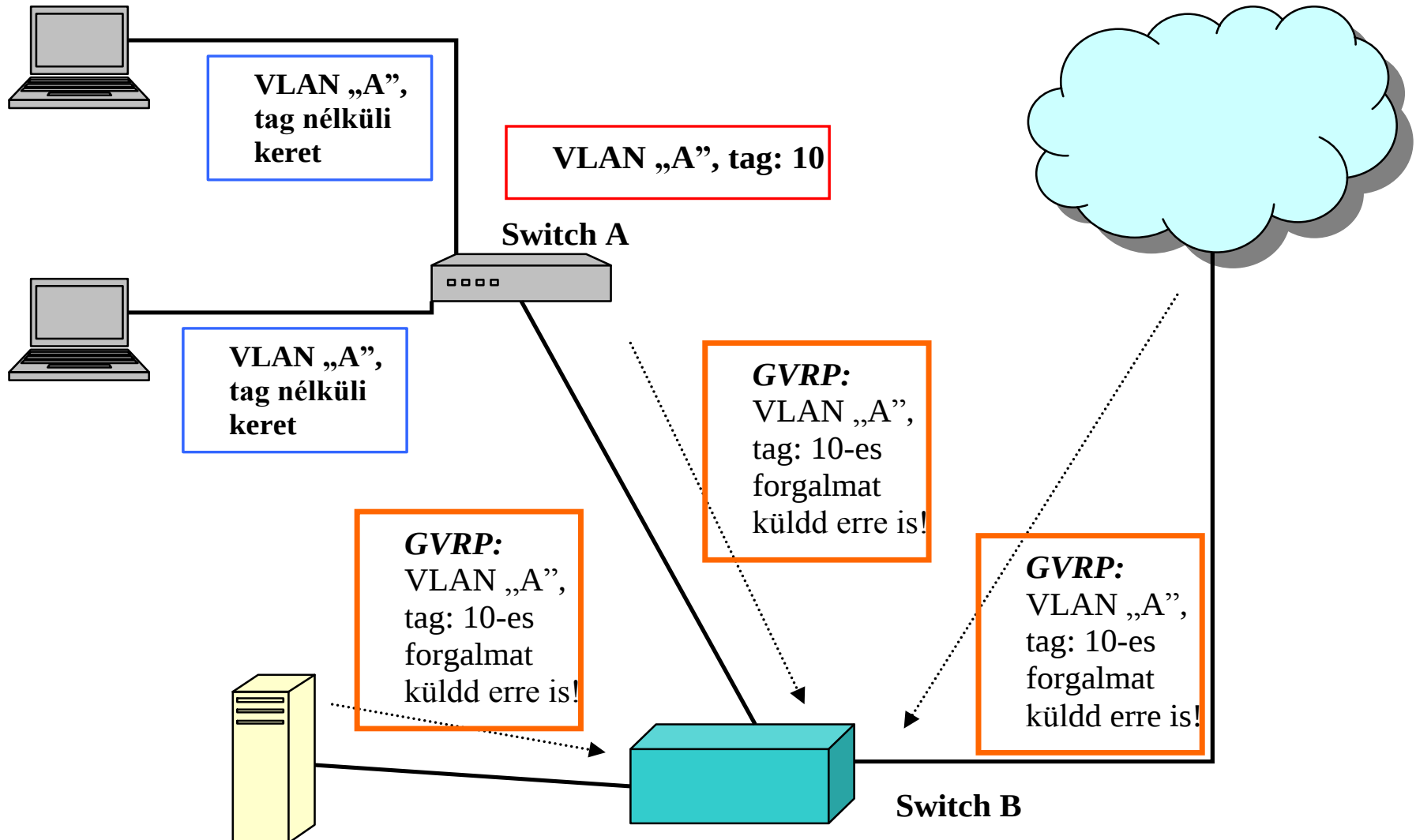
- Előnye hogy a VLAN –ok száma megnő
- Léteznek más megoldások is:
 - MAC-in-MAC
 - V-MAN tag bevezetése
 - MPLS tunnel
- A IEEE 802.1ad provider bridge szabvány a QiQ-t támogatja

- *Statikus:*
a VLAN tagság információk manuálisan állíthatóak, a dinamikus terjesztés protokolljai tiltva vannak.
- *Dinamikus:*
GVRP (GARP VLAN Registration Protocol) használatával az információ dinamikusan terjed, ha valami változás történik.
- *Vegyes:*
egyes nyilvántartott VLAN-ok információi csak statikusan, másoké csak dinamikusan változtathatóak.

- Alapja a GARP (Generic Attribute Registration Protocol).
 - GARP alkalmazás komponens
 - GARP Information Declaration (GID)
 - GARP Information Propagation (GIP)

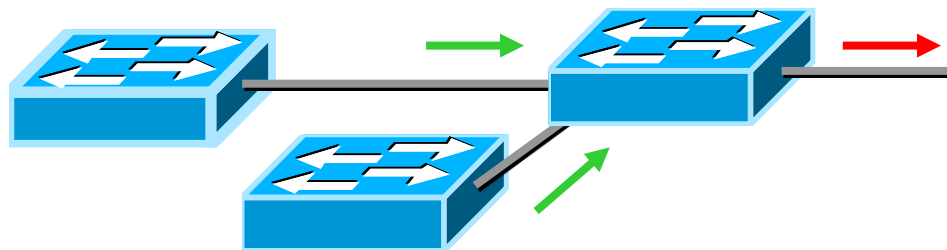


GVRP – GARP VLAN Registration Protocol



- Prioritás kezelés a 802.1Q VLAN tag alapján
 - 3 prioritás bit = 8 osztály
 - Ez azt jelenti hogy QoS-hez 802.1Q VLAN-okat kell használni
- A prioritás bitek értelmezését a 802.1P szabvány adja meg
 - A VLAN prioritás és az IP TOS hasonló
 - Jelen Ethernet kapcsolók nem mind támogatják a 8 osztályt

- IP QoS/ToS Mechanizmusok
 - Transzparens módon használhatók a TAG-al ellátott vagy anélküli linkeken
 - Ethernet szintű torlódás esetén az IP QoS nem garantált
 - Ethernet szintű torlódás:
- Mapping functionalitás szükséges az Ethernet CoS és IP ToS együttműködéséhez
- Az QoS/CoS aktuális megvalósítása QoS/CoS a kapcsoló architektúrájától függ és változó lehet
 - Nem egyértelműen szabványosított

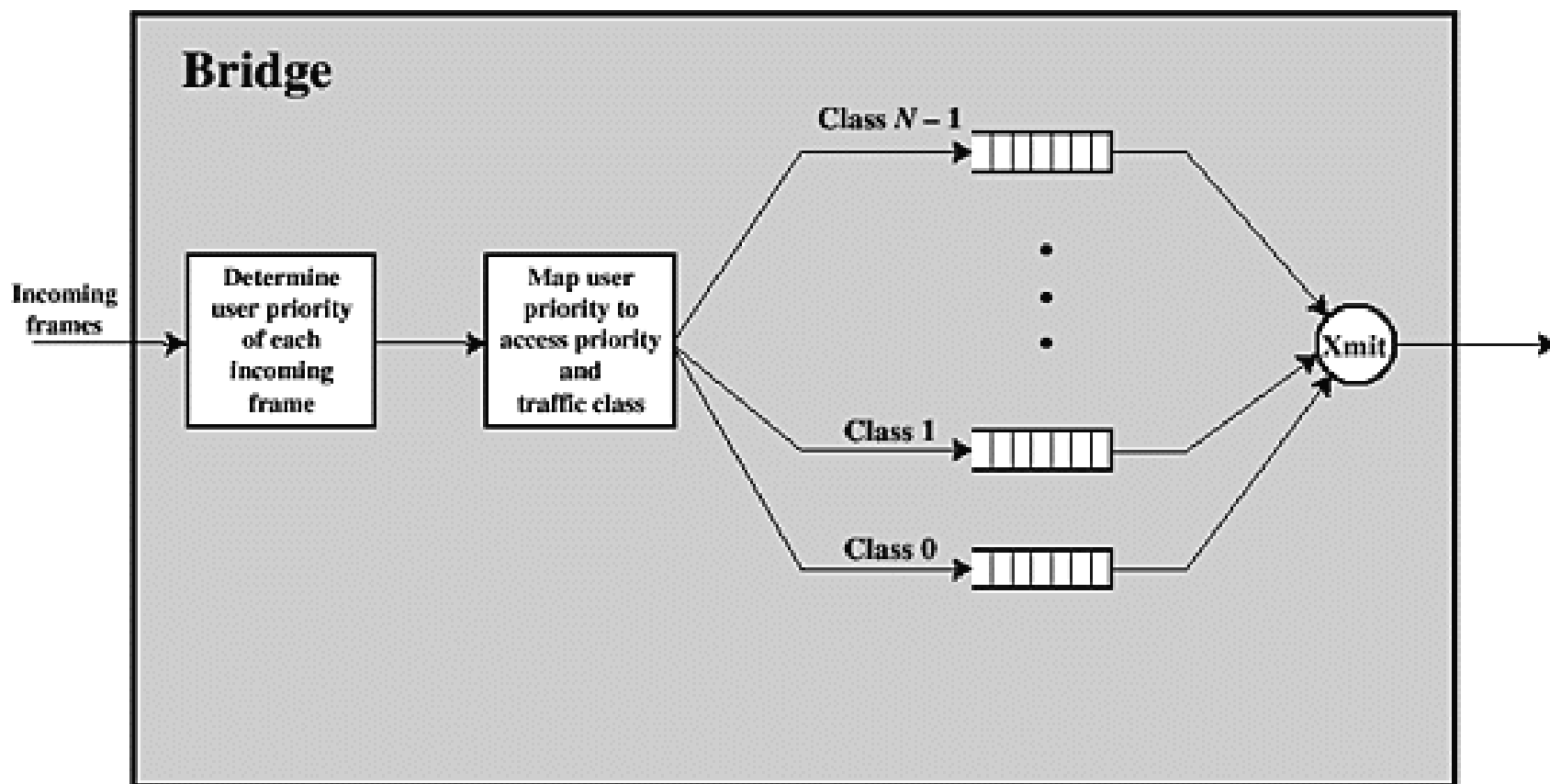


- **Network Control:** legnagyobb prioritás
- **Voice:** kisebb mint 10 ms késleltetés
- **Video:** kisebb mint 100 ms késleltetés
- **Controlled Load:** fontosabb alkalmazások
- **Excellent Effort:** fontosabb előfizetők BE forgalma
- **Best Effort:** alap prioritás
- **Background:** letöltések, játékok, stb

IEEE 802.1D forgalmi osztályok kezelése

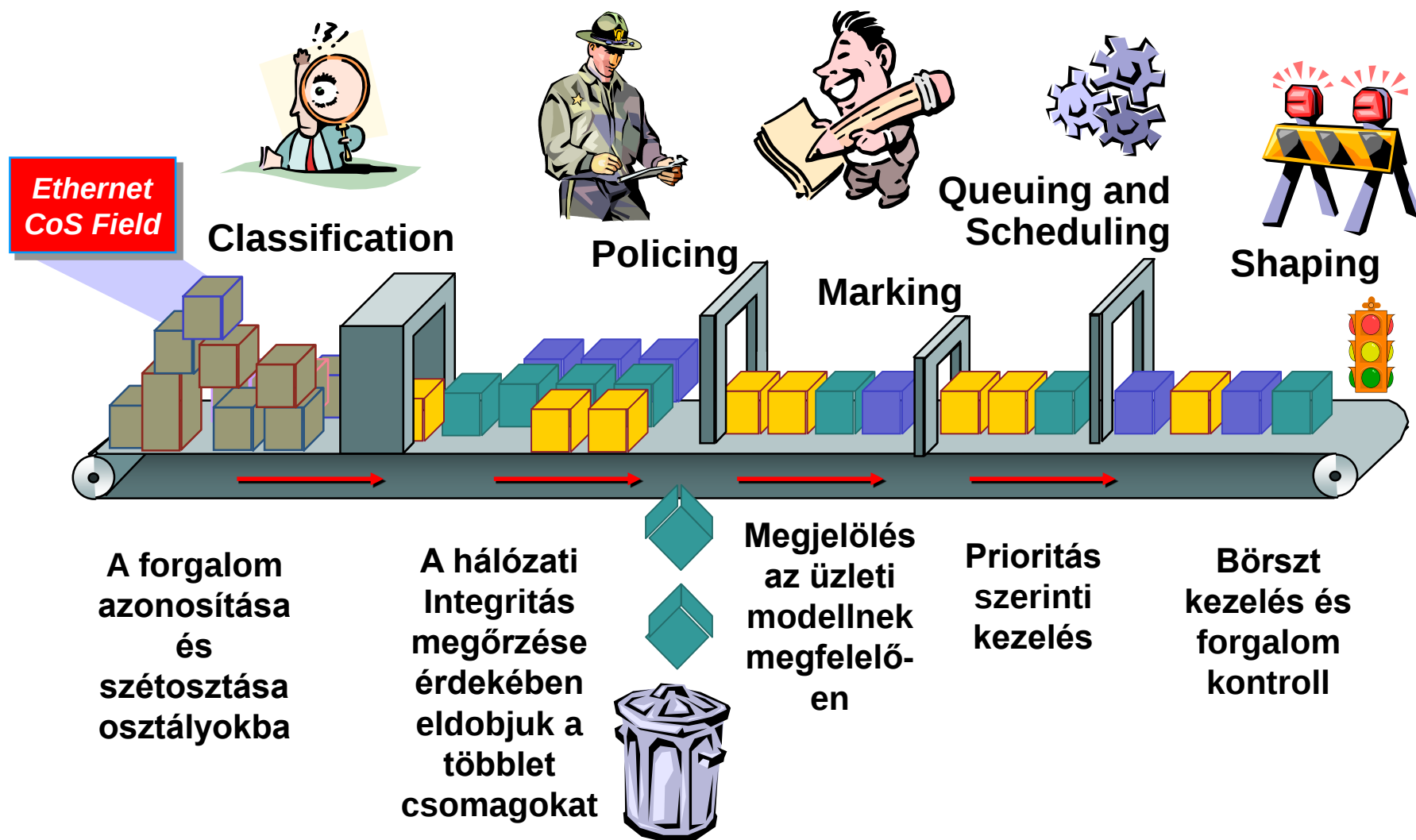


BME-TMIT



QoS Architecture Components

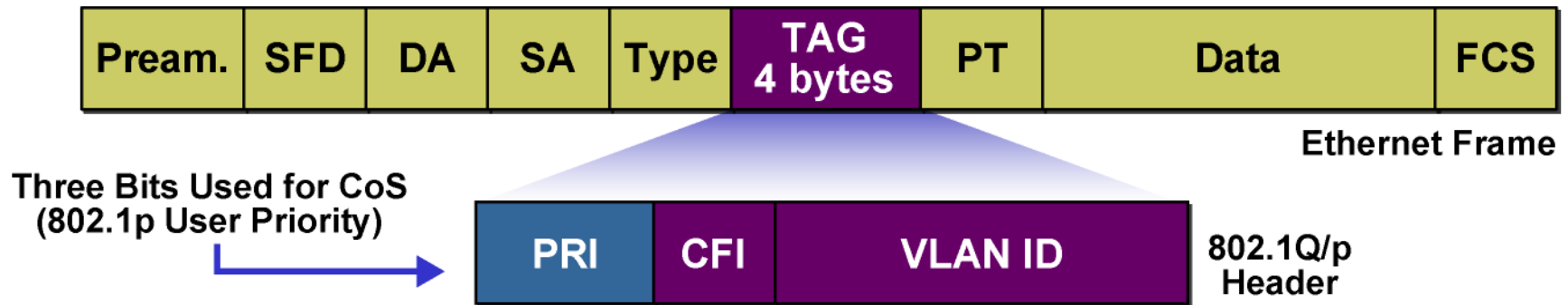
BME-TMIT



Layer 2 jelölés: 802.1p, CoS



BME-TMIT



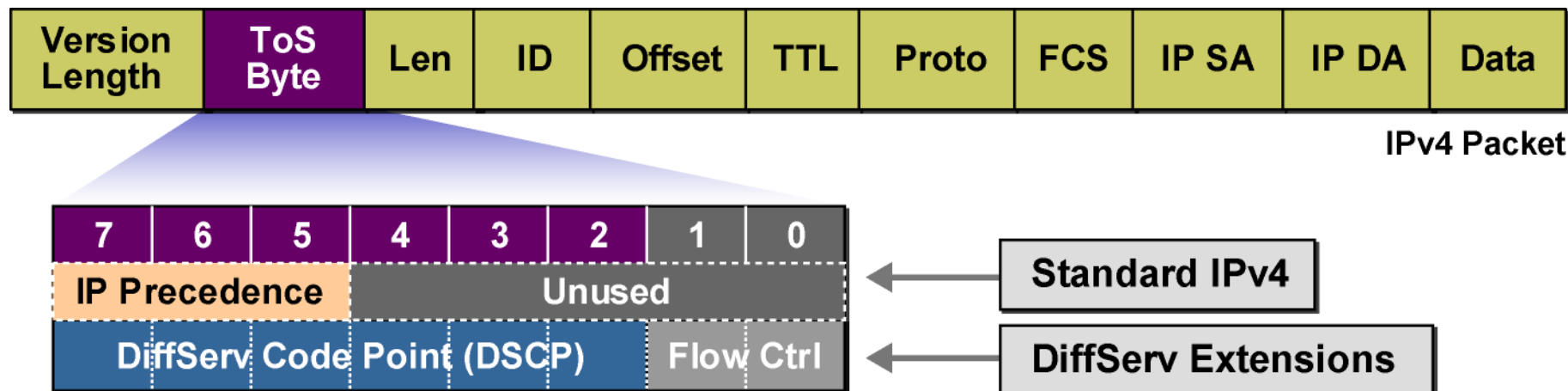
- 802.1p User Prioritást szokás Class of Service (CoS)-nek nevezni
- Különböző forgalmi típusok más-más CoS értéknek felelnek meg
- **Semmilyen CoS nincs a TAG nélküli keretek esetében !!**
 - VLAN ID = 0: alap prioritás

CoS	Typical Application
7	Reserved
6	Reserved
5	Voice Bearer
4	Video Conferencing
3	Call Signaling
2	High Priority Data
1	Medium Priority Data
0	Best Effort Data

Layer 3 jelölés: IP Precedencia



BME-TMIT



- IPv4
 - A ToS byte felső 3 bitje az IP Precedencia
 - A többi bit nem használt (delay, throughput, reliability, cost, unused)
- DiffServ
 - A ToS byte felső 6 bitje a DiffServ Code Point (DSCP)
 - DSCP visszafele kompatibilis a ToS-al
 - A megmaradt bitek - flow control

802.1P QoS protokoll (Microsoft)



BME-TMIT

- Prioritációs rendszer
- Nincs CAC – túlterhelhető a hálózat
- Nincs határ szabva az applikáció forgalma számára – implementáció kérdése
- QoS együttműködés a Subnet Bandwidth Manager (SBM) alapján

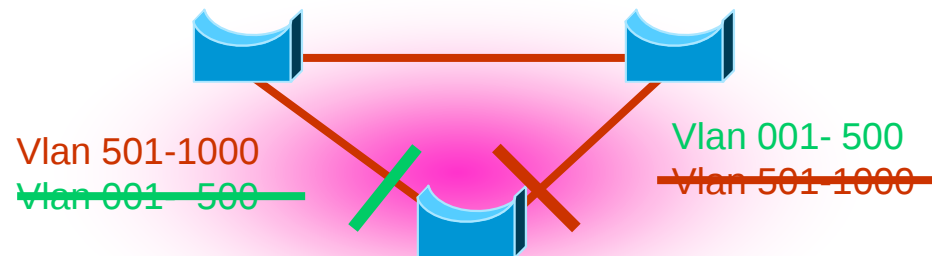
- E2E QoS biztosítása Ethernet és más technológia között
 - RSVP+802.1P
- SBM egy jelzési protokoll az RSVP alapú CAC-hoz IEEE 802 hálózatok (pl. Ethernet) számára
 - Leírja az RSVP-képes eszközök és hálózati szintű eszközök (switchek) működését hogy támogassák az erőforrásfoglalást
 - Összehangolja a 802.1p prioritások kezelését a kapcsolókban
 - Megfelelteti a szolgáltatási osztályokat az RSVP kliensek és az RSVP-t támogató hálózatok között

- Az RSTP hátránya: rossz hálózati kihasználás
- Cisco: PVST (Per-VLAN feszítőfa)
 - Minden VLAN: egy RSTP
 - Sok VLAN – nem skálázható, fölösleges
- IEEE: MSTP
 - Lehetővé tesz több feszítőfát
 - A VLAN-ok a feszítőfákhoz vannak rendelve

PVST vs. 802.1Q vs. 802.1s

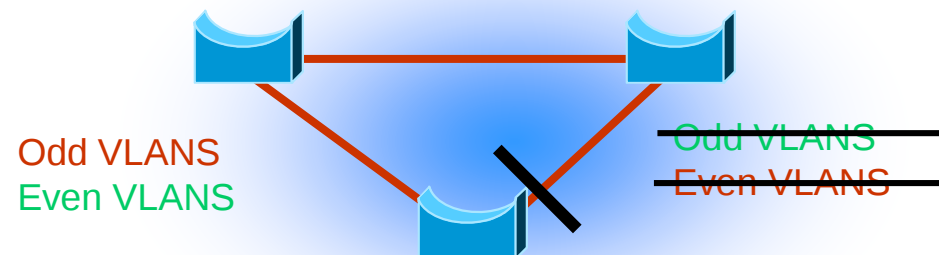


BME-TMIT



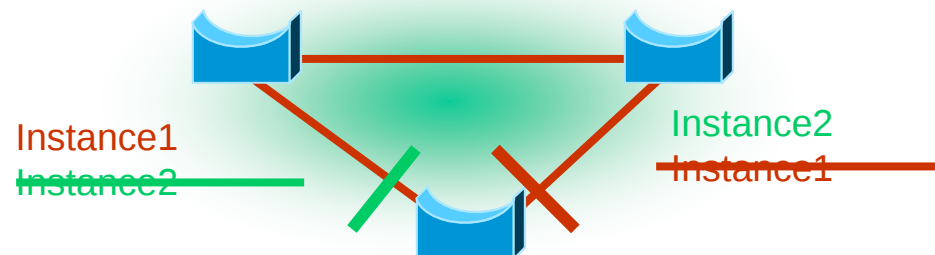
Prop. PVST egy STP per VLAN

Skálázhatóság 1000 nagyságrendű Vlan-ra (SPT!) nagy kihívás



802.1Q egyetlen SPT

Load sharing nem lehetséges



802.1s több SPT

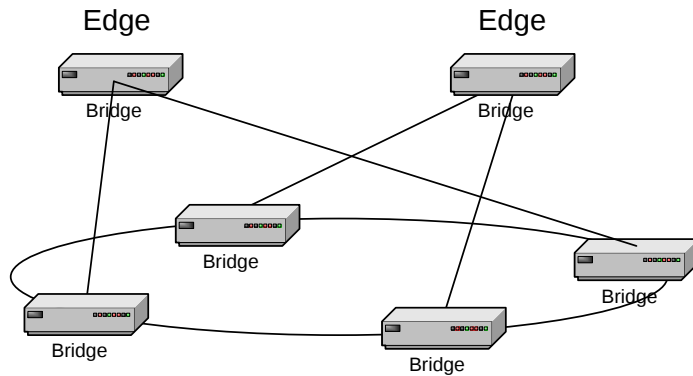
HATÉKONY Load sharing lehetséges

- RSTP alapú, a szabvány továbbfejlesztése
- Max. 64 fa (MST instance)
- Minden fának beállíthatjuk
 - A gyökerét
 - A link cost-okat
 - A hozzá tartozó VLAN-okat
- Egy VLAN csak 1 fához tartozhat!

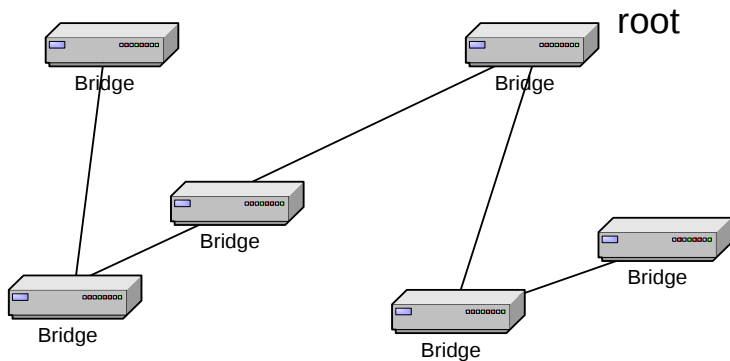
MSTP előnyei



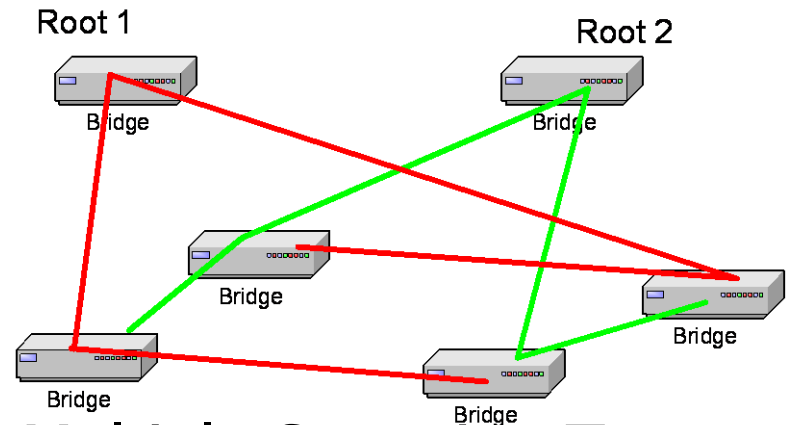
BME-TMIT



- Hálózati topológia: 2 kijárat
- A gyűrű redundanciát jelent
 - Nagyobb megbízhatóság



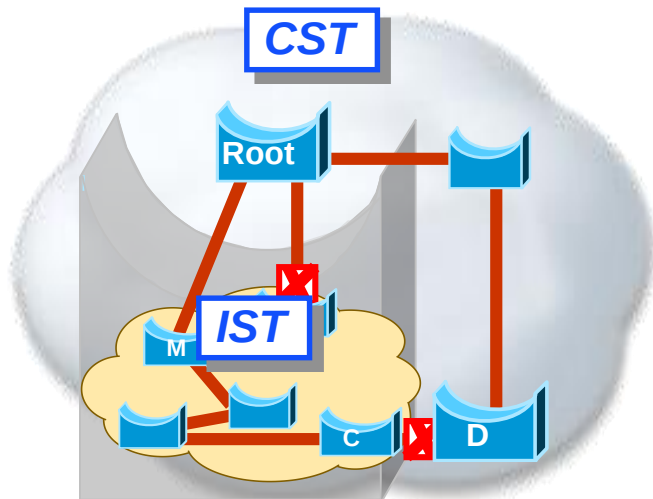
- STP: Egy feszítőfa



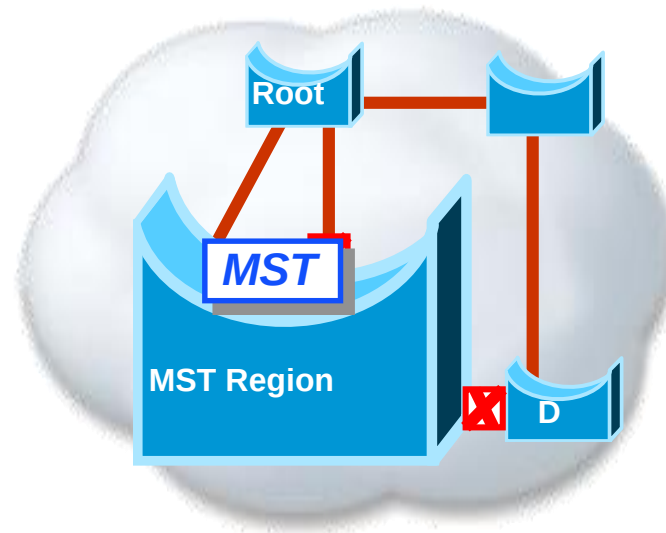
- Multiple Spanning Tree
 - 2 feszítőfa

802.1s: CST, IST, MST – Sok fa

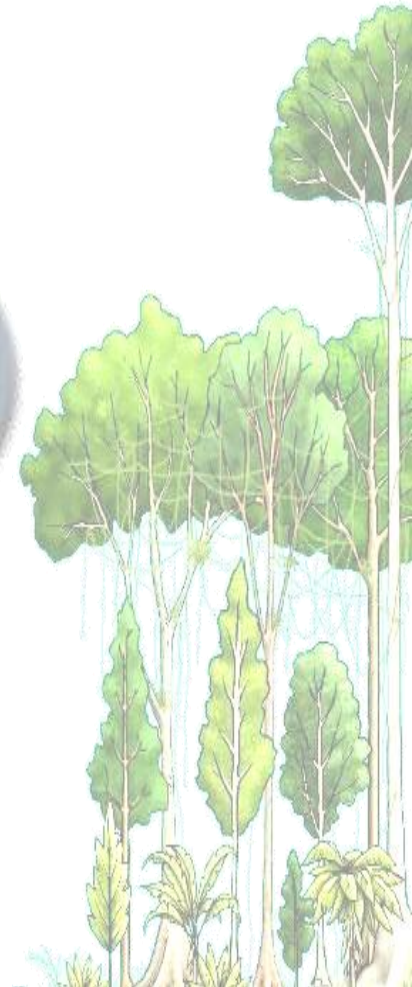
Belső nézet



Külső nézet



- **CST 802.1Q Common SPT** => Egyetlen fa
- **IST 802.1s Internal SPT** => a külső világ számára az MST-t egyetlen CST kapcsolónak mutatja
- **MST 802.1s Multiple SPT** => több VLAN egyetlen MST Instance-ba való összefogása



- Az MSTP lehetőséget nyújt régiók kialakítására
- A régiókat egymástól adminisztratív módon választhatjuk el
 - RG mező
- Előnyök:
 - egy régió belüli hiba nem zavarja a többi régió működését
 - Negy hálózat felbontása régiókra javítja a skálázhatóságot
 - A VLAN-ok lokális jelentőséget kapnak

MST régiók - 2



BME-TMIT

- Miért használjunk régiót?
 - Különböző adminisztratív vezérlés az L2 hálózat különböző részei között
 - Nem minden switch támogat/futtat MSTP-t – különböző STP-k felosztják a hálózatot STP régiókra
 - Az MST előnyei régióon belül érvényesülnek azon kívül egyetlen példány (topológia) minden VLAN számára
- Az MST régió egy csoport összekapcsolt MST switch amely ugyanolyan MST konfigurációt használ
- Régióon belül: több példány
 - IST – Internal Spanning Tree (instance 0), mindig jelen van minden porton
 - MSTI - Multiple Spanning Tree Instance
- Régióon kívül: egy példány

IST Master



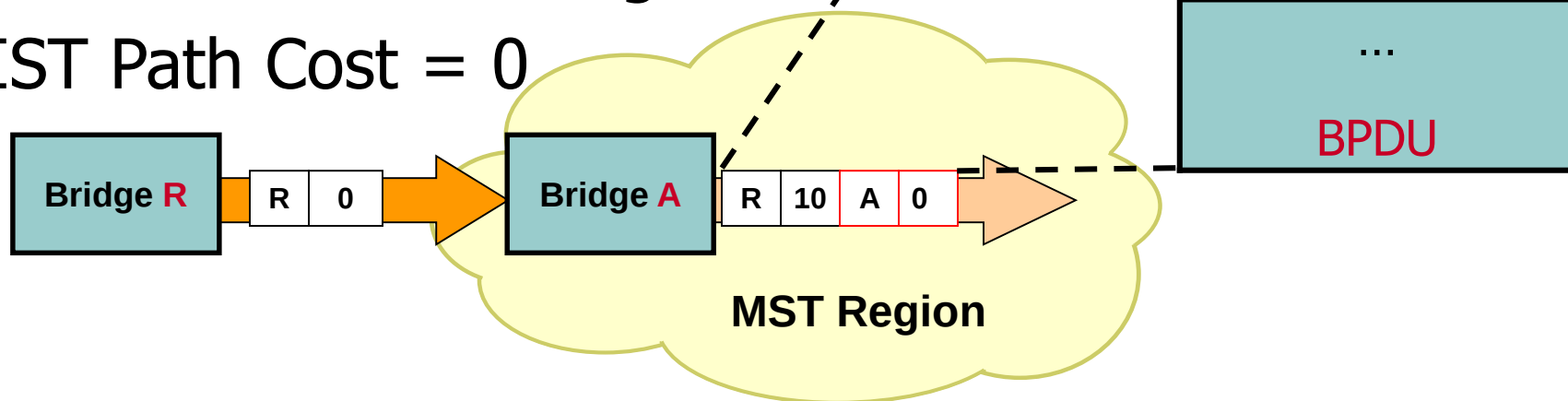
BME-TMIT

- A határnál az MST bridge hozzáadja:

- IST Master ID
- IST Master Path Cost

- Alapértelmezés:

- IST Master ID = Bridge ID
- IST Path Cost = 0

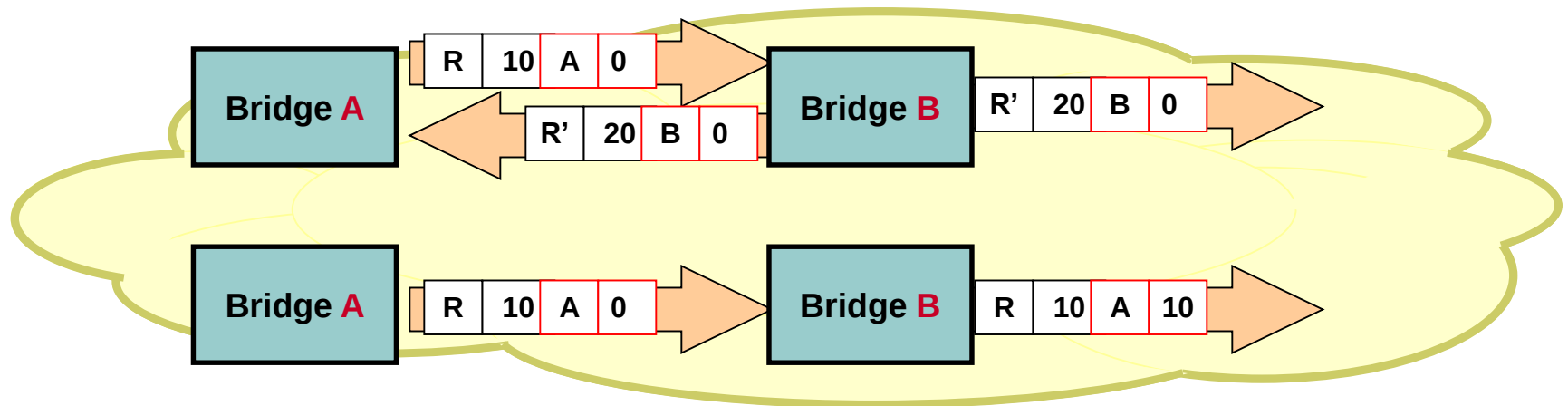


IST Master választás

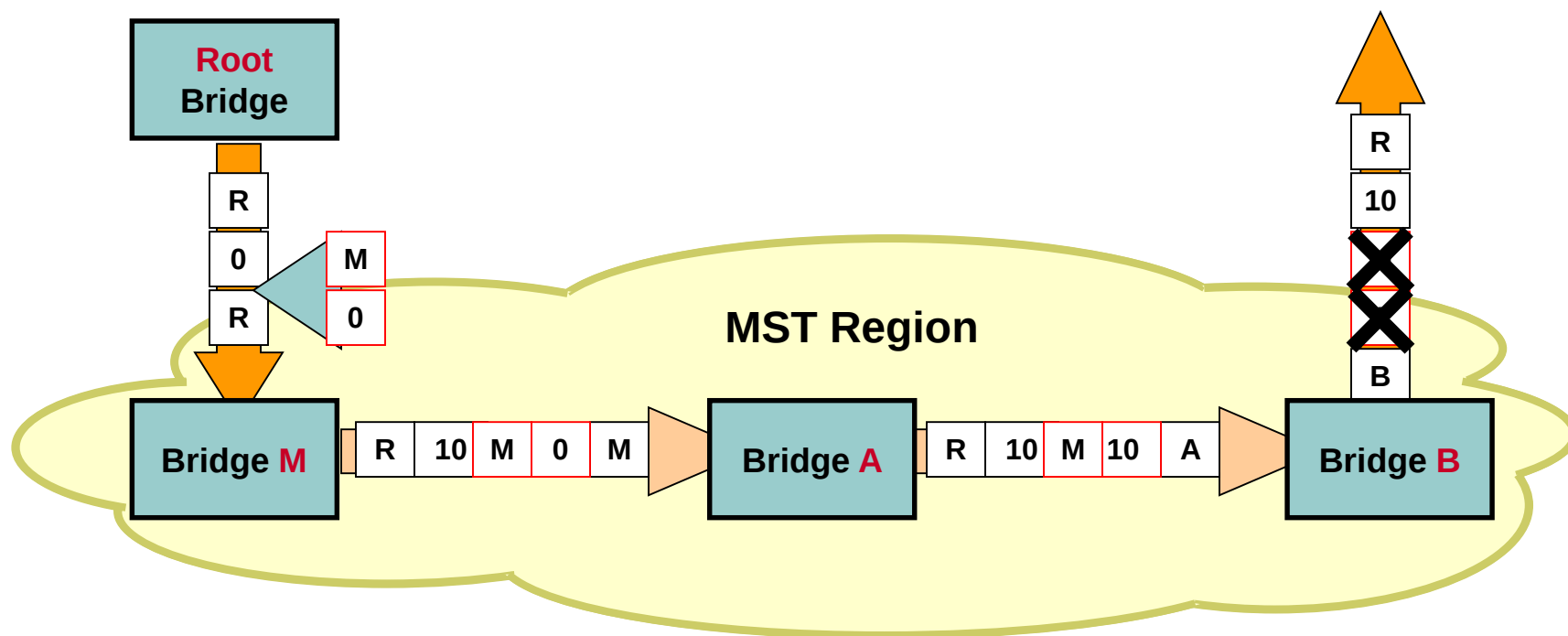


BME-TMIT

- Hasonló a Root választáshoz
 - Kezdetben minden bridge a régióban IST Master-nek tartja magát
 - Az a bridge amely jobb BPDU-t kap, a kapott IST Master-t küldi tovább
 - Az IST Root lesz a master – ha ugyanaz a switch – vagy a Root-hoz legközelebbi



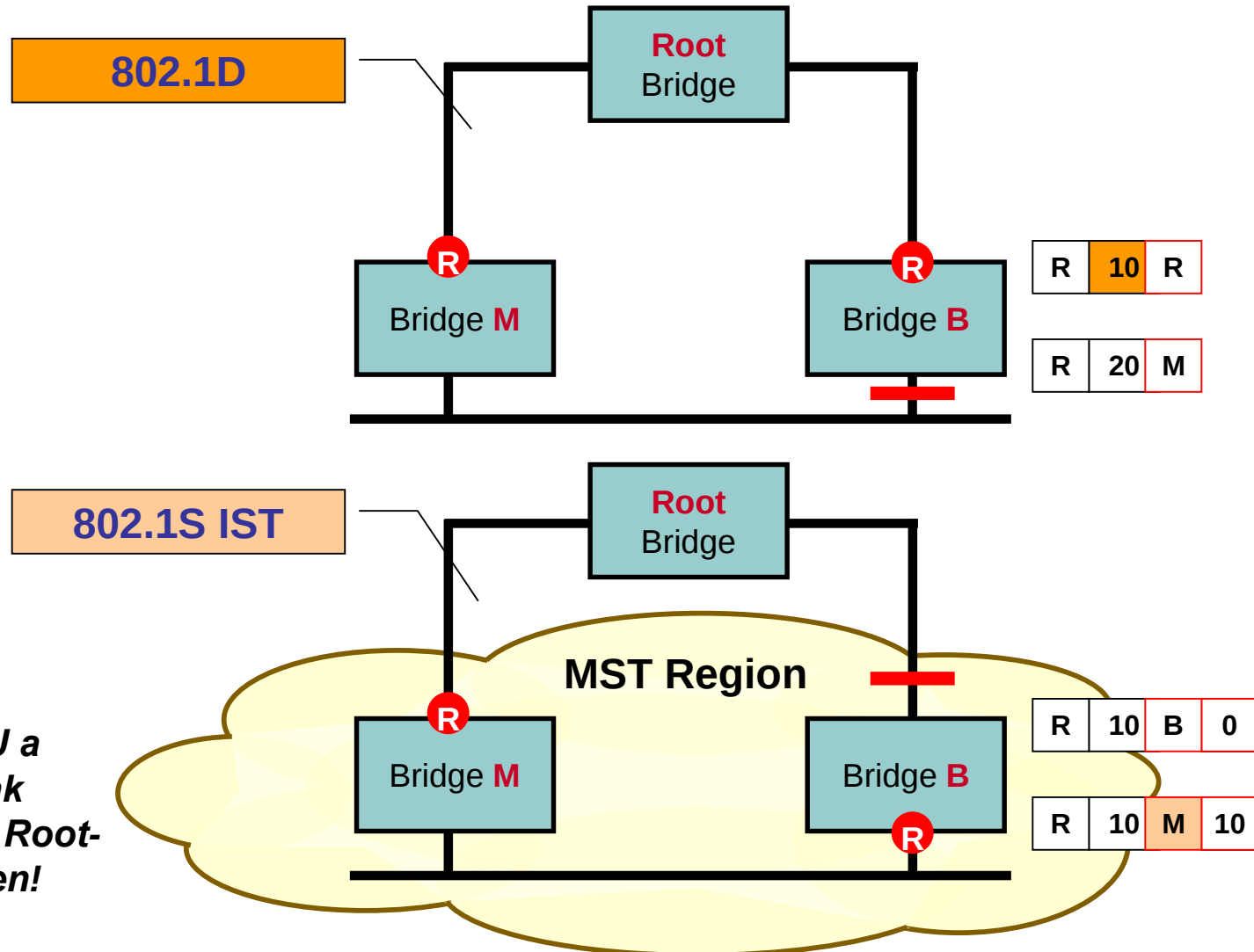
- A Root path cost mindig 1-el nő, mintha 1 bridgen haladt volna át
- Az IST csak az IST master ID-t és master Path Cost-ot használja



802.1D és 802.1S IST konvergencia



BME-TMIT



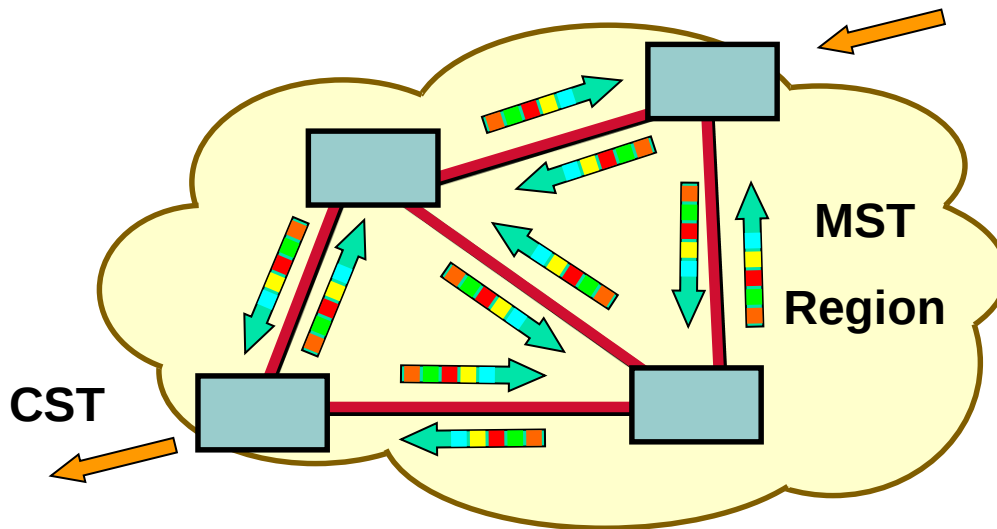
B által kapott BPDU a régió belül jobbnak számít, mint amit a Root-tól kapott egyenesen!

MST instance-ok



BME-TMIT

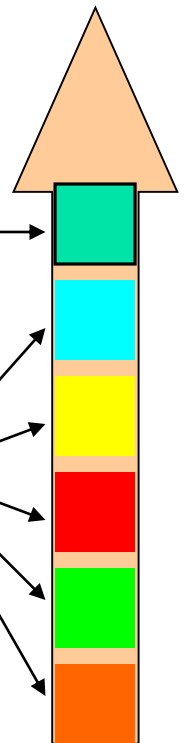
- Az MSTI-k STP példányok amelyek **csak a régió belül** értelmezettek
- Az MSTI-k nincsenek kapcsolatban a régió kívüli eszközökkel
- Az MST egyetlen BPDU-t küld az összes példánynak egy M-rekorddal példányonként
- Egyetlen példánynak van timer-alapú paramétere (az IST instance)
- Az MST BPDU-k **minden porton kiküldődnek**
- **A BPDU-k mindkét irányban küldődnek** ellentétben a 802.1D-vel, ahol csak a designated bridge küld



Protokoll információ az IST számára

Protokoll információ az MST példányoknak

MST BPDU

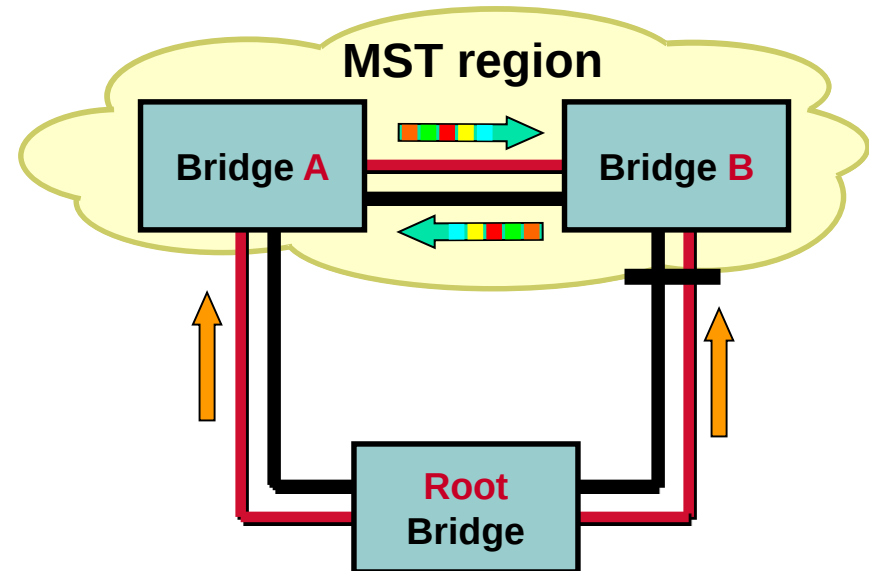


MSTI-k a határnál



BME-TMIT

- Csak az IST kapcsolódik a külső STP-hez (CST)
- Az MSTI-k nem küldenek BPDU-kat a határ portokon
- Egy határ port az MSTI-ben mindig követi az IST állapotát
- Példa: B esetében a piros példány blokkol mert az IST is blokkol

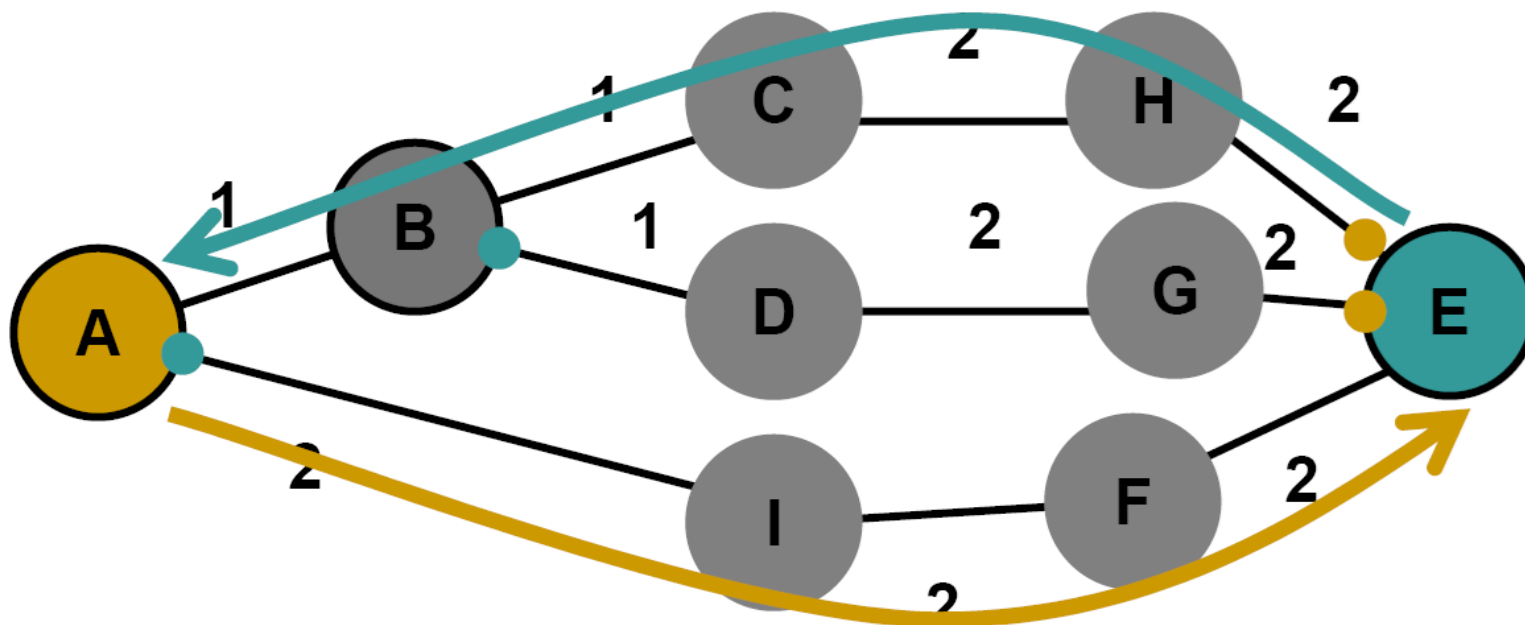


Shortest Path Bridging



BME-TMIT

- IEEE 802.1aq
- Több fa, gyökerek a bridge-ekben
 - Mindegyik a legrövidebb utat használja
- Megoldandó
 - Szimmetrikus útvonalak...



A lényegesebb L2 Protokollok ...



BME-TMIT

Destination MAC Address	Name	Description
01-80-C2-00-00-2X	GARP*	IEEE 802.1D, Generic Attribute Registration Protocol. The “carrier” protocol over which GMRP and GVRP are implemented.
	GMRP*	IEEE 802.1D, GARP Multicast Registration Protocol. Prunes delivery of multicast MAC addresses back from ports that don't need to see them. L2 equivalent of IGMP.
	GVRP	IEEE 802.1Q, GARP VLAN Registration Protocol. Prunes each VLAN's broadcasts, multicasts, and unicast floods back from ports they don't need to go to.
01-80-C2-00-00-10	All Bridges*	IEEE 802.1D. Defined as an ordinary multicast address to be used to reach all bridges in a bridged LAN.
01-80-C2-00-00-04 - 01-80-C2-00-00-0F	Undef. 802.1 bridge addrs.	Reserved for use by 802.1. IEEE 802.1D states that a bridge will never forward a frame with one of these addresses.

A lényegesebb L2 Protokollok ...



BME-TMIT

Destination MAC Address	Name	Description
01-80-C2-00-00-00	STP	IEEE 802.1D, Standard Spanning Tree Protocol. Protocol packets called, "Bridge Protocol Data Units", or BPDUs.
	RSTP	IEEE 802.1W, Rapid Spanning Tree protocol (RSTP). Same function as STP, but converges (typically) in tens of milliseconds, rather than tens of seconds.
	MSTP	IEEE 802.1S, Multiple Spanning Tree Protocol. Carries multiple STP instances on top of a single RSTP BPDU.
01-80-C2-00-00-01	Pause	IEEE 802.3 Clause 31, Point-to-point Pause function. Used to implement L2 flow control on a whole physical link. Handled by hardware.
01-80-C2-00-00-02	LACP	IEEE 802.3 Clause 43, Link Aggregation Control Protocol. Protocol to automatically establish groups of point-to-point links between two devices for load sharing.
	OAM	IEEE 802.3ah EFM Draft 1.3, Operations, Administration, and Maintenance.
	LLDP	IEEE 802.1ab Draft, Link Layer Discovery Protocol. Allows stations to exchange chassis and port information.
	Slow Protocols	Future IEEE 802 standard protocols which expect no more than about 1 packet per second are expected use this MAC address.

A lényegesebb L2 Protokollok ...



BME-TMIT

Destination MAC Address	Name	Description
01-80-C2-00-00-03	802.1X	IEEE 802.1X, Port-Based Network Access Control. Port-level secure authentication, usually using a RADIUS server.
01-00-5E-XX-XX-XX	IGMP*	IETF RFCs 1112 and 2236, Internet Group Management Protocol. Layer 2.5 Multicast subscription protocol which runs between hosts and routers. Snooped by switches to control distribution of L2 multicast MAC addresses.
00-00-5E-00-00-XX (Unicast address)	VRRP*	IETF RFC 2338, Virtual Router Redundancy Protocol. This unicast MAC address may move around. It may be used by two different MACs in two different locations on a bridged network, on different VLANs.
* This protocol's packets may be tagged with a VLAN ID.		

33 speciális Layer 2 multicast MAC cím van: 16 a BPDU blokk-ban, 16 a GARP blokk-ban, és egy "All Bridges" cím.

Néhány protokoll pont-pont kapcsolat alapú és nem szabad multipoint-to-multipoint fölött használni

- Speciális Multicast MAC címek
- Kevesebb mint IPv4 multicast
 - Mapping kell
- GMRP – Multicast regisztráció
 - GMRP és IGMP együttműködés szükséges

Multicast – IGMP snooping



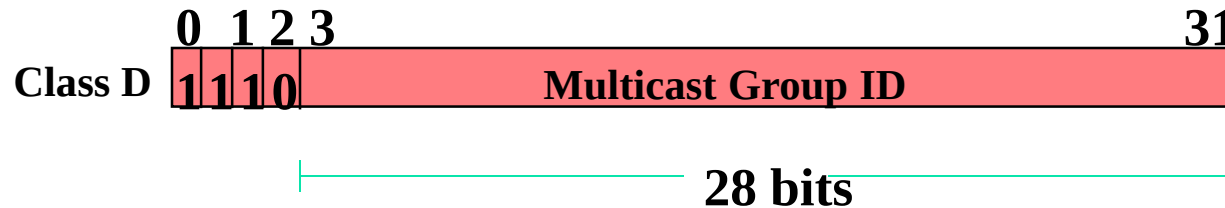
BME-TMIT

- A kapcsoló figyel az IGMPv2 üzeneteket
- Minden IGMP join üzenetre hozzáad egy bejegyzést a bridge által megtanult címekhez
 - Így a következő multicast csomag csak azon a porton fog megjelenni
- Az IGMP leave üzenet törli a bejegyzést
- Megszűnik a multicast broadcast jellegű továbbítása
- IGMPv3 – még nem széles körben támogatott!

Multicast címzés



BME-TMIT

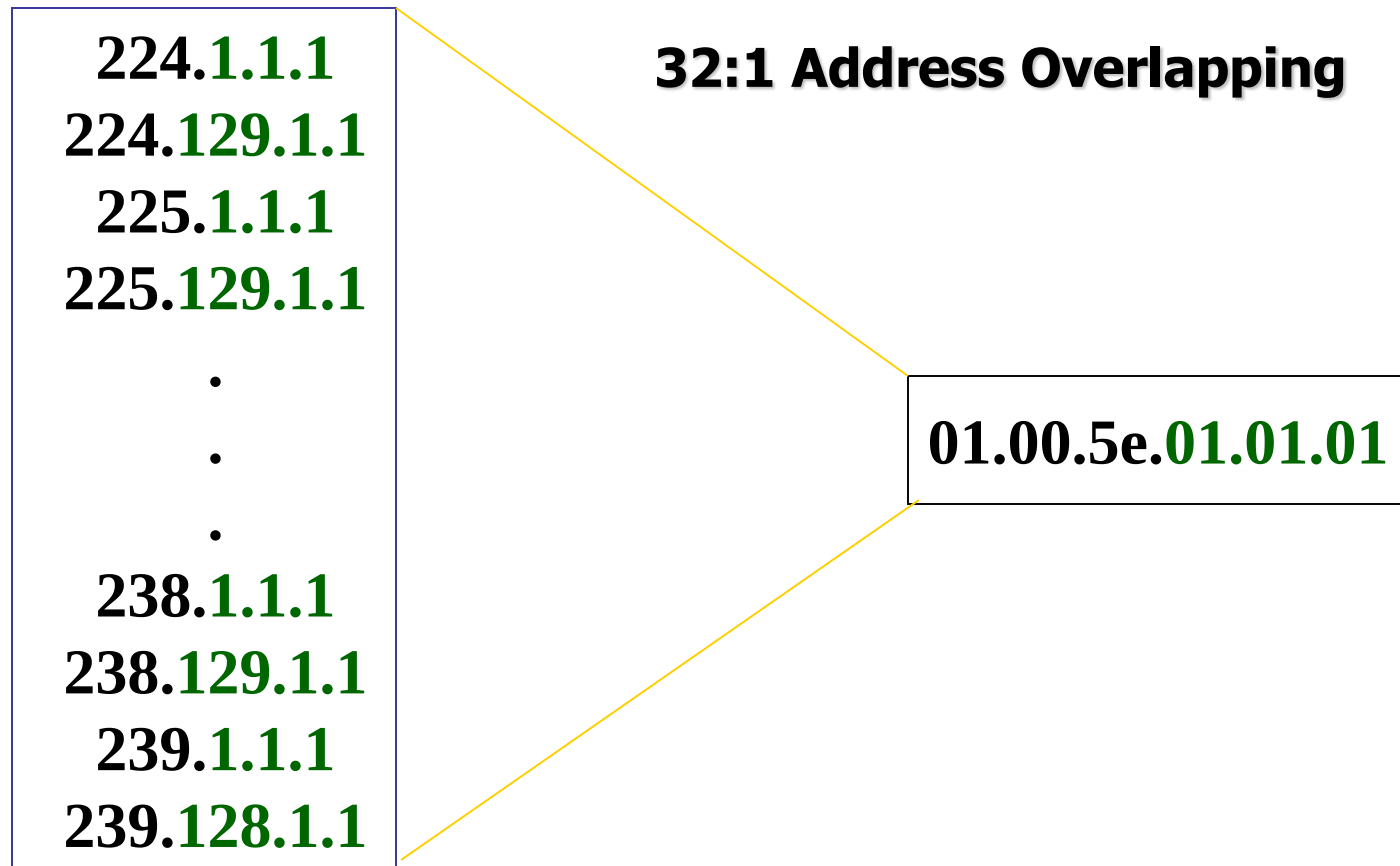


- Internet Assigned Numbers Authority (IANA)
- 224.0.0.1-224.0.0.255-->Reserved
- **224.0.1.0-238.255.255.255-->Multicast Group**
- 224.0.0.1: All multicast-capable hosts group
- 224.0.0.2: All multicast routers group
- 224.0.0.4: All DVMRP routers

Címek átlapolása



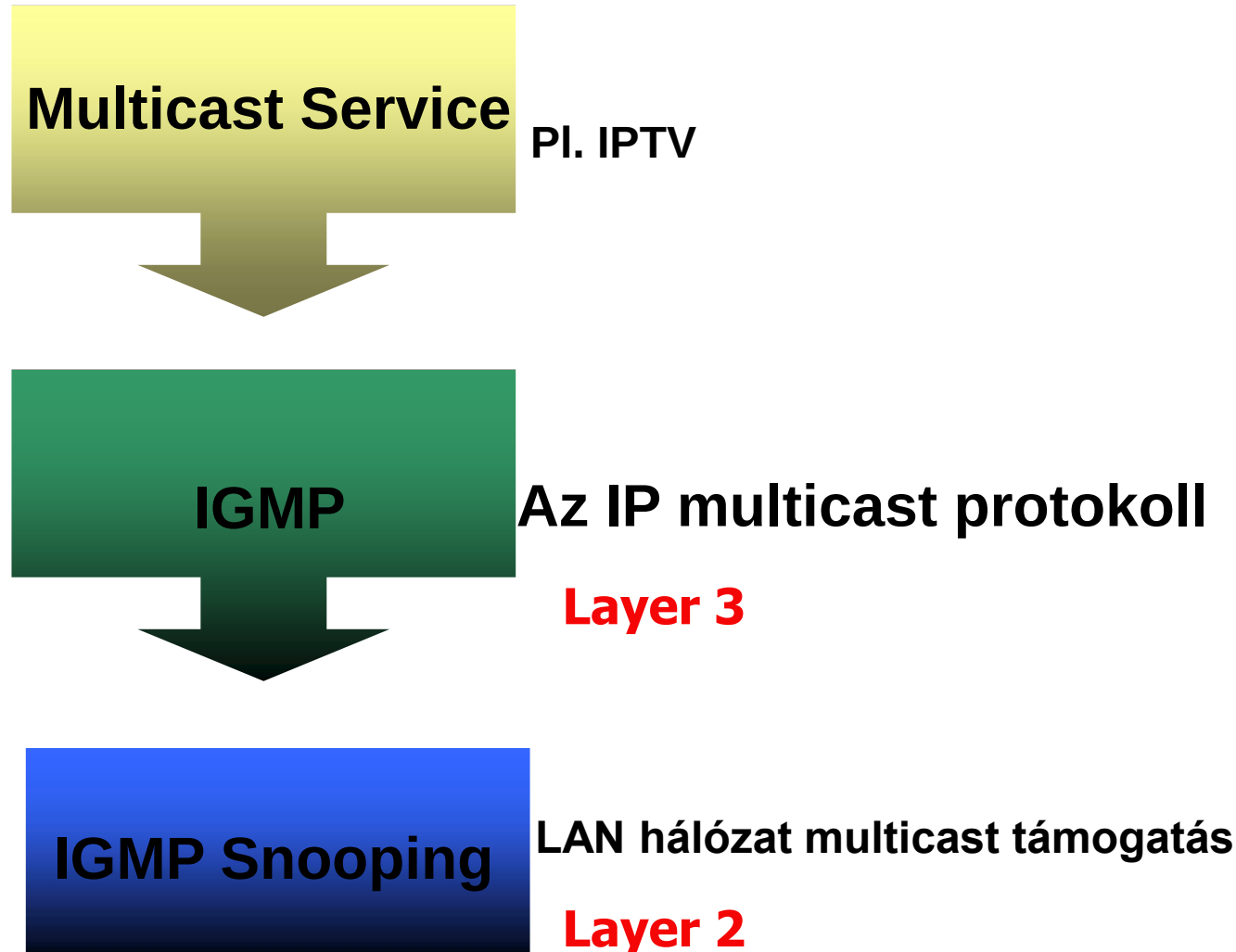
BME-TMIT



Multicast Service



BME-TMIT



- Internet Group Management Protocol
- Membership management
- Membership establishment
- IGMPv1 [RFC1112](#)
- IGMPv2 [RFC2236](#) (aktuális verzió)
- IGMPv3 [RFC3376](#)

Membership Establishment



BME-TMIT

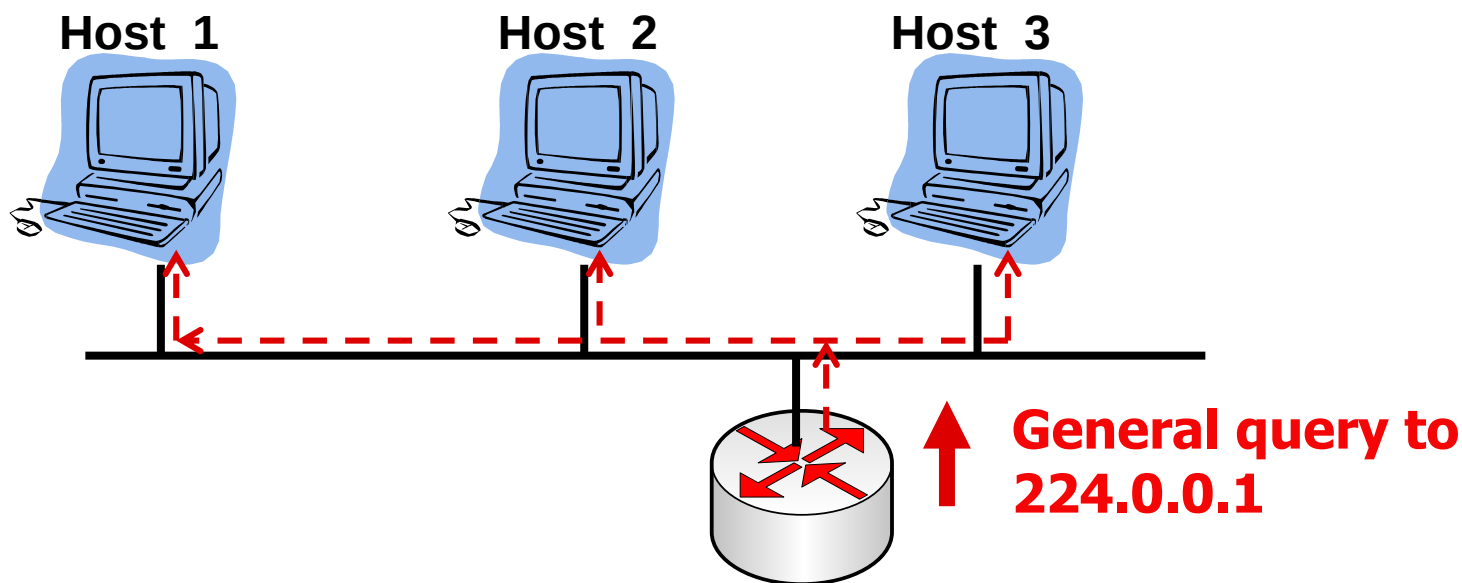
- General Query
 - Periodikus lekérdezés, tagsági információ lekérdezésére.
- Join Report
 - Host csatlakozni akar egy csoporthoz
- Leave Message
 - Host elhagyni készül egy csoportot

General Queries



BME-TMIT

- Példa



Periodikus lekérdezés a router által

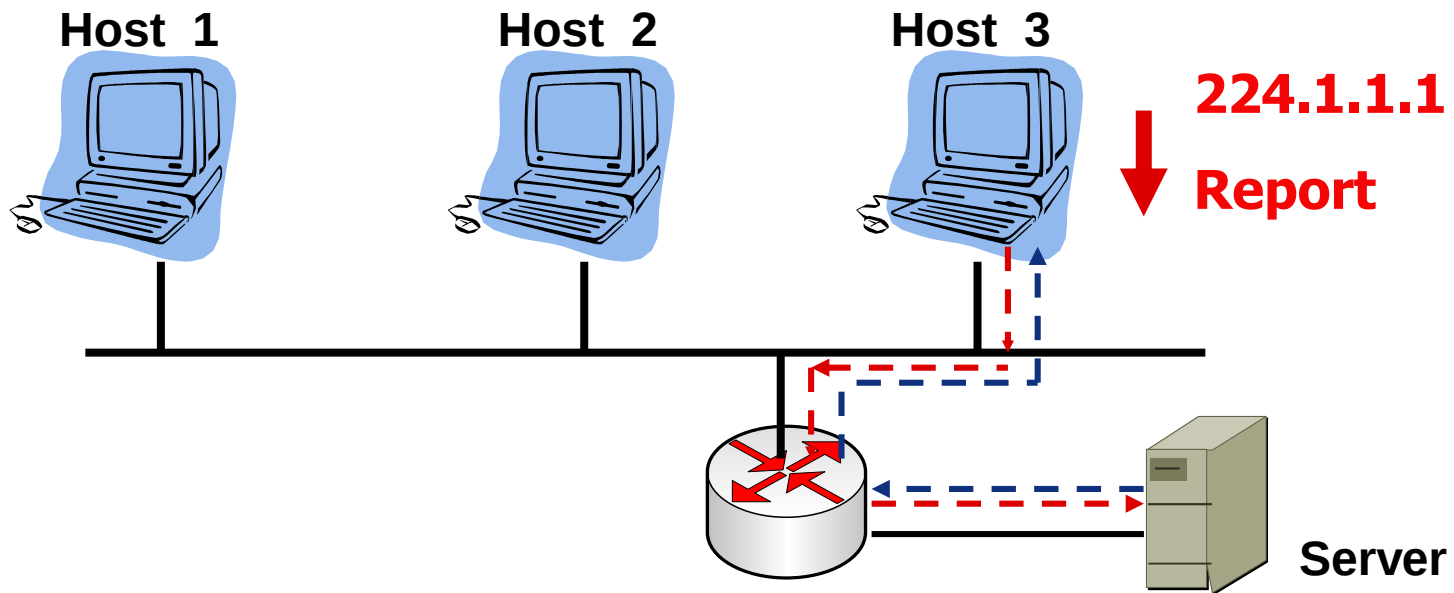
224.0.0.1: All multicast-capable hosts group

Join – csatlakozás csoporthoz



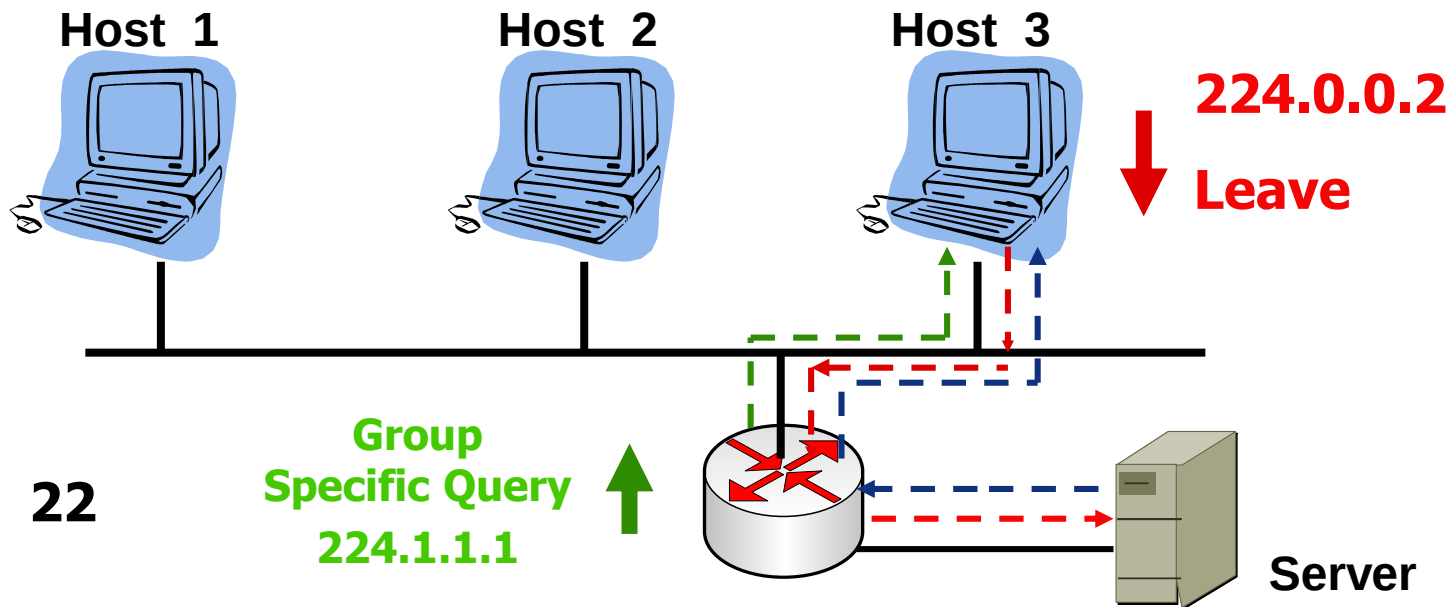
BME-TMIT

- Példa



**Csatlakozás – a hoszt küld egy „report”
üzenetet a 224.1.1.1 címre**

- Példa



Leave üzenet küldése a 224.0.0.2 címre a csoport elhagyásához

224.0.0.2 – The multicast address for all routers on subnet

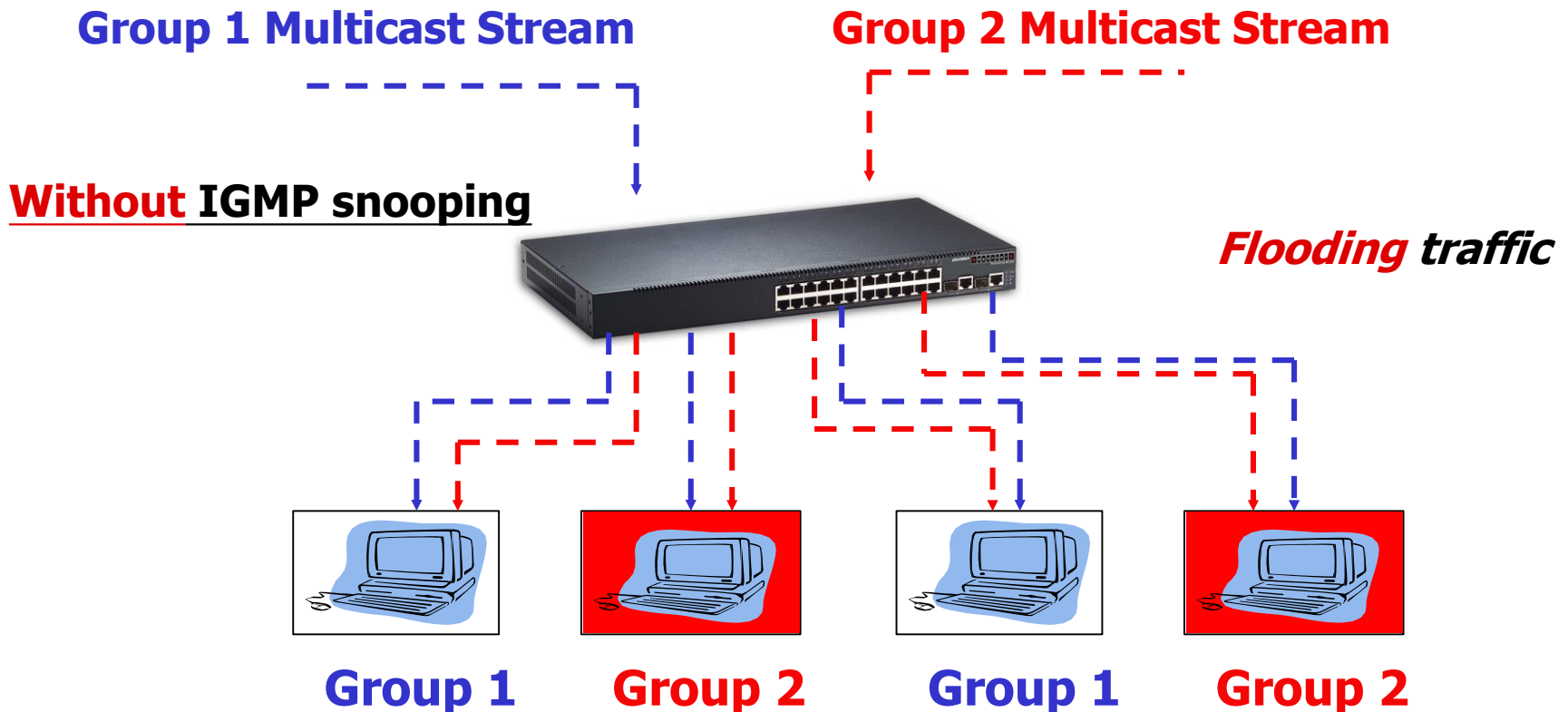
Az IGMP Snooping



BME-TMIT

IGMP Snooping - hatékony multicast Etherneten

All hosts need to handle the traffic whether they need it or not.



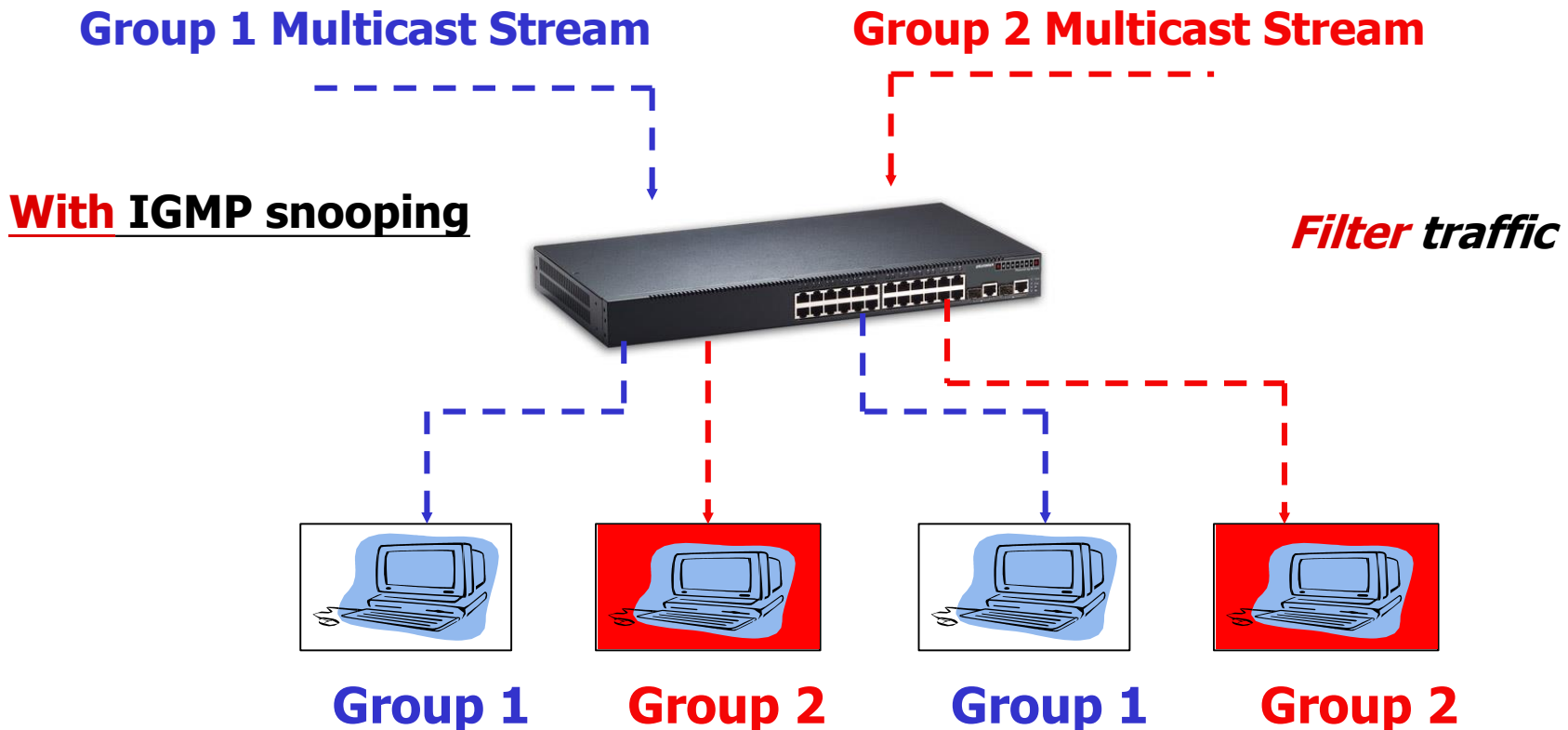
Az IGMP Snooping



BME-TMIT

IGMP Snooping - hatékony multicast Etherneten

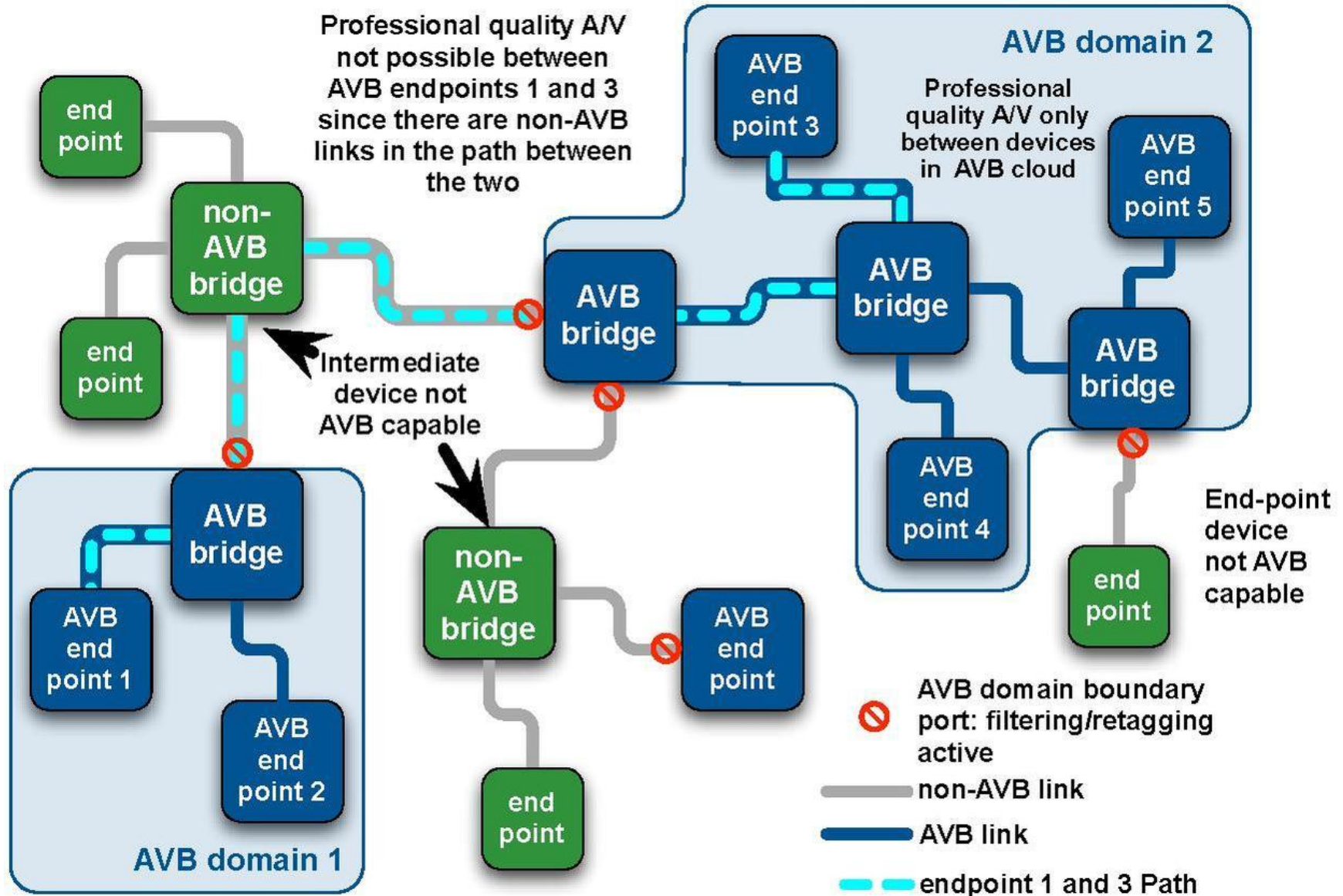
Hosts only receive dedicated traffic belonging to the same group



- A broadcast jelleg miatt nagy a veszély
- Támadható pontok/területek
 - SPT DOS
 - ARP
 - MAC címek kicserélése
- A C-VLAN használata leszűkíti támadó lehetőségeit

- IPoE specifikus
 - DHCP snooping használata
 - Dinamikus ARP figyelés
 - ARP proxy
- Védekezni kell
 - BPDU szűrés – STP támadás ellen
 - PVLAN használata a trónk portokon
 - Traffic policing – a broadcast stormok ellen
 - A MAC címek limitálása egy porton

AVB – Audio Video Bridging



AVB protokollok



BME-TMIT

- 802.1AS – idő szinkron
- 802.1Qav – továbbítás
- 802.1Qat – Erőforrás foglалás
- 1722 - beágyazás

AVBTP network stack.

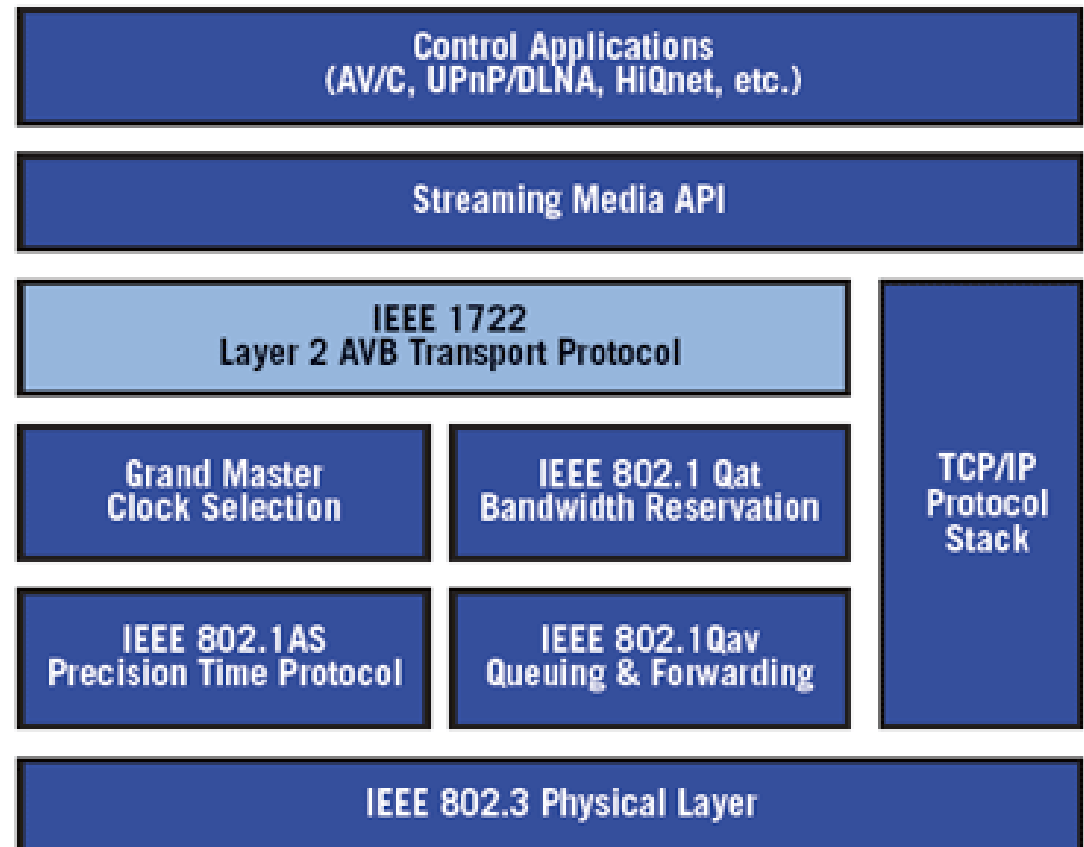


Figure 1

- Az AVB „utódja” – átnevezés
- Tágabb felhasználási terület
 - Ipar
 - Autók
 - Stb.
- A szabványosítás jelenleg is folyik
 - Új szabványok

- › P802.1Qbu – Frame Preemption – ready
 - › P802.1Qbv – Enhancements for Scheduled Traffic – ready
 - › P802.1Qcc – Stream Reservation Protocol (SRP) Enhancements and Performance Improvements
 - › P802.1Qci – Per-Stream Filtering and Policing
 - › P802.1Qch – Cyclic Queuing and Forwarding
 - › 802.1Qcj – Auto-attach to PBB services
 - › P802.1AS-Rev – Timing and Synchronization – Revision
 - › P802.1CB – Frame Replication and Elimination for Reliability
 - › P802.1CM – Time-Sensitive Networking for Fronthaul
- related
- related to each other

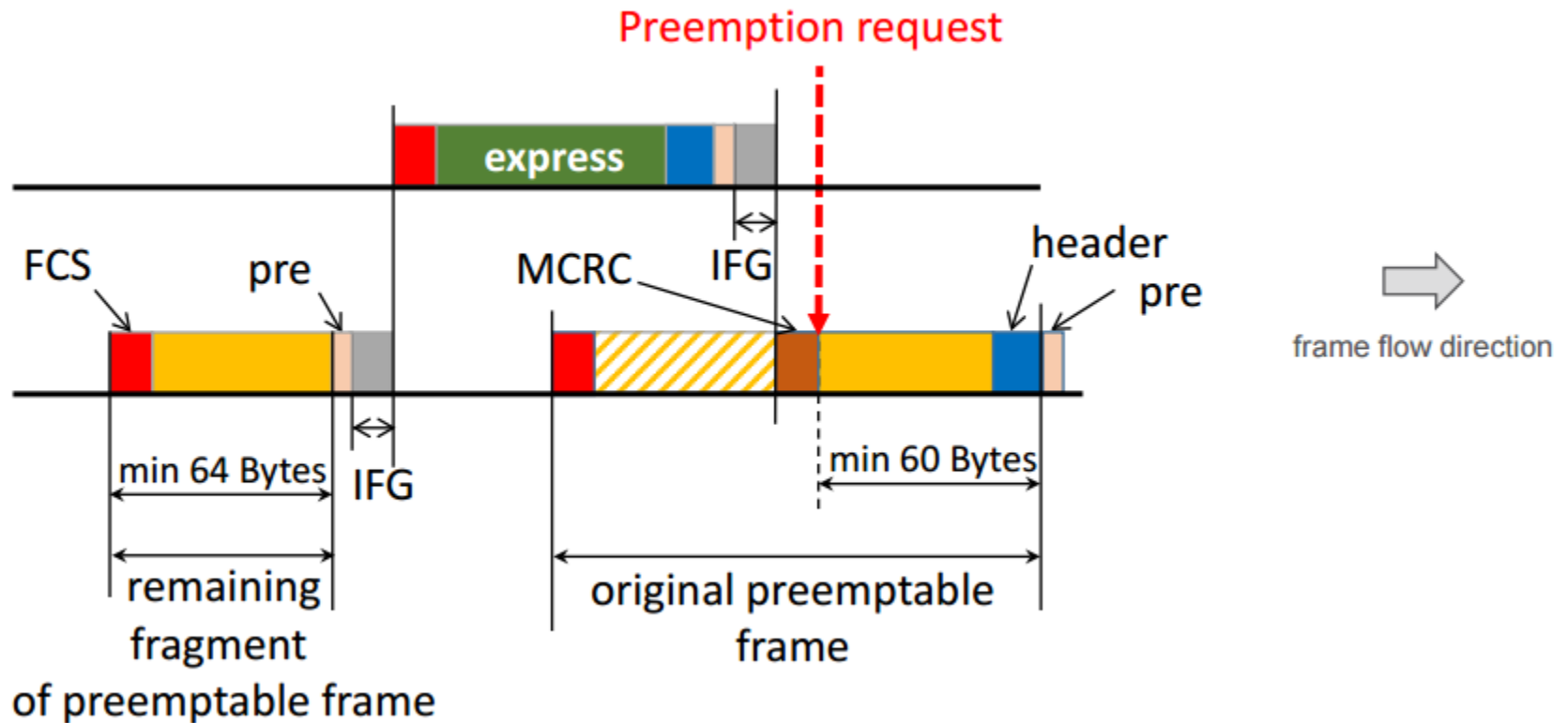
Frame Preemption



BME-TMIT

2. 802.1Qbu – Frame Preemption

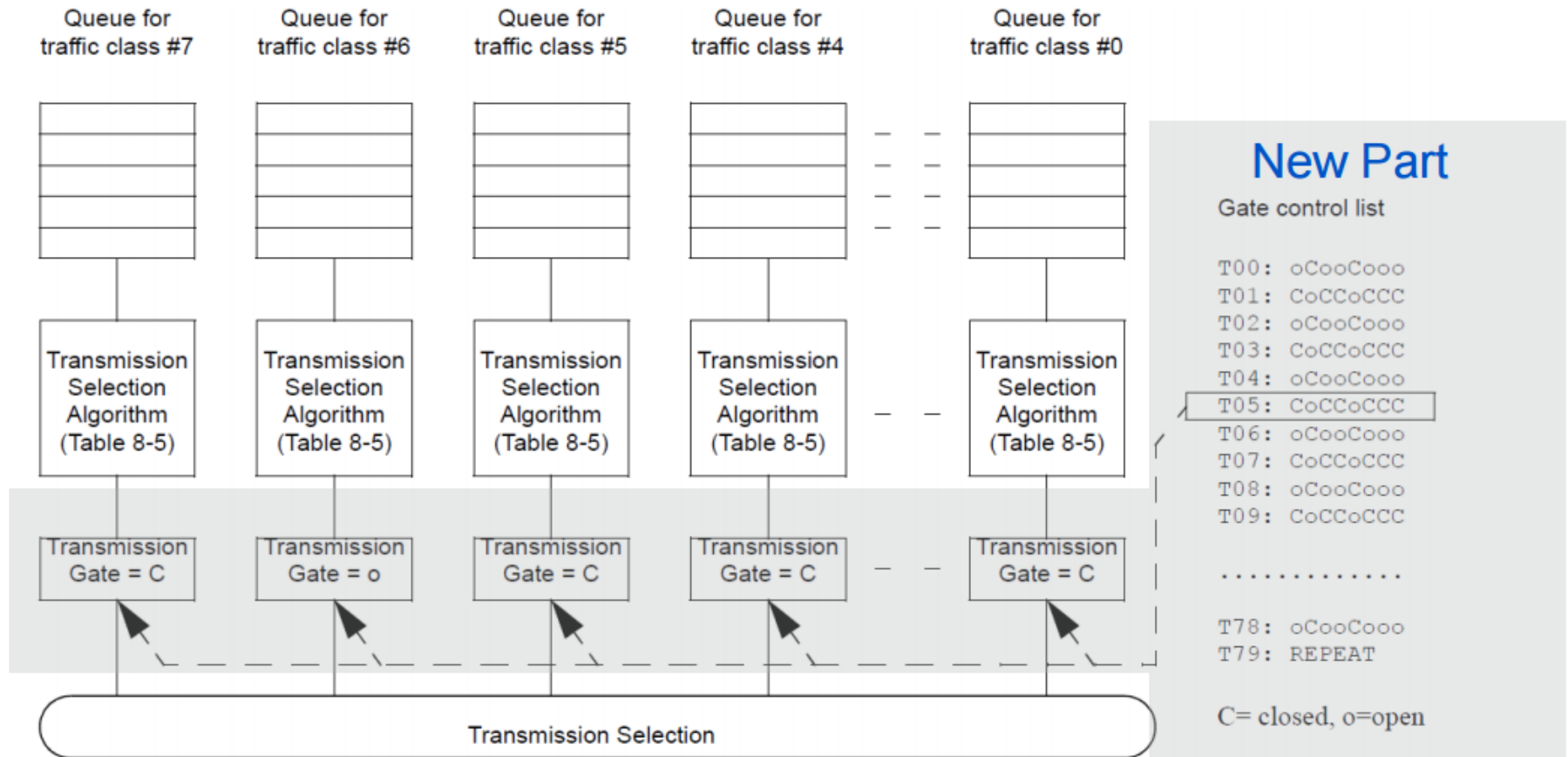
1. 802.3br – Interspersing Express Traffic (IET)



802.1Qbv – Time Gated Queuing



BME-TMIT

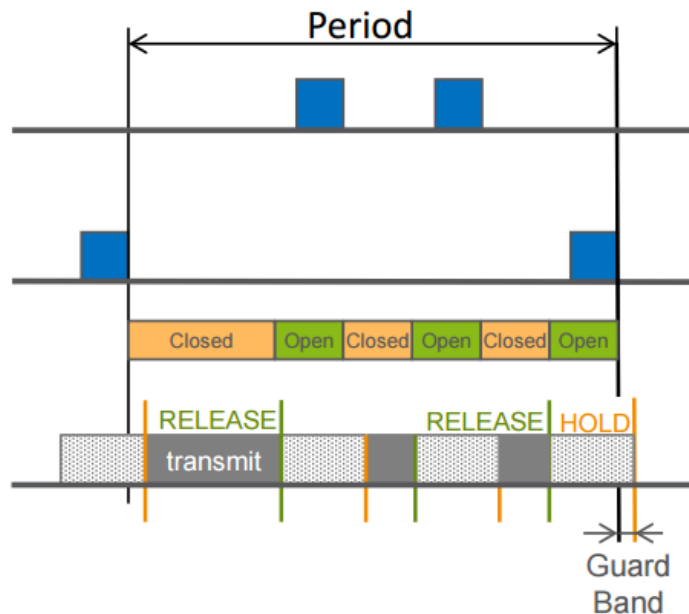


Time Gated Queuing – Működés



BME-TMIT

Example 1



Legend

Express From Port 1

Express From Port 2

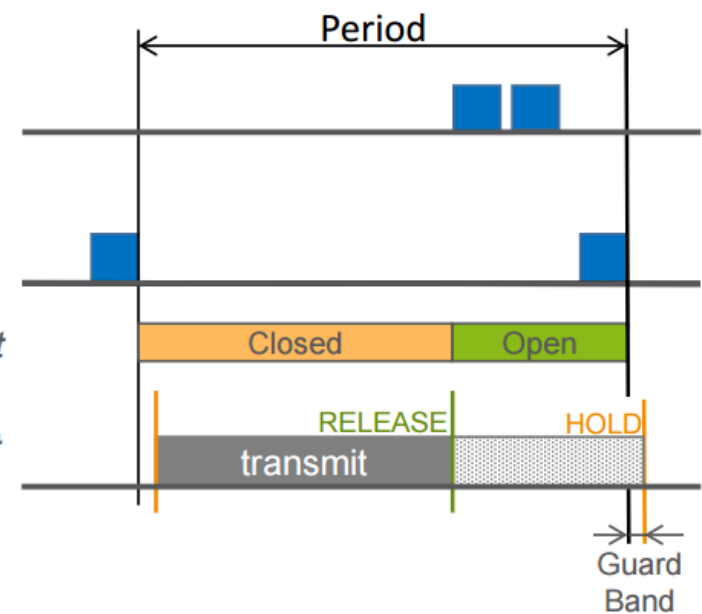
Express Gate at egress port

Preemptable at egress port



frame flow direction

Example 2



Köszönöm a figyelmet

- Vége -



Budapest University of Technology and Economics

**Department of
Telecommunications and Media Informatics**

