



HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK

HÁLÓZATOK ALAPJAI ÉS ÜZEMELTETÉSE

Az adatkapcsolati réteg
2023. április 28.

Mészáros András

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék
meszarosa@hit.bme.hu



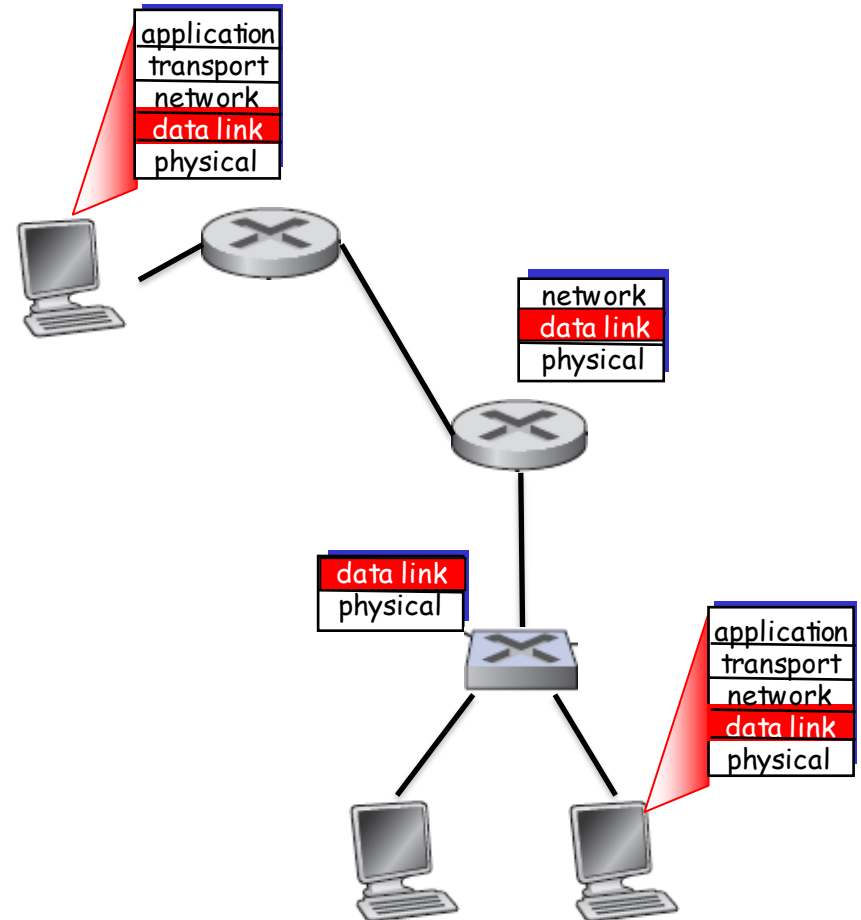
A TCP/IP protocol stack rétegei:

- **alkalmazási (application)**
 - a hálózati alkalmazásokat támogatja
 - FTP, SMTP, HTTP
- **szállítási (transport)**
 - Adatátvitel processztől processzig
 - TCP, UDP
- **hálózati (network)**
 - adatok (csomagok) mozgatása a forrás és nyelő hosztok között
 - IP, útvonalválasztó protokollok
- **adatkapcsolati (link)**
 - adatok (csomagok) továbbítása a szomszédos hálózatelemek között
 - PPP, Ethernet
- **fizikai (physical)**
 - bitek továbbítása a szomszédos csomópontok közti összeköttetéseken

1. Az adatkapcsolati réteg szolgáltatásai
2. Címzés az L2 rétegben
3. Lokális hálózatok (LAN-ok)
4. Ethernet

A fóliák elkészítéséhez felhasználtuk Jim Kurose és Keith Ross „Számítógép hálózatok működése” című könyvéhez készült fóliákat

- Cél: hálózati **datagram átvitele két szomszédos**, hálózati funkciót megvalósító elem között
- A szomszédos elemek között egy **link** (adatkapcsolat) van
 - Vezetékes link
 - Vezetéknélküli link
 - LAN
- A link egyik végén a datagramok **keretekbe csomagolása**
- A link másik végén a megérkezett datagram kicsomagolása és átadása a hálózati rétegnek
- Az egyes linkeken eltérő protokoll lehet, eltérő szolgáltatásjellemzőkkel
 - Például IEEE802.11, GigabitEthernet
 - Ertérő sebesség
 - Ertérő biztonság



- Keretezés
 - Fej- és farokrész (**Header és Trailer**) illesztése az adathoz
- Hozzáférés az átviteli médiához
 - Mi legyen, ha több szomszéd egyszerre akar adni ugyanazon a linken?
- Címzés **fizikai cím** alapján
 - A cél-szomszéd azonosításához
 - Nem a logikai (IP) címről van szó
- Keretek megbízható átvitele
 - Pufferelés a végpontokon
 - **Bithibadetekció** (esetleges újraküldetés)
 - Bithibakorrekción
- Küldési irányok kezelése egy linken
 - Szimplex
 - Félduplex
 - Duplex (full-duplex)

- Logical Link Control (**LLC**) alréteg
 - Az adat átvitelét szervezi
 - Multiplexáló funkció – a felsőbb rétegből érkező PDU-kra
 - Opcionális funkciók (nyugtázás, folyamszabályzás)
- Media Access Control (**MAC**) alréteg
 - Hibadetekció/hibajavítás
 - Közeghozzáférés
 - Címzés
 - Keretezés

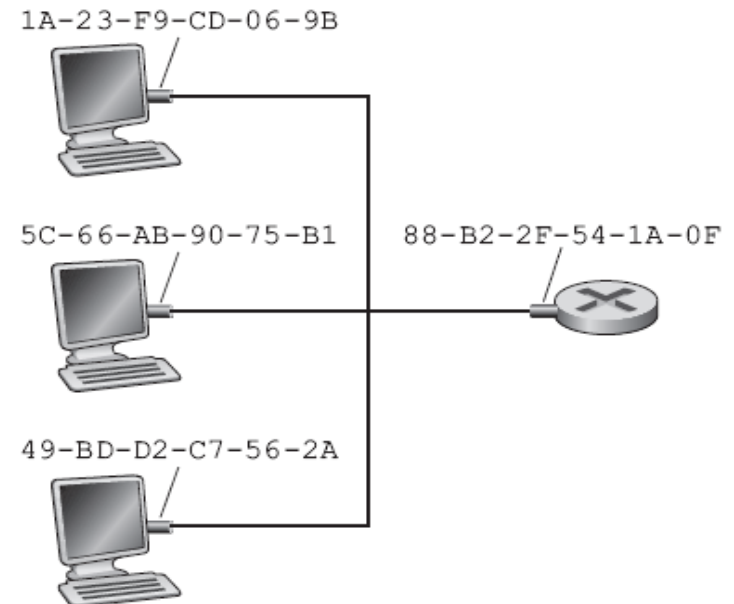
- Hibadetekció
 - **Redundáns bitek** a trailer-ben
 - Nemcsak az adatra (datagram), hanem a fejrészre is vonatkozhat
 - Nem minden hiba észlelhető, mert nem csak egy bit lehet hibás
 - Például: paritásbit, transzport réteg ellenőrző összeg
- Hibajavítás
 - Nem csak észleljük, hogy hiba volt, hanem azt is tudjuk hol
 - Például: kétdimenziós paritás, ciklikus redundancia – CRC

1. Az adatkapcsolati réteg szolgáltatásai
2. Címzés az L2 rétegben
3. Lokális hálózatok (LAN-ok)
4. Ethernet

- Logikai cím – „egyedi” azonosítás az Interneten
 - A hálózati rétegben használt cím (IPv4, IPv6)
 - Cél a datagram továbbítása távoli hálózatba
 - Az alhálózat elhelyezkedése kikövetkeztethető

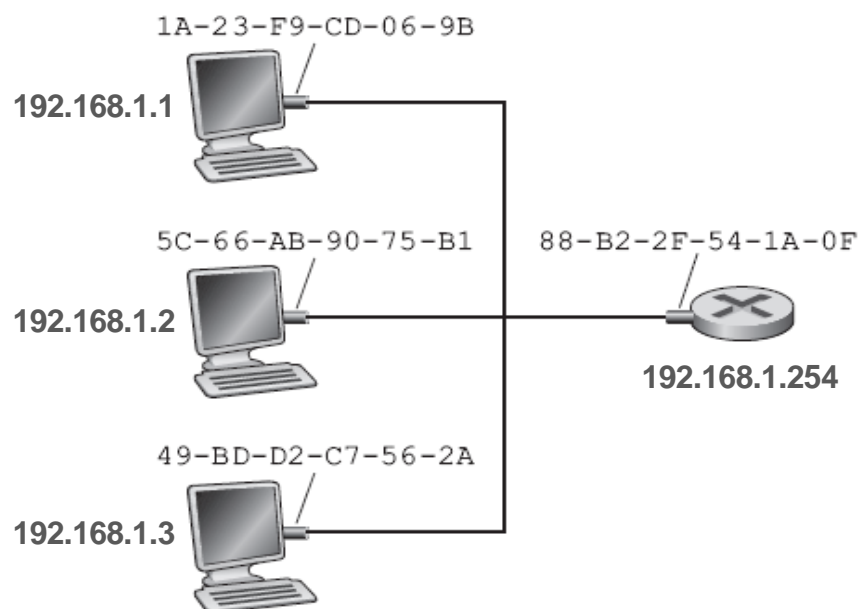
- Fizikai cím – egyedi **azonosítás az alhálózatban**
 - Az adatkapcsolati rétegben használt cím (MAC cím)
 - Cél: egy keret továbbítása egy szomszédos elemhez, aminek van logikai címe (végpont, router interfész)
 - Nem fontos az alhálózat elhelyezkedése, mert csak azon belül használjuk
 - 48 bites azonosító (az IEEE 802-es protokolloknál)
 - A hálózati adapter (kártya, port) ROM-jába égetve
 - Esetleg szoftverrel beállítható a használt érték
 - Olvasható formátum – hexaszámokkal leírt bájtok
 - Például: 01-23-45-67-89-ab vagy 01:23:45:67:89:ab

- Az adatkapcsolati réteget megvalósító technológiákban
 - Ethernet (IEEE 802.3)
 - WiFi (IEEE 802.11)
 - Bluetooth
 - Korábban
 - Token Ring (IEEE 802.5)
 - FDDI (IEEE 802.4 token bus)
 - ATM
- Az (al)hálózaton, LAN-on belül egyedi cím kell legyen
 - Szórási (broadcast) cím az L2-ben: FF-FF-FF-FF-FF-FF
 - Többesadás (multicast) címek, pl: 01-00-05-xx-xx-xx



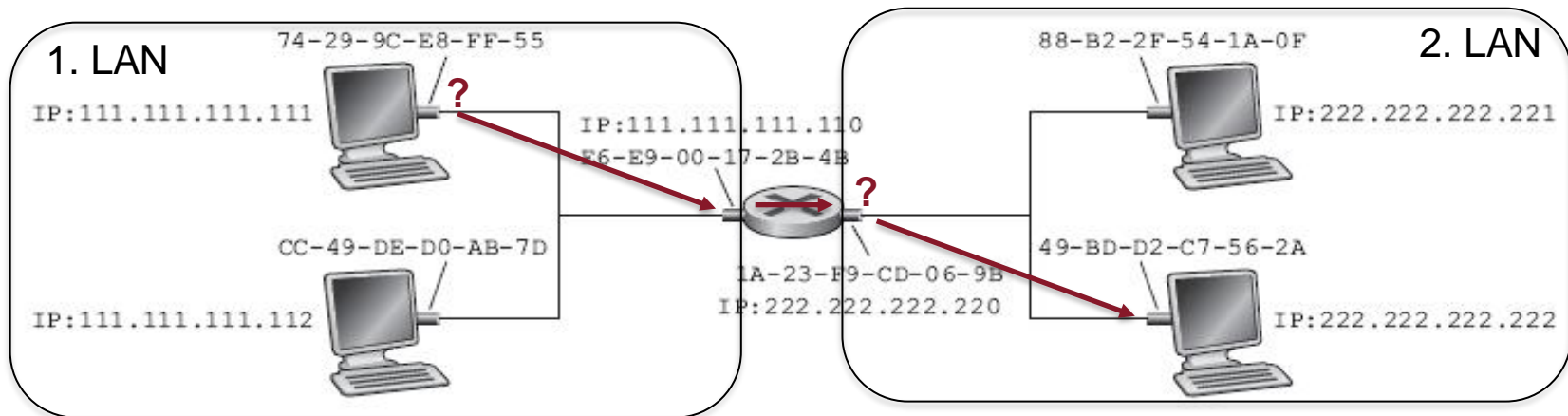
- A kiosztást az IEEE felügyeli
 - Az egyes gyártók a teljes címtér egy részét vásárolják meg
 - Az első három bájt: Organizationally Unique Identifier – **OUI**
- MAC cím
 - **Nincs hierarchia** – hordozható
 - Egy hálózati kártya átvihető egy másik LAN-ba
- IP cím
 - Hierarchikus szervezés – nem hordozható
 - Egy végpont nem tehető át (egyszerűen) egy másik hálózatba az IP címével együtt, szükség van annak átírására
- Analógia – név és lakcím
 - Név + születési idő (Kovács István, 2000. január 1.) – MAC cím
 - Lakcím – IP cím

- Honnan tudjuk meg, hogy melyik fizikai cím tartozik egy adott logikai címhez?
 - Melyik fizikai címre menjen a 192.168.1.2 célú datagramot tartalmazó keret?
- Address Resolution Protocol (**ARP**)
- A hálózati elemek tárolják a feloldott címeket
 - Logikai cím – fizikai cím összerendelések
 - Adott idő (pl. 20 perc) után törlődik egy bejegyzés
 - Kézzel is törölhető



1. Az A hoszt a B hosztnak küldene egy datagramot
 - B MAC címe nincs még benne az A hoszt arp táblájában
 2. Az A elküld egy ARP-Query keretet a B IP címével
 - A broadcast MAC címre
 - A LAN összes hosztja és interfésze megkapja a keretet
 3. B felismeri a saját IP címét és válaszol egy ARP-Reply kerettel
 - A válasz keretet A-nak címzi
 - A válasz tartalmazza B MAC címét
 4. Az A felveszi a B IP címét feloldó bejegyzést az arp táblájába
 5. Az A el tudja küldeni a datagramot B-nek
 - A most már ismert MAC címet használva a kerethez
- Az ARP automatikusan indul
 - Nincs szükség kézi konfigurációra
 - IPv6
 - Neighbor Discovery Protocol – NDP
 - Hasonló mechanizmus
 - ICMPv6 üzenetek a többi hoszt megszólítására

- A datagramot az alapértelmezett átjárón (default gateway) át kell küldenünk
 - Router interfész címének feloldása (az 1. LAN-ban) – ARP
 - Keret átküldése a routernek
 - Datagram kicsomagolása a keretből
- Továbbítás a routing tábla alapján
 - Célcím feloldása a megfelelő (a 2.) LAN-ban - ARP
 - Datagram becsomagolása
 - Keret átküldése a hosztnak

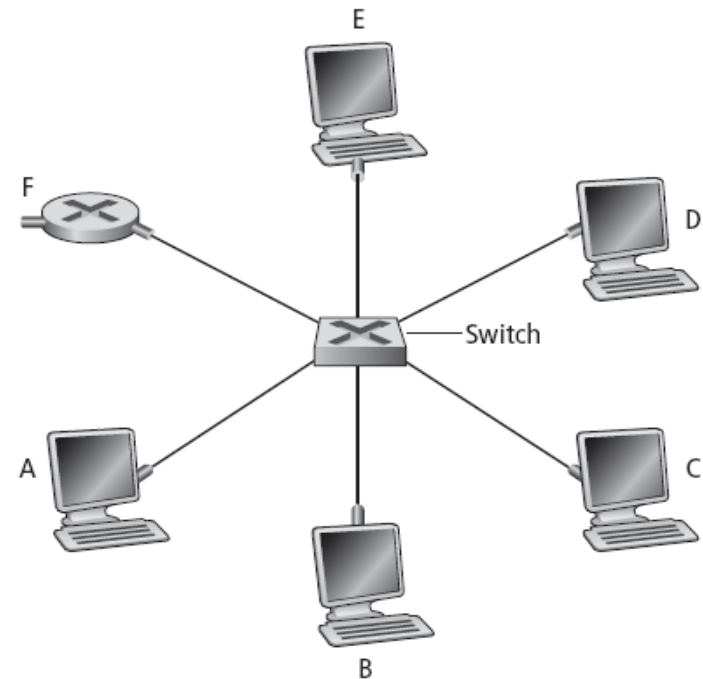


1. Az adatkapcsolati réteg szolgáltatásai
2. Címzés az L2 rétegben
3. Lokális hálózatok (LAN-ok)
4. Ethernet

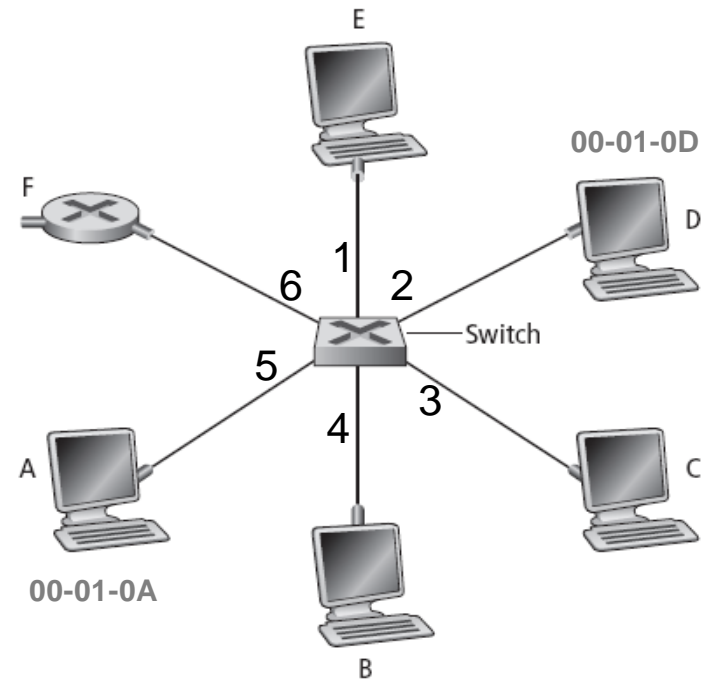
- Szomszédos hálózatelemek
 - Logikailag szomszédos elemek halmaza
 - Vezetéknélküli esetben fizikailag is szomszédok
- Ismétlő (repeater) funkció
 - Két kábel fizikai összekötése
 - Ma már inkább több kábelt összekötő eszközzel – hub
 - Minden keret megjelenik minden kábelen – logikailag egy közeg
- Ütközés (collision) – a közegre (médiumra) kerülő keretek egymást zavarják
- Kapcsoló (switch) funkció
 - Kezeli az adatkapcsolati rétegbeli PDU-kat (kereteket)
 - Szétdarabolja a LAN-t különálló közegekre
 - Csökkenti az ütközések valószínűségét

- Keretek feldolgozása
 - A kereteket nem neki, csak rajta keresztül küldik
 - A kapott keretet pufferelem
 - A MAC cím alapján eldönti, hogy melyik irányba továbbítsa
 - Ezzel csökken az ütközés esélye
- A továbbítás kicsit hasonlít a routingra, de
 - Csak a LAN-on belül megy
 - Sokkal egyszerűbb
 - Sokkal gyorsabb
- Transzparens funkció
 - A hosztok nem tudják, hogy vannak switchek a LAN-ban
- Automatikus tanulás – MAC learning
 - Nem kell külön konfigurálni
- Hatékonyság
 - Akár több keret is átmehet a hálózaton egy időben, ütközés nélkül

- A switch egy táblázatban tartja nyilván a MAC cím – port párokat
- Tanulás a switchhez érkező keretek forráscímei alapján
- Ha nincs a táblában a keresett cím, akkor minden irányba kiküldi
 - Kivéve arra, amerről jött
- Adott idő után elfelejti
 - Vagy kézzel törölhető

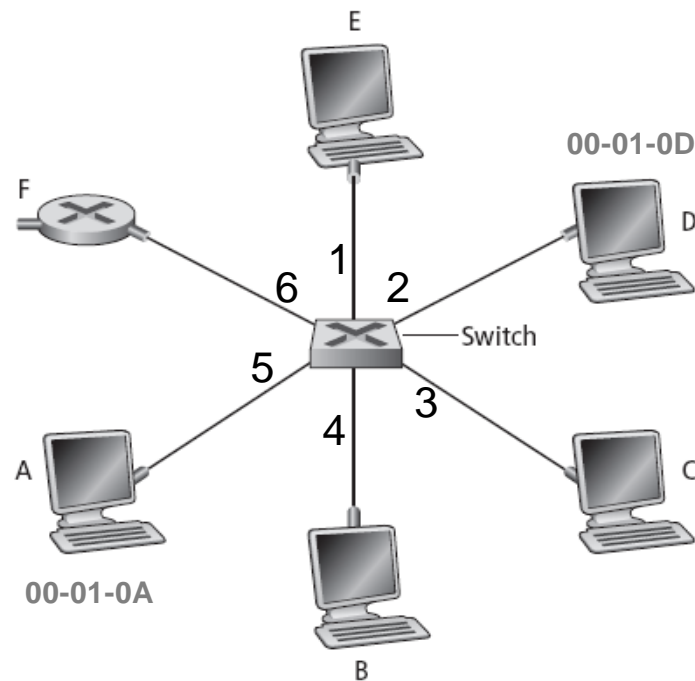


- IP datagramot tartalmazó keret küldése A-ból D-be
 - A cél MAC címe már ismert A-ban
- Lépések
 1. Keret küldése A-ból
 2. Keret érkezik az 5-ös porton
 3. Címtábla frissítése A MAC címével
 4. Keret szétküldése az 1,2,3,4 és 6 portokon
 5. Keret fogadása D-ben



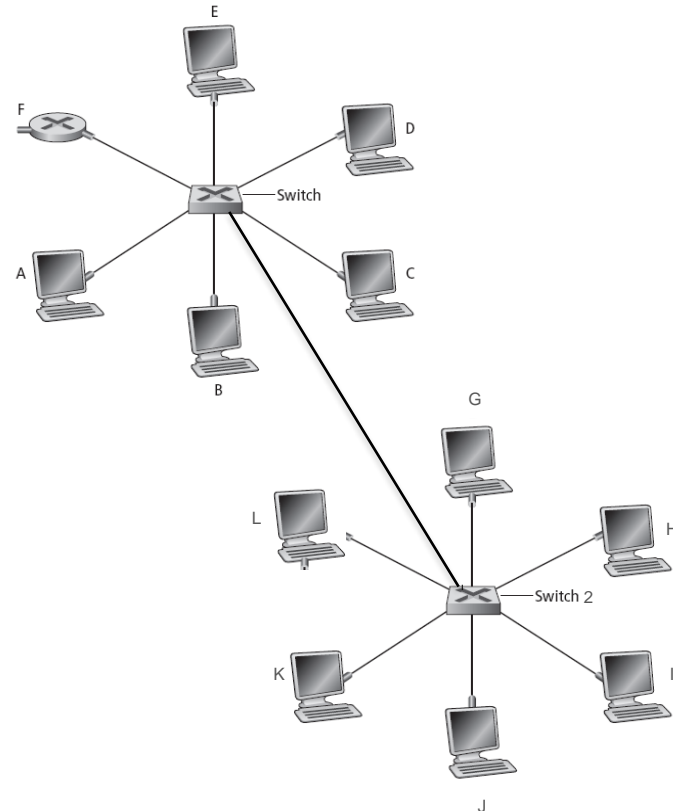
MAC cím	Port
00-01-0A	5

- D válaszol A-nak
 1. Keret küldése D-ből
 2. Keret érkezik a 2-es porton
 3. Címtábla frissítése D MAC címével
 4. Keret kiküldése az 5-ös porton
 5. Keret fogadása A-ban

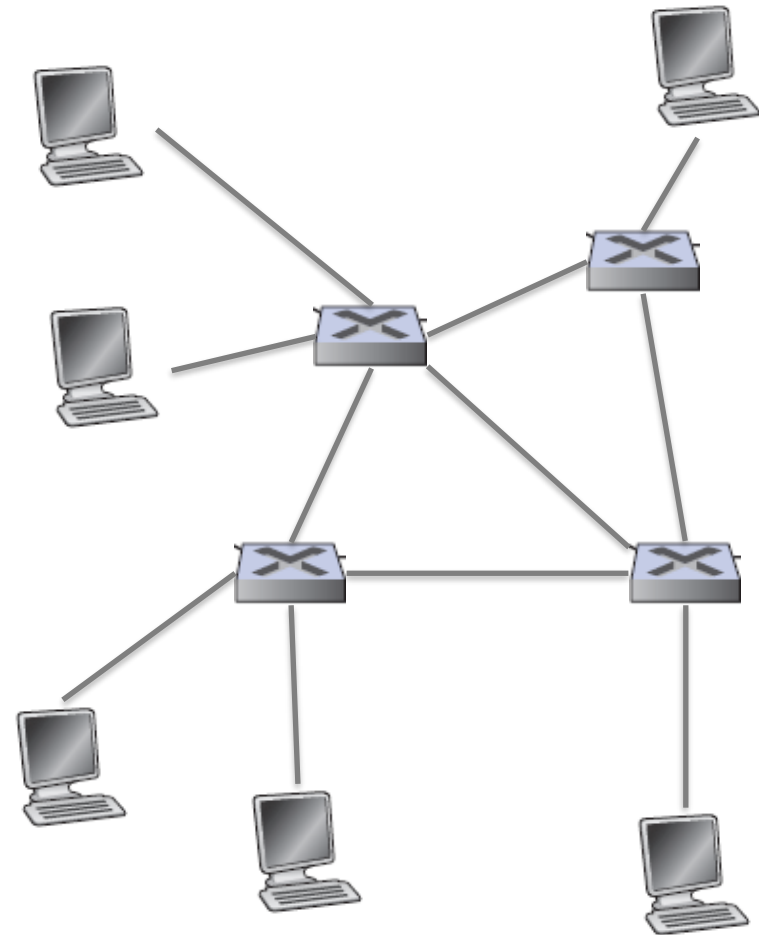


MAC cím	Port
00-01-0A	5
00-01-0D	2

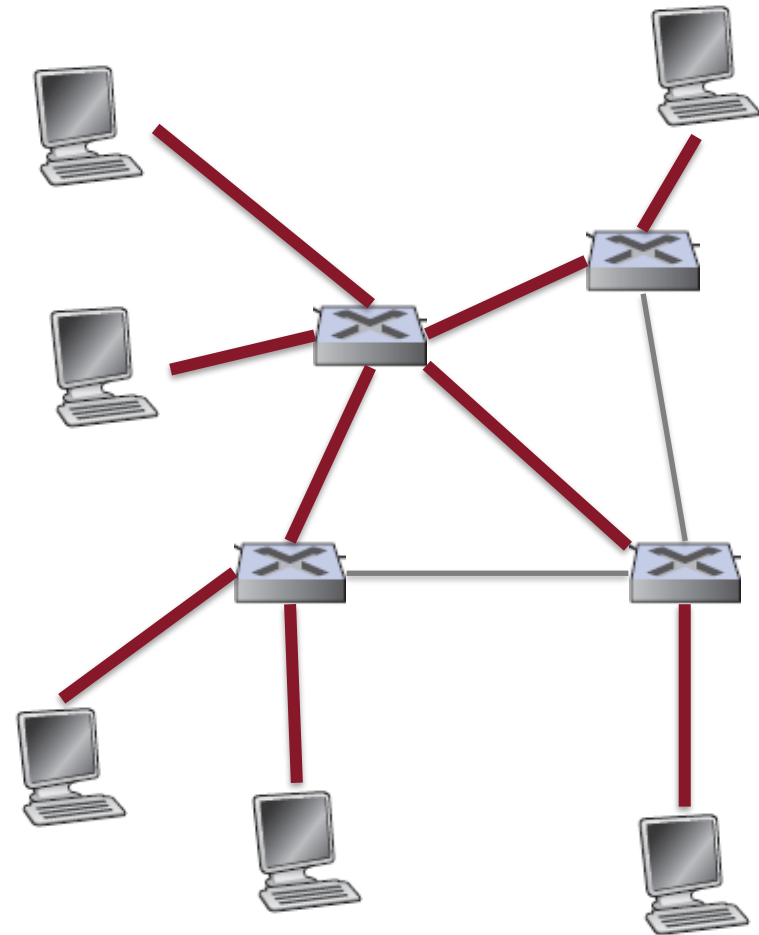
- Portok a switchben
 - Nagyszámú
 - Véges
- A LAN méretének növelése
 - Nagyobb switch – több port (nem skálázható)
 - Több switch
- Switch bemenetén nem csak egy hoszttól jöhetnek keretek
 - A MAC táblában több cím is lehet ugyanahhoz a porthoz rendelve



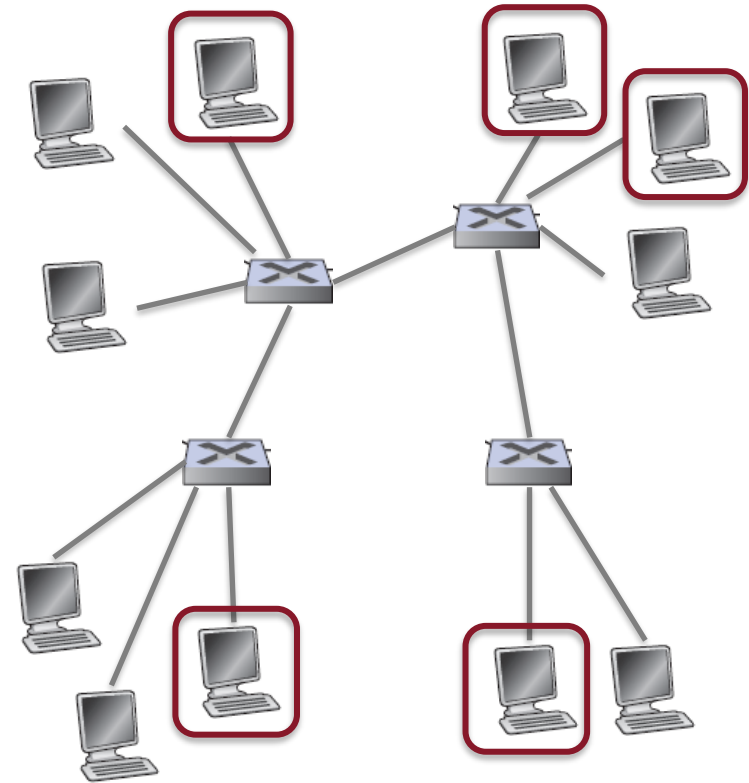
- Nagyobb LAN-okban sérülékenységet jelenthet, ha minden csak egyszeresen van összekötve
 - Fa szerkezetű gráf
 - Egy kábel hibája szétvághatja a hálózatot
- Redundancia
 - Többszörösen összekötött gráf
 - Hiba esetén is legyen alternatíva
- Hibamentes esetben
 - A szerkezetben lévő körök miatt továbbítási hurkok alakulhatnak ki
 - A switch a tanulás során felesleges irányokban is kiküldhet kereteket
 - Többszörös többszörözés...



- A megoldás
 - Csak erre kiválasztott linkeken menjen forgalom
 - Feszítőfa képző protokoll – Spanning Tree Protocol (STP)
- Hiba esetén
 - Az eredetileg nem használt linkekkel egészítik ki a fát
 - Továbbra is hurokmentes
- Új elem csatlakozása esetén változik a kép
 - Új switch
 - Új link

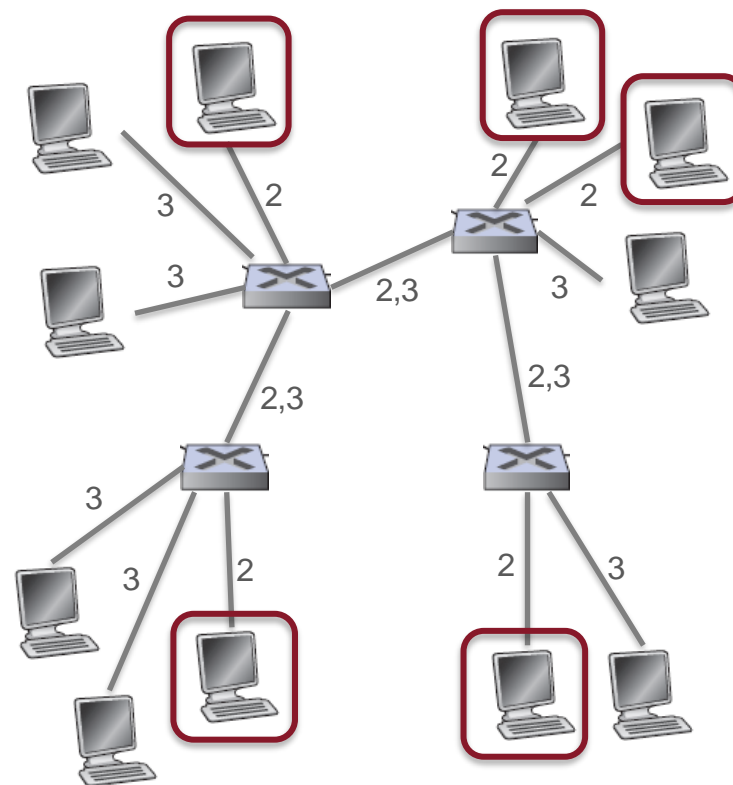


- Méret vagy felhasználási cél miatt **több LAN** kialakítása
 - Fizikailag elkülönítve – túlzott kábel- és berendezés-igény
 - Logikailag elkülönítve – azonos L2 hálózaton
- VLAN – virtuális LAN
 - Azonosítani kell, hogy melyik forgalom melyik VLAN-ba tartozik
 - Ha többféle is átmegy egy linken: a keret fejléc speciális mezőjébe írt azonosítóval – **jelölés (tag) alapú**
 - A switchek kezelik, a hosztok nem feltétlenül tudnak róla

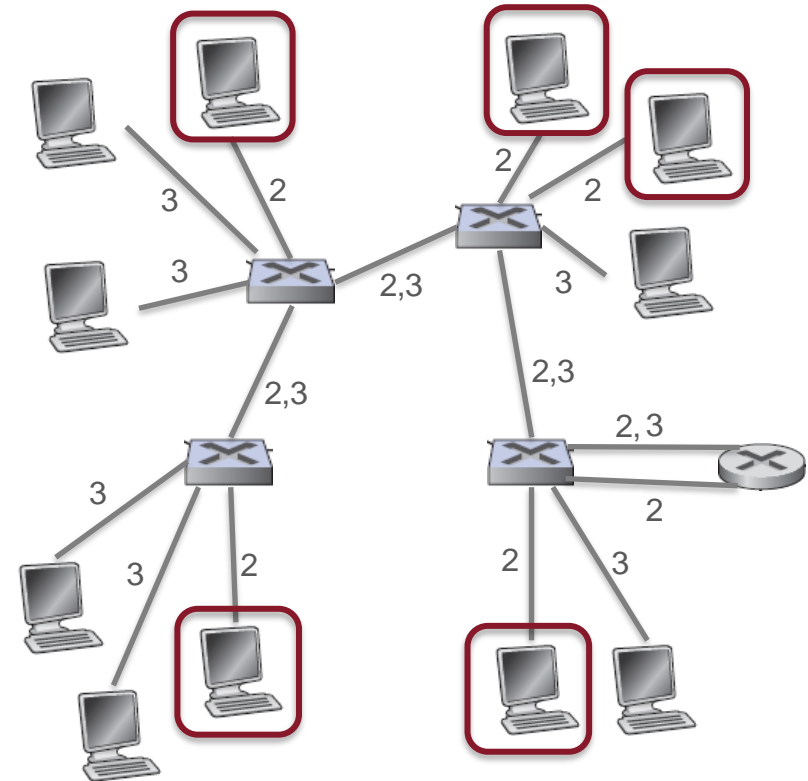


- VLAN-tag – IEEE 802.1q
 - 12 bites fejléc mező
 - VLAN 1 – alapértelmezett (default)
 - Normál VLAN-ok tartománya 1-1005
 - Kiterjesztett (extended) tartomány 1006 - 4094
- Alkalmazásokhoz is köthető VLAN
 - Például voice VLAN
- Menedzsment VLAN kijelölése
 - A switchek konfigurálása csak ezen keresztül megengedett
- A switch funkciókat VLAN-onként kell ellátni
 - Külön MAC cím tábla
 - (Lehet) külön feszítőfa
- Előnyök
 - Olcsó
 - Egyszerű konfiguráció és rugalmas kialakítás
 - A különválasztott forgalmak miatt nyújt némi adatbiztonságot
 - Kisebb méretű LAN-ok, kevesebb broadcast forgalom

- A switch-ek portjait VLAN-okhoz rendelhetjük
 - Elérési (**access**) portok
 - Tipikusan egy hoszt felé
 - Egy porthoz egy VLAN
 - Nem kell jelölgetni a kereteket
 - Trönk (**trunk**) portok
 - Switchek között
 - Egy porton több VLAN forgalma megy
 - Jelölgetni kell
 - Jelöletlen keretek – natív VLAN
- A nem használt VLAN-ok letiltása növeli a biztonságot

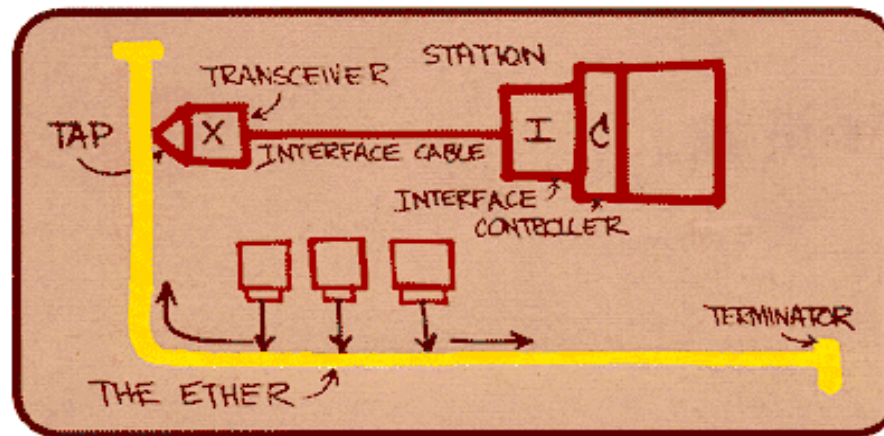


- Egy VLAN egy IP alhálózatot jelent
- Az összekapcsoláshoz routerre van szükség
- Csatlakozás a routerhez
 - Külön interfészeken
 - Könnyebb konfigurálni
 - Költségesebb
 - Egy trunk porton keresztül
 - Router on a stick
 - Hatékonyabb
 - Külön alinterfészeket kell konfigurálni a router portján

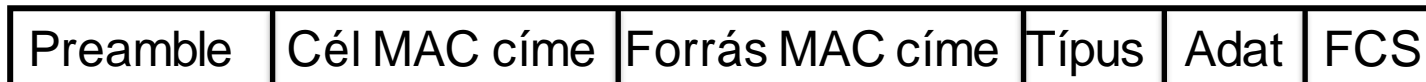


1. Az adatkapcsolati réteg szolgáltatásai
2. Címzés az L2 rétegben
3. Lokális hálózatok (LAN-ok)
4. Ethernet

- Több mint 40 éve kezdték fejleszteni
- A piacot szinte kizárólagosan uraló LAN technológia
- Olcsó – párezer forintos hálózati kártyák
- Világszerte használt technológia – magas fokú kompatibilitás
- Véletlen hozzáférés a médiához (később lesz még róla szó)
- Az eredeti 10, és 100 Mbps sávszélesség mára 1,10, 40, 100 Gbps-ra nőtt
- Nem csak LAN technológia, hanem a hálózat magjában is ezt használják



- Előhang (preamble) és keretkezdés (SFD)
 - 7 bájt 10101010 tartalommal, és egy bájt 10101011 tartalommal
 - Az adó és a vevő szinkronba hozására
- Keret vége
 - Adott hosszúságú csendes szakasz
- MAC cím – 6 bájt
- Típus – 2 bájt
 - Milyen adatot tartalmaz
 - Például: 0800 – IPv4 datagram, 86DD – IPv6 datagram, 0806 – ARP
- Adat – 46-1500 bájt
- Ellenőrző bitek (Frame Checking Sequence) – FCS, 4 bájt
 - Bithiba felismerés CRC alapon
 - Hiba esetén a keret eldobása



- Kapcsolatmentes adatátvitel szomszédos elemek között (egy LAN-ban)
- Nem megbízható átvitel
 - Bithiba esetén egyszerűen eldobja a keretet
 - Nincs ismételt átküldés
- Ütközés esetén lehet ismétlés
 - A közeghozzáférésről bővebben később
- A fizikai rétegbeli szabványok is tartoznak hozzá
 - Többféle sávszélesség
 - Többféle médium
 - Azonos MAC protokoll és keretformátum



HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK

