

Számítógépes Hálózatok 2012

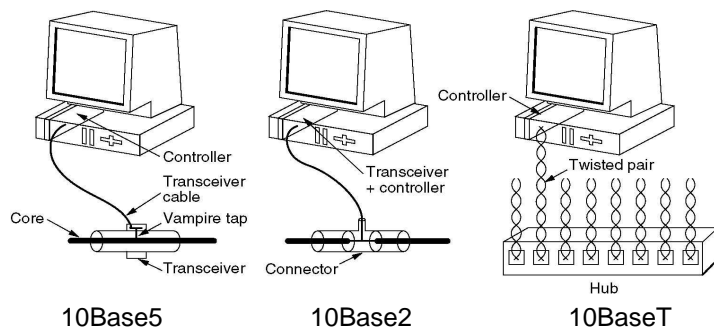
7. Adatkapcsolati réteg, MAC– Ethernet; LAN-ok összekapcsolása; Hálózati réteg – Packet Forwarding, Routing

Az Ethernet példája

- Gyakorlati példa: Ethernet
 - IEEE 802.3 standard
- A IEEE 802.3 standard pontjai
 - Vezeték
 - Fizikai réteg
 - Adatkapcsolati réteg médium hozzáférés kontrollal

Ethernet – Vezetékek

Name	Cable	Max. seg.	Nodes/seg.	Advantages
10Base5	Thick coax	500 m	100	Original cable; now obsolete
10Base2	Thin coax	185 m	30	No hub needed
10Base-T	Twisted pair	100 m	1024	Cheapest system
10Base-F	Fiber optics	2000 m	1024	Best between buildings

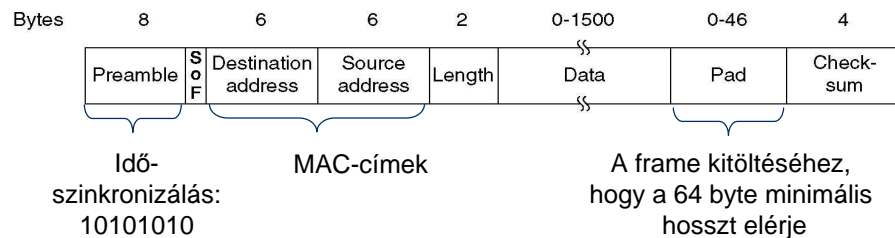


Az Ethernet fizikai rétege

- Médiumtól függő
- Tipikusan: Manchester kód
 - +/- 0.85 V
- Kód megsértés jelzi a frame-ek határát

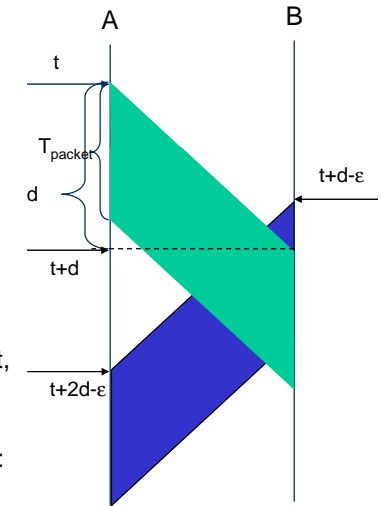
Az Ethernet adatkapcsolati rétege, MAC alrétege

- Az állomások, melyek egy kábelhez csatlakoznak egy **ütközési tartományt (collision domain)** definiálnak.
 - minden kapcsolódó állomás hall mindent
- MAC: lényegében CSMA/CD, binary exponential backoff
- Frame formátum:



Ethernet: Collision Detection -- Minimum Packet Size

- Ethernet minimum packet size = 64 byte = 512 bit
- Miért?
- Emlékezzünk, mi történik, ha két állomás A és B nagyon rövid frame-eket küldene
 - A küld egy csomagot
 - közvetlenül, mielőtt B észlelné ezt, B is elkezd küldeni
 - ez kollíziót okoz, amit B detektál
 - hogy A garantáltan detektálja ezt a kollíziót, az kell, hogy a csomag generálásához szükséges idő $T_{\text{packet}} \geq 2d$
- Ha A és B a kábel két legtávolabbi pontján van:
 - $T_{\text{min packet size}} \geq 2 \times \text{max propagation delay}$



Ethernet: End-to-End késés

- Miért 512 bit a minimális csomag méret?
- c kábelben = 60% * c vákuumban = 1.8×10^8 m/s
- 10Mbps Ethernet
 - A maximális konfigurált Ethernet hossza: 2,5km, ráta: 10Mbps
 - delay = $2500 \text{ m} / 1,8 \times 10^8 \text{ m/s} \approx 12.5\mu\text{s}$
 - +bevezetett repeaterok (max. 4 repeater: max. 5 szegmens)
 - legrosszabb esetben: $2 \times \text{max prop delay} = 51.2\mu\text{s}$
- $51.2\mu\text{s} \times 10\text{Mbps} = 512\text{bit}$ tehát a minimális csomag méret (512 bit van éppen „úton” a kábelben)
 - 51.2μs után a küldőnek garantált az egyedüli hozzáférés a linkhez
 - 51.2μs: slot time az exponential backoff-ban

Ethernet: Csomagméret

- Mi a helyzet a maximális csomagmérettel?
 - Szükséges ahhoz, hogy egy csomópont ne sajátíthassa ki a hálózatot
 - 1500 byte az Ethernet-ben

Fast Ethernet

- Eredetileg az Ethernet 10 MBit/s átviteli rátát ért el
- Fast Ethernet
 - Cél: Hátrafele kompatibilitás
 - Eredmény: 802.3u Fast Ethernet (standard 1995)
- Fast Ethernet
 - Frame formátum, protokoll azonos maradt az eredetivel
 - A bitátviteli rátát 100 MBit/s-re növeli
 - Ennek következtében csökkenti a maximális kábelhosszt (és az egy szegmensen megengedett repeater-ek számát)

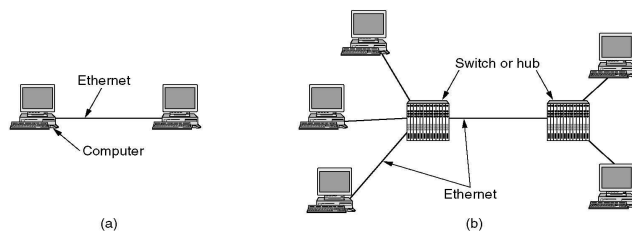
Fast Ethernet – Vezetékek

Name	Cable	Max. segment	Advantages
100Base-T4	Twisted pair	100 m	Uses category 3 UTP
100Base-TX	Twisted pair	100 m	Full duplex at 100 Mbps
100Base-FX	Fiber optics	2000 m	Full duplex at 100 Mbps; long runs

- Standard category-3 twisted pair (telefon kábel) nem támogat 200 MBaud rátát 100 m-en (100Mbps Manchester kóddal)
 - Megoldás: 2 kábelpár csökkentett rátával
- Manchester helyett 4B/5B-kód Cat-5-kábelben

Gigabit Ethernet

- Gigabit Ethernet
 - Cél: a korábbi Ethernet standard messzemenő átvétele
 - Eredmény: 802.3z Gigabit Ethernet (standard 1998)
- Ennek az ára: korlátozás pont-pont kapcsolatra,
 - Minden kábelhez pontosan két állomás kapcsolódik
 - vagy switch vagy hub



Gigabit Ethernet

- Switch esetén
 - Nincs kollízió → CSMA/CD nem szükséges
 - Full-duplex operációt tesz lehetővé minden linken
- Hub esetén
 - Kollíziók, fél-duplex operáció (azaz váltakozva simplex), CSMA/CD
 - Max. kábelhossz 25 m
- Carrier Extension:
 - Az Ethernet kompatibilitás megtartása miatt a „minimum packet size” nem változott. Ehelyett a küldő hardware az 512 byte-nál rövidebb frame-eket saját kitöltő jeleivel kiegészíti 512 byte hosszúra (padding). Ezt a fogadó hardware eltávolítja. Ennek a módszernek a neve „Carrier Extension”.
- Frame bursting:
 - Több rövid frame-et „egybefűzve” vihet át. Az összhosszt kitölti 512 byte-ra

Gigabit Ethernet – Vezetékek

Name	Cable	Max. segment	Advantages
1000Base-SX	Fiber optics	550 m	Multimode fiber (50, 62.5 microns)
1000Base-LX	Fiber optics	5000 m	Single (10 μ) or multimode (50, 62.5 μ)
1000Base-CX	2 Pairs of STP	25 m	Shielded twisted pair
1000Base-T	4 Pairs of UTP	100 m	Standard category 5 UTP

LAN-ok összekapcsolása

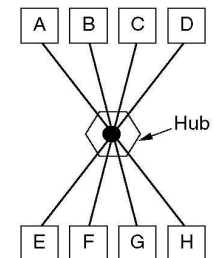
Application layer	Application gateway
Transport layer	Transport gateway
Network layer	Router
Data link layer	Bridge, switch
Physical layer	Repeater, hub

Repeater

- Szignál-regenerátor
 - Fizikai réteg komponense
 - Két kábelt köt össze
 - Fogad egy szignált és azt regenerálva továbbítja a másik kábelen
 - Csak az elektromos vagy az optikai szignált továbbítja
 - A tartalmat (biteket) nem interpretálja
- Repeaterk a hálózatot fizikai szegmensekre osztják
 - A logikai topológia megmarad
 - A csatlakozó kábelek közös ütközési tartományt alkotnak

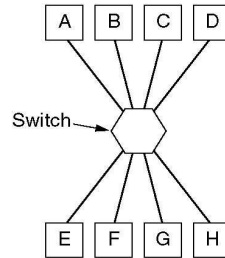
Hub

- Kábeleket köt össze csillag topológiában
 - Hasonló a Repeaterhez
 - A szignálokat minden csatlakozó kábelen továbbítja
 - Fizikai réteg komponense
 - A tartalmat nem interpretálja
 - A csatlakozó kábelek egy ütközési tartományt alkotnak



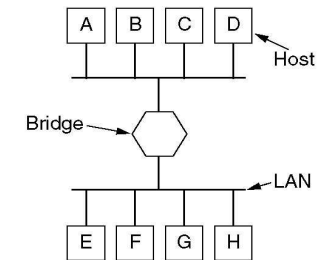
Switch

- Terminálokat csillag topológiába kapcsol össze
 - Adatkapcsolati réteg komponense
 - Kollíziók egy szegmensen belül maradnak
 - A frame-ek cél címét megvizsgálja és a frame-et csak a megfelelő kábelen továbbítja
 - ehhez szükséges puffer és
 - tudni kell melyik állomás hol csatlakozik
 - Egy táblázatot tart nyilván:
 - Megfigyeli, hogy honnan jön egy csomag, a küldőt azon a kábelen lehet elérni
 - Backward learning



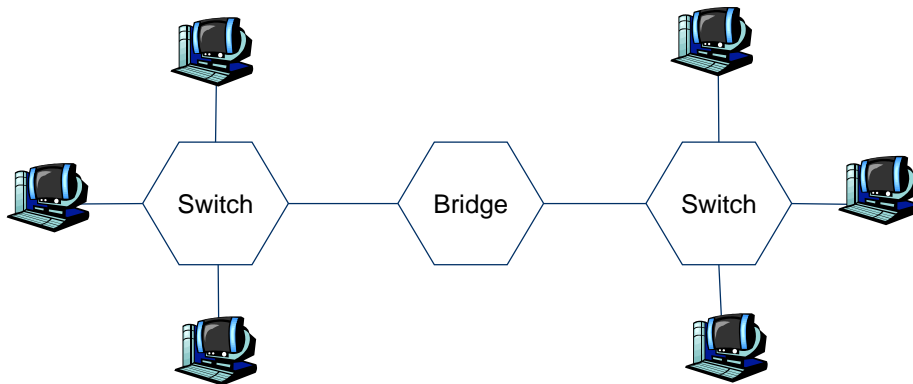
Bridge

- Lokális hálózatokat kapcsol össze
 - Ellentétben switch-ekkel (azok csak állomásokat -- eredetileg)
 - Adatkapcsolati réteg komponense
 - Elkülöníti a kollíziókat
 - Megvizsgálja az érkező frame-eket
 - A frame-et csak a megfelelő kábelen továbbítja
 - Csak korrekt frame-eket továbbít
 - Az átmenet bridge és switch között folyamatos
 - Összekapcsolhat többféle LAN típust



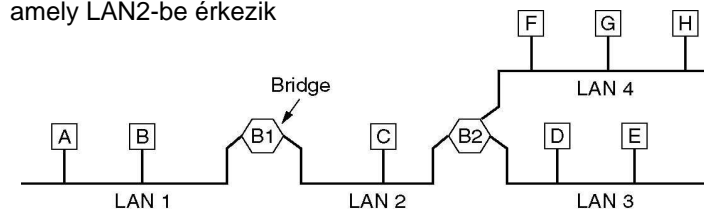
Switches & bridges

- Tipikus kombináció: bridge csak egy „másik állomás” a switch számára



Backward learning a bridge-ekben

- Backward learning trivialis switch-ekben – mi a helyzet a bridge-ekben?
- Példa: A küld frame-et E-nek
 - Tegyük fel, B1 és B2 tudja, hogy hol van E
 - B2 azt fogja látni, hogy A frame-je LAN2-ből jön
 - Mivel B2 nem tud LAN1-ről, B2 azt feltételezi, hogy A LAN2-ben van
 - Ami jó!
B1 továbbítani fog minden A-nak küldött csomagot LAN1-nek, amely LAN2-be érkezik

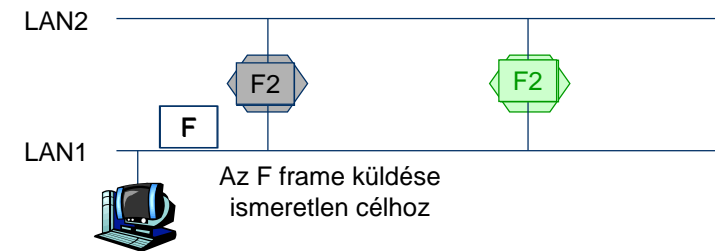


Backward learning a bridge-ekben – bootstrapping

- Az előző példában: honnan tudja B2 kezdetben, hogy hol van E?
- Válasz: NEM tudja
 - Opció 1: kézi konfiguráció – nem éppen szép megoldás!
 - Opció 2: nem számít – egyszerűen továbbítja az ismeretlen című csomagot mindenfele
 - Azon hálózat kivételével, ahonnan érkezett
- Az algoritmus:
 - elárasztás (flood) ha a cím ismeretlen;
 - dobja el ha tudja, hogy nem szükséges;
 - továbbítja specifikusan, ha a cél címe ismert

Elárasztás bridge által – problémák

- “Backward learning by flooding” egyszerű, de problémás
- Példa:
 - Egy második bridge is összeköti a két LAN-t a nagyobb megbízhatóság miatt



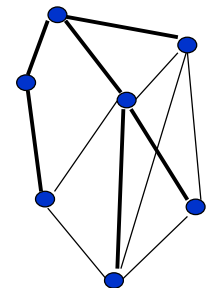
- F végtelen ciklusba kerül...
- Hogy kerülünk el ilyen ciklusokat?

1. Megoldás: Valahogy korlátozzuk az elárasztást

- Korlátozatlan, brute-force flooding nyilvánvalóan rossz
 - Kerüljük el a ciklust azáltal, hogy **megjegyezzük**, hogy mely frame-ek azok, amelyeket már továbbítottunk
 - Ha már láttunk és továbbítottunk egy frame-et, dobjuk el
 - Előfeltétel: állapot és egyértelműség
 - Bridge-eknek meg kell jegyezni, hogy mely frame-eket továbbította
 - A frame-eknek egyértelműen azonosíthatóknak kell lenni – legalább küldő, fogadó és sorozatszám szükséges az azonosításhoz
- Nagy overhead!
- Különösen az állapotok tárolása a probléma, és a keresés a sok állapot között
 - Nem igen használják

2 Megoldás: Feszítőfák

- A csomagok ciklusai csak akkor jöhetnek létre, ha a gráf, amit a bridge-ek definiálnak kört tartalmaz
 - Tekintsük a LAN-okat és a bridge-eket csomópontoknak
 - Egy LAN-csomópont és egy bridge-csomópont össze van kötve egy éllel, ha a LAN a bridge-hez kapcsolódik
 - Redundáns élek köreket formálnak ebben a gráfban
- Ötlet: alakítsuk át a gráfot köröktől mentessé
- Legegyszerűbb megoldás: Számítsunk ki egy feszítőfát ebben a LAN-bridge gráfban
 - Definíció: Legyen $G=(V,E)$ egy gráf. G egy olyan $T=(V, E_T)$ részgráfját, $E_T \subseteq E$, ami egy fa (összefüggő és nem tartalmaz kört), G **feszítőfájának** nevezzük
 - Egyszerű, önkonfiguráló, nem kell kézi beavatkozás
 - De nem optimális: az installált bridge-ek kapacitását nem biztos hogy kihasználja
 - IEEE 802.1D: Spanning Tree Protocol (STP), IEEE 802.1w: Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP)



Egy feszítőfa

Konvergencia: Switch és bridge

- Tradicionálisan, a megkülönböztetés bridge és switch között értelmes volt
- Ma: a legtöbb készülék kínálja mindkét típusú funkcionalitást

- Gyakran inkább marketing megkülönböztetés, mint műszaki

Hálózati réteg

A hálózati réteg

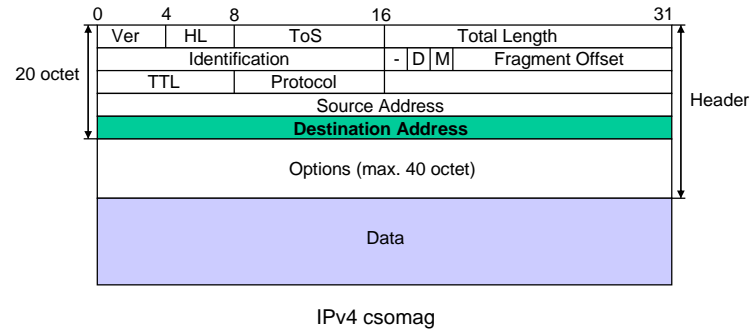
- Lokális hálózatokat összeköthetünk hub-okkal, switch-ekkel, bridge-ekkel az alacsonyabb retegekben
 - Hub(fizikai réteg): kollíziók száma nagyon gyorsan növekszik
 - Switch (Adatkapcsolati réteg):
 - Az útvonalakról a forgalom „megfigyelésével” gyűjt információt
 - Ismeretlen célcím esetén a broadcast problémákat okoz
 - Az Internet kb.10 Mio. lokális hálózatot tartalmaz...
- Nagy hálózatokban a csomagok továbbításához útvonal információk szükségesek.
- A hálózati réteg feladatai
 - Az útvonal információk felépítése (route detection)
 - A csomagok továbbítása (packet forwarding)
- Az Internet-Protokoll lényegében hálózati réteg protokoll

Routing-tábla és csomag továbbítás (packet forwarding)

- **IP-Routing-tábla**
 - Tartalmazza cél címekhez (destination) a következő számítógép (gateway) címét a hozzá vezető úton
 - A cél meghatározhat egy számítógépet vagy egy egész sub-net-et
 - Ezen kívül tartalmaz egy default-gateway-t
- **Packet forwarding** (korábban packet routing-nak nevezték)
 - **IP csomag (datagram)** tartalmazza a küldő IP címét és a cél IP címét
 - Amikor egy IP csomag megérkezik egy **router**hez:
 - Ha a cél IP cím = saját IP cím, akkor a csomagot kiszállítja
 - Ha a cél IP cím a routing-táblában van, továbbítja a megadott gateway-hez
 - Ha a cél IP-subnet a routing-táblában van, továbbítja a megadott gateway-nek
 - Egyébként továbbítja a default-gateway-nek

Internet Protocol IP

- Az adatok a küldőtől a cél-állomásig IP-csomagokban kerülnek átvitelre
- A csomagok fejléce tartalmazza a cél IP-címét
 - IPv4: 32 Bit-címek
 - IPv6: 128 Bit-címek



Csomag továbbítás az Internet Protokollban

- IP-csomag (datagram) tartalmazza
 - TTL (Time-to-Live): hop-ok számát
 - Küldő IP címét
 - Cél IP címét
- Egy csomag kezelése a routerben
 - TTL = TTL - 1
 - Ha TTL ≠ 0 akkor packet-forwarding a routing-tábla alapján
 - Ha TTL = 0 vagy probléma lép fel a packet-forwarding-nél:
 - Töröljük a csomagot
 - Ha a csomag nem ICMP-csomag (Internet Control Message Protocol), akkor
 - Küldjük ICMP-csomagot (TTL equals 0 during transit), melyben
 - Küldő IP címe = aktuális IP cím
 - Cél IP címe = az eredeti küldő IP címe

