

Számítógéphálózatok - 3. előadás

Adatkapcsolati réteg

Az adatkapcsolati (a 2., link) réteg feladatai

- Csomagok elkülönítése (framing)
- Hozzáférés vezérlés (Link Access Control)
 - Akkor van jelentősége, ha egy időben többen is hozzáférhetnek a fizikai réteghez
- Hiba detektálás

Ethernet - a leggyakrabban használt 2. szintű protokoll

- Ether: a közvetítő médium, éter
 - Az 1970-es évek elején Xerox Palo Alto Research Center: 2,94 Mbit/s
 - 1979-82: Digital, Intel, Xerox (DIX ethernet), Ethernet II, 10 Mbit/s
 - 1985, IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) szabvány: 802.3
 - 802 working group (1980, februárban indult)
 - Sajnos kissé eltér az ethernet II-től, más a frame formátum
 - Egy hálózaton párhuzamosan többféle frame formátum használható
 - A Novell Ethernet_802.2 és Ethernet_SNAP a **802.3**-tól is eltér
 - Azóta folyamatosan egyre újabb szabványokat adnak ki az IEEE 802 munkacsoportban
 - Gigabit, 10Gbit, 40Gbit, 100Gbit ethernet
 - Wireless ethernet
 - ...

CSMA/CD

- CS = Carrier Sense
 - Az egyes állomások „érzik” ha a csatorna foglalt
 - Nem kezdnek adni, ha már más ad
- MA = Multiple Access
 - A másnak szóló csomagokat elengedem a fülem mellett
 - „Snoop”
- CD = Collision Detection
 - Ha adás közben észreveszem, hogy ütközés (collision) van, más is ad, megállok, de előbb még 32 zajbitet kikürtölök
 - Véletlen ideig várok: **backoff delay**
 - Újra próbálkozom
 - Ha újra ütközés van, újra véletlen ideig várok, de hosszabb ideig: *exponential backoff*
- 1 persistent
 - Ha szabad a csatorna, és van adnivalóm, 1 valószínűséggel adok
 - Ha éppen foglalt a csatorna, várok amíg befejeződik az adás, és azonnal adok

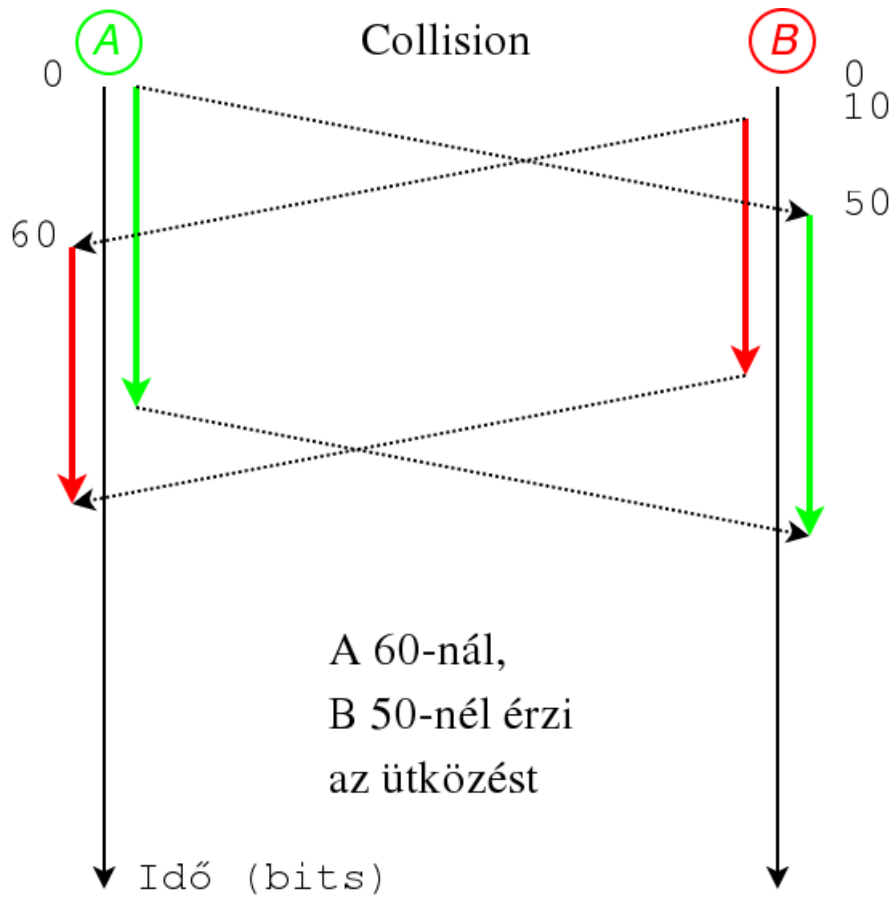


Figure 1: Ethernet ütközés

- Capture effect
 - Az exponenciális backoff következménye, ha túlterhelt a hálózat
 - Egyetlen állomás kisajátíthatja az erőforrásokat
 - Ha sok az adnivalója (pl. video ;-), akkor csak neki lesz kicsi a backoff timere

Topológia

- Busz topológia
 - Thick ethernet (múzeumban)
 - Thin ethernet (koax, BNC csatlakozó, még néhol látható)

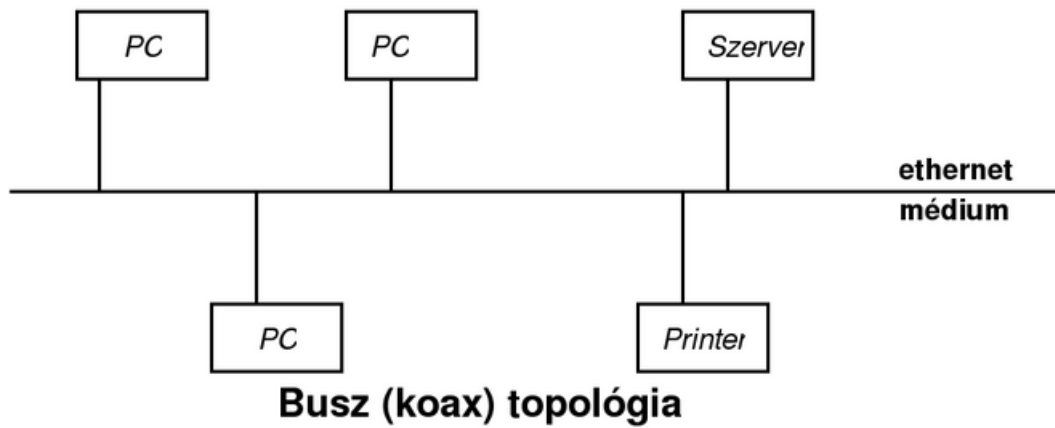


Figure 2: Busz topológiájú ethernet hálózat

- Csillag és fa topológia
 - Manapság ilyenek készülnek
 - UTP és optikai kábelek

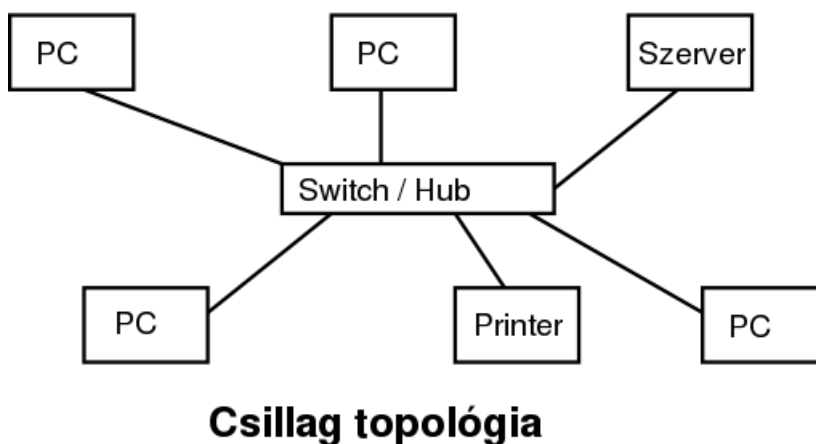


Figure 3: Csillag topológiájú ethernet hálózat

Ethernet fizikai réteg

- 10Base2: vékony (thin) ethernet, koax, T alakú BNC csatlakozók
 - Busz topológia
 - Már régen elavult
 - Nincs kizárva, hogy találkozunk ilyenekkel
 - Egyetlen berendezés hibája leültetheti az egész hálózatot
- 10Base-T: 10Mb/s legalább Cat3 csavart érpáron
 - Ez is elavult
 - Cat3 kábelezés régen nem szokásos
 - Lehet, hogy 10/M-val működik egy csavart érpáras ethernet kapcsolat, de azt vélhetőleg csatlakozó vagy kábelhiba okozza!
- 100Base-TX: 100Mb/s legalább Cat5 csavart érpáron

- Ezzel találkozunk leggyakrabban
- Az UTP kábel 8 éréből csak 4 használatos
 - 2-2 adásra/vételre: send=1,2/receive=3,6
 - Nem feltétlenül „tudja kitalálni” az állomás, hogy melyek ezek
 - Ilyenkor *cross kábel*-re van szükség
- 1000Base-T: 1000Mb/s legalább Cat5 csavart érpáron
 - Mind a 8 ér használatos
 - Mind a 4 pár ad és vesz is 250M-val!
 - Nincs szükség sose cross kábelre!
- 1000Base-TX: 1 Gb/s legalább Cat6 csavart érpáron
 - Csak 2 érpár használatos
 - Se ez, se a Cat6 nem terjedt el.
- 1000Base-SX: Short Wavelength, 850 nm, gigabit
- 1000Base-LX: Long Wavelength, 1300 nm, gigabit
- 40GBASE-SR4/100GBASE-SR4 40/100 Gb/s MMF üvegen
- 40GBASE-LR4/100GBASE-LR4 40/100 Gb/s SMF üvegen

Rézkábelek

- UTP - Unshielded Twisted Pair: a legelterjedtebb
- ScTP - Screened Twisted Pair: árnyékolás a csavart érpáron

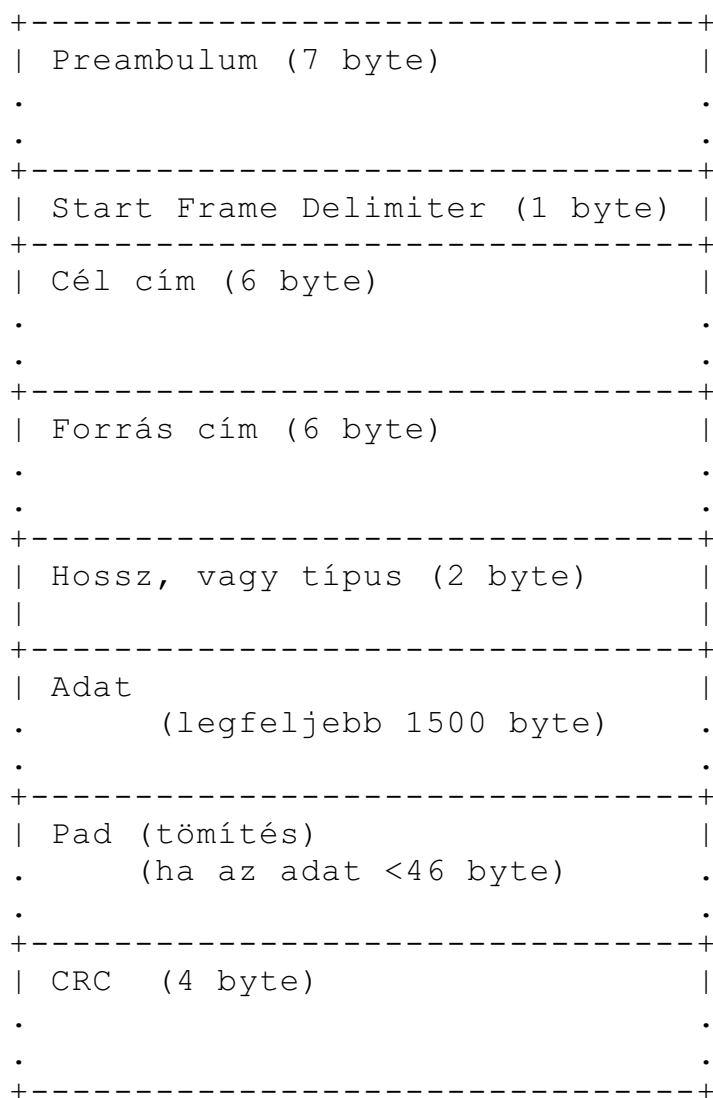
Optikai kábelek

- Multimódusú: MMF - Multi-Mode Fiber
 - A fény több úton halad a kábelben
 - LED-del megvilágítható
 - 50-100 micron (!) a kábel átmérője
 - Legalább 3 csomagoló réteg borítja
 - Jellemző méretek (belső méret, első csomagolás):
 - 62,5/125 μ
 - 50/125 μ
 - Viszonylag olcsó
 - Kábelhossz: < 2000m
 - Jellemzően épületen belül
- Single módusú: SMF - Single-Mode Fiber
 - A fény nem szóródik a kábelben
 - 10 micron (!) a kábel átmérője
 - Nehezebb a betárolni a lyukba (lézer)
 - Viszonylag drága
 - Nagyobb távolságokra használatos

MAC (Media Access Control)

- Az ethernet egy rétege, funkcióhalmaza:
 - I/O
 - Címzés
 - Hiba detektálás
 - Bit hiba (CRC)
 - Protokoll hiba
 - Médium hibája (pl. szakadás)

Frame struktúra



- Preambulum: 56 bit váltakozó 0 és 1
 - Szinkronizál a vevő
- Start Frame Delimiter: 10101011
- Cél (destination) cím
 - Unicast: egyetlen állomásnak
 - Multicast: több állomásnak
 - Broadcast: FFFFFFFFFFFFFF, minden állomásnak az ethernet
- Hossz vagy típus: ha 1500-nál kisebb, akkor hossz, ha nagyobb, akkor típus (ethernet II.)
 - A hossz (802.3) a következő byte-tól a crc-ig számít
 - Ethernet II-nél a hossz nincs a frame-ben!
- Pad: az adat legalább 46 byte legyen. Ha kisebb lenne, kiegészítjük.
- CRC: A cél címtől az adat vagy a pad végéig számolja a küldő és a fogadó is
 - Ha a CRC hibát jelez, a fogadó eldobja a csomagot
- Frame-ek közt: interframe gap. Legalább 96 bit idő
 - Az időt bitben mérjük. A csillagászok a távolságot időben.
 - Vajon hány bit egy fényév?

MAC címek fajtái

MAC cím	Cím mező
Világállandó	*0:**:**:**:**:** *4:**:**:**:**:** *8:**:**:**:**:** *C:**:**:**:**:**
Lokálisan kiosztható	*2:**:**:**:**:** *6:**:**:**:**:** *A:**:**:**:**:** *E:**:**:**:**:**
Multicast	*1:**:**:**:**:** *3:**:**:**:**:** *5:**:**:**:**:** *7:**:**:**:**:** *9:**:**:**:**:** *B:**:**:**:**:** *D:**:**:**:**:** *F:**:**:**:**:** Kivéve a broadcast cím
Broadcast	FF:FF:FF:FF:FF:FF

- A világállandó címeket az IEEE osztja 2^21 -es darabokban (>16 millió egy menetben egy gyártónak)
- Három byte fix. Például 00:00:0C - CISCO
- Az ethernet interfész csak neki címzett csomagokat adja fel a felső rétegnek
 - Kivéve, ha **promiscuous** módba kapcsoljuk
 - Az operációs rendszer korlátozhatja
- A multicast címre érkező csomagokat külön „kérni kell” az interfésztől
- A broadcast csomagok pazarlóak, veszélyesek
 - Okos konfigurációval csökkenteni kell a számukat

Repeater, HUB

- Ethernet szegmenseket köt össze
- Fizikai szinten funkcionál
- A fizikai jelet megismétli minden interfészén
- Különböző típusú interfészei lehetnek (UTP, koax)
- Protokoll független
- Hibás frame-eket is átvisz

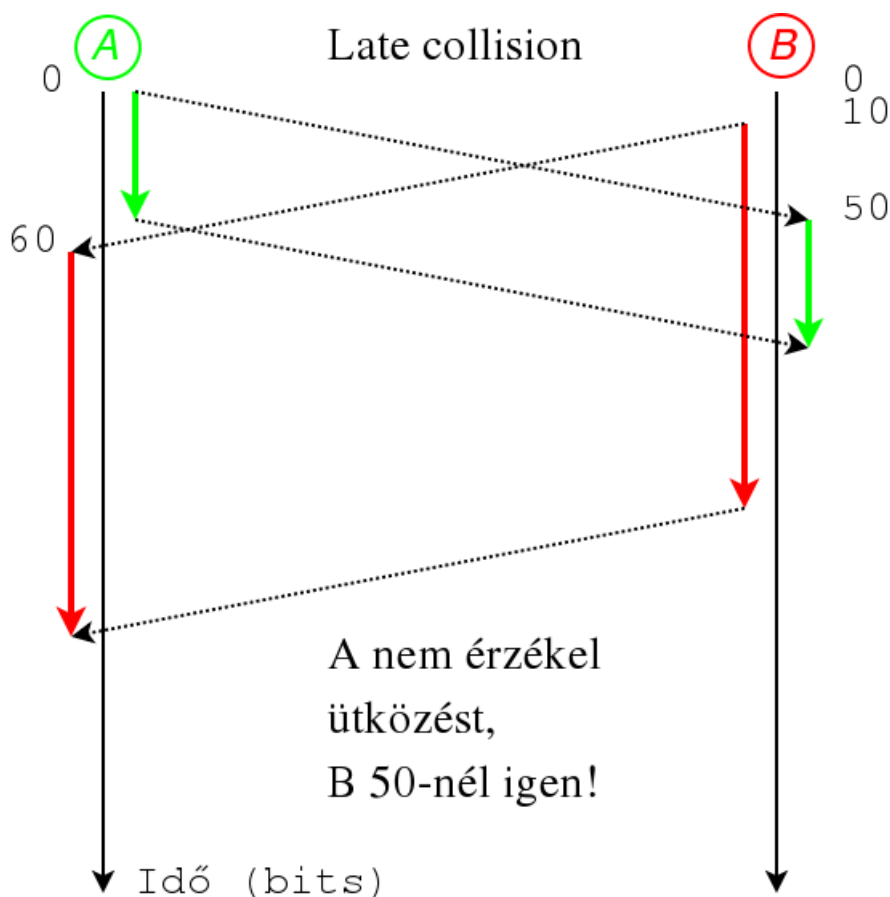
Switch, bridge

- Ethernet szegmenseket köt össze
- Ethernet szinten funkcionál
- Buffereli a frame-eket
- Különböző sebességű interfészei lehetnek (100M, 1G)
- Megtanulja, hogy egyes interfészein milyen MAC címek vannak
 - Amíg nem tud egy MAC címet, addig az arra küldött csomagokat repeaterként továbbítja (IP-nél ez nem fordul elő a gyakorlatban)
 - Felejt. Miért kell felejtenie?
- Csak arra küldi tovább a frame-et, amerre kell

- Protokoll független
- Előnye a repeaterrel szemben
 - Kíméli a sávszélességet
 - Hibás frame-et, ütközést nem közvetít
 - Lehallgatás ellen védelmet jelent
- A switch: célhardverként gyártott bridge
 - Külön hardver elemek a gyorsabb továbbításra
 - Extra funkciók: kezelhető, IP címe van, VLAN, stb.

Hálózati paraméterek

- Ha elindul egy frame, a hálózat legtávolabbi pontján is érzékelni kell mielőtt véget ér
 - Nem lehetne észrevenni az ütközést: **late collision**
- Korlátozni kell a kábelhosszat
- Korlátozni kell a repeaterek számát (4)
 - Kell-e korlátozni a switchek számát?
- Alulról korlátozni kell a médiumon megengedett frame hosszát
 - Ez a **slot time**, bitben adják meg – az időt bitben mérjük!
 - 512 bit (64 byte) – gigabit ethernetnél lehet 4096 bit



Runt (törpe) frame

- Slot time-nál (64 byte-nál) kisebb (46 byte adat)
 - A 18 byte: 12 cím, 2 hossz, 4 CRC

- A kártya eldobja

Giant (óriás) frame

- 1518 byte-nál nagyobb (1500 byte adat)
- A IEEE 802.3ac szabvány megnövelte
 - Tagged frame-ek számára

Full duplex ethernet

- IEEE 802.3x
- Csak pont-pont összeköttetéseken működik
 - Például switch $\longleftrightarrow$ végberendezés
 - Nem jelenti, hogy csak két ethernet cím!
- Nincs CSMA/CD, bármikor lehet adni
- Az átviteli kapacitás duplájára nő
 - Például 100 Mb/s összeköttetésen 200Mb/s forgalom lehetséges
- Nem kell ütközések miatt késleltetni
- Kábel hossz nőhet, slot time csökkenhet

Ethernet flow control

- A full duplex ethernet kellemetlen mellékhatása miatt kell
- Az adó állomást meg kell állítani, ha nem tudjuk tovább adni a frame-eket
- PAUSE frame-et küldhetünk
 - Speciális frame típus
 - A destination cím lehet az adó állomás ethernet címe, vagy a speciális 01:80:C2:00:00:01 multicast cím
 - A type mező: 0x8808
 - Adat:
 - MAC opcode: 0x0001
 - MAC paraméter: 2 byte idő, az egysége 512 bitnyi
 - 42 db 0 byte (pad, hogy a 46 byte meglegyen)
 - Egy újabb PAUSE az előzőt érvényteleníti
 - 0-val érkező PAUSE hatása: continue
 - A két állomás egymástól függetlenül lehet képes adni/fogadni PAUSE-t
 - PAUSE alatt a másik állomás csak MAC control frame-et küldhet (pl. pause-t)

Fast ethernet

- IEEE 802.3u, 1995
- 100 Mbit/s
 - Az ethernet eredetileg 10 Mbit/s – ehhez képest 100 már gyors

Link halmozás (aggregation)

- Két vagy több fizikai összeköttetést logikailag egynek tekinthetünk
- Az aggregált összeköttetés a magasabb szintek számára (pl. spanning tree) egynek látszik
- A több interfésznek látszólag ugyanaz lesz a MAC címe
- Megkötések

- Egyforma teljesítményű összeköttetések (vagy mind 100, vagy mind 1000)
- Csak pont-pont összeköttetéseket lehet aggregálni
- Csak full duplex összeköttetéseket

Ethernet autonegotiation

- Pulse-code szekvencia, nem frame (FLP = Fast Link Pulse)
- Nem okoz zavart, régi eszköznel sem
- Point to point összeköttetéseknél (switchek vannak)
- Sebesség - 10/100/1000 ?
- Full duplex, vagy half duplex üzemmód ?
- Van-e flow control, és melyik irányban?

Table 1: Ósi és újabb ethernet hálózatok tulajdonságai

Sebesség	Médium	CSMA/CD ?	Topológia	Flow control
10Mb	koax, utp	CSMA/CD	busz	nincs szükség flow control-ra
legalább 100Mb	utp, optika	rendszerint full duplex, nincs szükség CSMA/CD-re	csillag, fa	szükség lehet flow control-ra

VLAN, (Virtual LAN)

- IEEE 802.1Q
- Broadcast domain-eket = VLAN definiálhatunk
- Egy fizikai ethernetet logikailag több részre osztunk
- Csak valamilyen magasabb réteg (router) által lehet kommunikálni a VLAN-ok közt
- Előnyök
 - Biztonság
 - Kezelhetőség
 - Erőforrás takarékoság
- VLAN tag-ek: az ethernet frame-et újra ethernetbe csomagoljuk
 - A cím mezők után 4 extra byte
 - 2 byte: 802.1Q típus
 - 12 bit: VLAN id

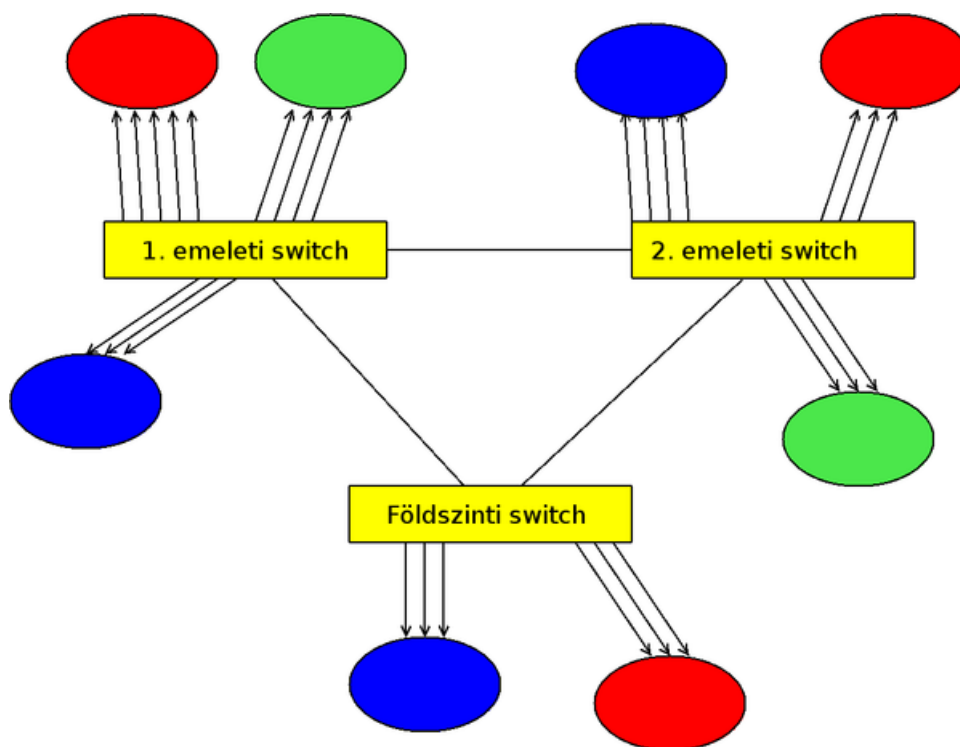


Figure 5: Olyan, mintha vlan-onként lenne egy-egy piros, kék és zöld switch-ünk, és az összeköttetések is mind ismétlődnének

Spanning Tree protokoll (Feszítő Fa), STP

- IEEE 802.1d
- Ha kör van a topológiában, a csomagok körbe-körbe vándorolhatnak
 - Broadcast storm
- A switch-ek választanak egy root-ot
 - A legkisebb Serial Number-t birtokló lesz
- A root-ból minden eszközhöz kiválasztják a legrövidebb utat
- Azokat az összeköttetéseket, amik nem szerepeltek, kikapcsolják
- Később is figyelik, hogy hol vannak utak
- BPDU - Bridge Protocol Data Unit
 - Az én SN-em
 - Kit hiszek root-nak
 - Merre van tőlem a root
- Ha kiesik egy eszköz, vagy link, van esély rá, hogy az egész hálózat élve maradjon

Szerző: Pásztor Miklós
[Validate](#)