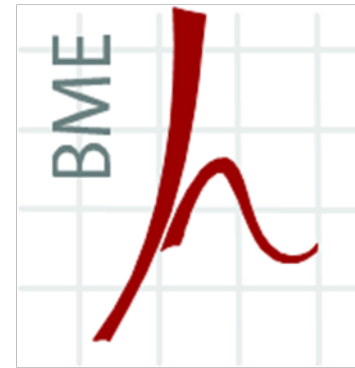




TÖBBSZÖRÖS HOZZÁFÉRÉS

Mérnök-informatikus szak, BSc, 3. félév
2016/17 1.félév

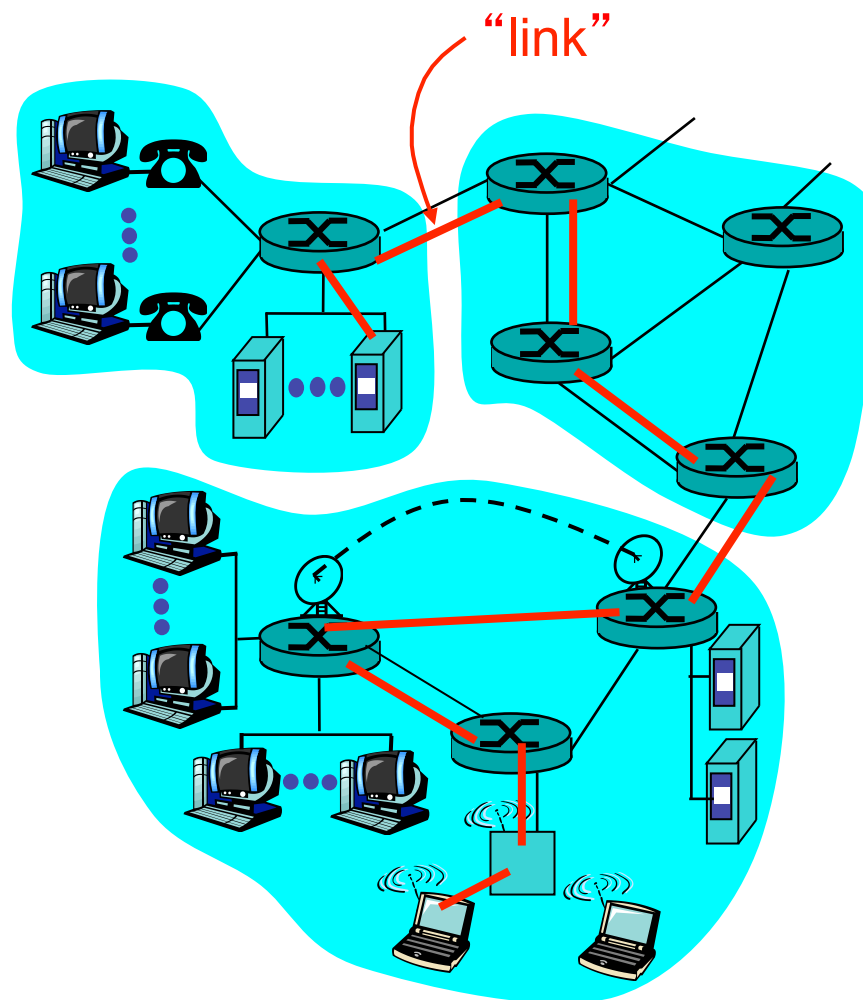
Dr. Simon Vilmos
docens

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

2016. szeptember 28.

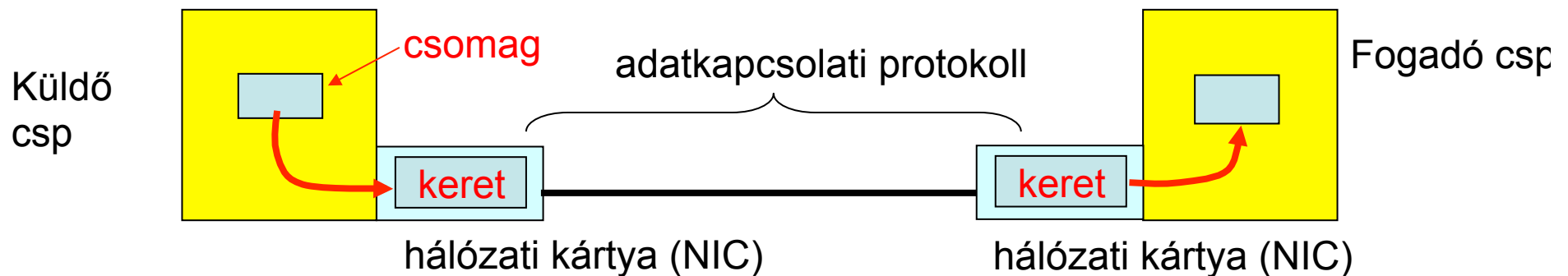
Adatkapcsolati réteg

- Szomszédos csomópontok között kommunikációs csatornák: **linkek**
 - vezetékes linkek
 - vezeték nélküli linkek
 - LANok
- Adatkapcsolati rétegbeli adategység: keret
- Adatkapcsolati réteg feladata: a keret átvitele két csomópont között a linken át

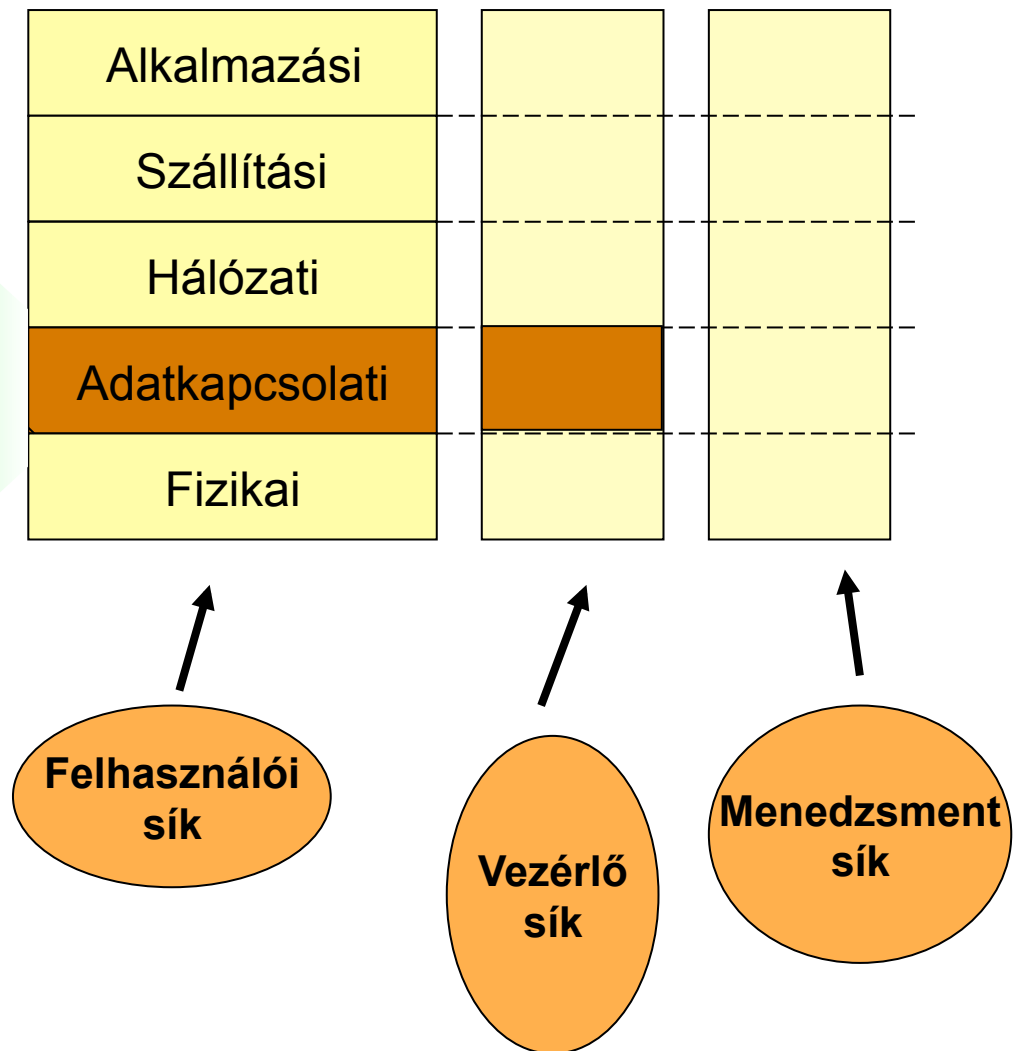
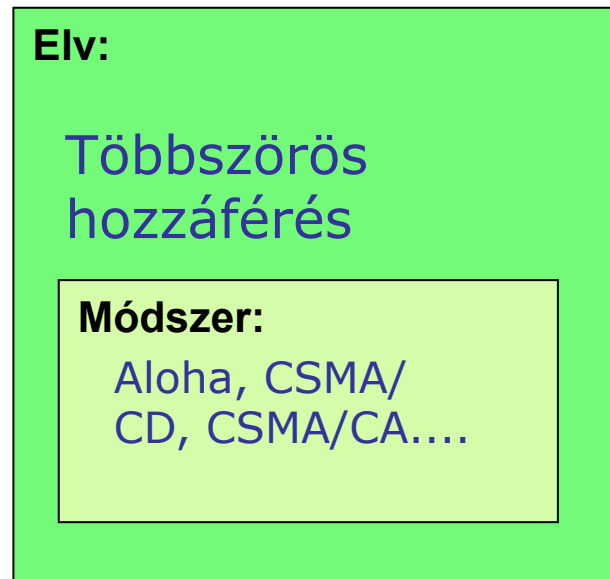


Adatkapcsolati réteg szolgáltatásai

- **Keretezés, közeghez való hozzáférés:**
 - csomag keretbe ágyazása, fejléc hozzáadása
 - csatornához való hozzáférés ha osztott közeg
 - “MAC” címek a keret fejlécében
 - Küldő és fogadó azonosítása
 - Nem IP címek!



- Adatkapcs. szolgáltatások a NIC-ben (Network interface controller) implementálva (másik néven adaptor)
 - Pl. Ethernet kártya, 802.11 kártya





Többszörös hozzáférés alapproblémája

- Ha egyszerre több csomópont használná a közös csatornát: **interferencia**
- **Ütközés:** a csomóponthoz egy időpillanatban több jel érkezik be
- Probléma:
 - közös csatorna
 - több forrás
 - szétszórtan, akár nagy területen is
 - nevezik MAC-nek is (Medium Access Control)

A többszörös hozzáférés szerepe, jelentősége

- A többszörös hozzáférés szerepe:
 - **Takarékoskodás** az átviteli közeggel,
 - különösen rádiócsatorna esetén.
 - **Rugalmas hálózati elérés** biztosítása.
- Mibe kerül ez nekünk?
 - szervezési („hozzáférési”) módszerek alkalmazása,
 - valamekkora erőforrás-felhasználás a szervezésre (az adatcsatornán- in band!)
 - sebességben
 - időben
 - frekvenciában

MAC protollok típusai

3 nagy csoport:

- **Fix csatornafelosztás**

- A csatornát kisebb “szeletekre” osztják fel (időrés, frekvencia, kód)
- Kizárólag az adott felhasználó használhatja a neki allokalált “szeletet”

- **Véletlenszerű hozzáférés**

- Nincs felosztva a csatorna
- Ütközések!

- **Központilag vezérelt módszerek**

- Központi vezérlő vagy vezérjel (token) adja meg ki mikor adhat

A közös csatorna fix megosztásának fő lehetőségei

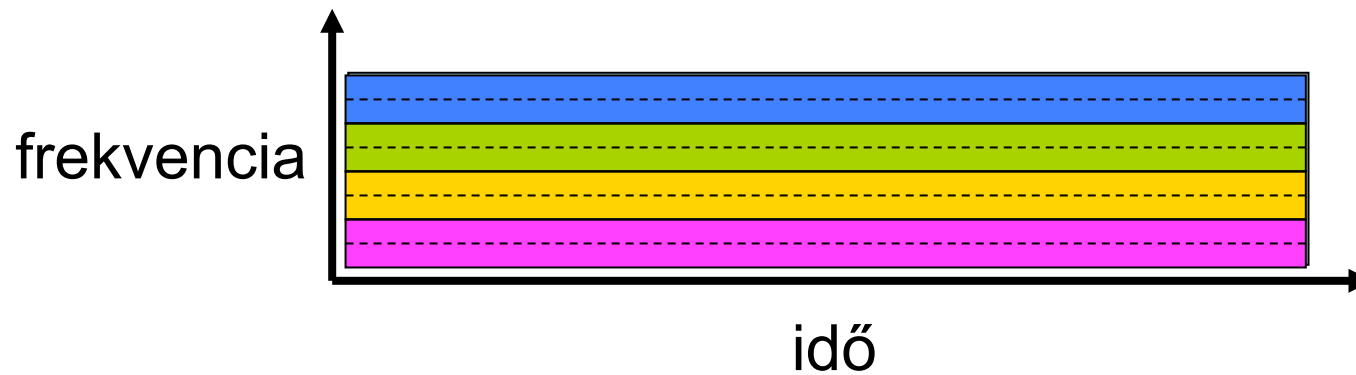
- FDMA
- TDMA
- CDMA

- FDMA (Frequency-division multiple access)
 - Spektrumot frekvenciasávokra osztják
 - Minden felhasználó saját sávot kap
 - Amikor nincs kommunikáció, kihasználatlan a csatorna
- TDMA (Time ...)
 - Hozzáférés a csatornához forgásszerűen
 - Minden felhasználó fix méretű időrést kap
 - Fel nem használt időrések kárba vesznek
- CDMA (Code ...)
 - Ugyanabban az időben, frekvenciában, de más kódot használva
- SDMA (*Space ...*): térben választjuk el a felhasználókat
 - *Írányított antenna nyálábok (fázisvezérelt antennarács, smart antenna: pl. MIMO)*

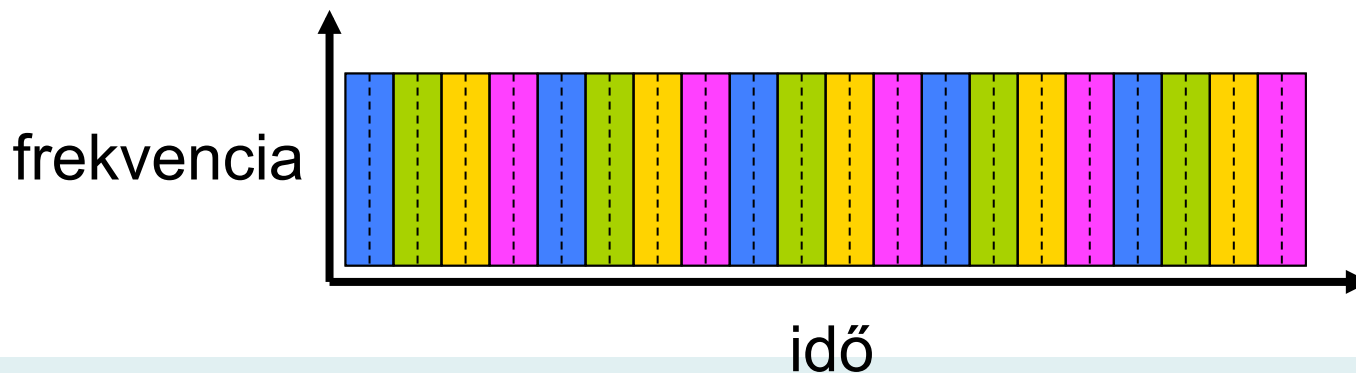
FDMA

Példa:

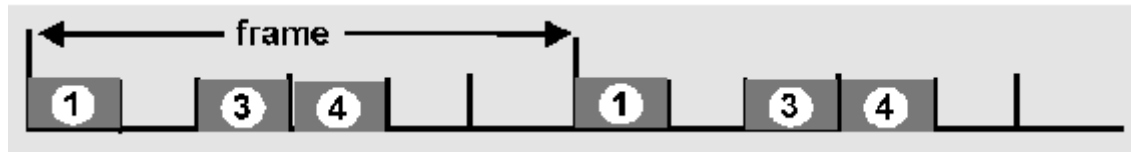
4 felhasználó



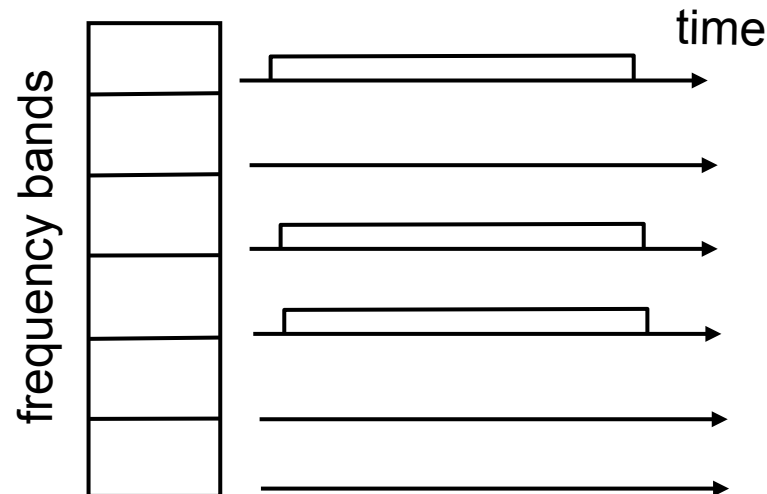
TDMA



- Kihasználatlan időrések (TDMA) és frekvenciasávok (FDMA)
- Pl. 6 LAN állomás, 1,3 és 4 forgalmaz csomagokat, 2, 5 és 6 nem, TDMA:



- FDMA:



- FDD (.....Duplex)
 - pl. csatorna megosztása uplink-downlink irányba, bázisállomás-mobil

- FDM (.....Multiplexing)
 - Fizikai rétegben több, kisebb sávszélességű csatorna átvitele egy közös nagyobb sávszélességű csatornán

- FDMA (.....Multiple Access)
 - Adatkapcsolati rétegben a felhasználók hozzáférése a csatornához, különböző földrajzi helyekről

FDMA előnyök-hátrányok

+:

- Nincsenek időzítési problémák mint TDMA-nál
 - megfelelő pl. stream alapú átvitelre
- Nincs közel-távol probléma, mint CDMA-nál
- Fix mellett igény szerinti frekvenciasáv kiosztás is

-:

- Magas teljesítményű szűrők a hw-ben
- Frekvenciák közötti interferencia
 - védősávok használata

TDMA előnyök-hátrányok

+:

- Egy frekvenciacsatornát oszt meg több felhasználó között
- Itt nincs közel-távol probléma
- Dinamikus TDMA: igény szerinti időrés kiosztás
 - Pl. Bluetooth, WiMAX

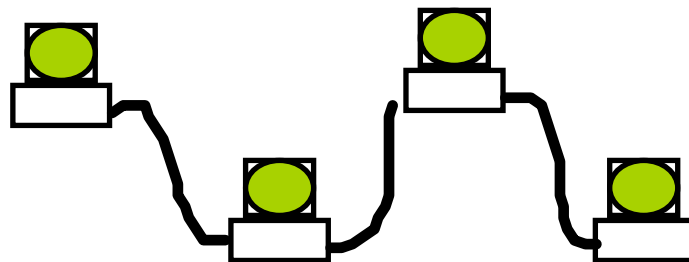
-:

- Interferencia a használt frekvencián
- Szinkronizációs problémák
 - terminál mozgása esetén különösen nehéz
 - szinkronizációs időrések: rosszabb kihasználtság

- Az előadás további részében **TDMA típusú megosztással** foglalkozunk
 - mivel csomagkapcsolású kommunikációs hálózatokban ez terjedt el

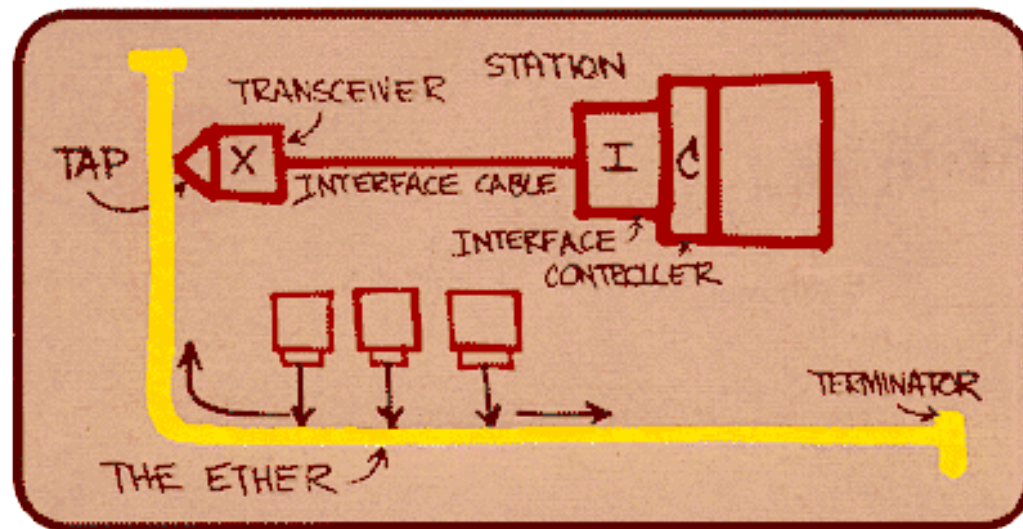
- De sok más rendszerben ezek keverékét használják:
 - TDMA+FDMA+FDD: GSM mobil rendszerek (2G)
 - CDMA+FDD: UMTS mobil rendszerek (3G)

Példák közös csatornára: vezeték (koaxiális kábel)

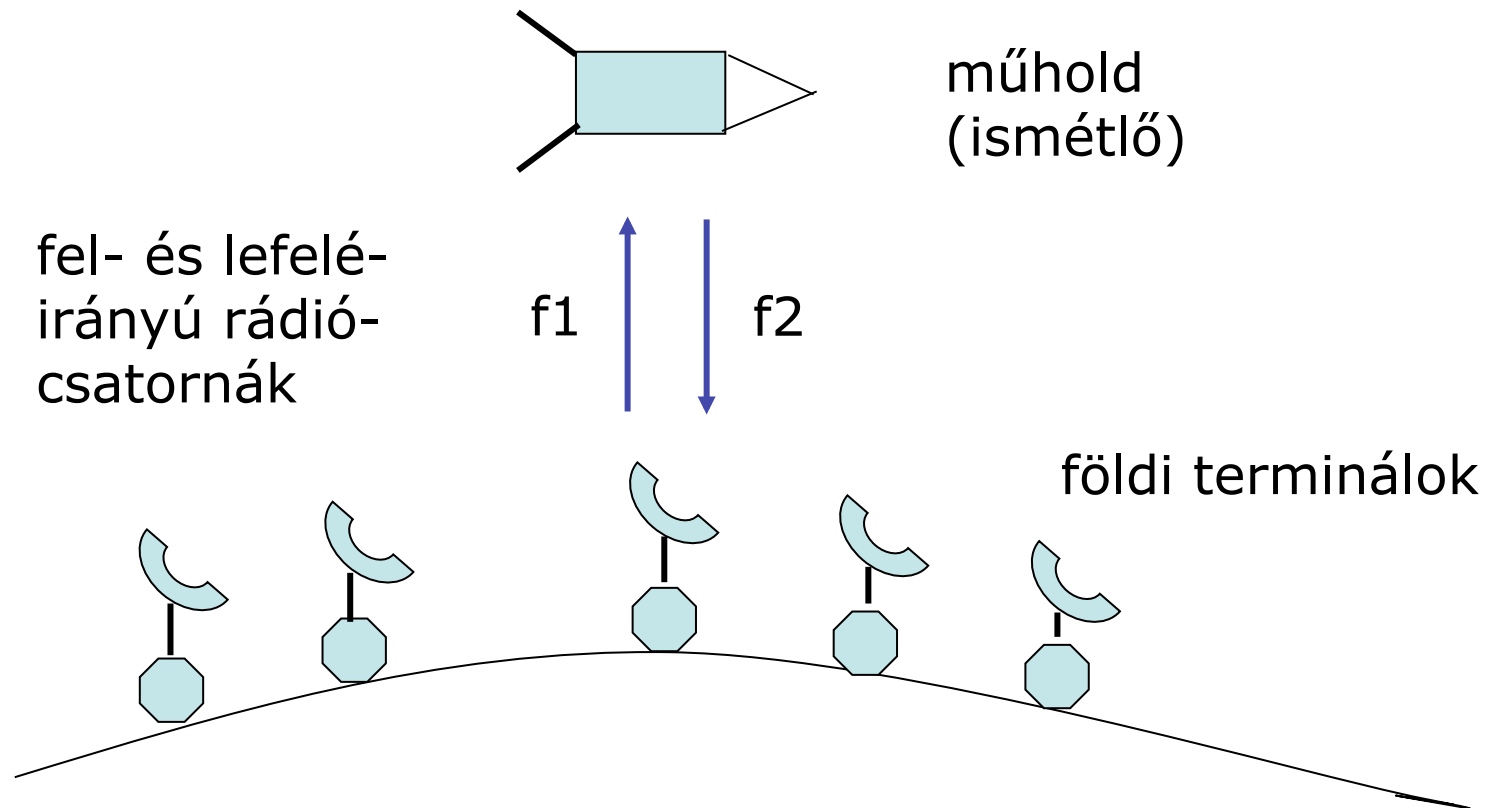


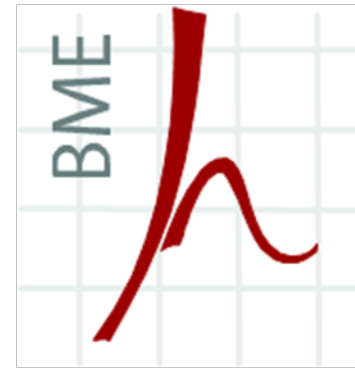
- „Vékony Ethernet”-kábelezés

- „Vastag” Ethernet,
Az Ethernet elve
Robert M. Metcalfe
(1976)



Példák közös csatornára: műholdas ismétlőállomás





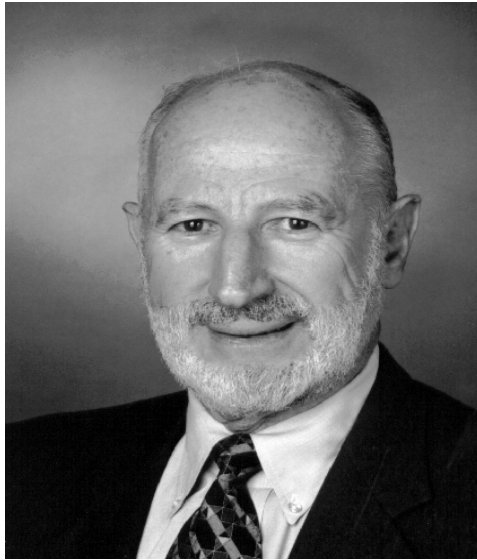
**Eddig fix kiosztású hozzáférési
technikák, következnek a véletlenszerű
hozzáférési módszerek!**

2016. szeptember 28.

ALOHA? Hawaii köszöntés!

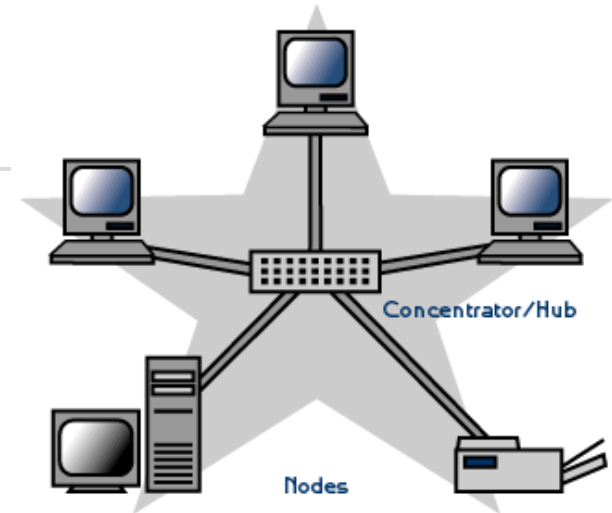


- ALOHA from Hawaii: Elvis Presley koncertje (1973)
- Minden idők legnézetebb műholdas adása ami egy előadóhoz köthető



- Norman Abramson, Univ. of Hawaii
- Aloha-eljárás és rendszer
- Az első rádiós csomagkapcsolt számítógép-hálózat, 1970!

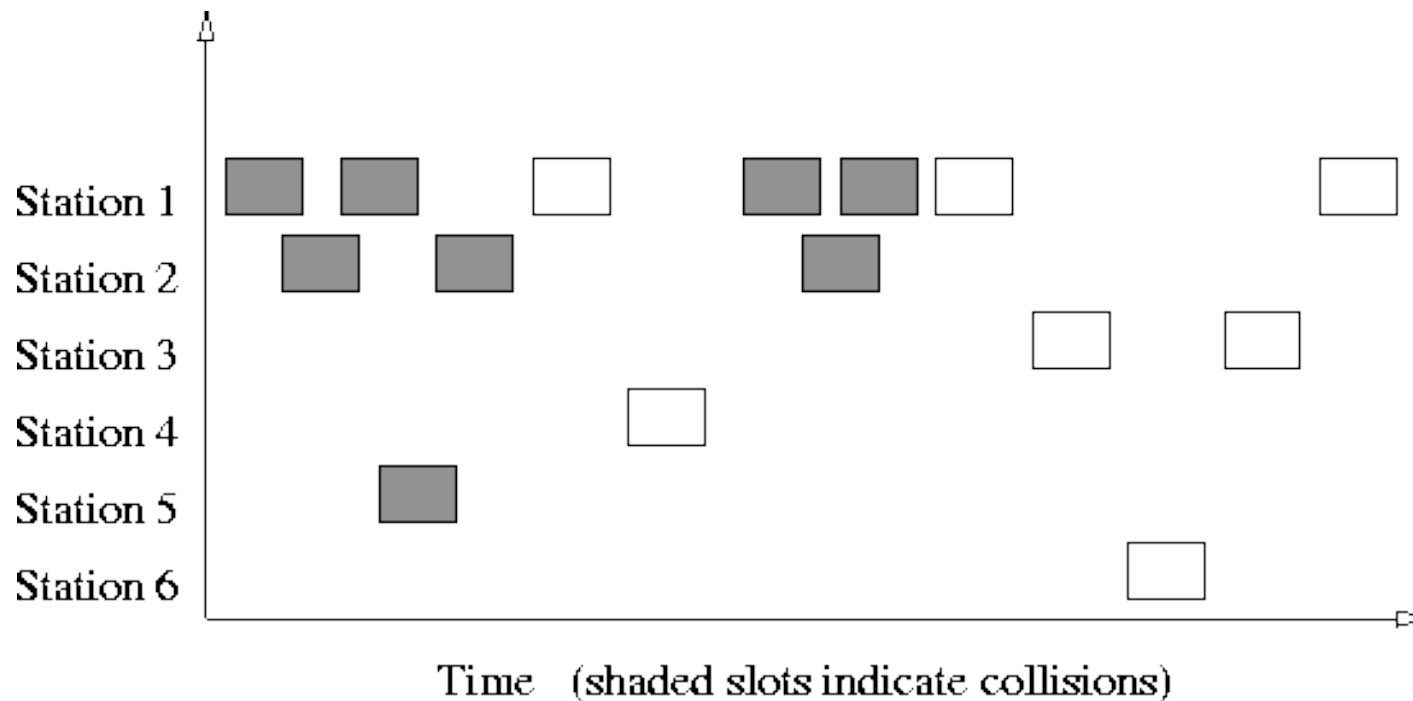
- Világ első **csomagkapcsolt vezetéknélküli hálózata!**
- Már nem használják ezt a hálózatot, de az itt használt eljárás volt az **Ethernet egyik ötletadója** (Metcalfe)
 - Sőt az ALOHA módszert továbbra is használják!
- Ötlet: összekötni amatőr rádiós linkekkel az egyetem távoli részét (szigetcsoport)
- Rávilágított, hogy meg kell oldani a közös csatorna hatékony megosztását
- 1973-ban elsőként kötötték össze az ARPANET-el



- 2 URH frekvencián (uplink-downlink)
 - elosztó (hub)/csillag (star) topológia
- **Kimenő csatorna:** hub->kliensek, szórt adás (broadcast),
 - Csomagokban **címekkel**: csak a címzett kliens fogadta a csomagot
- **Bejövő csatorna:** kliens->hub, véletlenszerű
 - **nyugtázva** a sikeres vétel a **hub által**
 - nem érkezik nyugta: **véletlenszerű idő után újraadás->** ütközések felderítése
- Minden kliens egy frekvencián kommunikált a hubbal!
- Börsztös forgalomra előnyös!

Szabad hozzáférés – random access

- Egyszerű (pure) Aloha-eljárás: teljesen kötetlen hozzáférés



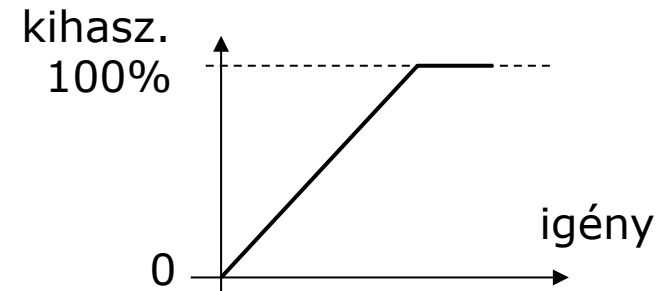
Az egyszerű Aloha-eljárás tulajdonságai (1)

- A szabály tehát:
 - mindenki akkor ad, amikor akar
 - óhatatlanul lesznek ütközések, ekkor egyik adása sem sikeres
 - az ütközésben résztvettek ismét próbálkoznak
 - Véletlen késleltetés múlva!
 - adás előtt **nem ellenőrzik** a csatorna foglaltságát
- Egyszerű, semmi szervezést nem igényel
- Ütközés detektálás: nyugta elmaradása (uplink-downlink frekvencia)

Nézzük meg ehhez, hogy általában mik a hozzáférési módszerek legfontosabb jellemzői!

A hozzáférési módszerek teljesítőképességének jellemzése

- **Kihasználtság (throughput):**
kiszolgált információ –
a fellépő igény függvényében

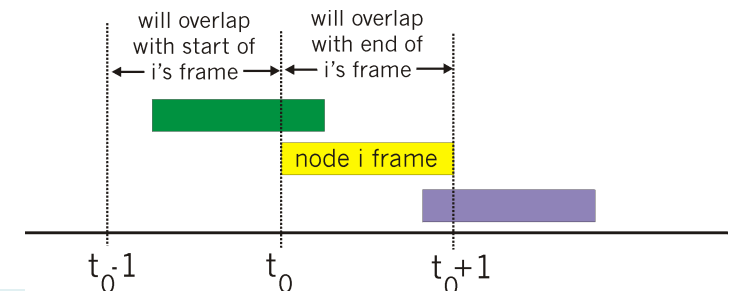


- **Kiszolgálási késleltetés:**
 - az igény jelentkezése és kiszolgálása közötti idő
- **Igazságosság (fairness):**
 - egyformán részesülnek-e az átbecsátóképességből, illetve
 - teljesül-e a jogosultság szerinti kiszolgálás?
- **Stabilitás:** reakció a túlterhelésre, a forgalom dinamikus változására

Gondok az egyszerű Alohával

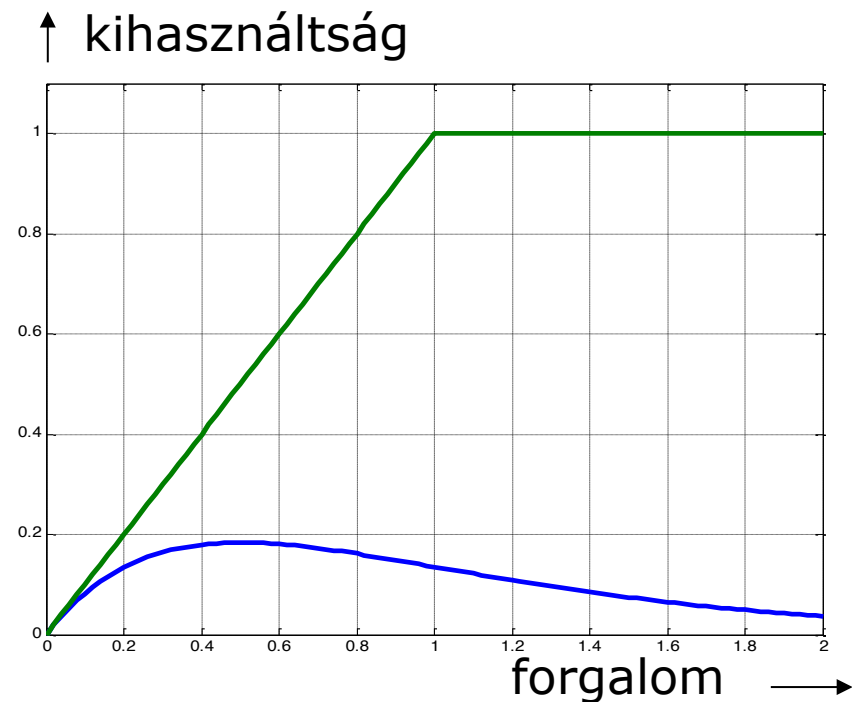
- **Egyik terminál sem figyeli**, hogy foglalt-e a csatorna adás előtt: ütközés!
- Véletlenszerű várakozás miatt egyetlen állomás sem kezdeményez adást: rossz kihasználtság!
- Ütközés után ismét próbálkoznak, a **visszatartó mechanizmus (backoff)** nagyban befolyásolja a
 - protokoll hatékonyságát
 - a csatorna kapacitását
- Tanenbaum: legjobb esetben az idő 18,4%-van hasznos átvitel:

$$\Pr[k] = \frac{G^k e^{-G}}{k!} \quad \Longrightarrow \quad S_{\text{pure}} = G \cdot e^{-2 \cdot G}$$



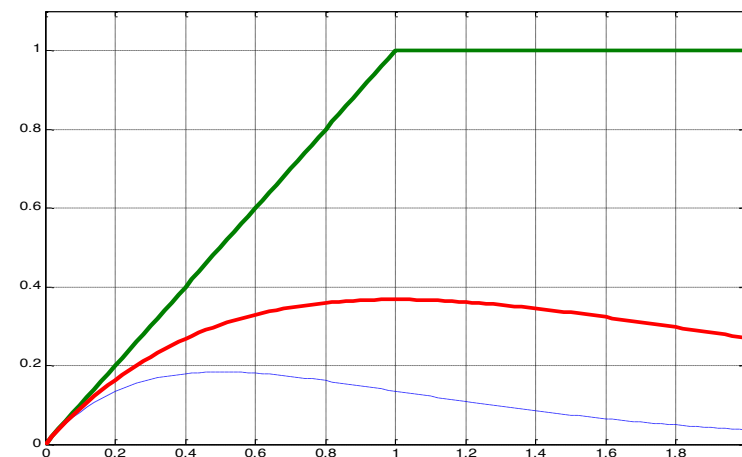
Az egyszerű Aloha-eljárás tulajdonságai

- A kihasználtsága rossz
- Alapvetően instabil
- Késleltetése nem korlátos
- Fairness: egyenlősi hosszútávon



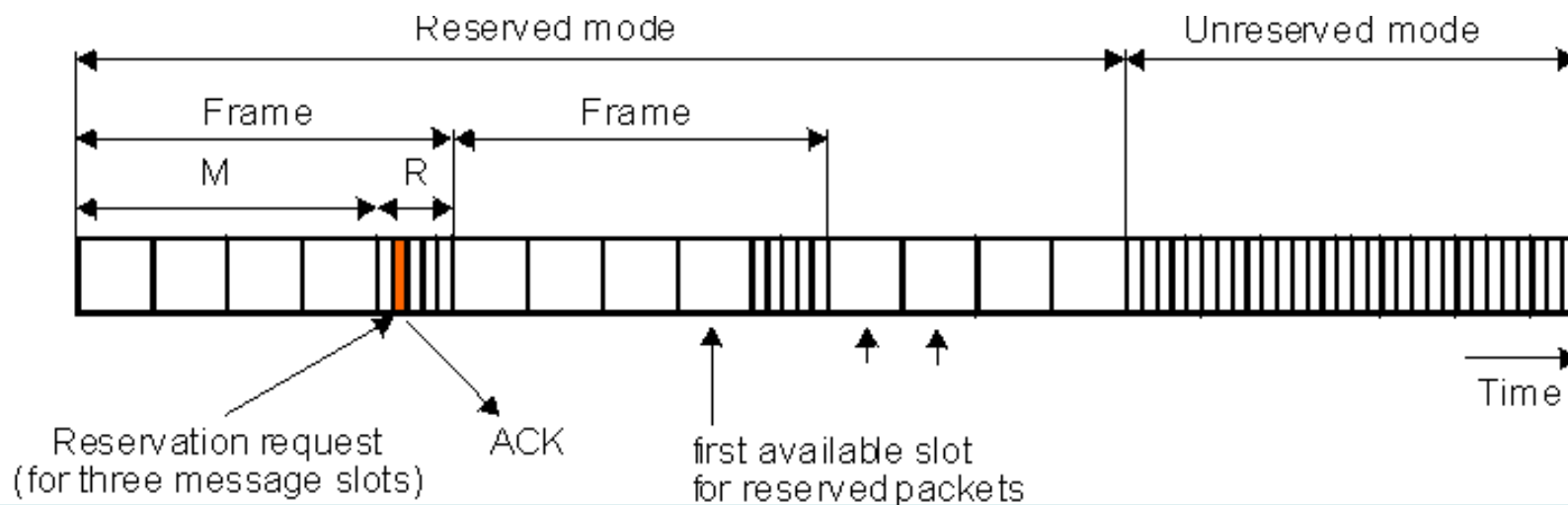
Réselt (slotted) Aloha

- Azonos hosszúságú csomagok időréshatárokon (szinkronjel):
- Csak időrés elején adhatnak
- Ennek köszönhetően csak egy időrésen belül lehet ütközés, nem nyúlnak át a következőbe
- A kihasználtság javul (36.8%)
- Késleltetés alig változik
- A stabilitási probléma változatlanul fennáll
- Fairness: mint előbb

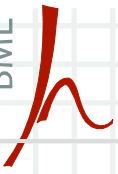


Helyfoglaló Aloha (Reservation Aloha)

- A jellemzők javítására használjuk „helyfoglalást” (reservation)
- A csatorna egy részén **igénybejelentés**
- A felhasználók „visszahallják” az igényeket
- Mindegyikük egységes döntésre jut a hallottakból az átviteli csatorna használati jogosultságát tekintve
- Késleltetés szempontjából sokkal jobb mint a réselt Aloha

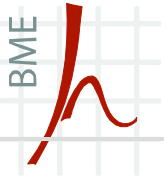


- Ahogy növekszik a felhasználók száma és a forgalom:
rohamosan romlik a kihasználtsága
- De bősztös forgalom esetén jobb mint fix kiosztású
 - 10%-os csatornaterhelés alatt (Egyszerű Aloha)
- Felhasználás (Réselt Aloha):
 - Műholdas rendszerekben (katonai)
 - RFID
 - Más eljárásokkal együtt: réselt-helyfoglaló Aloha (pl. GSM-GPRS)



Vivőérzékeléses többszörös hozzáférés - Carrier Sense Multiple Access

- A többszörös hozzáférés „vezérlése” a **csatorna foglaltságának ellenőrzésére** korlátozódik
- Szabad csatorna esetén:
 - a csatorna igénybevétele
- Foglalt csatorna esetén:
 - *majd később megpróbáljuk, nem figyeli folyamatosan* (**nemperzisztens**)
 - várakozás a csatorna felszabadulására:
 - felszabaduláskor rögtön igénybe vesszük (**1-perzisztens**)
 - Ütközés: várakozás véletlenszerű ideig
 - **p valószínűséggel** adja a keretet ha szabadnak érzékeli a csatornát, **időrés elején** (**p-perzisztens**)



A vivőérzékelés jellemzői

- Egyszerű megvalósítás: csak a foglaltságot kell érzékelni
- Nagy kihasználtság: az átvitel egészen közel juthat a 100%-hoz
- **Nagy érzékenység a terjedési késleltetésre:** ameddig nem ér hozzánk a jel, nem észlelhetjük
- Túlterheltség esetén instabil lehet
- Az igazságos kiszolgálás megvalósítható

CSMA/CD (CSMA with Collision Detection)

- Újabb visszacsatolás a csatornából **adás közben**: ütközés – Collision Detection - CD
- Vivőérzékelés ütközésdetekcióval: **észlelt ütközés esetén leállítás**
- Az ütközésdetekció **vezetékes csatornán lehetséges**
- Rádiócsatornán nem tudja az éppen használó detektálni az ütközést

CSMA/CD működése

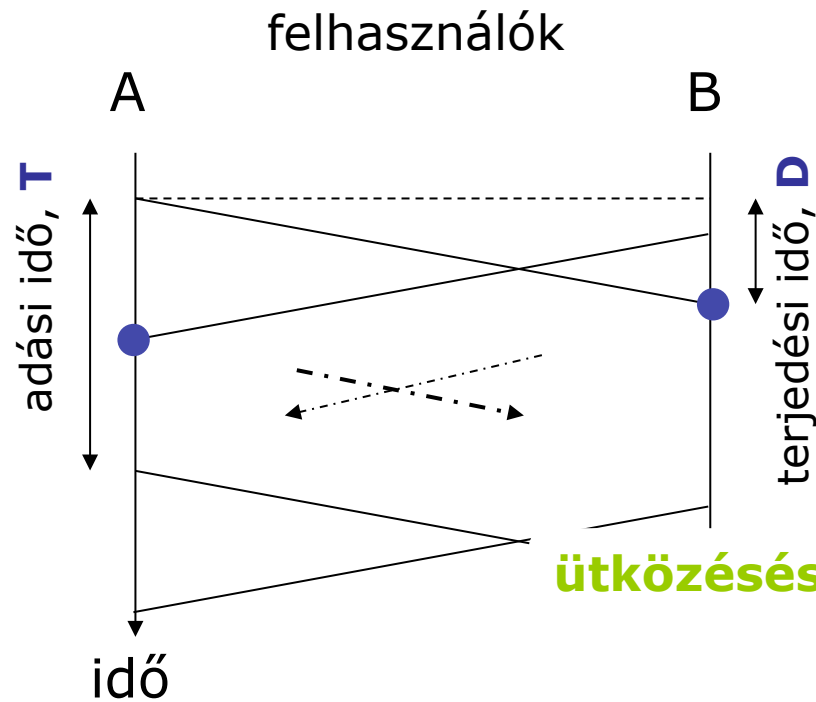
- Vivőérzékelés: terminál csak akkor ad ha szabadnak érzékeli a csatornát
- Ha időközben ütközést detektál: küld egy **foglaltsági jelzést**, hogy ne legyen több ütközés
- Majd vár **exponenciális backoff** ideig (részletek Ethernetnél) és csak utána ad

CSMA/CD hatékonysága

- CSMA hatékonyságának javítása:
 - Az ütközésdetektálás után rögtön leáll az adás
 - **Jam signal**: minden adó leáll
 - Újraadás csak **exponenciális backoff** után: csökkenti az újabb ütközés lehetőségét
 - Csak fél-duplex esetén van értelme
 - teljes-duplexnél nem használják

Az $a=D/T$ paraméter értékének hatása

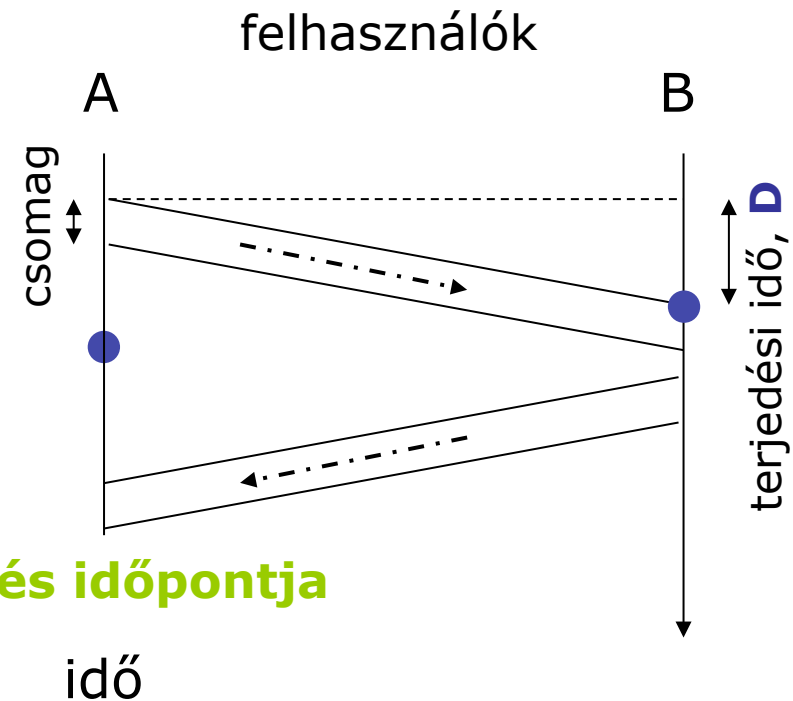
Kis a érték



T : adási idő

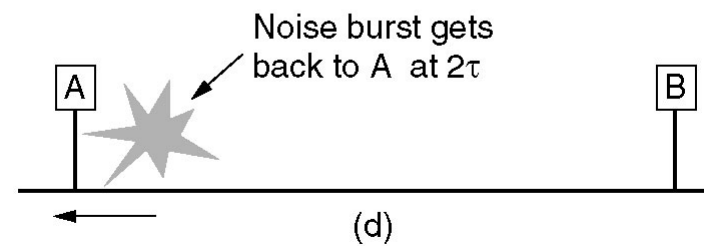
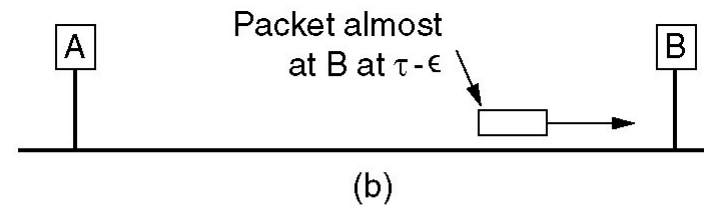
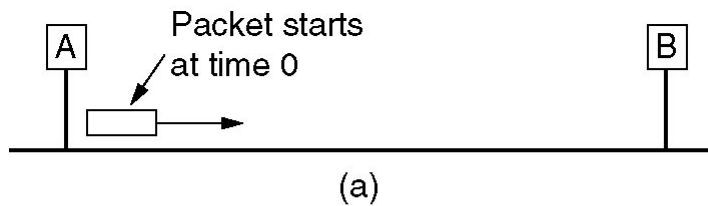
D : terjedési idő

Nagy a érték



$2D \sim$ Round Trip Time, RTT

Legrosszabb eset



Akár 2τ ideig is eltarthat az ütközés detekció!

CSMA/CA (Collision Avoidance)

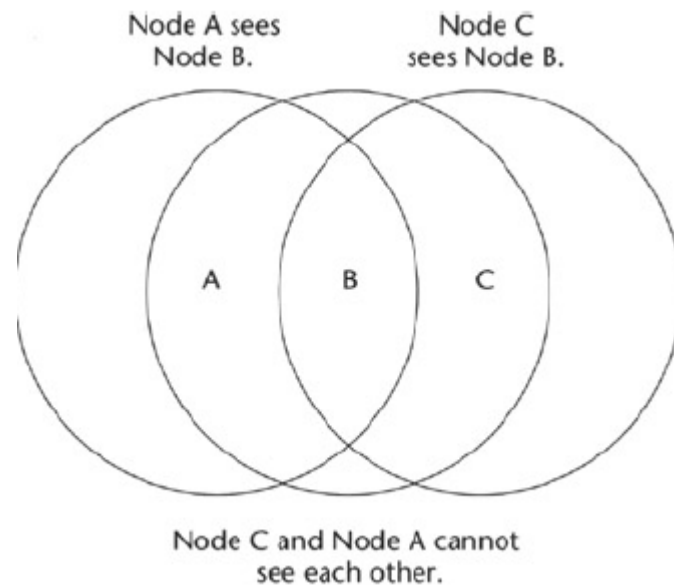
- Vivőérzékelés ütközésselkerülés (**Collision Avoidance, CA**): készülünk az ütközésveszélyes helyzetekre
- Ha szabad a csatorna:
 - küld egy jelzést a többi állomásnak, hogy adni készül vagy
 - vár egy további ideig és ha az idő lejártá után is még szabad a csatorna, akkor ad csak
- Ha foglalt a csatorna:
 - exponenciális backoff ideig elhalasztja az adást

CSMA/CA használata

- Kevésbé „mohó” adók
- Ott használják, ahol a csatorna nem alkalmas CSMA/CD-re
 - pl. WLAN-ok
- Rádiós átvitel esetén nem lehetséges az ütközés detekció
 - az interferencia a vevőnél lép fel, nem az adónál
- Vagy rejtett terminál probléma!

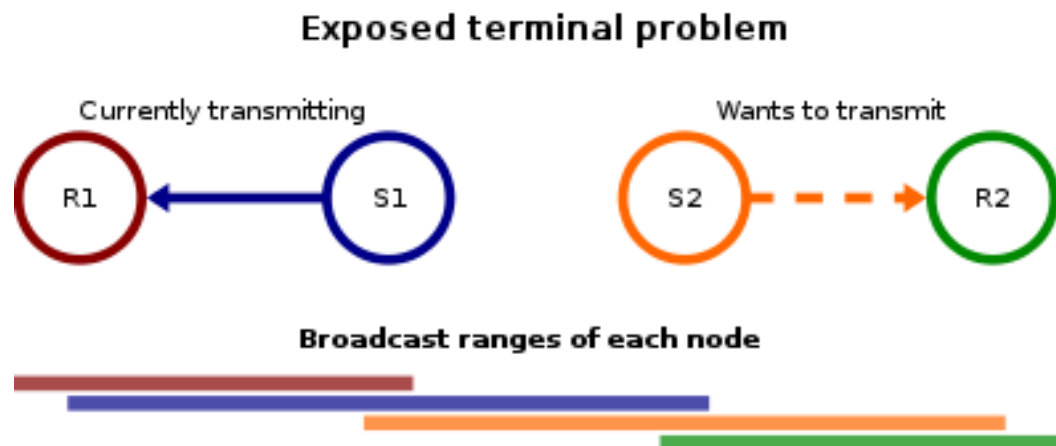
A „rejtett” terminál probléma

- Az „árnyékolt” felhasználó problémája: nem mindenki hall mindenkit
- Ha egy adást nem észlelünk, azt akaratlanul megzavarhatjuk



„Exponált” terminál probléma

- Túl „jó helyzetű” felhasználó:
 - szomszédos (idegen) rendszerekből is észlelhet adást
 - nem meri használni a csatornát, mert úgy véli ütközést okoz



RTS-CTS

- Egy igénybejelentés (RTS) és egy nyugta (CTS) párbeszéd után történik adatátvitel
- Az átvitel hosszát tartalmazza a két üzenet (lásd majd a vezetékek nélküli LAN-oknál)

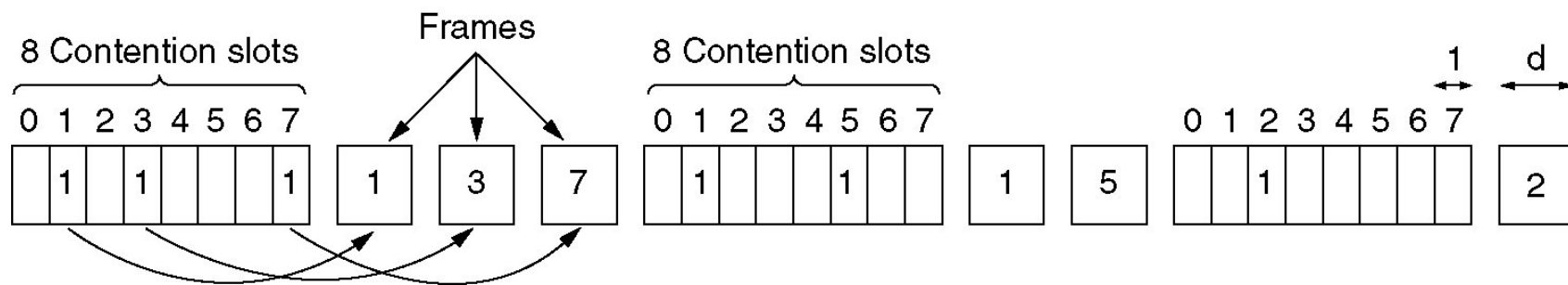
Versenymentes MAC protokollok

- CSMA/CD esetén nincs ütközés amikor az egyik állomás már lefoglalta a csatornát
- Viszont lehet ütközés a verseny helyzet idején
- Ezen ütközések kihatnak az átvitel hatékonyságára
- Ezért fejlesztettek ki verseny-mentes protokollokat (contention free):
 - Bit-térkép módszer
 - Bináris visszaszámlálás

Bit-térkép módszer (Bit mapped protocol)

- N időrés: j. terminál a j. időrésben egy 1-es bittel jelzi, ha szeretne keretet adni
- Miután minden terminál nyilatkozott, minden egyes terminál tudja ki akar majd adni
- Így numerikus sorrendben adnak, **nem lehet ütközés**
- Hátránya: **alacsony forgalom** esetén **nem hatékony**
 - Pl. csak egy terminál szeretne adni, senki más, de ki kell várnia a bit-térkép végét
 - Sáv szélesség pocsékolás kevés adó terminál esetén

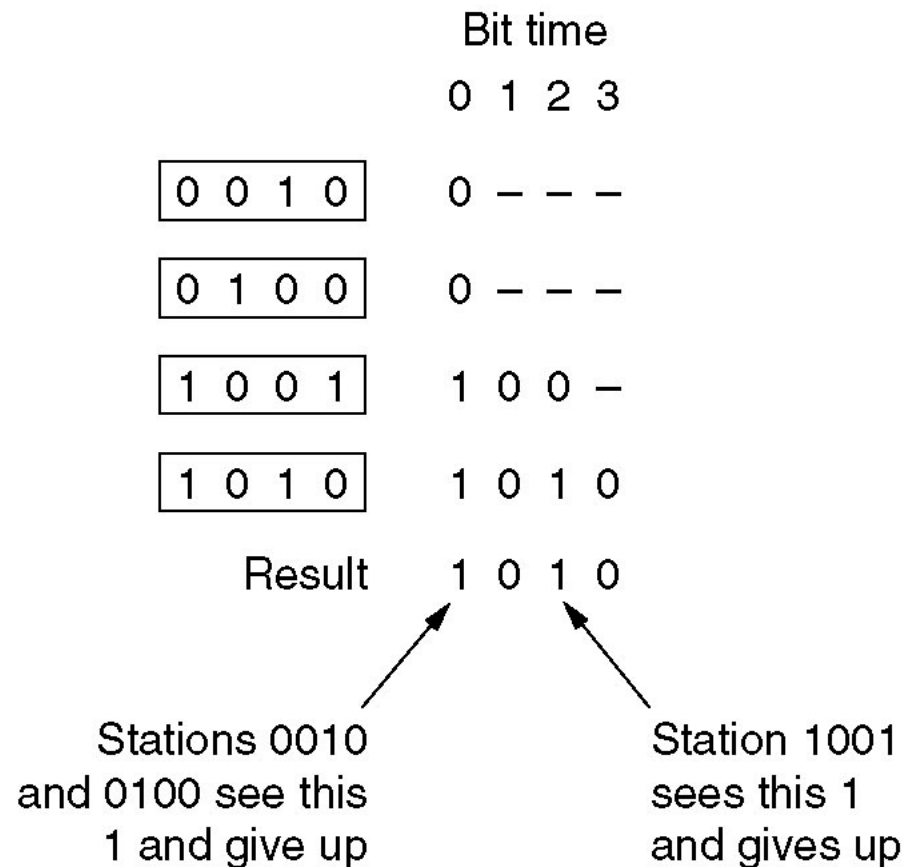
Bit-térkép módszer



Bináris visszaszámlálás (Binary countdown)

- Bittérkép módszer: sok terminál esetén nagy overhead!
- Más megközelítés: aki adni szeretne, bináris címét kiküldi mindenkinek
- Bitidőnként VAGY művelet az azonos helyi értékű bitek között
- Ha látja egy 0-ás terminál, hogy VAGY művelet után 1 van: lemondja az adást
- Végén megmarad ki adhat, ez a folyamat ismétlődik
- Hátrány: nagyobb értékű címmel rendelkező adóknak előnye van
 - Sérül a fairness elv
 - Megoldás: variálják a sorrendet
 - Pl. hallgatási idő függvényében

Példa bináris visszaszámlálásra



Verseny vs. versenymentesség

- **Alacsony forgalom esetén a verseny javasolt:** alacsony késleltetés
- Ahogy növekszik a forgalom egyre kevésbé jó a verseny: sok erőforrást emészt fel
- Ötvözni kell a versenymentes és verseny-alapú protokollokat!
 - Alacsony forgalom esetén verseny, magasabbnál nincs: protokollok korlátozott versennyel!
- Cél:
 - kis késleltetés alacsony terhelés esetén (pl. Aloha)
 - nagy átvitel (throughput) nagy terhelés esetén (pl. bittérkép)

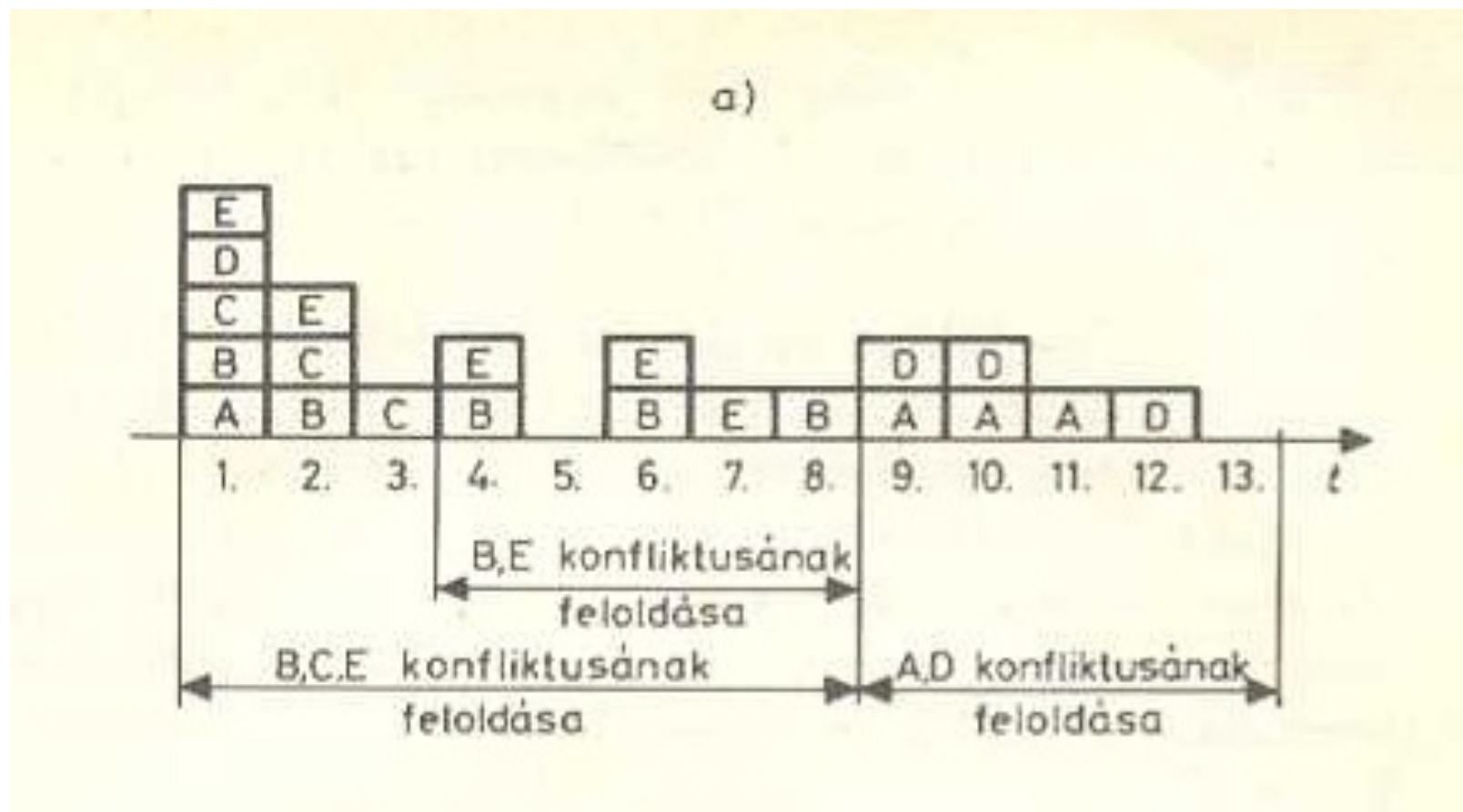
Protokollok korlátozott versennyel

- A terminálok esélyét a csatornaszerzéshez úgy lehet növelni, hogy csökkentjük a versenyt
- Terminálok csoportokba sorolódnak
- Csak a j .csoport tagjai versenyezhetnek a j .időrésért
- Ha ütközés történt vagy senki sem akar küldeni a j .csoportból, akkor jön a $j+1$.csoport a $j+1$.időrésért
- Eddig:
 - Bittérkép: 1 terminál/csoport, nincs verseny
 - Réselet Aloha: minden terminál egy csoportban, mindenki versenyez

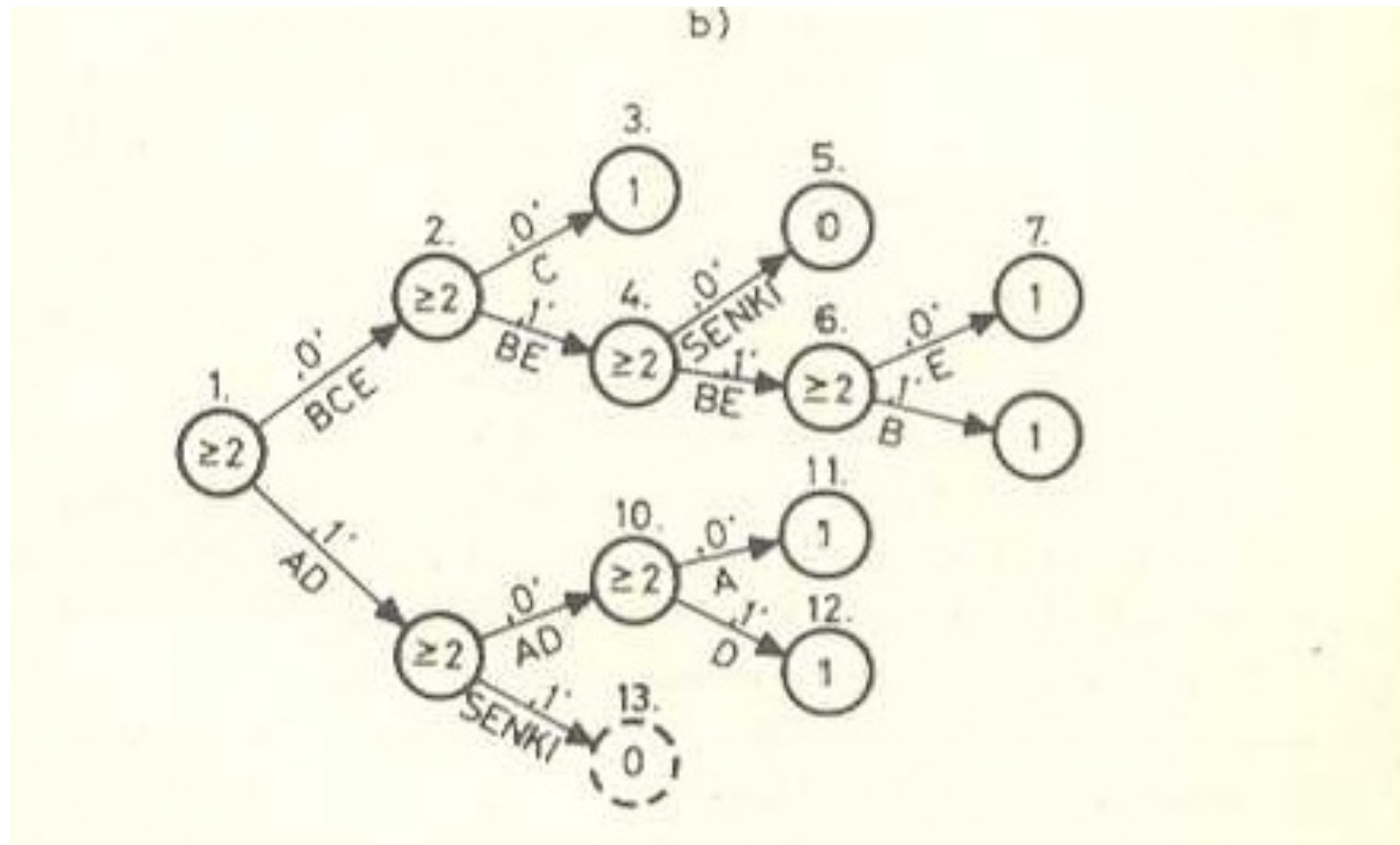
Adaptív fa protokoll

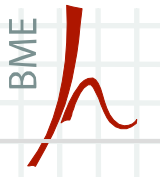
- Minden terminál versenyezhet a csatornáért
- Ha ütközés, két egyforma csoportra osztódnak a terminálok
 - Csak az egyik versenyez a következő időrésért
- Ha valaki megszerzi közülük, következő időrésért a következő csoport versenyez
- Ha újra ütközés: újabb csoportfelezés

A Capetanakis-algoritmus működése - illusztráció



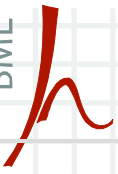
A Capetanakis-algoritmus működése – illusztráció





Milyen többszörös hozzáférési módszerekről volt szó eddig?

- Teljesen (vagy majdnem teljesen) szabad (véletlen) hozzáférés:
 - Egyszerű Aloha
 - Réselt Aloha
 - Ezeknél: egyszerű visszacsatolás a csatornából (sikeres/nem sikeres)
- Vivőérzékelési módszerek
 - visszacsatolás itt is + „a priori” információ („vivő” érzékelés)
 - plusz ütközésdetekció vagy –elkerülés
- Versenymentes vagy korlátozott verseny: nem elterjedtek
- Közös jellemző: **nincs központi vezérlés**, koordináció

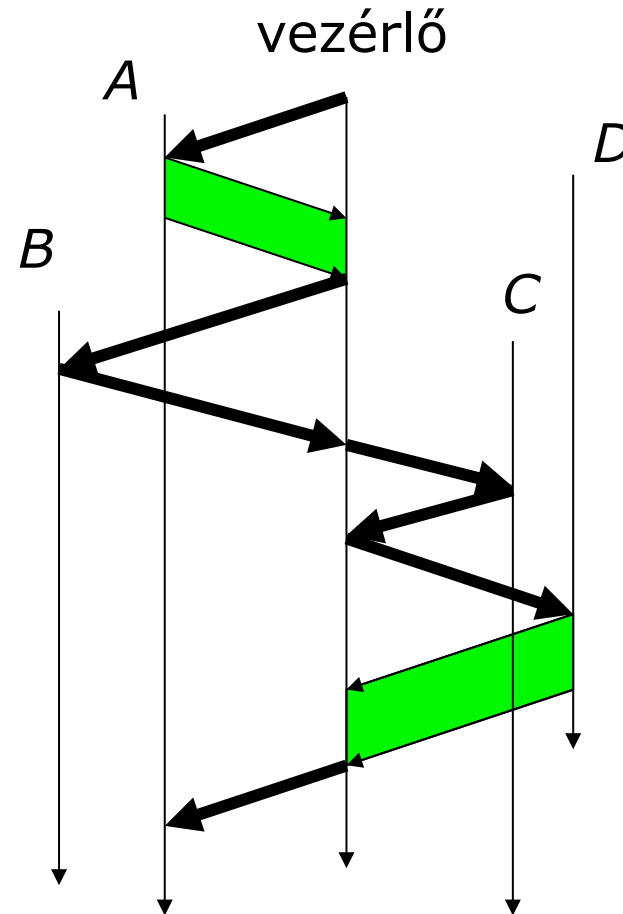


Központilag vezérelt többszörös hozzáférési módszerek

- Lekérdezés (polling): a vezérlő kérdése jelenti a csatornahasználati jogot
- Csoportos lekérdezés (probing): felhasználók nagyobb csoportját kérdezi a vezérlő
 - több igény esetén kezelni kell az ütközést
- Foglalás (reservation): a vezérlő az érkező igények alapján csatornahasználati jogosultságot jelöl ki.
 - Az igények gyűjtése:
 - egyedi „csatornákon”
 - „versenyben”

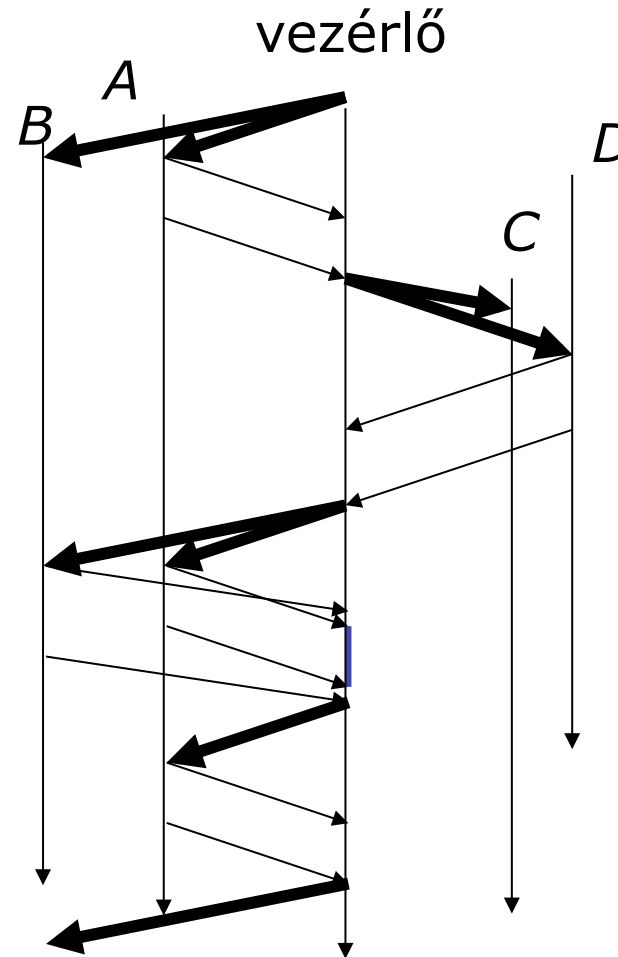
Lekérdezés (*Roll-call polling*)

- „körbekérdezés”: akinek van csomagja, az elküldi
- A csatorna információ-átvitelre használt a csomagtovábbítás alatt
- Egyébként a hozzáférés szervezése folyik
- Kihasználtság: a két időszak aránya
- Kiszolgálási késleltetés: a körbejárási idő fele
- A módszer stabil és fair



Csoportos lekérdezés (Probing)

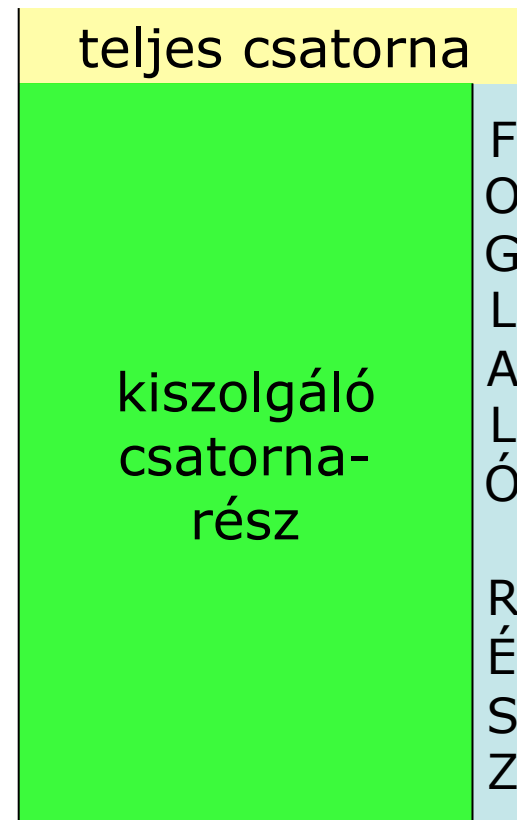
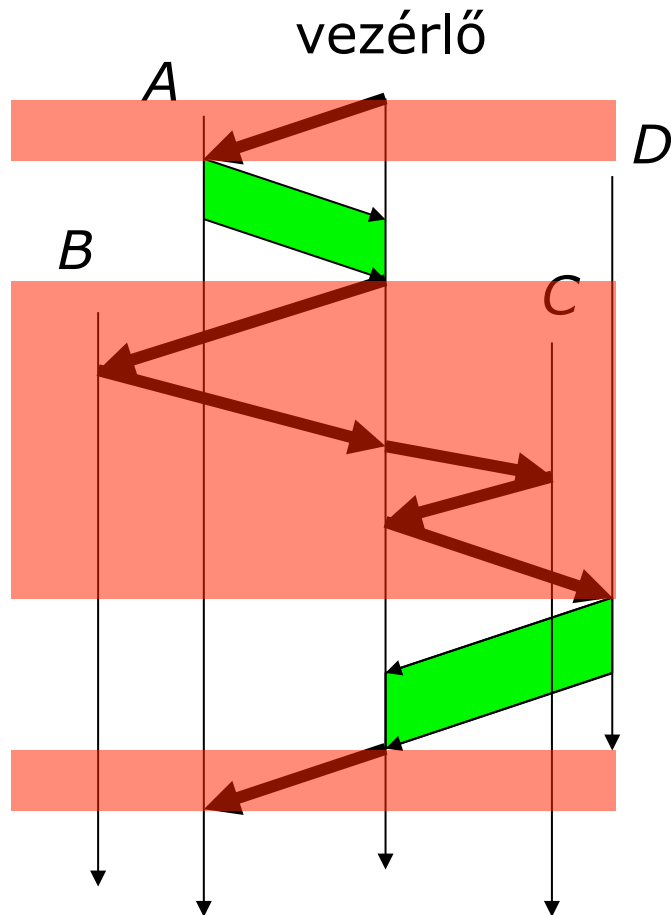
- Csoportos lekérdezés:
 - Ütközés esetén:
 - részekre bontás
- Kihasználtság javul
- Kiszolgálási késleltetés csökken
- Stabilitás megmarad
- Igazságosság biztosítható



Helyfoglalás (Reservation)

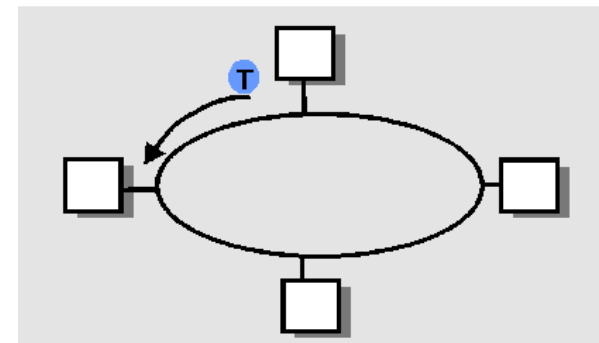
- Ha nagy a körbefordulási idő, akkor a lekérdezés hatékonysága rossz
- Célszerű az átviteli csatornát megosztani:
 - foglalási és
 - átviteli részre
- A (hely)foglalási részben (kis hányad):
 - dedikált csatornarészek:
 - zavartalan igénybejelentés
 - verseny alapú elérés
- A vezérlő a beérkező igények alapján engedélyeket küld a felhasználóknak

Foglalás: a csatorna megosztása



Polling elosztott vezérléssel: token passing (vezérjelátadás)

- A csatorna használatára való jogosultságot egy speciális üzenet (token) birtoklása jelenti
- Megfelelő szabályok alkalmazásával nagyon rugalmas kiszolgálást biztosít
- Jó kihasználtságot ér el
 - korlátozott késleltetéssel, hasonlóan a lekérdezéshez
- Az igazságos csatornamegosztás biztosítható



MAC protollok típusai

- **Fix csatornafelosztás**
 - FDMA, TDMA, CDMA
- **Véletlenszerű hozzáférés**
 - ALOHA, Réselt ALOHA, Helyfoglalós ALOHA, CSMA
 - CSMA/CD: Ethernet
 - CSMA/CA: WLAN (802.11)
 - Versenymentes: bittérkép, bináris visszaszámlálás
 - Korlátozott verseny: adaptív fa
- **Központilag vezérelt módszerek**
 - Központi vezérléssel: polling, probing, reservation
 - Elosztott vezérléssel: token alapú

A többszörös hozzáférés előnyei, hátrányai

- Előnyök: (nagyon függ a használt közegtől)
 - Gazdasági: pl. kevesebb vezeték
 - Technikai: jobb teljesítőképesség
 - Rádiócsatorna esetén szinte nélkülözhetetlen

- Hátrányok:
 - Bonyolultabb algoritmusok (nem jelentős)
 - Illetéktelen hozzáférés az információhoz (kezelendő)

- Megismertük a többszörös hozzáférést (xDMA)
- Megtanultuk, hogy vannak:
 - elosztott vezérléssel működő módszerei, és
 - centralizált módszerek
- Rádiócsatorna használata esetén meghatározó szerepük van
- Vezetékes csatorna esetén is lehet fontos szerepük, ahol a felhasználók busz, vagy gyűrű topológián helyezkednek el

Kérdések?

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!



Dr. Simon Vilmos

docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu