

Számítógép-hálózatok

A közeghozzáférési alréteg

2025/2026. tanév, I. félév

Dr. Kovács Szilveszter

E-mail: szilveszter.kovacs@uni-miskolc.hu

www.iit.uni-miskolc.hu/~szkovacs

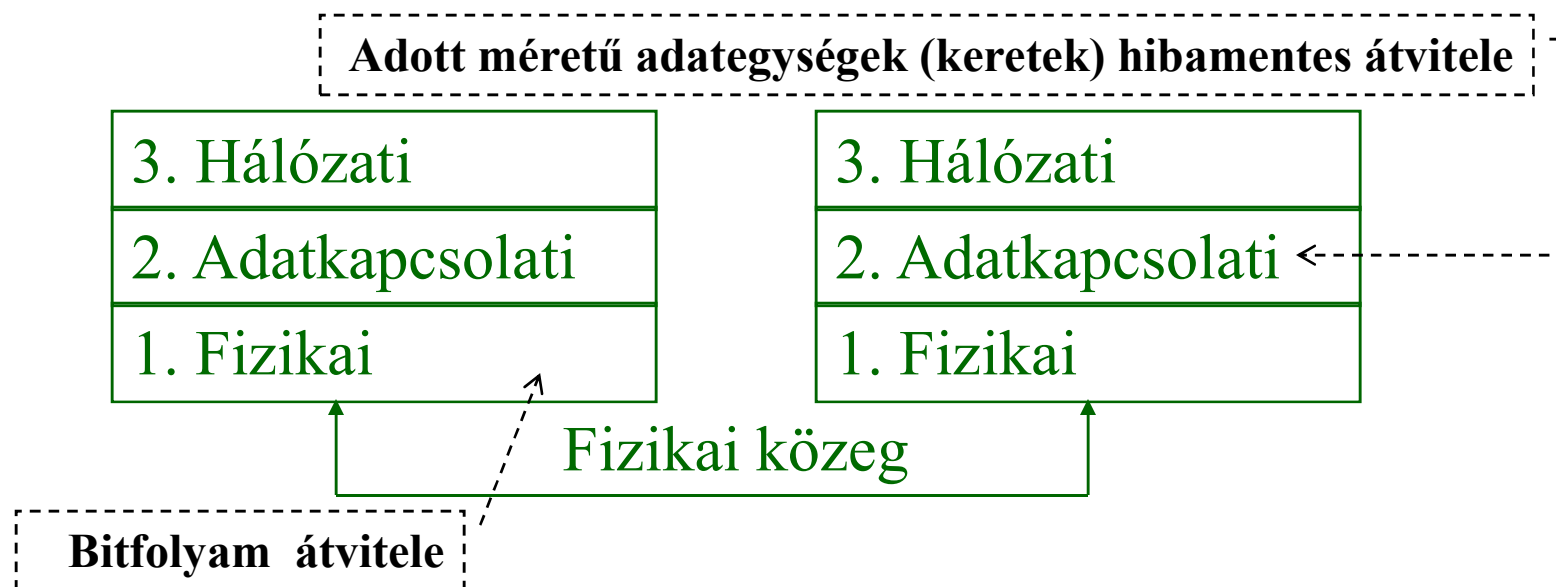
Informatika Intézet 107/a.

Tel: (46) 565-111 / 21-07

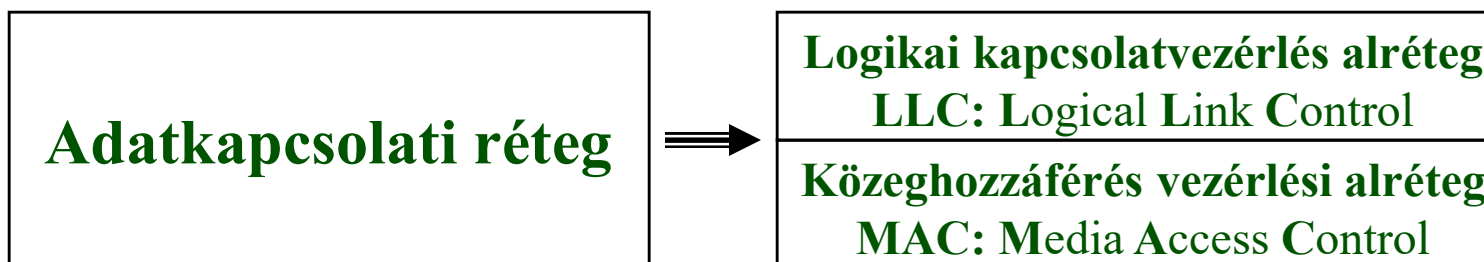
Emlékeztető

- **A fizikai rétegben meghatározottak**
 - a mechanikai interfészek;
 - a villamos interfészek;
 - a funkcionális interfészek;
 - az eljárás interfészek.
- Egy csatornát biztosít a **nyers bitfolyam** átvitelére.
- Az **átvitel** szempontjából lehet:
 - alapsávú (jelkódolás),
 - szélessávú (modulálás)
- A **csatorna** lehet:
 - pont-pont,
 - üzenetszórásos

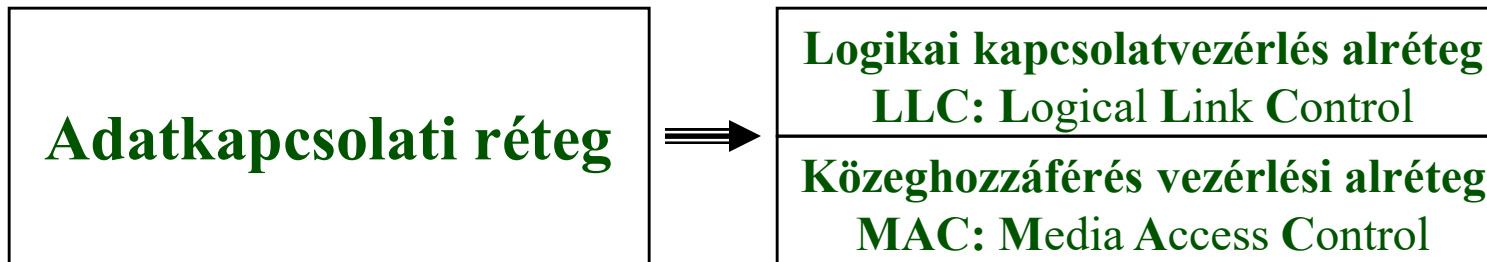
Emlékeztető



- **Üzenetszórásos csatorna esetén** (pl. LAN buszon)
 - többszörös hozzáférésű (multiaccess), vagy
 - véletlen hozzáférésű csatorna (random access channel)



Az adatkapcsolati réteg



- **Pont-pont kapcsolat esetén (csak LLC)**
 - keretképzés/behatárolás;
 - hibavédelem;
 - adatfolyam vezérlés;
 - kapcsolatvezérlés.
- **Üzenetszórásos csatorna esetén (LLC+MAC)**
- **MAC**
 - egyetlen üzenetszórásos csatorna megosztása több egymással versengő felhasználó (állomás) között
 - „pont-pont” szerű szolgálat biztosítása az LLC alrétegnek

MAC: közeghozzáférési alréteg

- **Feladata**
 - egyetlen üzenetszórásos csatorna megosztása (csatornamegosztás - csatornakiosztás) több egymással versengő felhasználó (állomás) között
- **Csatornamegosztási módszerek**
 - Statikus csatornamegosztás,
 - dinamikus csatornamegosztás:
 - Ütközéses (versengő),
 - Ütközésmentes (determinisztikus).
- **Elemzés, összehasonlítás**
 - (pl. átbocsátóképeség a terhelés függvényében)

A MAC alréteg feladatai

- Egyetlen üzenetszórásos csatorna megosztása több egymással versengő felhasználó (állomás) között.
- „Pont-pont” szerű szolgálat biztosítása az LLC alrétegnek
- „Csatornamegosztás” („Csatornakiosztás”)

Csatornamegosztási módszerek vizsgálatának szempontjai

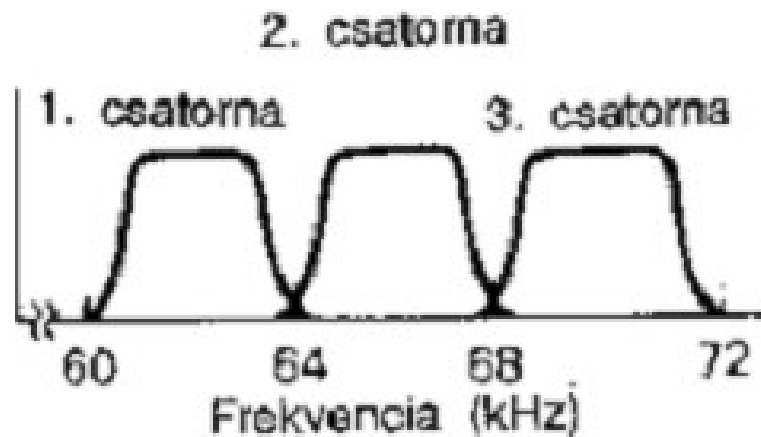
- **Különböző jellegű és nagyságú forgalom esetén**
 - az átlagos késleltetés és a
 - csatornakihasználtság.
- **A forgalom jellege lehet**
 - folytonos átvitel:
 - hosszú időn át jól meghatározott sávszélességet igénylő (pl beszéd),
 - löketszerű átvitel (burst-ös):
 - véletlenszerű, aránylag rövid, löketszerű igény.
- **A forgalom nagyságával kapcsolatos jellemzők:**
 - csatorna foglaltság:
 - az átviteli kapacitás hány %-a foglalt;
 - kihasználtság:
 - az átviteli kapacitásból a „hasznos” adatátvitelre használt átlagos rész;
 - átlagos késleltetés:
 - a keret készenléttől a hibátlan átvitelig telt átlagos idő.

A csatornamegosztási módszerek lehetnek

- **Statikus**
 - **Fix felhasználószám, a csatornából mindenki egyformán részesül akkor is, ha arra valamely időpontban ténylegesen nincs is szüksége.**
- **Dinamikus**
 - **Azon felhasználók között oszlik meg a csatorna, akiknek arra éppen szükségük van.**
 - **Vezérlés szempontjából lehet:**
 - **centralizált:** egy kijelölt (esetleg speciális) állomás rendelkezik a csatorna kiosztásáról;
 - **elosztott:** elosztott algoritmus dönt (nincs kijelölt állomás).
 - **A hozzáférési eljárás lehet**
 - **versengő** (ütközéses)
 - **determinisztikus** (ütközésmentes)

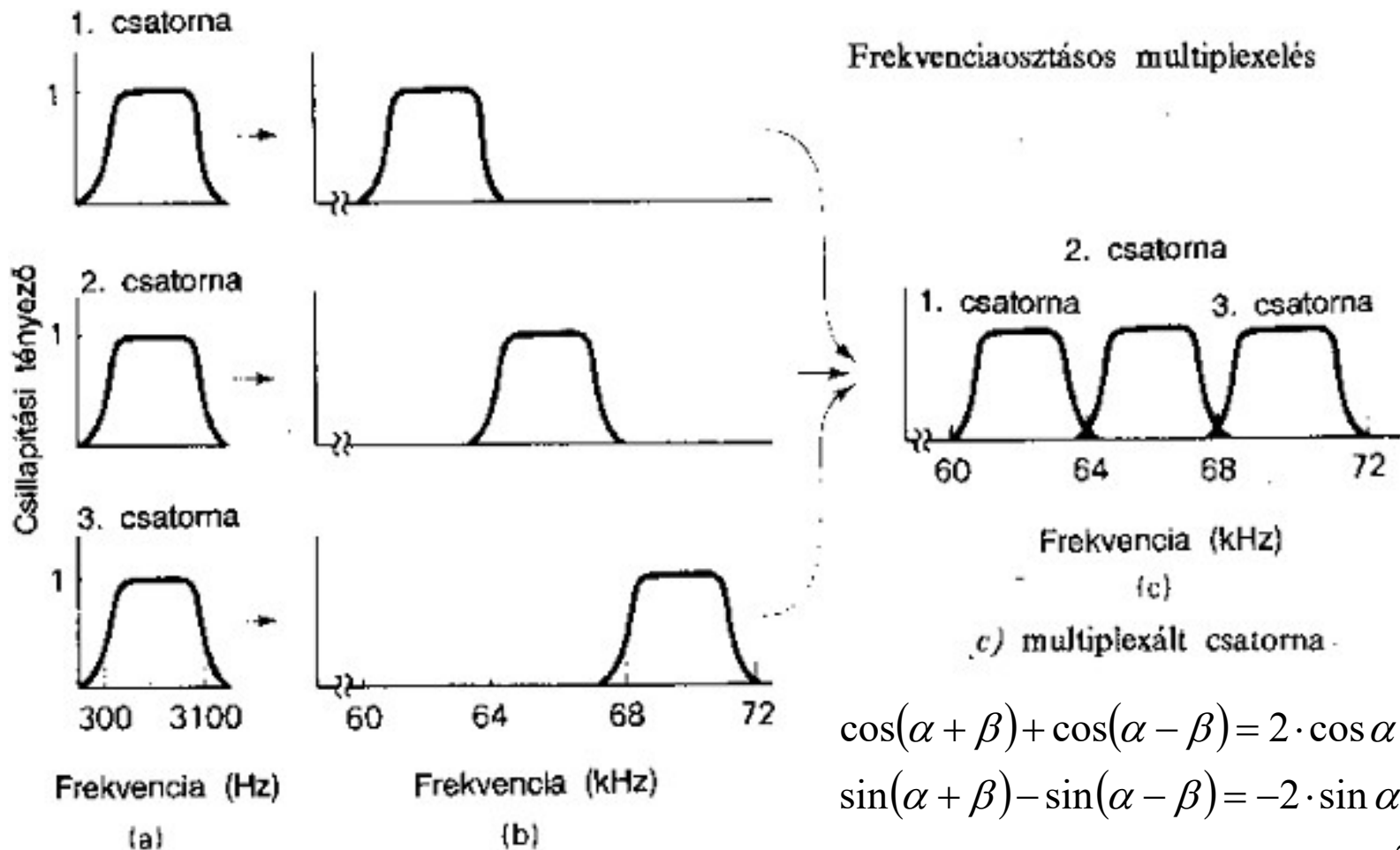
Statikus csatornamegosztási módszerek

- **FDM (Frequency Division Multiplexing)**
frekvenciaosztásos nyalábolás (multiplexálás).
- **Lényege:**
 - **Fix n számú felhasználó**
⇒ a sávszélesség n egyenlő részre osztása
minden felhasználó egy rész sávszélességet kap.
 - **Mindenkinek külön frekvenciasávja van**
⇒ nincs interferencia (a felhasználók nem zavarják egymást)



A sávok között „védősávok” az interferencia (áthallás) csökkentésére (jobb szétválaszthatóság).

FDM



a) eredeti sáv szélességek; b) frekvenciatartományban eltolott sáv szélességek;

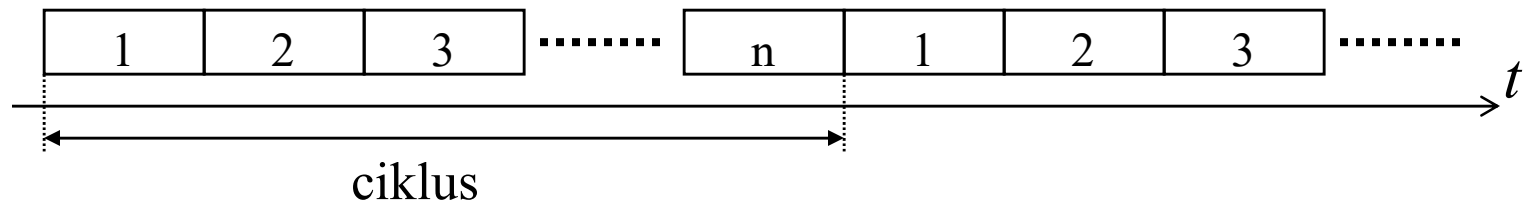
$$\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta) = 2 \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta$$

$$\sin(\alpha + \beta) - \sin(\alpha - \beta) = -2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta$$

$$\alpha = \omega \cdot t = \frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot t$$

Statikus csatornamegosztási módszerek

- **TDM (Time Division Multiplexing)**
időosztásos nyalábolás (multiplexálás).
- **Lényege:**
 - **Fix n számú felhasználó**
 $\Rightarrow$ ciklusidőt n egyenlő időrésre osztja
minden felhasználóhoz statikusan 1 időrést rendel.
(Az i. részben az i. felhasználó a teljes sáv szélességet használhatja)



**A ciklusok és a részek előállítása központi szinkronizációt igényel
(általában a részek elejét jelölik meg)**

Statikus csatornamegosztási módszerek

- **Jellemzőik:**
 - kötött a felhasználószám;
 - a keretek **átlagos késleltetése** n -szerese annak, mintha az egész csatorna egy felhasználóé lenne;
 - FDM-nél kisebb (n -ed része) sávszélesség,
 - TDM-nél nagyobb várakozási idő van (a ciklusidő n -ed része csak az övé).
 - a keretek késleltetése állandó;
 - a csatornakihasználtság
 - rossz kis és nem egyenletes forgalom esetén (ha foglalt csatorna üres, más akkor sem veheti át),
 - jó folytonos, egyenletes terheléskor (pl. telefonközpontközi trónk – kevés rögzített számú felhasználó, nagy egyenletes terhelés).

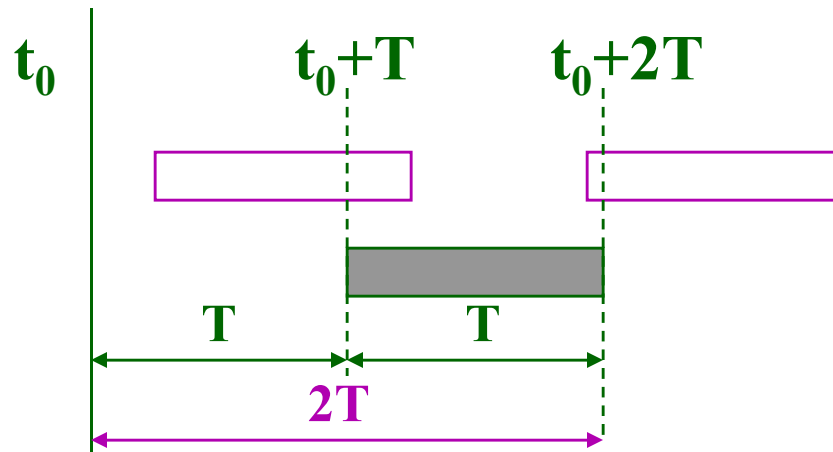
Dinamikus csatornamegosztási módszerek

- Azon felhasználók között oszlik meg a csatorna, akiknek arra éppen szükségük van.
- Vezérlés szempontjából lehet:
 - **centralizált:** egy kijelölt (esetleg speciális) állomás rendelkezik a csatorna kiosztásáról;
 - **elosztott:** elosztott algoritmus dönt (nincs kijelölt állomás).
- A hozzáférési eljárás lehet
 - **versengő** (ütközéses)
 - **determinisztikus** (ütközésmentes)
- Előfeltevések a későbbi vizsgálatokhoz:
 - Egy állomás egy időben csak 1 keretet küld.
 - A keretek korlátozott méretűek.
 - Egyetlen csatorna áll rendelkezésre.
 - Akár 1 bites ütközés is megsemmisítő.

Az ALOHA protokoll*

- **Hawai Egyetem, 1970 körül, URH rádiós hálózat**
- **Alapgondolat:**
 - **Rögzített, azonos hosszúságú keretek** (nemcsak korlátozott méretűek);
 - **Az állomások bármikor adhatnak** (azonnal, mihamarabb elkészül egy kerete);
 - **Az adást követően nyugtára várnak** (pozitív nyugta, illetve a válasz hiánya mint negatív nyugta);
 - **Ha az állomás észleli, hogy a kerete ütközött** (nincs nyugta), véletlenszerű ideig vár, majd újraadja
- **Csatornafigyelés nélküli többszörös hozzáférés.**
- ***„Egyszerű” ALOHA protokoll**

Az ALOHA áteresztőképessége



T: a „keretidő”(fix)
(egy keret átviteli ideje)

- A „sötét” keret szempontjából az „ütközésveszélyes” periódus t_0 -tól (t_0+2T) -ig terjed.
 - A $t_0 \rightarrow (t_0+T)$ időtartományban kezdett más keret az „elejével” ütközhet;
 - a $(t_0+T) \rightarrow (t_0+2T)$ időtartományban kezdett más keret a „végével” ütközhet.
- $2T$ ideig ütközésveszélyes
(a „kritikus szakasz” $2T$ hosszúságú)

Az ALOHA áteresztőképessége

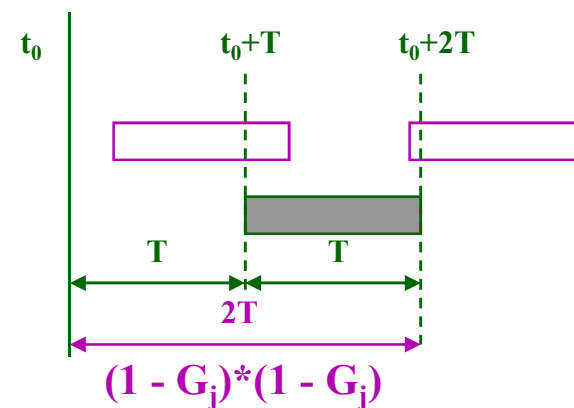
- Az elküldött keretek hányad része érkezik meg sikeresen (éli túl az ütközéseket)?
- Tételezzük fel
 - N : az állomásszám (populáció);
 - T : a keretidő (keret-hossza/bitsebesség);
 - S_i annak valószínűsége, hogy az i . állomás által küldött keret jut át sikeresen a keretidőben;
 - G_i annak valószínűsége, hogy az i . állomás ad a keretidőben.
- N db egyenrangú (egyforma) állomás esetén
 - $S_i = S/N$; ahol
 S : az egy keretidőben sikeresen átjutott keretek száma $\equiv$ **áteresztőképesség** [keret/keretidő]
 - $G_i = G/N$; ahol
 G : egy keretidőben összesen elküldeni kívánt keretek száma $\equiv$ **ez a terhelés** [keret/keretidő] – a felajánlott forgalom
 $S \leq G$ mindig

Az ALOHA áteresztőképessége

- Mikor jut át az i . állomás által küldött keret sikeresen a keretidőben $S_i = ?$
- Ha a $2T$ hosszúságú kritikus időszakban senki más nem próbál adni (ha bárki más próbálkozna, az biztosan ütközne).
- Annak a valószínűsége, hogy j . állomás ad egy keretidőben: G_j
 → annak, hogy nem ad $(1 - G_j)$
 → annak, hogy két keretidőben nem ad $(1 - G_j) * (1 - G_j) = (1 - G_j)^2$
- Annak a valószínűsége, hogy egyik állomás sem ad két keretidőben (egymástól függetlenek):

$$\prod_{\forall j} (1 - G_j)^2$$
- Annak a valószínűsége, hogy i . ad egy, a többi pedig nem ad két keretidőben:

$$S_i = G_i \cdot \prod_{\forall j, j \neq i} (1 - G_j)^2$$

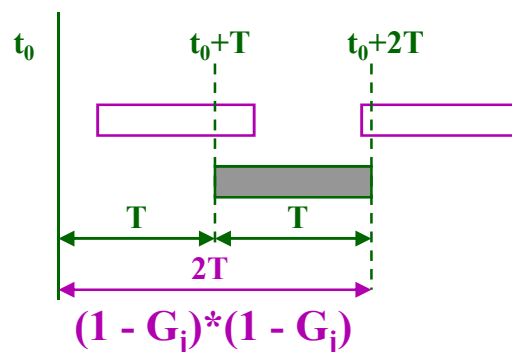


Az ALOHA áteresztőképessége

- **Annak a valószínűsége, hogy az i . állomás által küldött keret sikeresen átjut a keretidőben:**

$$S_i = G_i \cdot \prod_{\forall j, j \neq i} (1 - G_j)^2 \quad S_i = \frac{S}{N}, \quad G_i = \frac{G}{N}$$

$$S = G \cdot \left(1 - \frac{G}{N}\right)^{2 \cdot (N-1)}$$



- **Valamennyi állomásra nézve, ha $N \rightarrow \infty$:**

$$S = G \cdot e^{-2 \cdot G}$$

Megjegyzés:

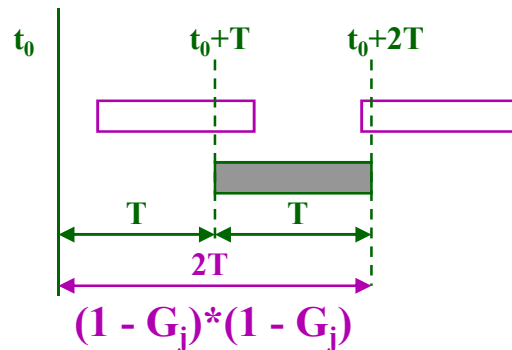
$$\lim_{k \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{x}{k}\right)^k = e^x$$

Az ALOHA áteresztőképessége a terhelés függvényében

Az ALOHA áteresztőképessége

- Az ALOHA áteresztőképessége S a terhelés G függvényében ($N \rightarrow \infty$):

$$S = G \cdot e^{-2 \cdot G}$$



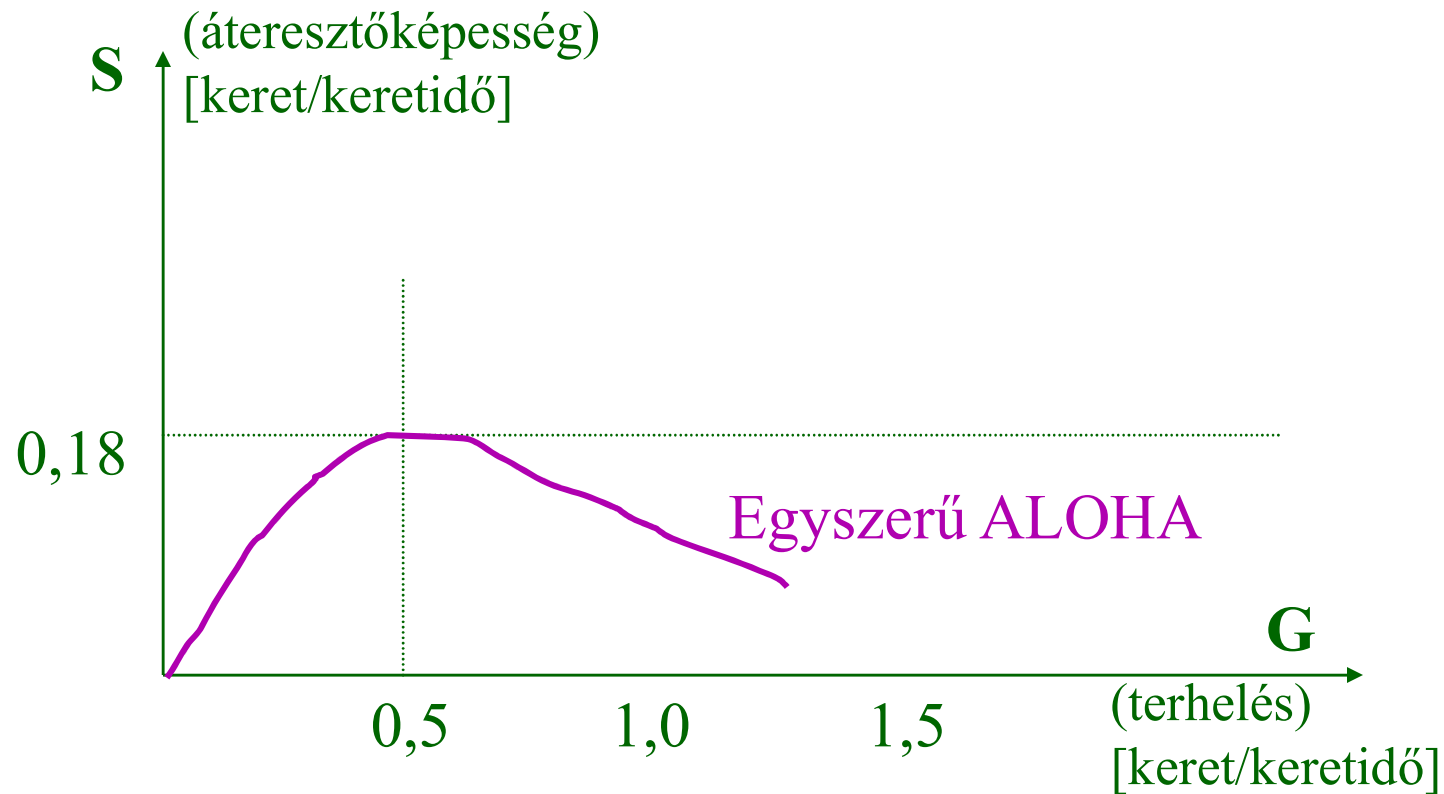
- A maximális áteresztőképesség S_{max} ($N \rightarrow \infty$):

$$\frac{dS}{dG} = 1 \cdot e^{-2 \cdot G} + G \cdot e^{-2 \cdot G} \cdot (-2) = 0 \Rightarrow G = 0.5$$

$$S_{max} = 0.5 \cdot e^{-1} = 0.5 \cdot \frac{1}{2,71828...} \cong 0,18$$

- A csatornakihasználtság legfeljebb 18%
ha $N \rightarrow \infty$

Áteresztőképesség a terhelés függvényében



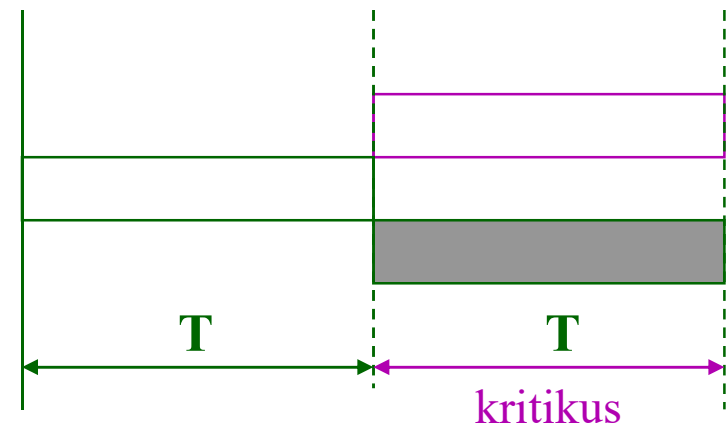
Az egyszerű ALOHA csatornakihasználtsága max 18 %!
($N \rightarrow \infty$)

Sok, viszonylag kisforgalmú állomás esetén lehetnek kedvezőek.

Réselt ALOHA

- 1972-es módosítás: réselt (slotted) ALOHA
- Az időt keretidőnyi résekre osztják
 - külön meg kell oldani az állomások szinkronizációját, pl. egy külön állomás küld egy speciális jelet minden rés elején.
- Adást csak az időrés elején lehet kezdeni!
- Az ütközésveszélyes kritikus időszakasz $2T$ -ről T -re csökken!
Ebből az áteresztőképesség:

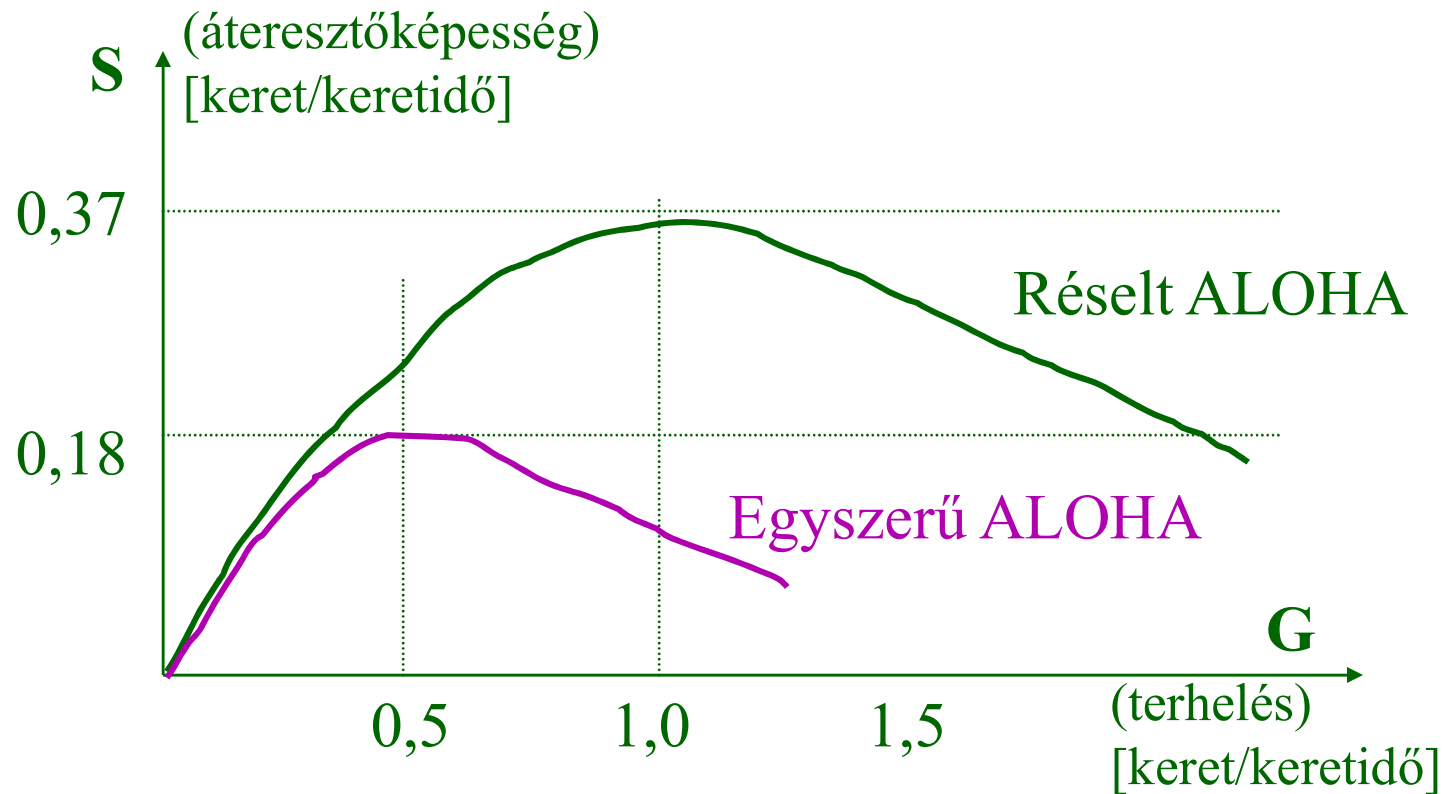
$$S = G \cdot e^{-G}$$



A csatornakihasználtság legfeljebb 37 %.

$$(N \rightarrow \infty, G = 1)$$

Áteresztőképesség a terhelés függvényében



Az egyszerű ALOHA csatornakihasználtsága max 18 %!

$(N \rightarrow \infty)$

Sok, viszonylag kisforgalmú állomás esetén lehetnek kedvezőek.

További javítási lehetőség: csatornafigyelő protokollok (Carrier Sense)

- Csatornafigyelés adás előtt: foglalt - nem foglalt
- Nem ad az állomás, ha foglalt a csatorna!
- CSMA - Carrier Sense Multiple Access: csatornafigyelő többszörös hozzáférés
- Lényege: az adásra kész állomás
 - (1): Megfigyeli a csatornát (belehallgat);
 - ha nincs adás: adni kezd és (2)
 - ha van adás: megvárja a végét, akkor kezd adni és (2)
 - (2): Végig leadja a keretet. Ha ütközés volt: véletlenszerű ideig vár, majd újraadja a keretet (1).
- Gond: újraadáskor nagy az ütközés valószínűsége (szinkronizál az adás vége, más is várhat rá)
- Ez az **1 perzisztens CSMA!** [persistence ≡ kitartás]

Nemperzisztens (nonpersistent) CSMA

- **Adásra kész állomás**
 - (1): Megfigyeli a csatornát (belehallgat);
 - Ha nincs adás (a csatorna tétlen), adni kezd és (2).
 - Ha van adás (a csatorna foglalt), nem figyeli folyamatosan a csatornát, hanem véletlen ideig vár, majd (1).
 - (2): Végig leadja a keretet. Ha ütközés volt: véletlenszerű ideig vár, majd (1).
- **Kevésbé „mohó”:**
 - Nincs „szinkronpont” az adás végén.
- **Azonban emiatt „lomha” is.**

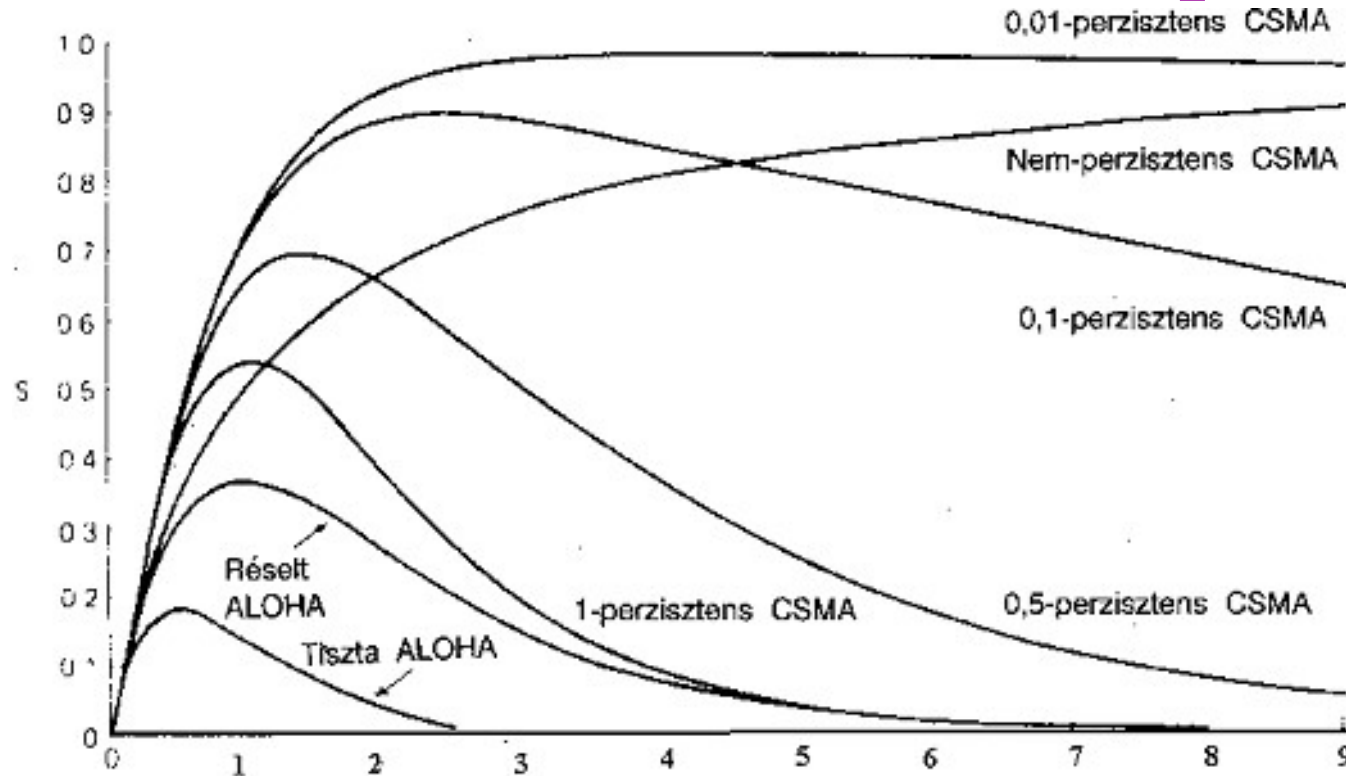
p-perzisztens CSMA

- „Réselt” csatornát alkalmaz
(az időt résekben (időtartamokban) számolja).
- Az adásra kész állomás
 - (1): Megfigyeli a csatornát (belehallgat);
 - (2): ha tétlen a csatorna:
 - p valószínűséggel adni kezd és (3);
 - $(1-p)$ valószínűséggel nem ad, hanem megvárja a következő időrést és (1);
 - Ha a csatorna foglalt, megvárja, míg felszabadul (2);
 - (3): Végig leadja a keretet. Ha ütközés volt: véletlenszerű ideig vár, majd (1).
 - Megjegyzés: $p=1$ esetén $\equiv$ 1-perzisztens
- Paraméterezhető perzisztencia

A csatornafigyelő protokollok jellemzői

- **Teljesítőképességüket nagymértékben befolyásolja a terjedési késleltetés!**
(idő amíg a jel a csatornán halad)
- **Ez minél nagyobb, annál rosszabb a helyzet!**
 - Nem érzékelik időben egymás adását
- **Késleltetés:**
 - kis forgalom esetén kicsi,
 - nagy forgalom esetén nő.
- **A maximális áteresztőképességük korlátos, általában jóval az ideális ($S_{\max}=1$) alatti érték.**

ALOHA – CSMA áteresztőképesség



Véletlen hozzáférésű protokollok összehasonlítása a terhelés függvényében mért csatorna kihasználtság alapján

ALOHA	18 % a max	0,5 p CSMA	60-70 % közötti
Slotted ALOHA	37 % a max	Non P CSMA	90% majdnem
1p CSMA	50 – 60 %	0,01 p CSMA	95 % majdnem

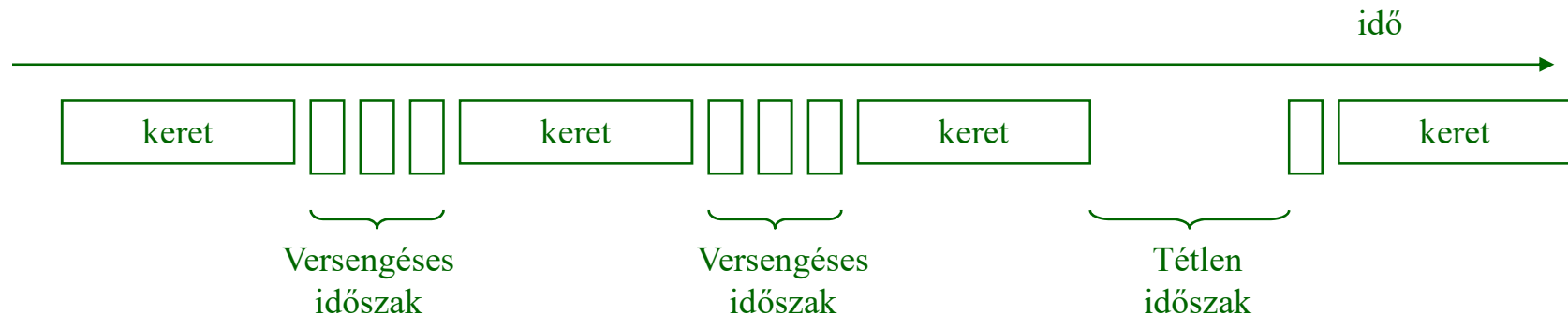
1 perzisztens „mohó” – p perzisztens paraméterezhető – nemperzisztens „lomha”

További javítás: ütközésérzékelés

- **Adás közben ütközésérzékelés** (nem mindig lehetséges).
- **Ütközést érzékelve az ütközött állomások abbahagyják a keret adását.**
(Nem adják le a teljes keretet → időt nyernek.)
- **Ez a CSMA/CD: CSMA with Collision Detection**
(csatornafigyelő többszörös hozzáférés, ütközésérzékeléssel)
- **Az 1-perzisztens CSMA/CD**
 - 1-perzisztens CSMA +
 - **ütközés esetén abbahagyja az adást.**
(Véletlenszerű ideig vár, és úgy folytatja, mint az 1-perzisztens CSMA).

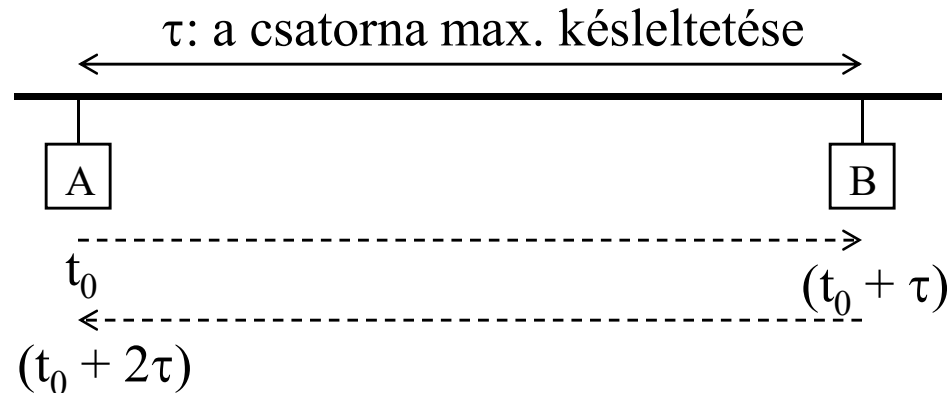
CSMA/CD

- A keretek elküldését versengéses periódusok előzheti meg.
- A versengési időrések méretét a csatorna maximális terjedési késleltetése határozza meg!
(A legtávolabbi állomásoknak is fel kell ismerniük az ütközést)



CSMA/CD

- A legtávolabbi állomásoknak is fel kell ismerniük az ütközést



- „A” csak akkor lehet biztos abban, hogy „megszerezte a csatornát”, ha **min. 2τ ideig tud adni ütközés nélkül** (csak $t_0 + 2\tau$ -ben veszi észre, ha „B” $t_0 + \tau$ -ben adni kezdene).
- A minimális keretidő 2τ** (ebből számítható a min. keretméret).
- A „versengéses” periódus úgy modellezhető, mintha egy 2τ réshosszúságú réselt ALOHA lenne (hisz nincs CD)!
- Pl. Ethernet, max 2.5 km átmérő, 51,2 μsec a max. körbejárási idő (2τ).

Az ütközésérzékelés

- **Analóg eszközöket igényel**
(vesz, miközben ad)
- **Megfelelő bitkódolás szükséges**
(pl. Manchester – pl. „feszültség ablak” ellenőrzés)
- **Nem minden fizikai közeg alkalmas rá**
(vagy túl bonyolult, ill. költséges megoldani)

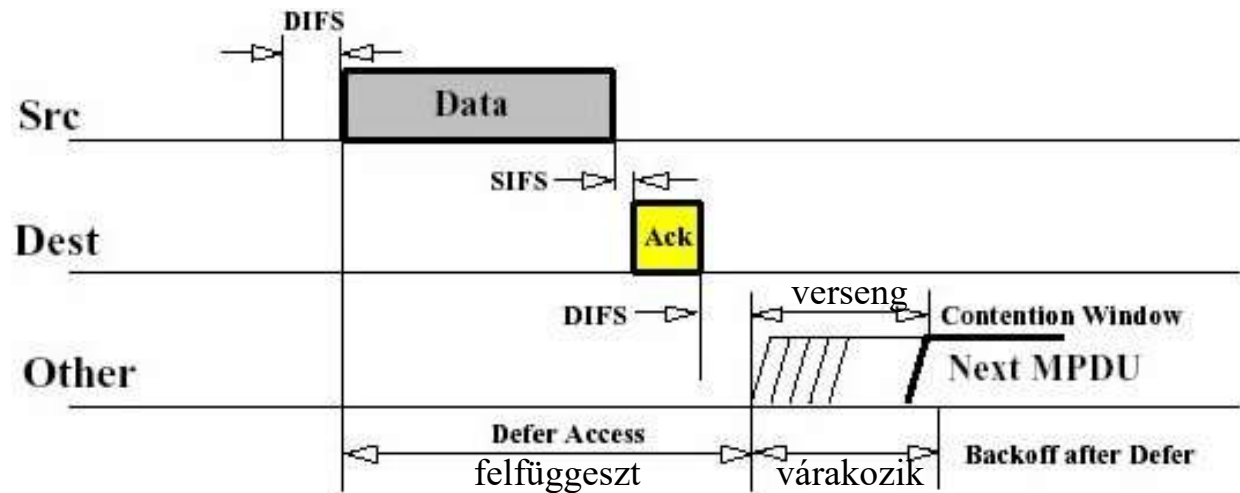
Ha nincs lehetőség ütközés-érzékelésre – ütközés elkerülés

- **Pl. rádiós hálók – IEEE 802.11**
“Miközben beszél, süket”
- **de pl. kábelén is – Apple Macintosh LocalTalk:**
 - egyszerű HW: vétel képességek mindenképpen kellenek, de nem kell kiépíteni az ütközésérzékelést
 - a nyomtató portra kapcsolt interfészen keresztül, 230 Kbps

Ütközés elkerülés: CSMA/CA (Collision Avoidance)

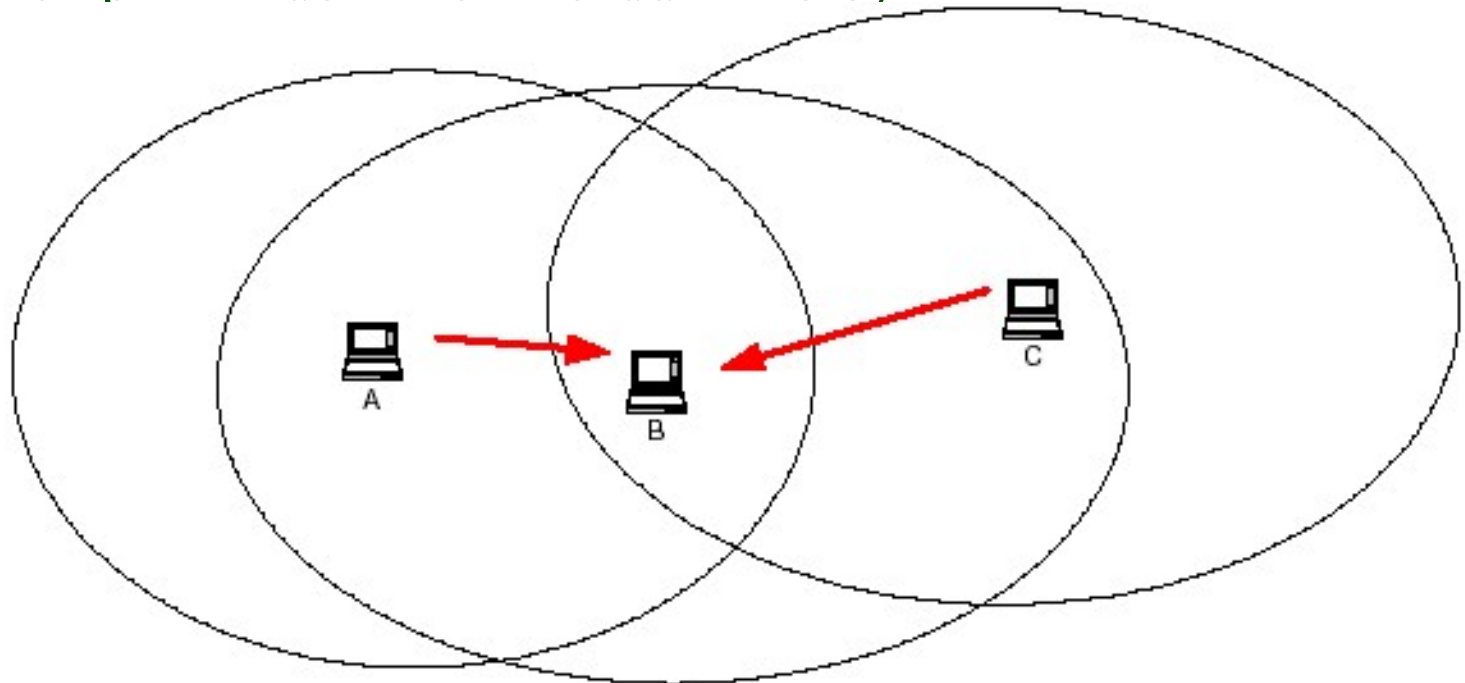
Megoldás:

- Mielőtt adni kezd belehallgat a csatornába (CSMA)
- Ha üres egy Interframe Spacing (IFS) időn át, akkor adni kezd.
- Ha foglalt, akkor véletlenszerű ideig vár (backoff), majd újra próbálkozik.
- Ütközés esetén (ACK hiány) véletlenszerű ideig vár (backoff), majd újra próbálkozik (úgy, mintha foglalt lenne a csatorna).



Rádiós hálók – további problémák

- Alapvető gond, hogy rádiós hálózat esetén nem minden állomás hallja egymást:
- „Rejtőzködő csomópont” probléma (Hidden Node Problem)
- B hallja A, C-t; A nem hallja C-t
(kábelén ez praktikusán nem fordulhat elő)



„Rejtőzködő csomópont” probléma

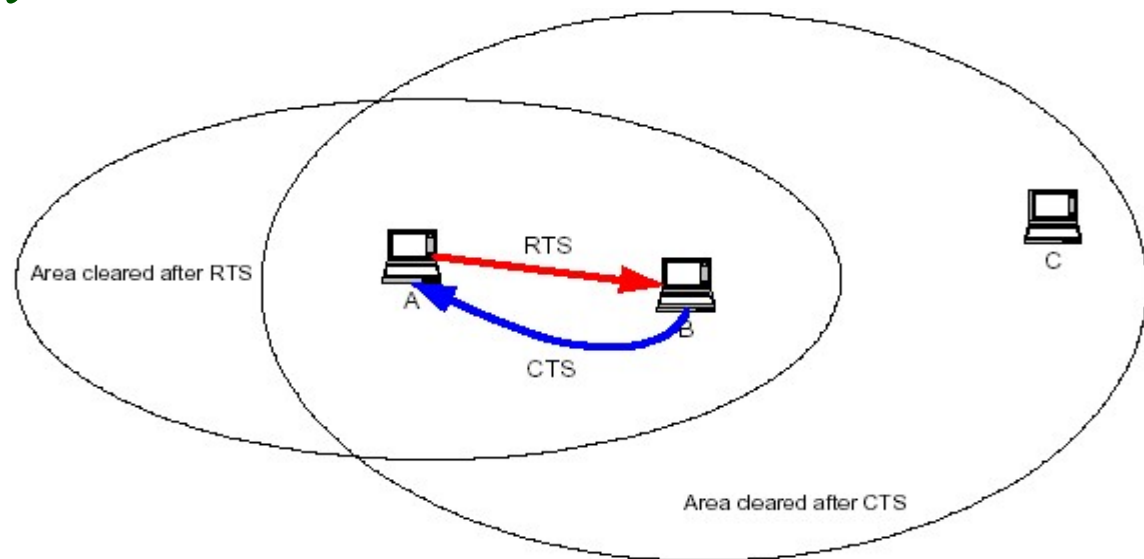
Megoldás (802.11): „Virtuális” vivőfigyelés

- Az adni kívánó állomás egy rövid (Request To Send - RTS) kerettel jelzi adás szándékát amelyben megadja a küldendő keret időtartamát (Duration mező)
- Ezt a vevő egy rövid (Clear To Send - CTS) kerettel nyugtázza amely ismétli az RTS-ben jelölt időtartamát
- Minden állomás rendelkezik egy Network Allocation Vector-al (NAV) – (hálózat foglaltság vektor).
- A NAV mindig azt az időtartamot jelöli, ami a csatorna felszabadulásáig még hátravan
– az állomások ezen időtartam alatt a csatornát foglaltnak veszik még akkor is, ha adást fizikailag nem észlelik.
- „Virtuális” vivőfigyelés
- Azok az állomások, melyek akár RTS-t, akár CTS-t vesznek, az abban lévő Duration alapján frissítik a NAV-ot.

„Virtuális” vivőfigyelés

802.11: Virtuális + valóságos vivőfigyelés

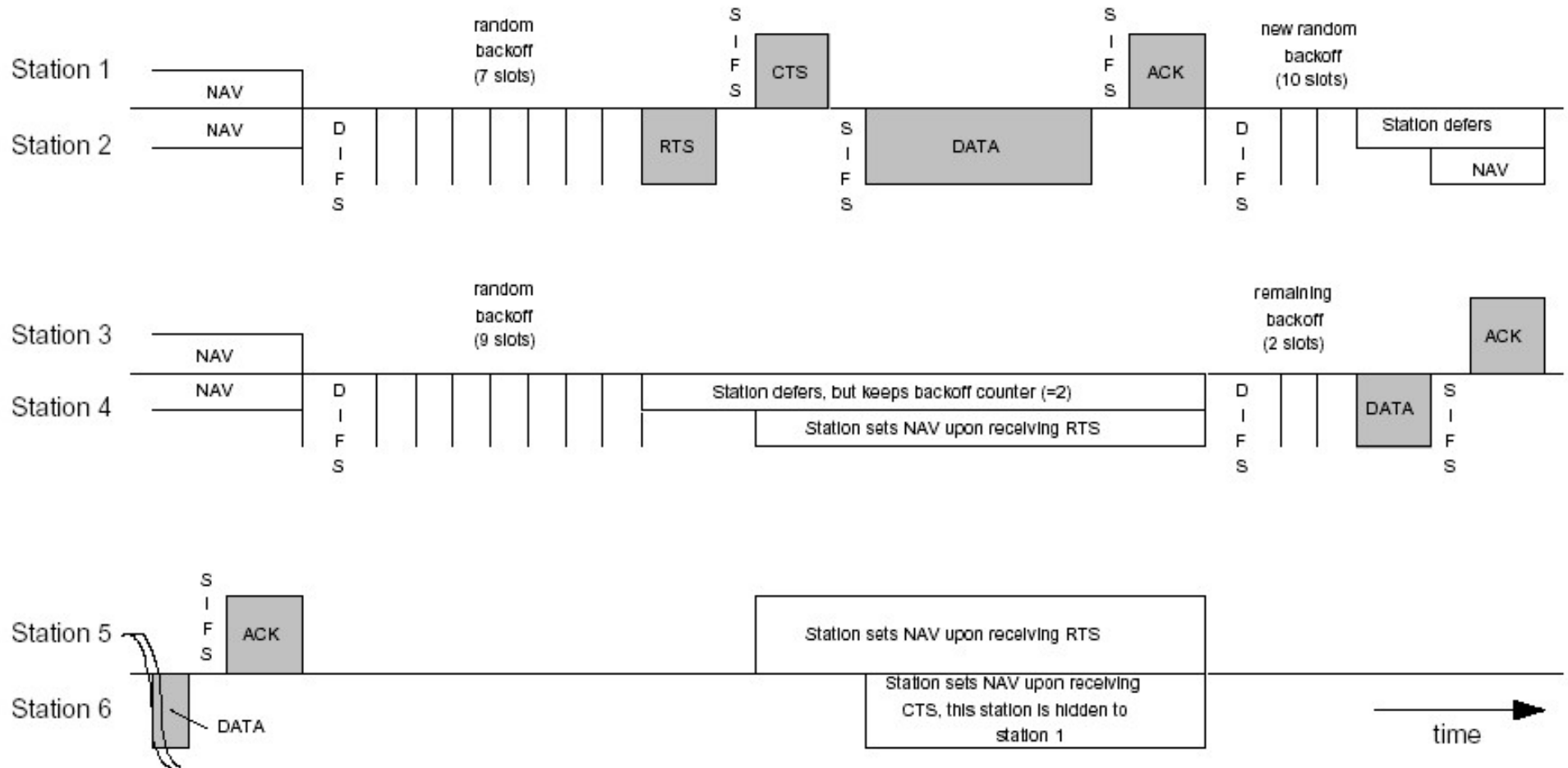
- **Ha az adó állomás nem hallatszik (RTS),**
 - nincs valóságos vivőfigyelés
- **a vevő CTS-e alapján akkor is be lehet állítani a NAV-ot (Network Allocation Vector).**
 - virtuális vivőfigyelés



„Virtuális” vivőfigyelés

- **Az RTS/CTS mechanizmus tiltható.**
- **Meghatározható, hogy mi az a minimális keretméret, ami alatt nincs szükség az RTS/CTS mechanizmusra**
(rövid keretek esetén felesleges overhead)
- **Nincs szükség rá, ha:**
 - **Kicsi a sávszélesség igény, illetve nincs nagy versengés a csatornáért** (csekély forgalom, vagy kevés állomás – alacsony ütközés valószínűség) és
 - **olyan helyen, ahol minden állomás hall mindenkit.**

„Virtuális” vivőfigyelés



- A 6. állomás nem hallja a 2. állomás RTS-ét csak az 1. állomás CTS-ét. (Pl: IEEE 802.11)

Az ütközéses protokollok

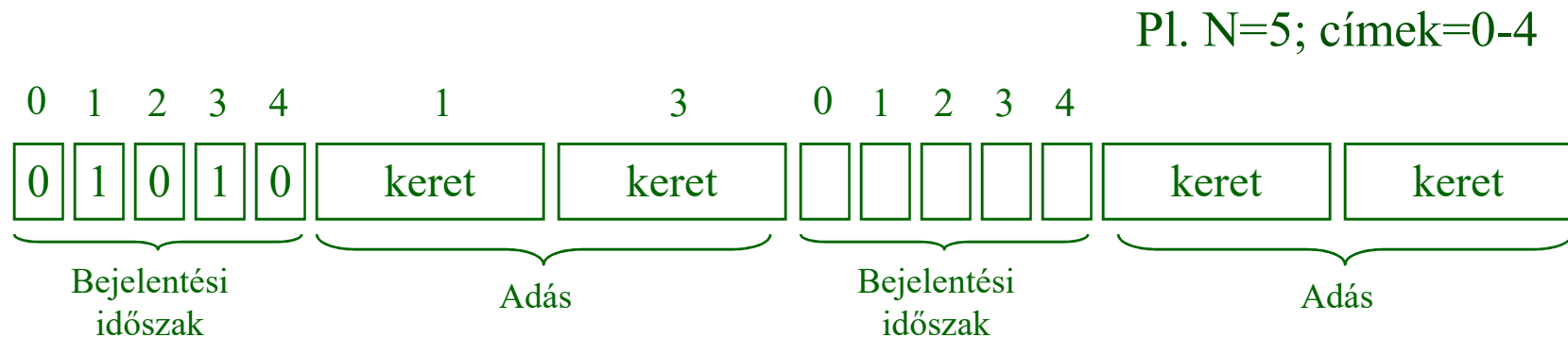
- **Kis forgalom esetén minimális a késleltetés**
- **Nagy forgalom esetén bedugulás,
jóval az ideális alatti korlátos csatornakapacitás
(Pl. az IEEE 802.3 Ethernet szabvány CSMA/CD)**
- **A bedugulás elkerülésére:
ütközésmentes protokollok**

Ütközésmentes protokollok

- **Feltételezések:**
 - **N állomás van és**
 - **mindegyik rendelkezik egy egyedi címmel**
pl. 0 - (N-1)
(mindegyik ismeri a saját címét „behuzalozottan”).
- **Tárgyaljuk az**
 - **„alap bittérképes” módszert,**
 - **„üzenetszórás felismerés változó prioritással”**
módszert és a
 - **a „vezérjeles” (Token) eljárásokat:**
 - vezérjeles sánt,
 - vezérjeles gyűrűt.

Basic Bit Map Method

- Alap bittérképes módszer
- Bejelentési időszak:
 - pontosan N db (állomásszám) részből áll,
 - minden állomáshoz 1 bites részt rendelünk.
 - az adásra kész állomások a bejelentési időszakban 1-be állítják saját bitjüket (van küldendő keretük).
- A bejelentkezési időszak után sorrendben leadják kereteiket a bejelentkezett állomások
- A megelőző bejelentési időszak alapján mindenki tudja, hogy ki mikor következik és hogy mikor lesz a következő bejelentési időszak.



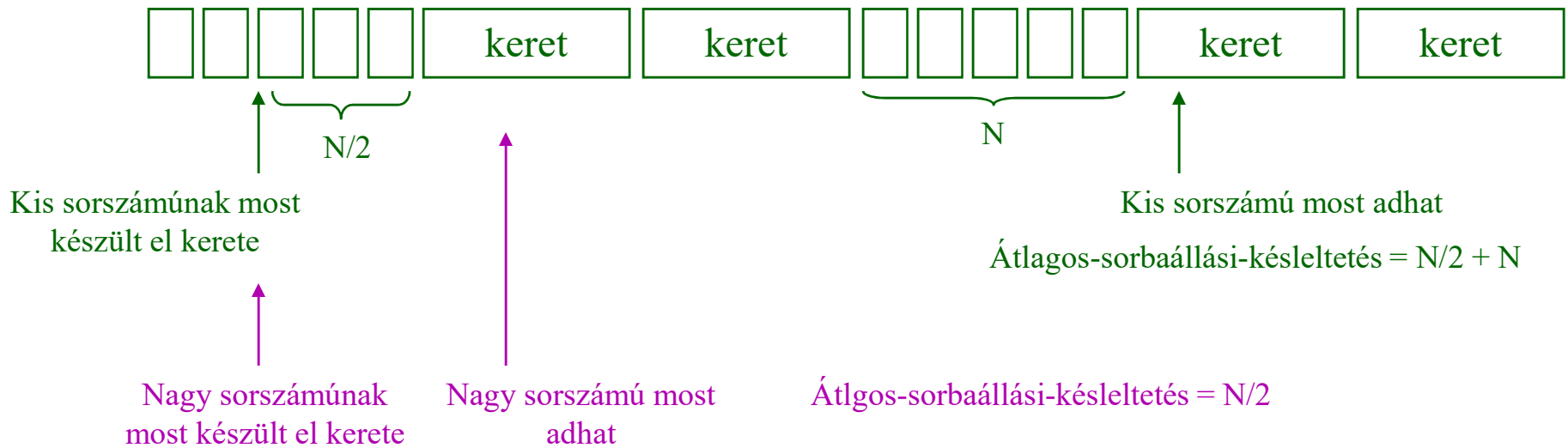
Basic Bit Map Method

- **Jellemzői**

- **Kis forgalom esetén aránylag nagy késleltetés**
(mindig van bejelentkezési időszak N réssel, bár ezek rövidek).
- **Ha d adatbitet forgalmazunk, akkor a kihasználtság: $d/(d+N)$.** (Jobb, ha d N -hez képest nagy.)
- **Az alacsonyabb című állomások hátrányban vannak!**
Már a bejelentkezési időszak elején kell jelentkezniük.
 - A kis sorszámúaknak üres csatorna esetén is átlag pl. az első: $(N/2)+N$ bejelentkezési rést kell várniuk, míg adhatnak.
 - A nagy sorszámúaknak átlag csak pl. az utolsó: $N/2$ rést kell várniuk.
- **Nagy forgalom (mindenki adna) esetén az „overhead” kicsi:**
az N bites bejelentési periódus Ndb d_K keret között oszlik meg:
a kihasználtság: $d_K/(d_K+1) \approx 1$, ha $d_K \gg 1$ (TDM szerű)

Basic Bit Map Method

A kis sorszámúak hátránya belátható:



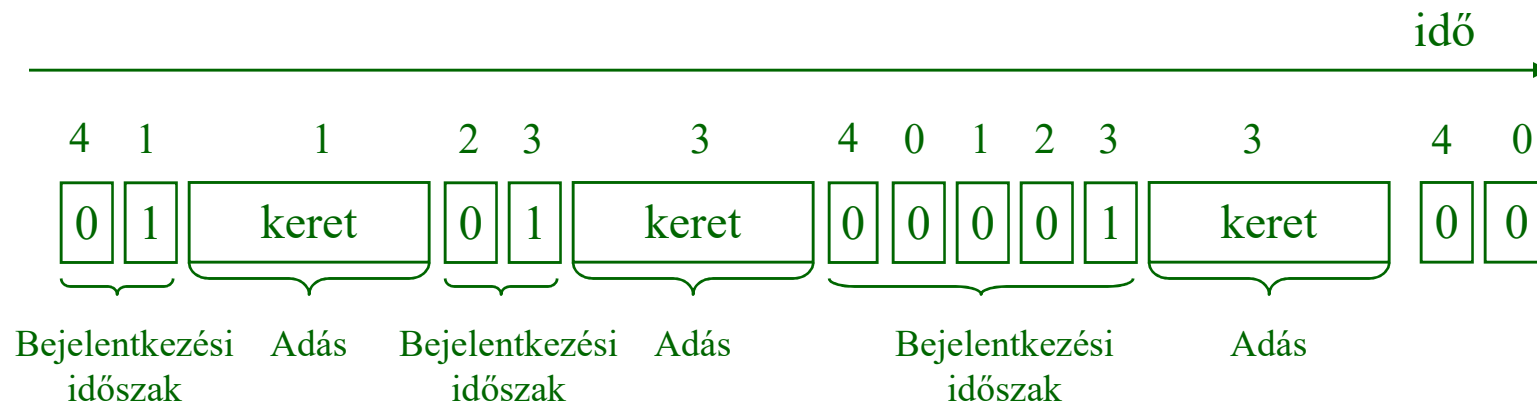
A nagy forgalom esetén, ha mindenki ad: $d = d_k * N$

$$d/(d + N) = (N * d_K)/(N * d_K + N) = d_K / (d_K + 1) \approx 1, \text{ ha } d_K \gg 1$$

Broadcast Recognition with Alternating Priorities (BRAP)

- Üzenetszórás felismerés változó prioritással
- Módosított bit-map úgy, hogy
 - a magasabb sorszámúak előnyét kompenzáljuk,
 - de a kis terhelés nagy overhead-je megmarad.
- Működése:
 - Ha egy állomás adási szándékot jelent be, akkor a bejelentkezési időszak felfüggesztődik, és azonnal adhat az állomás.
 - Amikor az adás befejeződik, a bejelentkezés a következő állomással folytatódik.
- A bejelentkezési időszak végén mindig 1 van (adási szándék bejelentés)

BRAP



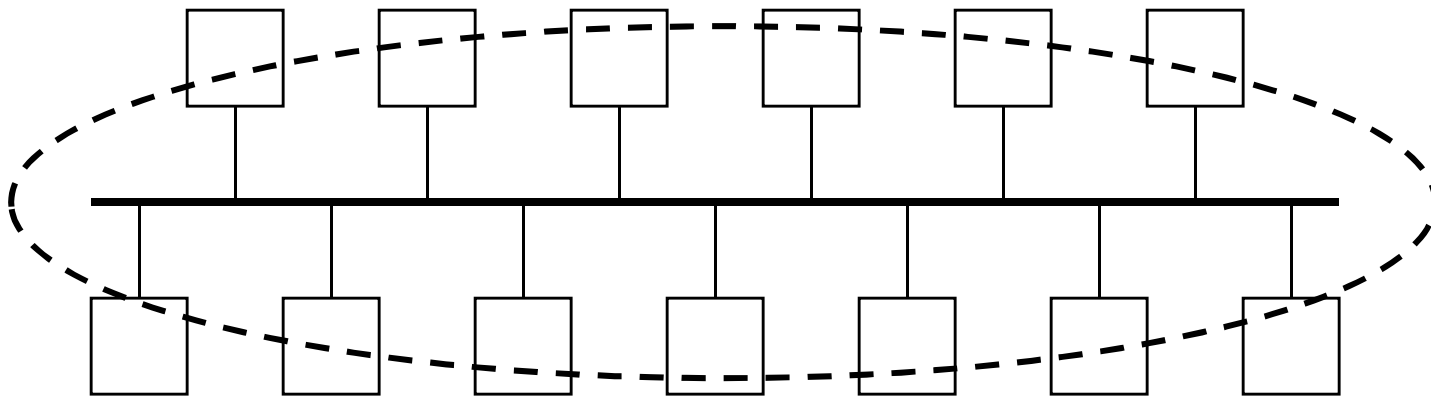
- **Jellemzői:**
 mint a bit-map, de az állomások sorszámától független, kiegyenlített a közeghozzáférés.
 (Egy állomásnak $N/2$ részt kell átlagban várnia.)

Vezérjeles (Token) eljárások

- **Jellemzőik:**
 - Az állomások (logikai) gyűrűt alkotnak,
 - speciális vezérlőkeret (token) jár körbe, hordozva az adásjogot.
- **Adás**
 - Az az állomás adhat, aki a token (vezérjelet) birtokolja
 - Nem kötött a keretméret, de
 - a token-tartási idő (token holding time) igen!
(ha van rá idő - akár több keretet is elküldhet)
 - Az adás végeztével továbbadja a token a gyűrűben a logikai szomszédjának.
 - A gyűrűben csak 1 token van $\Rightarrow$ egyszerre csak 1 állomás adhat!

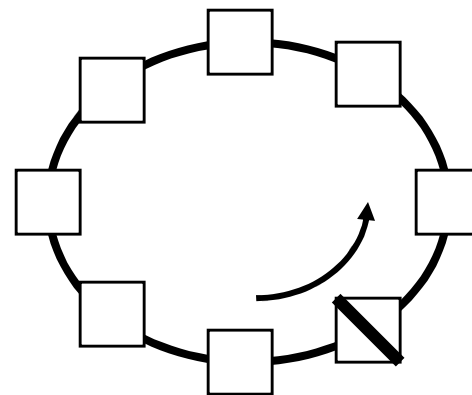
Token Bus (vezérjeles sín)

- Az állomások üzenetszórásos sínhez kapcsolódnak.
- Logikai gyűrűt formálnak: tudják, ki kit követ.



Token Ring (vezérjeles gyűrű)

- Fizikai gyűrű
- Ha egy állomás tokenet kap,
 - „felvágja” a gyűrűt és
 - ad (esetleg több keretet),
 - „leveszi” a saját keretét miután az körbeért,
 - továbbadja a tokenet ha
 - nincs több adnivalója, vagy ha
 - lejárt a token-tartási idő.
- Ha egy állomásnál nincs token,
 - ismétel (a kapott kereteket továbbadja);
 - figyeli a neki címzett forgalmat.



A vezérjeles eljárások jellemzői

- **Kis forgalom esetén jelentős a késleltetés** (meg kell várni a token).
- **Állomásszámtól függ az overhead.**
- **Nagy forgalom esetén hasonló a TDM-hez.**
A kapacitás az állomásszám arányában oszlik, az állomások között mindenkinek egyformán.

Közeghozzáférési eljárások összevetése

Forgalom	Ütközéseses	Ütközésmentes
Kis	kis késleltetés	nagyobb késleltetés
Nagy	ideális alatti korlátozott kihasználtság	hasonlít a TDM-hez ($S \approx 1$)
A max késleltetésre	nincs felső korlát	van felső korlát

Forgalom	Statikus FDM	Statikus TDM
Kis, lökésszerű	kis sávszélesség	nagy várakozási idő
Nagy, egyenletes	jó	jó

Vizsga(ZH)kérdés lehet

- **Mi a különbség az 1-perzisztens CSMA és az 1-perzisztens CSMA/CD eljárások között?**
 - Az első: ha nincs adás. Leadja a keretet, és utána vizsgálja az esetleges ütközést (pl. nyugta).
 - A második: a keret adása közben érzékeli az ütközést, és akkor azonnal abbahagyja ekkor az adást. (A terjedési késleltetés miatt versengéses periódus alakulhat ki.)
- **Soroljon fel ütközésmentes MAC protokollokat!**
 - BBMM (alap bit-térképs módszer);
 - BRAP (üzenetszórás felismerés változó prioritással);
 - Vezérjeles sín;
 - Vezérjeles gyűrű.
- **Milyen versengő (ütközéses) MAC protokollokat ismer?**
 - Egyszerű ALOHA;
 - Réselt ALOHA;
 - CSMA (Csatornafigyelő többszörös hozzáférésű)
 - 1-perisztens; p-perzisztens; non-perzisztens.
 - CSMA/CD (csatornafigyelő + ütközésérzékelő)
 - CSMA/CA (csatornafigyelő + ütközés elkerülő (valóságos+virtuális CS))

Gyakorlat

- **1. feladat ALOHA**

- Egy N állomásból álló csoport egyetlen 56 Kbps átviteli sebességű tiszta ALOHA csatornán osztozik. Az állomások 1000 bites kereteiket 100 msec-onként küldik (az újraadásokat is beleértve).
- Milyen N értéknél lesz maximális a csatorna átbocsátóképessége?
- Adatok:
 - $f = 10^3$ bit;
 - $v = 56$ Kbps;
 - $a = 100 \cdot 10^{-3}$ sec.
- Ebből a keretidő: $T = f/v = 10^3 / (56 \cdot 10^3) = 1/56$ [sec];

Gyakorlat

- 1. feladat megoldás:

- Egy A keretidőre eső keretszám az i -edik állomásra (ez egyben az i . állomás csatornaterhelése):

$$G_i = \frac{T}{a} = \frac{\frac{1}{56}}{100 \cdot 10^{-3}} = \frac{10}{56} \quad [\text{keret/keretido}]$$

- Mivel N egyforma állomás van, a teljes csatornaterhelés:

$$G = N \cdot G_i = N \cdot \frac{10}{56}$$

- Az átbocsátóképesség pedig (tisztá ALOHA):

$$S = G \cdot \left(1 - \frac{G}{N}\right)^{2 \cdot (N-1)} = N \cdot \frac{10}{56} \cdot \left(1 - \frac{10}{56}\right)^{2 \cdot (N-1)} = N \cdot \frac{10}{56} \cdot \left(\frac{46}{56}\right)^{2 \cdot (N-1)} \quad [\text{keret/keretido}]$$

- Kérdés, ez milyen N mellett maximális? N szerint deriváljuk:

$$(a^x)' = a^x \cdot \ln a;$$

$$(f \cdot g)' = f' \cdot g + f \cdot g'$$

$$\frac{dS}{dN} = \frac{10}{56} \cdot \left(\frac{46}{56}\right)^{2 \cdot (N-1)} + N \cdot \frac{10}{56} \cdot \left(\frac{46}{56}\right)^{2 \cdot (N-1)} \cdot \ln\left(\frac{46}{56}\right) \cdot 2 = 0$$

- Ebből:

$$0 = 1 - N \cdot 0,394$$

- Vagyis $N = 2,54$. N csak egész lehet, így $N = 2$; vagy $N = 3$.
- Ha meg akarjuk tudni, akkor számítsuk ki az S-eket a lehetséges N-ekre!
- $N=1, S=0,178$; $N=2, S=0,241$; **$N=3, S=0,244$ (Ez a maximum!);** $N=4, S=0,219$.

Gyakorlat

- **2. feladat Réselt ALOHA**
 - Tízezer repülőjegy foglaló állomás egyetlen réselt ALOHA csatorna használatáért verseng.
 - Egy állomás 18 kérést (keretet) ad ki óránként.
 - Egy rés 125 μ sec.
(Ez a keretidő: $[\mu\text{sec}/\text{rés}] = [\mu\text{sec}/\text{keretidő}]$).
 - Mekkora megközelítőleg a csatornaterhelés?
 - Adatok:
 - $N = 10^4$; Réselt ALOHA
 - 18 kérés/óra = $18 / (60 \cdot 60) = 1/200$ [kérés/sec], vagy [keret/sec]
 - Egy rés (keretidő) $125 \cdot 10^{-6}$ sec.

Gyakorlat

- **2. feladat megoldás:**

- A szükséges átbocsátóképesség:

$$S_i = \frac{125}{200} \cdot 10^{-6} = 62,5 \cdot 10^{-8} \quad [\text{keret/res}]$$

- Valójában a G -t keressük!

$$S = N \cdot S_i = 62,5 \cdot 10^{-4} \quad [\text{keret/res}]$$

- Ismerjük a réselt ALOHA átbocsátóképességét:

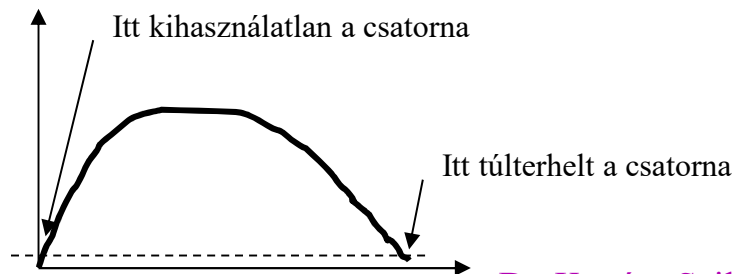
- behelyettesítve S értékét:

$$S = G \cdot \left(1 - \frac{G}{N}\right)^{N-1}$$

$$62,5 \cdot 10^{-4} = G \cdot \underbrace{\left(1 - \frac{G}{10^4}\right)^{10^4}}_{\cong 1, \text{ ha } G \ll 1}$$

- Ebből: $G \cong 62,5 \cdot 10^{-4}$

- Az $S=62,5 \cdot 10^{-4}$ áteresztőképességhez két G terhelés is tartozhat:



Gyakorlat

- **3. feladat Réselet ALOHA**
 - Egy végtelen populációjú réselet ALOHA rendszer mérései azt mutatják, hogy a réselek 10 %-a tétlen.
 - a) Mekkora a G csatornaterhelés?
 - b) Mekkora az S áteresztőképesség?
 - c) A csatorna kihasználatlan, vagy túlterhelt?

Gyakorlat

- **3. feladat megoldás:**

- Amit tudunk: ha $N \rightarrow \infty$, akkor $S = G * e^{-G}$
- Vegyük észre, hogy valójában
az átbocsátóképesség = csatornaterhelés * az átjutás valószínűsége (p_0)
formálisan: $S = G * p_0$
- Ugyanakkor ezen átjutási valószínűség (p_0) annak valószínűsége is, hogy a csatorna tétlen (üres, hiszen csak ebben az esetben nem ütközik)
- $S = G * e^{-G}$, $S = G * p_0 \Rightarrow p_0 = e^{-G}$.
- Vagyis, ha a rések 10 %-ban tétlen, akkor $0,1 = e^{-G}$; és ebből
- a., $G = -\ln 0,1 = 2,3$
- b., $S = G * p_0 = 2,3 * 0,1 = 0,23$
- c., $G > 1$, így a csatorna túlterhelt
($S_{\max} = 0,368$, $G = 1$ esetén, ha $N \rightarrow \infty$)