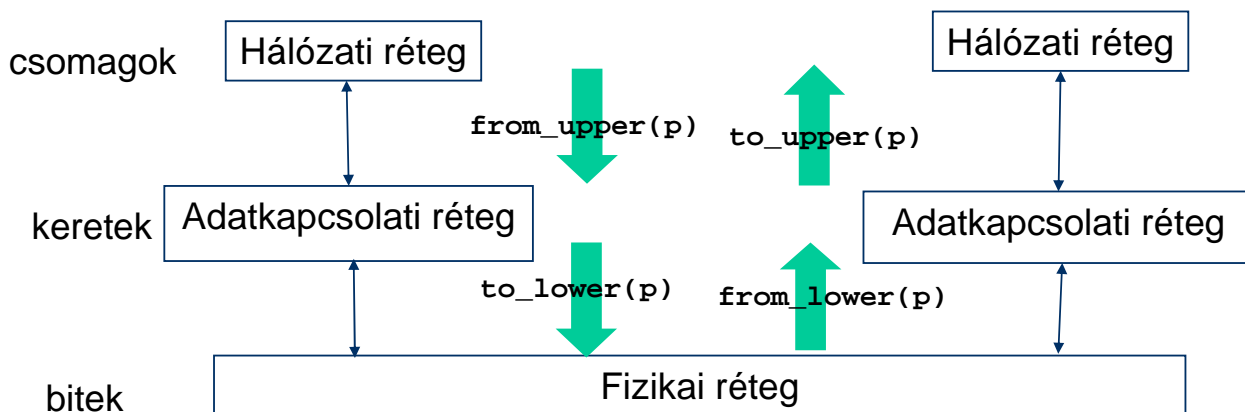


Számítógépes Hálózatok 2012

5. Adatkapcsolati réteg – Utólagos hibajavítás, csúszó ablakok, MAC, Statikus multiplexálás

Utólagos hibajavítás

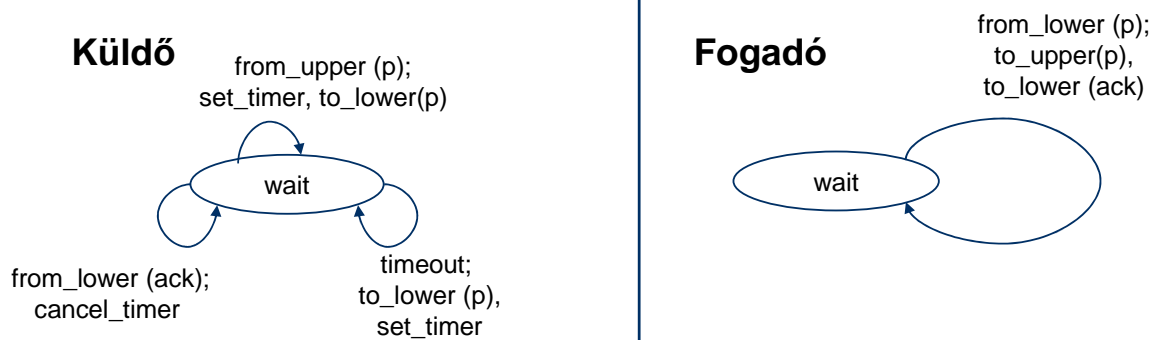
- A hiba felismerésekor a keretet újra kell küldeni
- Hogy néz ki a küldő és a fogadó összehangolt munkája?



to_lower, from_lower tartalmazzák a CRC-t
vagy (szükség esetén) utólagos hibajavítást

Egyszerű simplex protokoll nyugtákkal

- Simplex üzemmód: csomagok küldése csak egyirányú
- A fogadó nyugtázza a küldő csomagjait (ehhez fél-duplex fizikai csatorna elegendő)
 - A küldő vár egy bizonyos ideig a nyugtára (acknowledgment -- ACK)
 - Ha az idő lejárt, újraküldi a csomagot
- Első megoldási kísérlet:



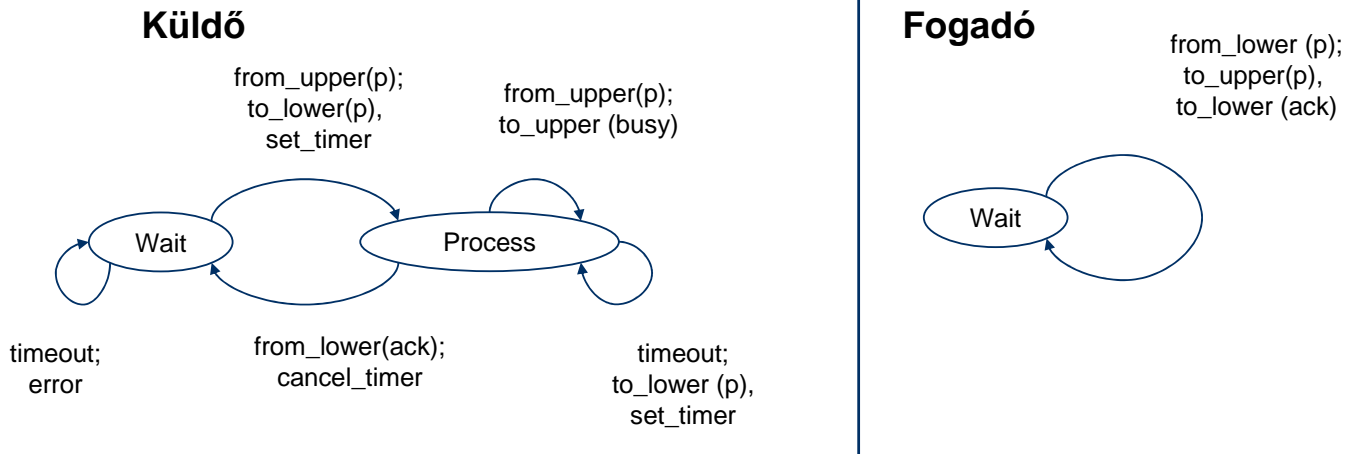
Elemzés

- Problémák
 - A felső réteg gyorsabban küldi a csomagokat, mint ahogy a nyugták megérkeznek

- Mi történik, ha nyugták elvesznek

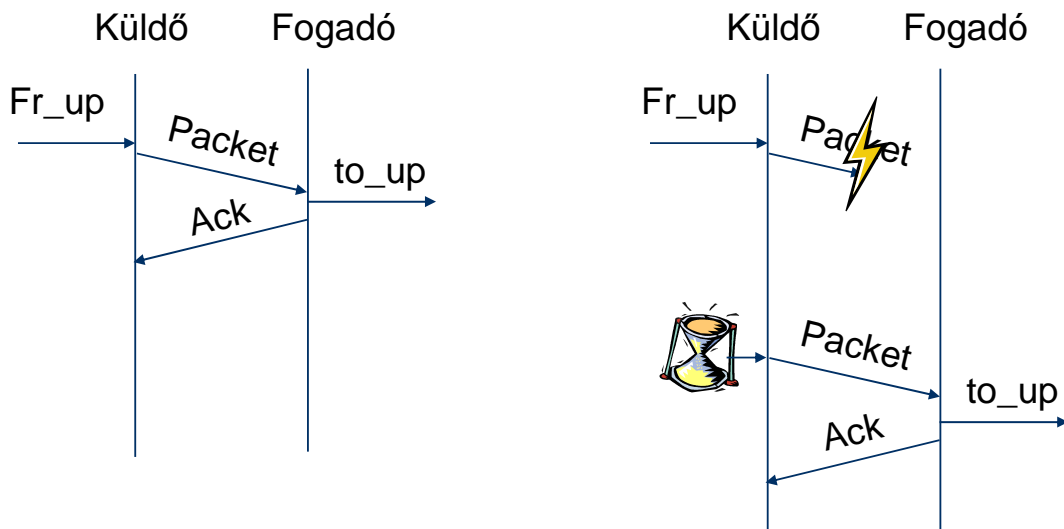
2. Kisérlet

- Az első probléma megoldása
 - Egy csomag a másik után



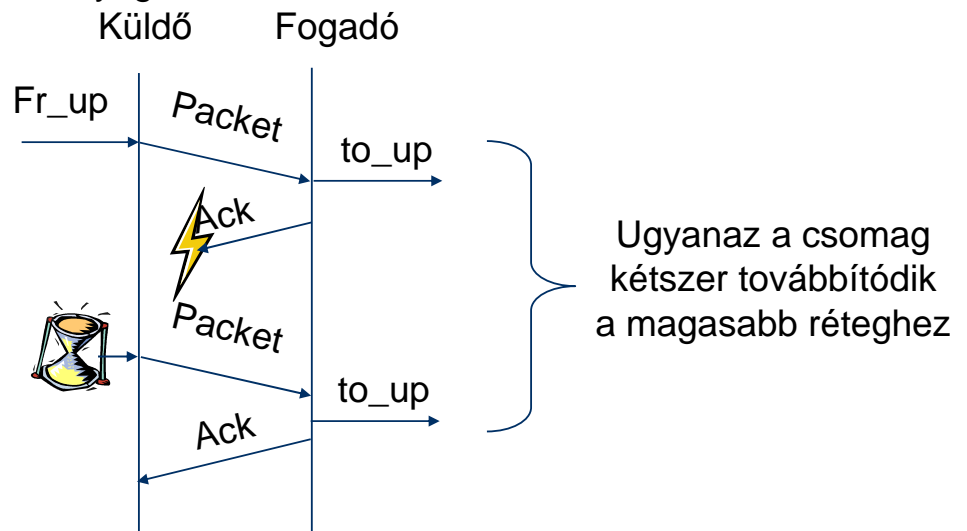
Elemzés

- A protokoll megvalósít egy elemi folyamfelügyeletet



Elemzés

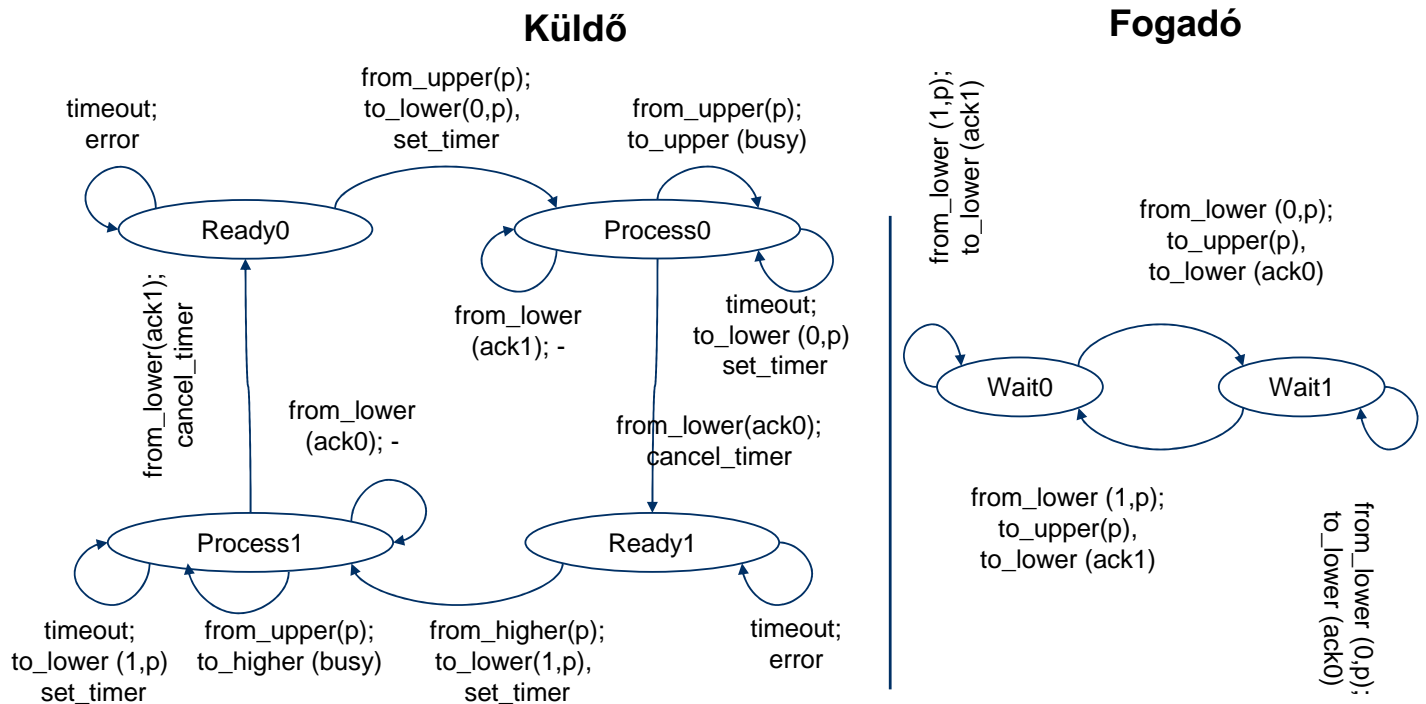
- 2. probléma: elveszik a nyugta



A 2. probléma (duplikátumok)

- A küldő nem tud különbséget tenni elveszett csomag és elveszett nyugta között
 - Újra kell küldeni a csomagot
- A fogadó nem tud különbséget tenni egy csomag és egy régi csomag redundáns másolata között
 - További információ szükséges
- Ötlet:
 - Minden csomagot ellátunk egy **sorszámmal (sequence number)**, hogy a fogadónál az azonosítás lehetséges legyen
 - Minden csomag fejléce tartalmaz sorszámot
 - Itt: csak 0 vagy 1
- Szükséges a csomagban és a nyugtában
 - A nyugta az utolsó hibátlanul fogadott csomag sorszámát tartalmazza (tisztán konvenció)

3. kísérlet: nyugta és sorszám

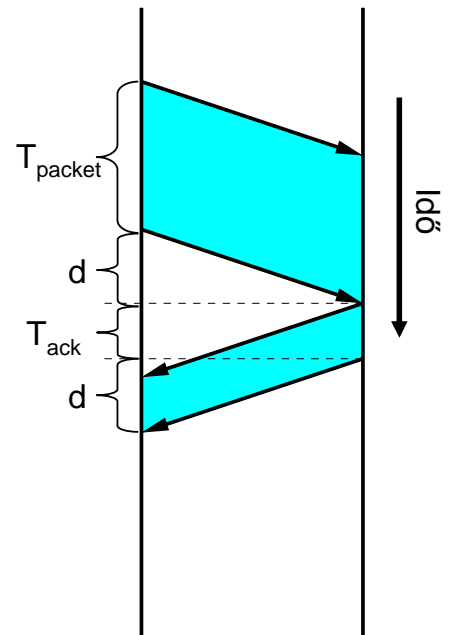


3. kísérlet: alternáló bit protokoll (Alternating Bit Protocol)

- A 3. kísérlet egy zajos csatorna fölötti megbízható protokoll korrekt implementációja
 - Alternating Bit Protokoll
 - Az „Automatic Repeat reQuest (ARQ)” protokollok közé tartozik
 - Folyamfelügyelet egy egyszerű formáját is tartalmazza
- Egy nyugta két feladata
 - nyugtázni, hogy egy csomag megérkezett
 - engedélyezni egy új csomag küldését

Alteráló bit protokoll -- hatékonyság

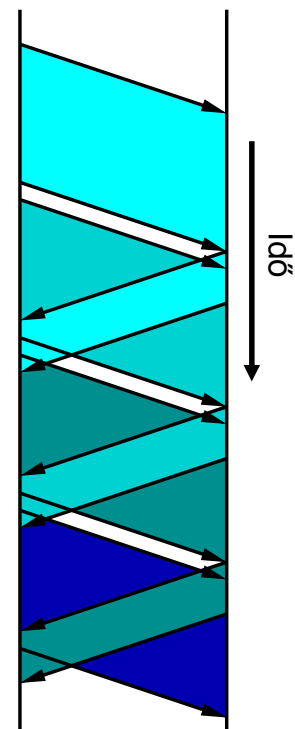
- Hatékonyság η a következő két érték arányaként definiált:
 - az idő, amely a küldéshez szükséges és
 - az idő, amely szükséges, amíg újra lehet küldeni
 - (hibamentes csatornán)
- $\eta = T_{\text{packet}} / (T_{\text{packet}} + d + T_{\text{ack}} + d)$
- Nagy delay esetén az alteráló bit protokoll nem hatékony



A hatékonyság javítása

- A csomagok folyamatos küldése növeli a hatékonyságot
 - több „outstanding” csomag (elküldött, de még nem nyugtázott) növeli a hatékonyságot
 - csomag „pipeline”
- Nem csak 1-bit-sorozatszámmal lehetséges

A küldő folyamatosan küld – nő a hatékonyság

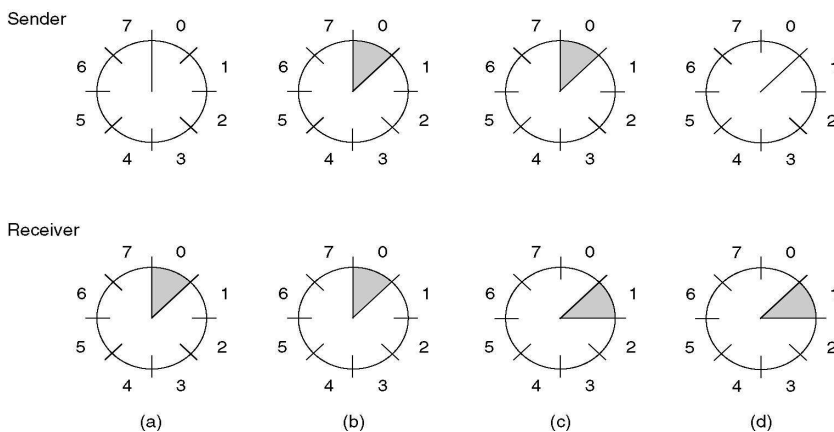


Csúszó ablak (sliding window)

- A sorozatszámok terét megnöveljük n bitre, azaz 2^n sorozatszámra
- Nem mind használható fel ugyanabban az időben
 - az Alternating Bit Protocol-ban sem lehetséges
- “Csúszó ablakok” (sliding windows) a küldőnél és a fogadónál kezelik ezt a problémát
 - Küldő: küldő-ablak
 - Sorozatszámok olyan sorozata, amelyek egy adott időben elküldhetők
 - Fogadó: fogadó-ablak
 - Sorozatszámok olyan sorozata, melyet a fogadó egy adott időpillanatban hajlandó elfogadni
 - Az ablakok mérete lehet fix vagy időben dinamikusan változtatható
 - Az ablakméret folyamfelügyeletet tesz lehetővé

Példa

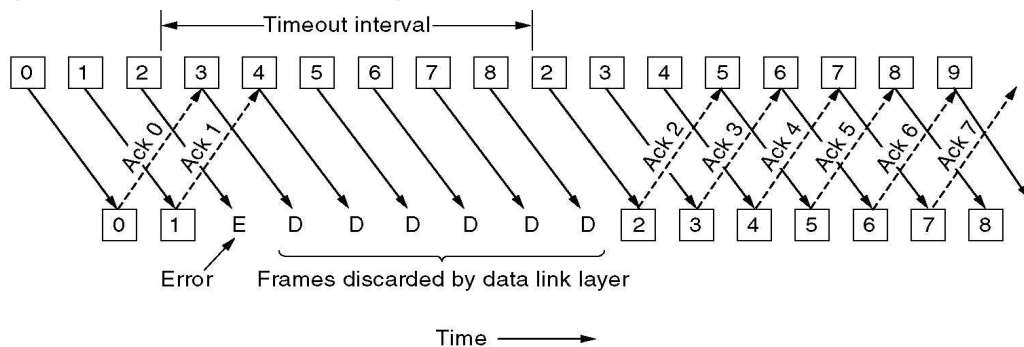
- “Sliding Window” példa $n=3$ és fix ablakméret = 1 esetén
- A küldő itt mutatja a még nem nyugtázott sorozatszámokat
 - Ha a még nem nyugtázott keretek (frame) száma ismert, akkor ez ekvivalens az előző fólián definiált a küldő-ablakkal



- Kezdetben: mielőtt bármit küldenénk
- Az első frame küldése után 0 sorozatszámmal
- Az első frame fogadása után
- Az első nyugta fogadása után

Átviteli hiba és a fogadó-ablak

- Feltételeink:
 - Az adatátkapcsolati rétegnek minden frame-et helyesen és **helyes sorrendben** kell átvinni
 - A küldő hatékonyság növeléséhez pipeline technikát használva küldi a csomagokat
- Csomagvesztés esetén: Ha a fogadó-ablakméret = 1, a következő csomagokat mind eldobja a fogadó

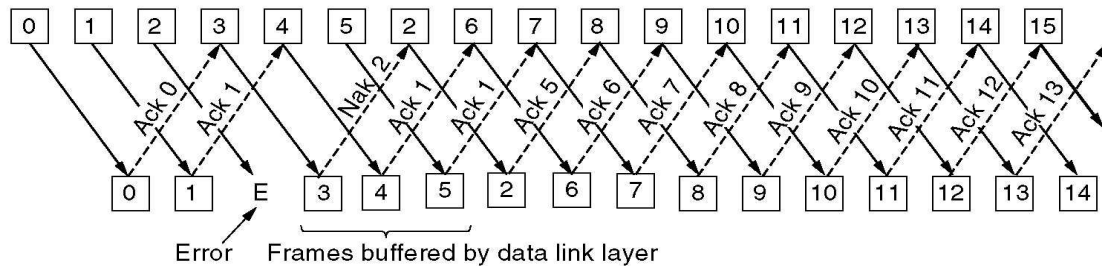


Go-back-N

- Ha a fogadó-ablakméret = 1, akkor a fogadó nem tudja feldolgozni azokat a frame-eket, melyek egy elveszett (vagy hibás) frame-et követnek
 - Nem tudja azokat nyugtázni, mert csak egy nyugtát küld az utolsó helyesen fogadott csomagról
- A küldőnél lejár a várakozási idő a nyugtára: "Timeout"
 - Minden frame-et, amit az utolsó nyugtázott frame után küldött, újra kell küldeni
 - **"Go-back-N"** Frames!
- Kritika
 - Az átviteli médium pazarlása
 - A fogadónál viszont nagyon egyszerű a feldolgozás

Szelektív ismétlés (Selective Repeat)

- Tegyük fel, hogy a fogadó tudja pufferelni a csomagokat, amelyek a közbenső időben érkeztek
 - azaz a fogadó-ablakméret > 1
- Példa



- A fogadó értesíti a küldőt a hiányzó csomagról negatív nyugtával
- A küldő elküldi a hiányzó frame-eket szelektíven (**selective repeat**)
- Amikor a hiányzó frame megérkezik, minden frame-et (a helyes sorrendben) átad a fogadó a hálózati rétegnek

Duplex-operáció és „hátizsák” technika (piggybacking)

- Simplex
 - Információ küldés egy irányba
- Duplex
 - Információ küldés mindkét irányba
- Eddig:
 - Simplex interfész a magasabb réteghez (hálózati réteghez)
 - (Fél-)Duplex interfész az alacsonyabb réteghez (fizikai réteghez)
- Mi kell akkor, ha az interfész a magasabb réteghez duplex
 - Nyugta és adatcsomagok elkülönítve mindkét irányban
 - Vagy: **hátizsák technika** (általánosan használt)
 - A nyugtát az ellentétes irányba küldött adat-frame fejlécébe tesszük (**piggybacking**)

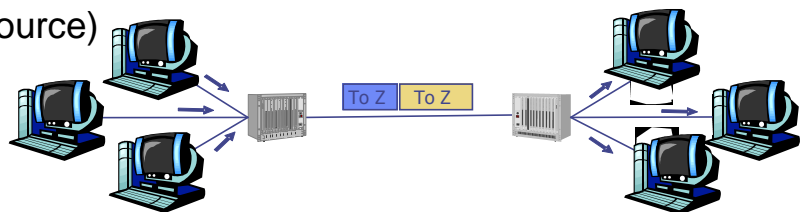
Mediumhozzáférés (Medium Access Control -- MAC) alréteg az adatkapcsolati rétegben

- **Statikus multiplexálás**
- Dinamikus csatorna foglalás
 - Kollízió alapú protokollok
 - Verseny-mentes protokollok (contention-free)
 - Protokollok korlátozott versennyel (limited contention)
- Az Ethernet példája

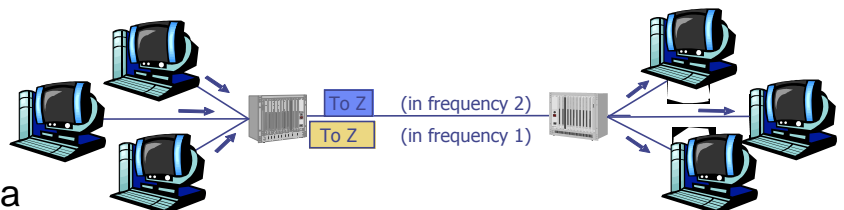
Statikus multiplexálás

- Adott egy link (erőforrás / ressource)

- A kommunikációs kapcsolatokhoz fix időegységeket (TDM) / frekvenciasávot (FDM) / csatornákat rendelünk

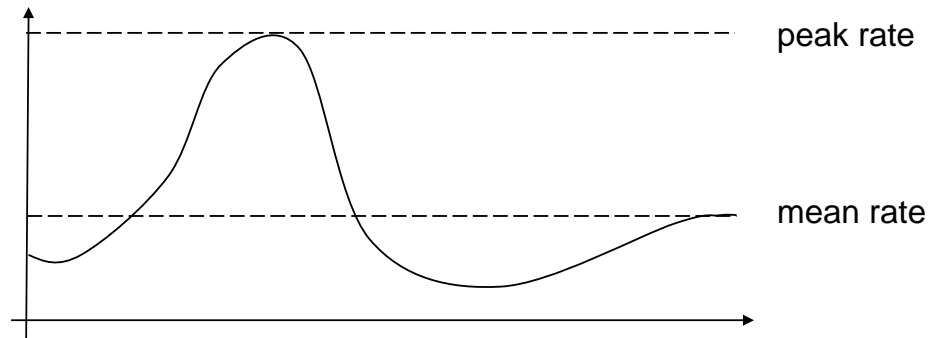


- Ez akkor jó megoldás, ha
 - fix adatráták vannak és a sáv szélességet annak megfelelően osztjuk csatornákra
 - A források a vezetékét jól kihasználják



Löketszerűen érkező adatok (bursty traffic)

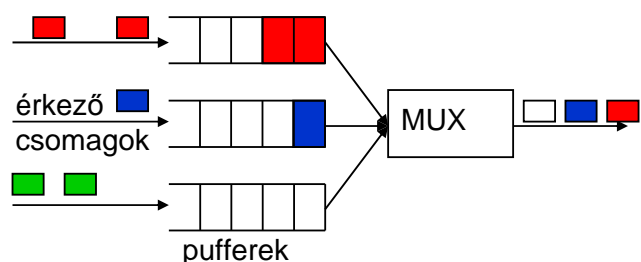
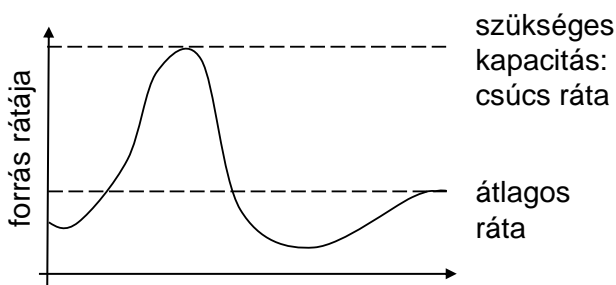
- Probléma: **bursty traffic**
 - Definíció: nagy különbség a forgalom **csúcs rátája** (**peak rate**) és az **átlagos rátája** (**mean or average rate**) között
 - Számítógép-hálózatokban $\text{peak rate} / \text{mean rate} = 1000/1$ nem szokatlan



Löketszerűen érkező adatok és statikus multiplexálás

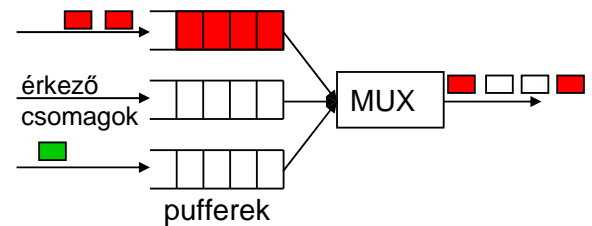
A linknek / csatornának statikus multiplexálás esetén vagy ... vagy ...

- vagy elegendően nagy kapacitásúnak kell lenni, hogy a csúcs rátát kezelni tudja
 - Pazarlás, mert az átlagos ráta nem használja ki a csatornát
- vagy az átlagos rátára alapozva kell dimensionálni
 - ekkor pufferek (queue) szükségesek
 - mi lesz a csomag késéssel (delay)?



„Bursty traffic” és statikus multiplexálás – Késés (delay)

- Kiinduló helyzet:
 - nincs multiplexálás (queue van)
 - egy adatforrás ρ (bits/s) átlagos rátával
 - a link kapacitása C bits/s
 - a késés T
- Statikus multiplexálás esetén
 - Osszuk az adatforrást N egyforma adatforrásra (mindegyik átlagos rátája ρ/N).
 - Statikusan multiplexáljuk azokat ugyanazon a linken
 - Ekkor a késés (lényegében): $T_{TDM,FDMA} = N T$
 - (ρ/N átlagos küldési ráta és C/N kiszolgálási ráta \rightarrow sorok hossza?)
 - Statikus multiplexálás megnöveli a csomagok késését az N -szeresére
 - Ennek az oka: néhány csatorna sokszor „üres” (idle)



MAC alréteg

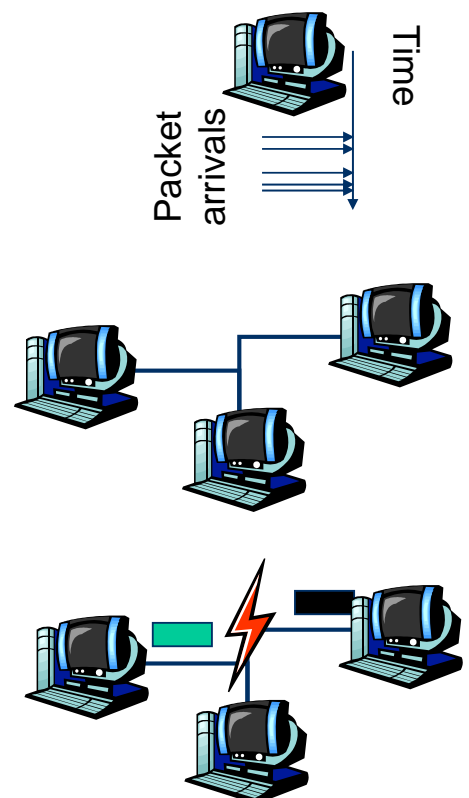
- Statikus Multiplexálás
- **Dinamikus csatorna foglalás**
 - Kollízió alapú protokollok
 - Verseny-mentes protokollok (contention-free)
 - Protokollok korlátozott versennyel (limited contention)
- Az Ethernet példája

Dinamikus csatorna foglalás – MAC

- Statikus multiplexálás nem megfelelő löketszerű adatforgalom kezelésére
 - Telefon hálózatok forgalma nem löketszerű, számítógépes hálózatoké az
- Alternatíva: A csatorna/link/erőforrás hozzárendelése ahhoz a forráshoz aki éppen adatot akar küldeni
 - Dinamikus csatorna foglalás (channel allocation)
 - az erőforrás fix részének hozzárendelése helyett
- Szabályozni kell a médium hozzáférést:
 - Médium hozzáférés protokoll (Medium Access Control protocol - MAC) szükséges

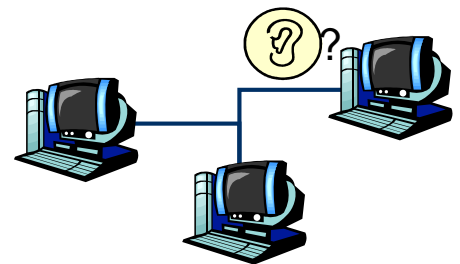
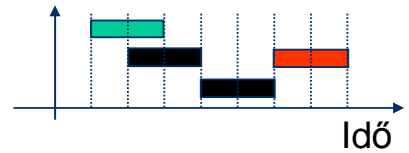
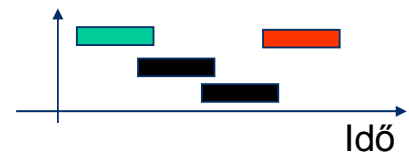
A dinamikus csatornafoglalás modellje

- **N állomás** (vagy N terminal)
 - N független állomás használja az adott erőforrást
 - Egy lehetséges **terhelés modell**: annak a valószínűsége, hogy egy állomás Δt intervallumban csomagot generál: $\lambda \Delta t$, ahol $\lambda = \text{konstans}$
- **Egy csatorna**
 - Az összes állomás részére együttesen egy csatorna áll rendelkezésre
 - A csatornán kívül semmilyen más lehetőség nincs kommunikálni egymással
- **Kollízió modell** (ütközés)
 - Egy időben csak egy frame vihető át eredményesen
 - Ha két (vagy több) frame időben átfedi egymást, akkor azok ütköznek és mindkettő szétrombolódik
 - Egy állomás se tudja fogadni egyik frame-et sem
 - Megjegyzés: ez alól a szabály alól van néha kivétel (pl. CDMA)



Modellek

- Időmodellek
 - Folytonos
 - Átvitel minden időben kezdődhet (nincs központi óra)
 - Diszkrét (Slotted time)
 - Az idő-tengely darabokra (slots) van osztva
 - Átvitel csak egy slot határán kezdődhet
 - Egy slot lehet üres (idle), vagy sikeresen átvitt, vagy kollíziót tartalmazó
- Vivő-érzékelés (Carrier Sensing)
 - Az állomások képesek felismerni, hogy éppen egy más állomás használja-e a csatornát
 - Nem feltétlenül megbízhatóan (pl. egy éppen kezdődő átvitelnél)
 - Ha a csatorna foglalt (busy), nem indít az állomás átvitelt



A hatékonyság mérése

- A csatornafoglalás hatékonyságának mértékei
- **Átvitel** (throughput)
 - Csomagok száma időegységenként
 - Különösen nagy terhelés esetén fontos
- **Késés** (delay)
 - Egy csomag átviteléhez szükséges idő
 - Alacsony terhelés esetén
- **Fairness**
 - Minden állomást egyenlőként kezelünk
 - Az átvitel és a késés körülbelül egyforma legyen az állomásokon

Átvitel és a feldolgozandó terhelés (offered load)

- **Feldolgozandó terhelés (offered load) G**

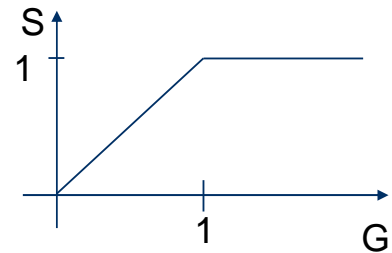
- A csomagok száma csomag-időegységként, amit a protokollnak kezelnie kell

- $G > 1$: túlterhelés

- **Ideális protokoll**

- Amíg $G < 1$, akkor az átvitel S egyenlő G -vel

- Ha $G \geq 1$, akkor $S = 1$



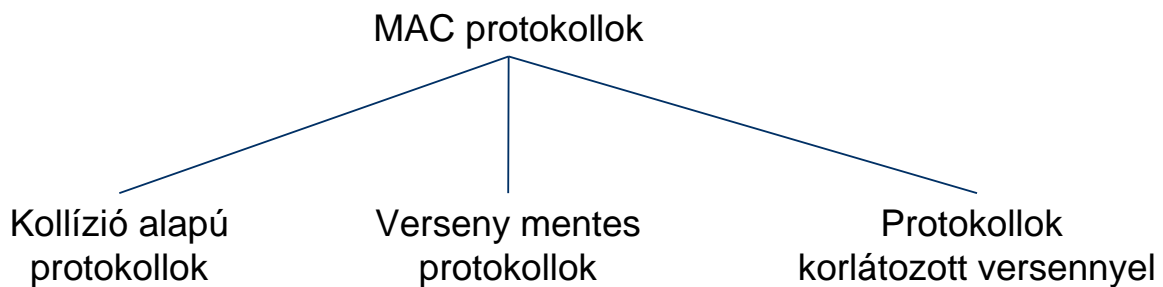
- És: konstans kis késés tetszőlegesen sok állomás esetén is

Lehetséges MAC-protokollok

- Fő megkülönböztetés: Megenged-e a protokoll kollíziót?

- Rendszer döntés

- A feltétlen kollízió-elkerülés a hatékonyság csökkenésével járhat



Rendszer, amelyben kollízió történhet:
Contention System (verseny rendszer)