HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK

HÁLÓZATOK ALAPJAI ÉS ÜZEMELTETÉSE

TCP

2019. február 19.

Zsóka Zoltán

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

zsoka@hit.bme.hu

MŰEGYETEM 1782

MA MIRŐL LESZ SZÓ?

1. A TCP protokoll
2. Szegmensek nyugtázása
3. Forgalomszabályozás
4. Kapcsolatkezelés

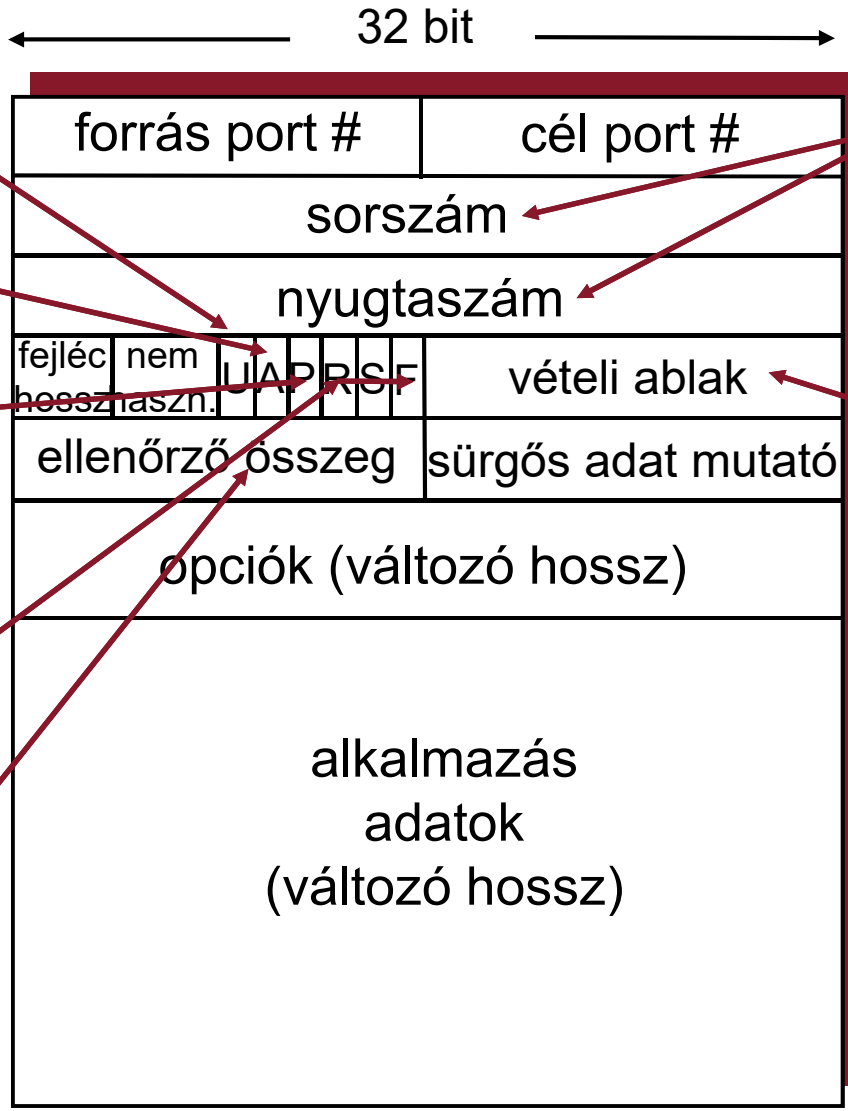
A fóliák elkészítéséhez felhasználtuk Jim Kurose és Keith Ross „Számítógép hálózatok működése” című könyvéhez készült fóliákat.

A TCP ÁTTEKINTÉSE

- Több változat, különböző RFC-kben
  - 793, 1122, 1323, 2018, 2581
- **Pont-pont** elrendezés
  - Egy küldő
  - Egy fogadó
- Megbízható, sorrendtartó adatfolyam
  - Nincs korlátozva a tartalom, sima bájtok
- Csővezetékezett (pipelined)
  - Aktuálisan küldhető adatok „ablaka”
  - Torlódáskezelésben és forgalomszabályozásban használjuk
- **Ablakozás** a küldő és a fogadó oldalon
- **Full-duplex** adatátvitel
  - Kétirányú adatáramlás ugyanazon a összeköttetésen
- Maximális szegmensméret
  - MSS (maximum segment size)
- **Összeköttetés** alapú (connection-oriented)
  - Kézfogás: vezérlő üzenetek cseréje, a küldő és a fogadó megfelelő állapotba hozására
    - A kliens (küldő) kezdeményezi
    - Az adatcsere megkezdése előtt
  - Lezárás
- **Forgalomszabályozás**
  - A küldő ne terhelje túl a fogadót
- **Torlódáskezelés**
  - Igazodás a hálózat aktuális állapotához

TCP SZEGMENS-SZERKEZET

- URG: sürgős adat (általában nem használt)
- ACK: nyugtamező érvényes
- PSH: (push data now) azonnal továbbítandó (általában nem használt)
- RST, SYN, FIN: összeköttetést vezérlő flagek (felépítés, lebontás parancsok)
- Internet ellenőrző összeg (mint UDP-nél)



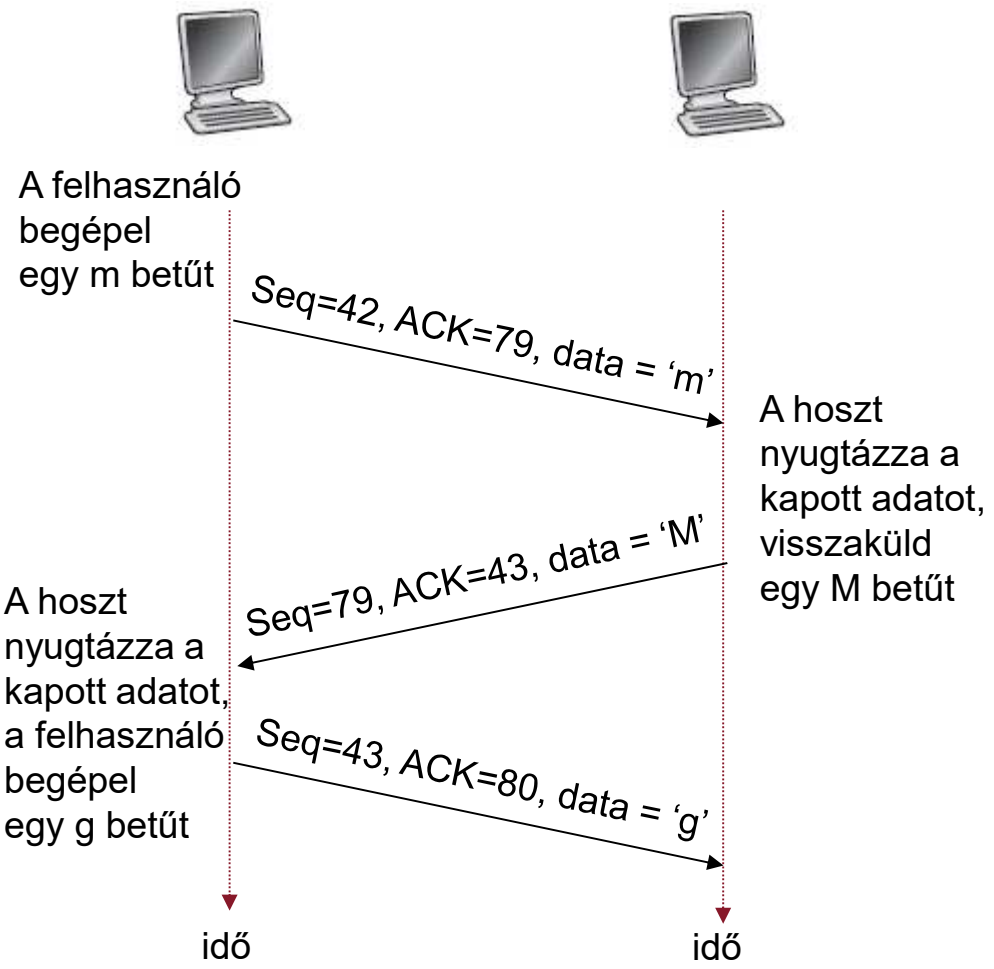
- Alkalmazás adat bájt sorszám (nem a szegmens sorszáma)
- A vevőnél fogadható bájtok száma

MA MIRŐL LESZ SZÓ?

1. A TCP protokoll
2. Szegmensek nyugtázása
3. Forgalomszabályozás
4. Kapcsolatkezelés

SORSZÁM ÉS NYUGTASZÁM

- Sorszám (SEQ, sequence number)
  - A teljes adat hányadik bájtjával kezdődik a szegmens adatrésze
- Nyugta (ACK, acknowledgement)
  - Vételi információ
  - Melyik bájttal kezdődjön a következő küldése
  - Nyugta arról, hogy az addigiak megjöttek
  - Összegző (kumulatív) nyugta: minden addigi megjött
- Mi lesz a nem sorrendben érkező szegmensekkel?
  - Nincs előírva a specifikációban
  - Megvalósításfüggő



IDŐTÚLLÉPÉS

- Meddig várjunk a nyugtára?
- Ha túl sokat késik, akkor időtúllépésnek (timeout) veszi a küldő
- A **Timeout** idő értéke
  - Túl kicsi: felesleges időtúllépés
    - Felesleges újraküldések
  - Túl nagy: lassú reagálás egy szegmens elvesztésére
  - Nagyobb legyen, mint az RTT
    - Az RTT nem állandó
- Az RTT **becslése** szükséges
- Mérés alapú minta: **`SampleRTT`**
  - Egy szegmens elküldési és az arra kapott nyugta érkezési idejének különbsége
  - Az ismételten átvitt szegmenseket figyelmen kívül hagyva
- A **`SampleRTT`** nem állandó
  - Elég változékony
  - Simítani kell
  - Több minta alapján készült, mozgó átlag kell a becsléshez

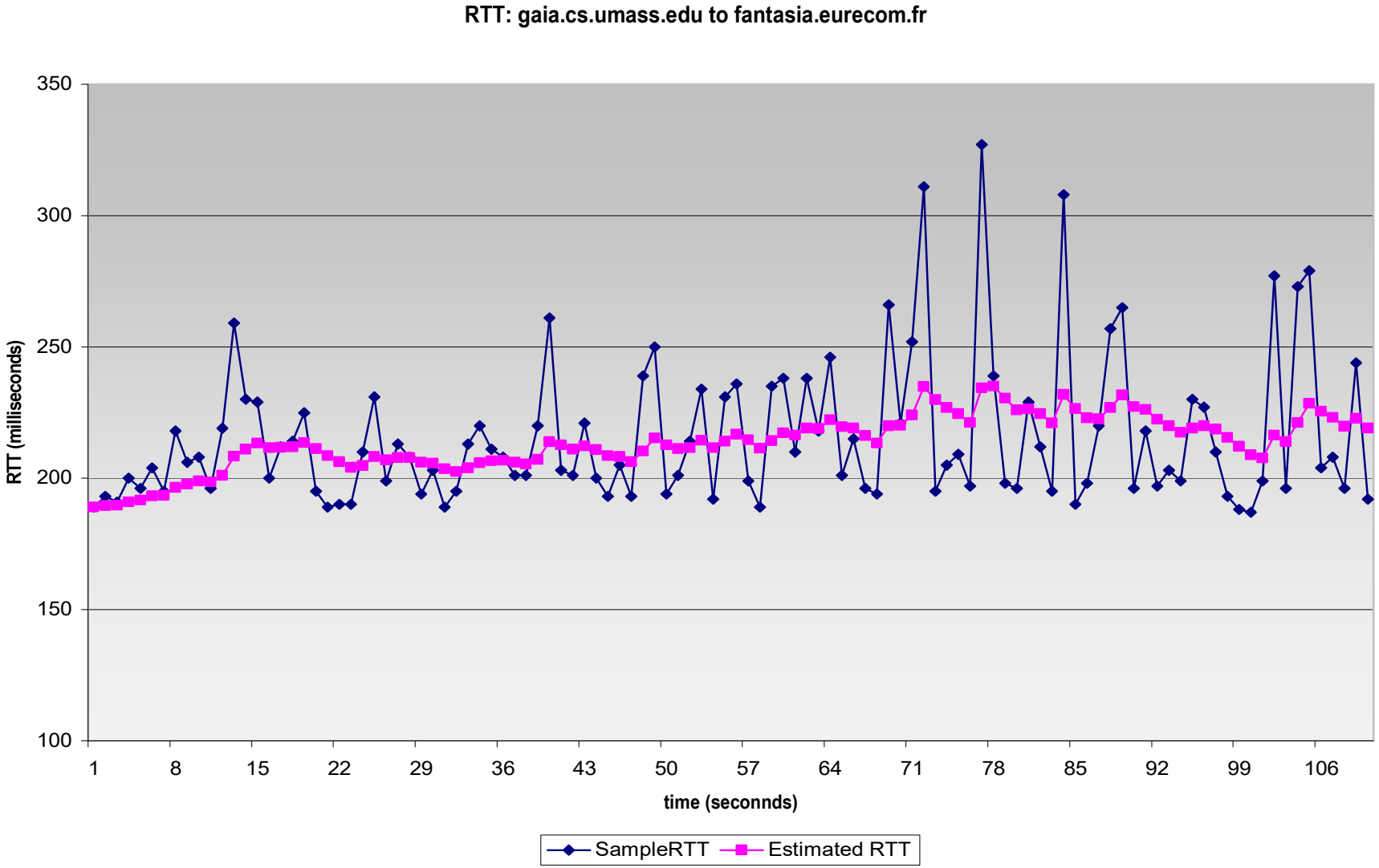
RTT BECSLÉSE

- Mozgóátlag exponenciális súlyozással
  - Exponential weighted moving average
  - A korábbi minták hatása exponenciálisan (hatványozottan) csökken

$$\mathtt{EstimatedRTT} = (1-\alpha)*\mathtt{EstimatedRTT} + \alpha*\mathtt{SampleRTT}$$

- Tipikus érték: $\alpha = 0.125$

PÉLDA AZ RTT BECSLÉSÉRE



A TIMEOUT MEGHATÁROZÁSA

- A becsült RTT némi biztonsági ráhagyással megfelel
  - Ha nagyobb a minták dinamikája, akkor nagyobb ráhagyás kell
  - Mozgóátlag exponenciális súlyozással
  - Figyelembe véve, hogy mennyire tér el az aktuálisan mért RTT a becsléstől

$$DevRTT = (1-\beta)*DevRTT + \beta*|SampleRTT-EstimatedRTT|$$

  - Tipikus érték $\beta = 0.25$

- Timeout értéke

$$TimeoutInterval = EstimatedRTT + 4*DevRTT$$

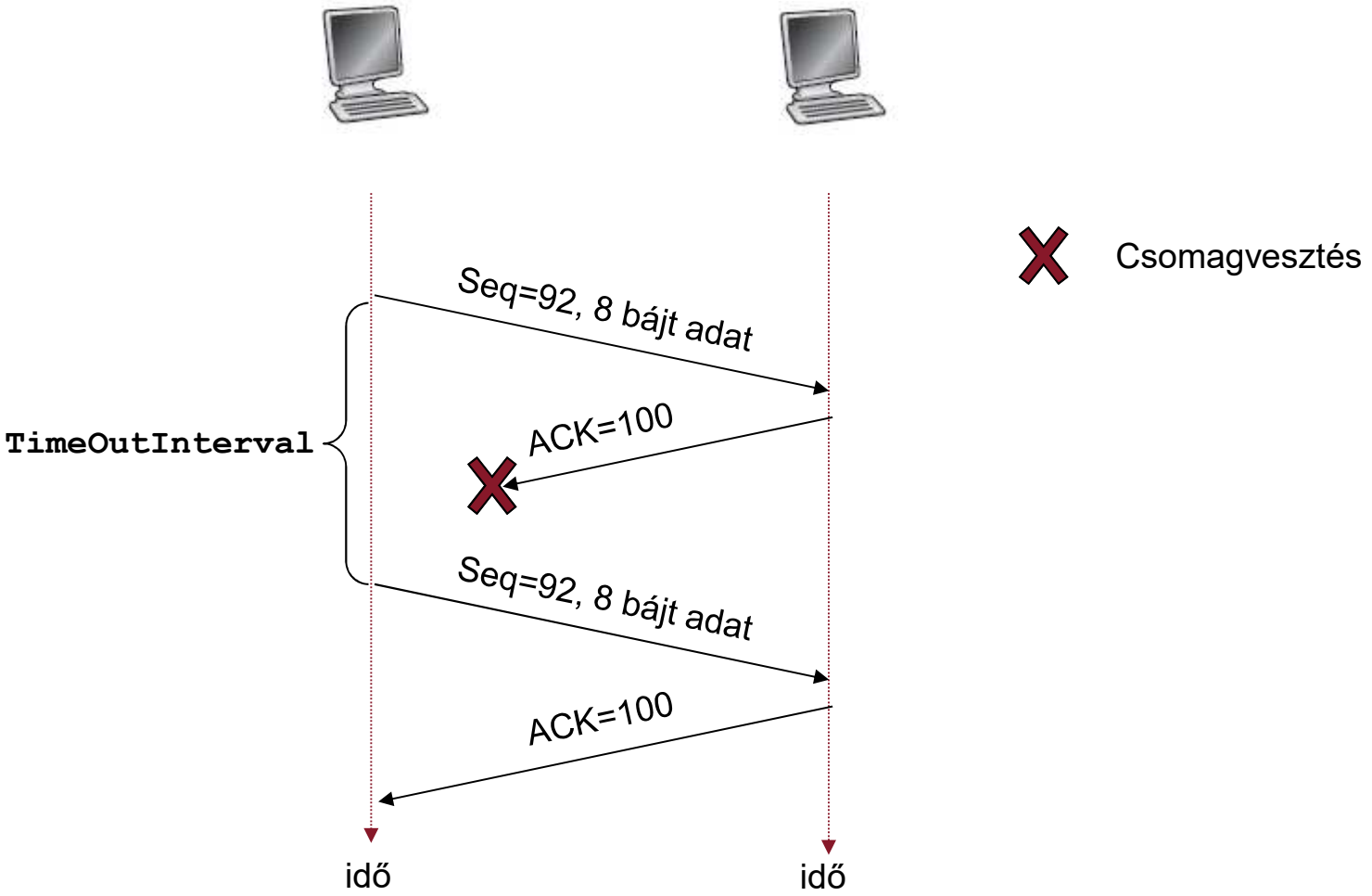
MEGBÍZHATÓ ADATSZÁLLÍTÁS

- A TCP a megbízhatatlan IP szolgáltatása felett biztosít megbízható átvitelt
- Szegmensek küldése pipeline módban
  - Nem kell bevárni az előző küldött szegmens nyugtáját
  - A vevő úgysem tudja mikor küldtük el, csak minden megérkezzen (jó estben sorrendben)
- Összegző nyugta
- Egyetlen időmérési mechanizmus az újraküldéshez
- Újraküldést kiváltó okok
  - Időtúllépés
  - **Kettőzött nyugta (duplicate ack)**
- Vizsgáljuk meg először egy egyszerűsített esetet
  - Nincs kettőzött nyugta
  - Nincs forgalomvezérlés
  - Nincs torlódásvezérlés

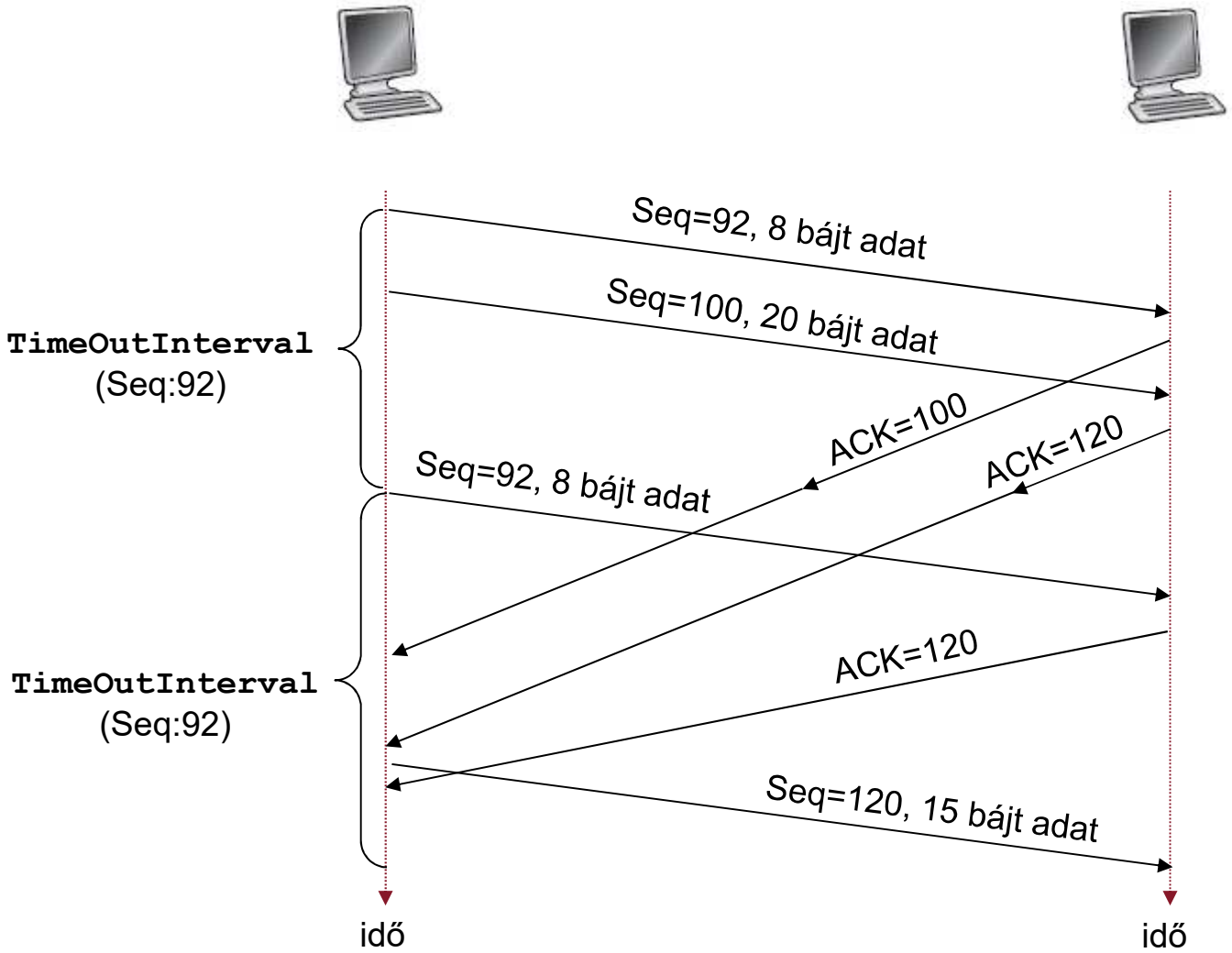
TCP ESEMÉNYEK A KÜLDŐNÉL

- Megkapja az alkalmazás adatait
  - Szegmens képzése MSS-nek megfelelően
  - Az első bájt sorszáma kerül a Seq mezőbe
  - Elindítja az időzítőt, ha még nem fut
    - Legjobb lenne a legrégibb, még nem nyugtázott szegmens idejét mérni
  - Az időzítő lejárta: **`TimeOutInterval`**
- Időtúllépés
  - Az időtúllépést okozó szegmens újraküldése
  - Időzítő újraindítása
- Nyugta érkezik
  - Ha még nem nyugtázott szegmensre vonatkozik
    - A már nyugtázott szegmensek halmazának frissítése
    - Időzítő újraindítása, ha van még nyugtázatlan szegmens

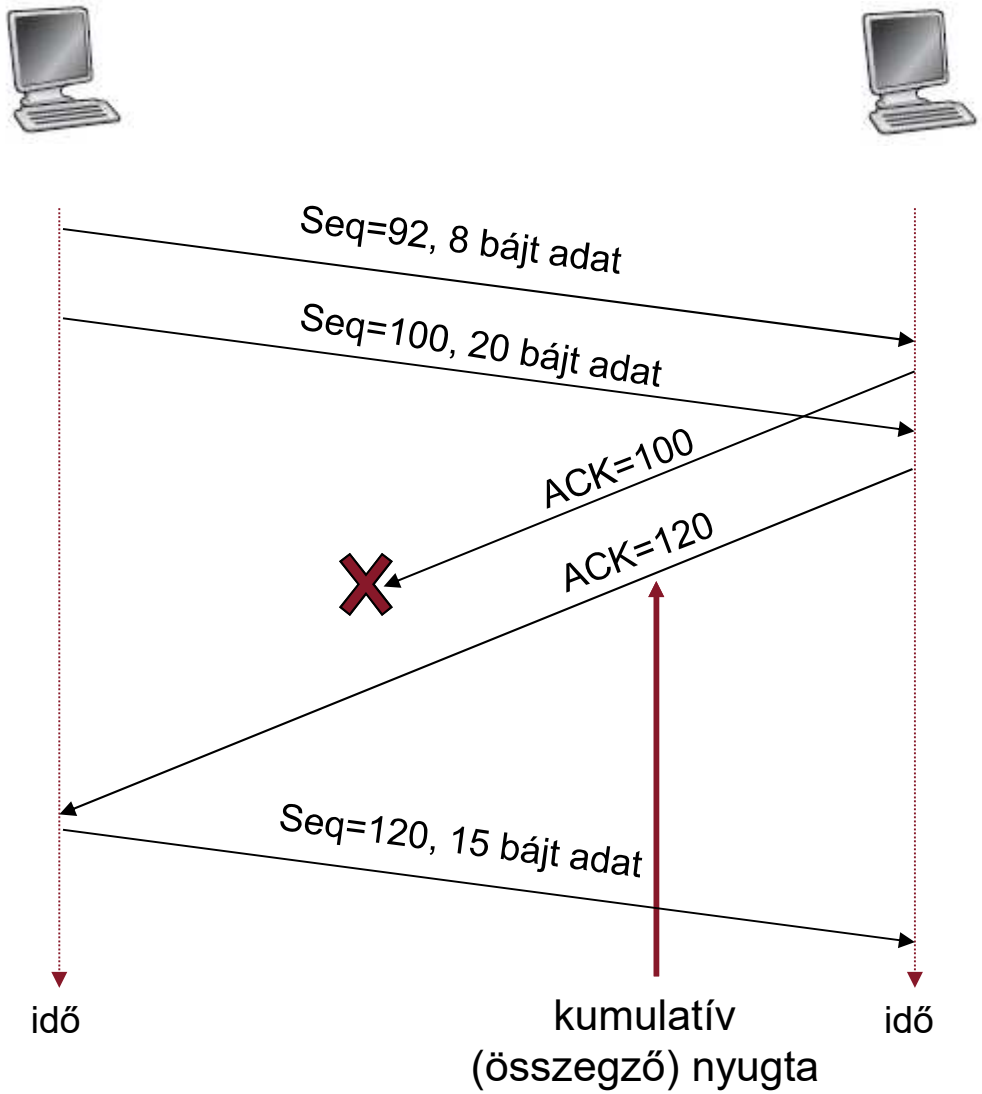
ÚJRAKÜLDÉS CSOMAGVESZTÉS ESETÉN



ÚJRAKÜLDÉS KORAI IDŐTÚLLÉPÉS ESETÉN



KUMULATÍV NYUGTA CSOMAGVESZTÉS MIATT



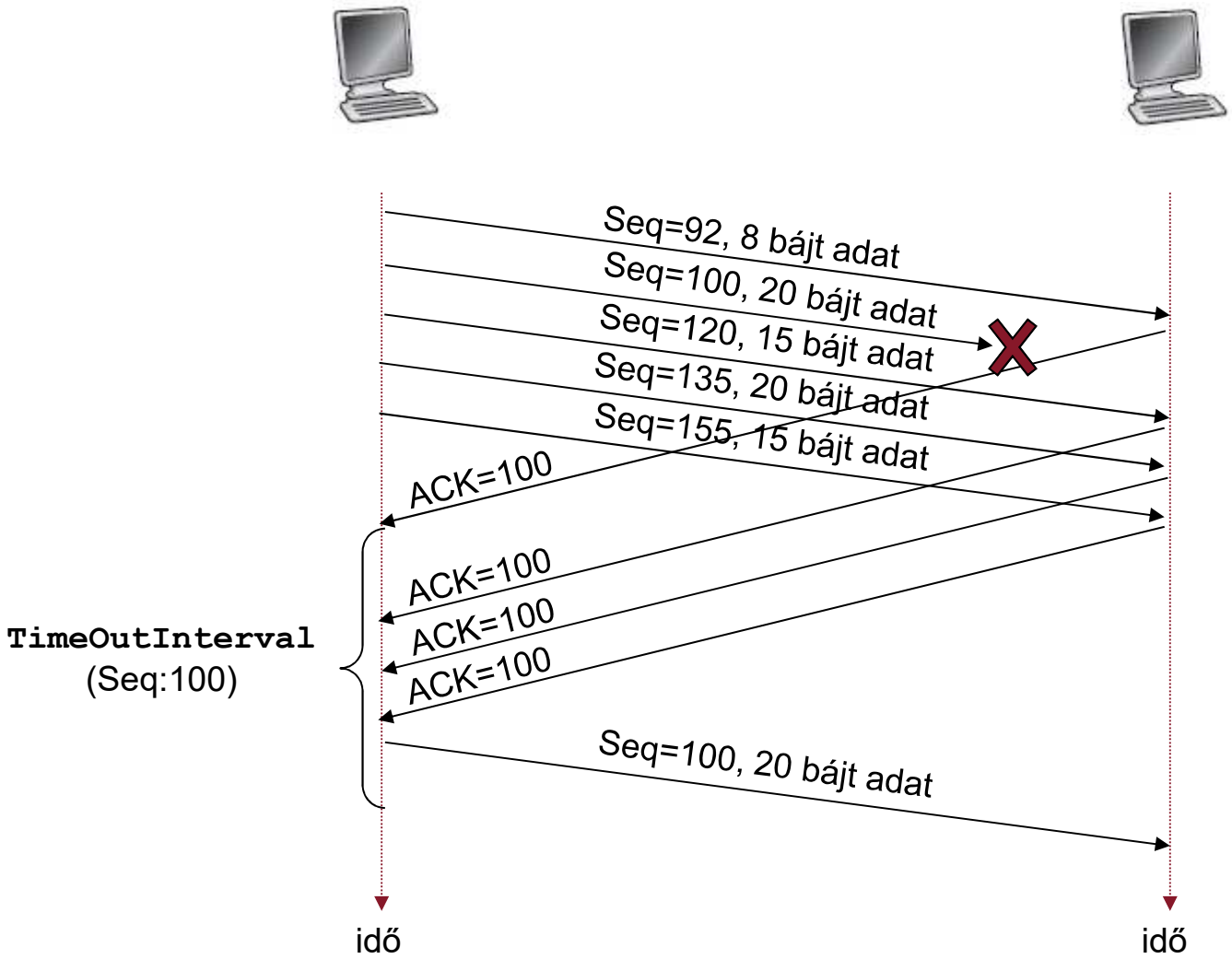
NYUGTA GENERÁLÁS

• Esemény a vevőnél	• Akció
– Helyes sorrendben érkező, elvárt (nem túl nagy) sorszámú szegmens érkezik és minden addigi szegmens nyugtázva van	– Késleltetett nyugtázás (delayed ACK), legfeljebb 500ms-t vár a következő szegmensre és utána nyugtáz
– Helyes sorrendben érkező, elvárt (nem túl nagy) sorszámú szegmens érkezik és van korábbi nem nyugtázott szegmens	– Azonnal kumulatív nyugtát küld a szegmensekre
– A sorrendből kilógó, túl nagy sorszámú szegmens érkezik	– Azonnal kettőzött (ismételt) nyugtát küld a hiányzó szegmenst megadva az ACK-ban
– Lyukat betömő szegmens érkezik	– Azonnal nyugtát küld a legrégibb megmaradt lyuk elejét megadva az ACK-ban

GYORS ÚJRAKÜLDÉS

- A Timeout gyakran indokolatlanul nagy
  - Túl sokat várunk mielőtt újraküldenénk
- Csomagvesztés felismerhető duplikált (kettőzött, többszörös) nyugták alapján is
  - A küldő sok szegmenst küld el egymás után
  - Egy szegmens elveszése sok duplikált nyugtát indukál
- A harmadik duplikált nyugta után feltehetjük, hogy csomagvesztés volt
  - Gyors újraküldés (Fast Retransmit)
  - Szegmens újraküldése időtúllépés nélkül
  - (Nem biztos, hogy tényleg volt rá szükség)

GYORS ÚJRAKÜLDÉS ILLUSZTRÁCIÓ



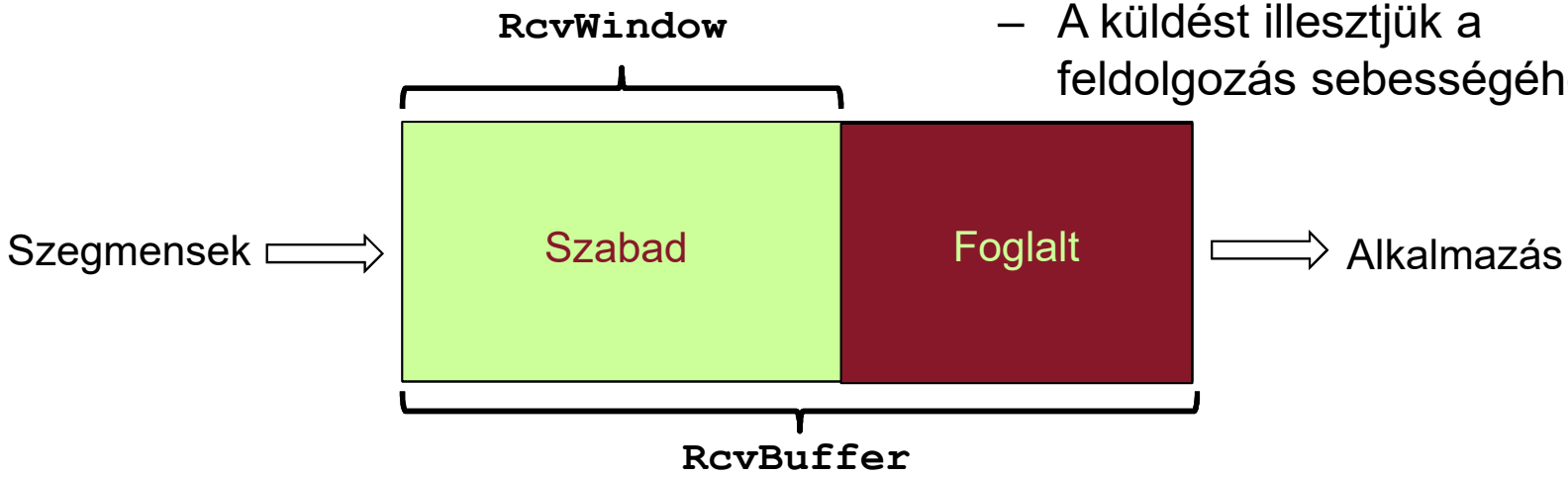
MA MIRŐL LESZ SZÓ?

1. A TCP protokoll
2. Szegmensek nyugtázása
3. Forgalomszabályozás
4. Kapcsolatkezelés

FORGALOMSZABÁLYOZÁS

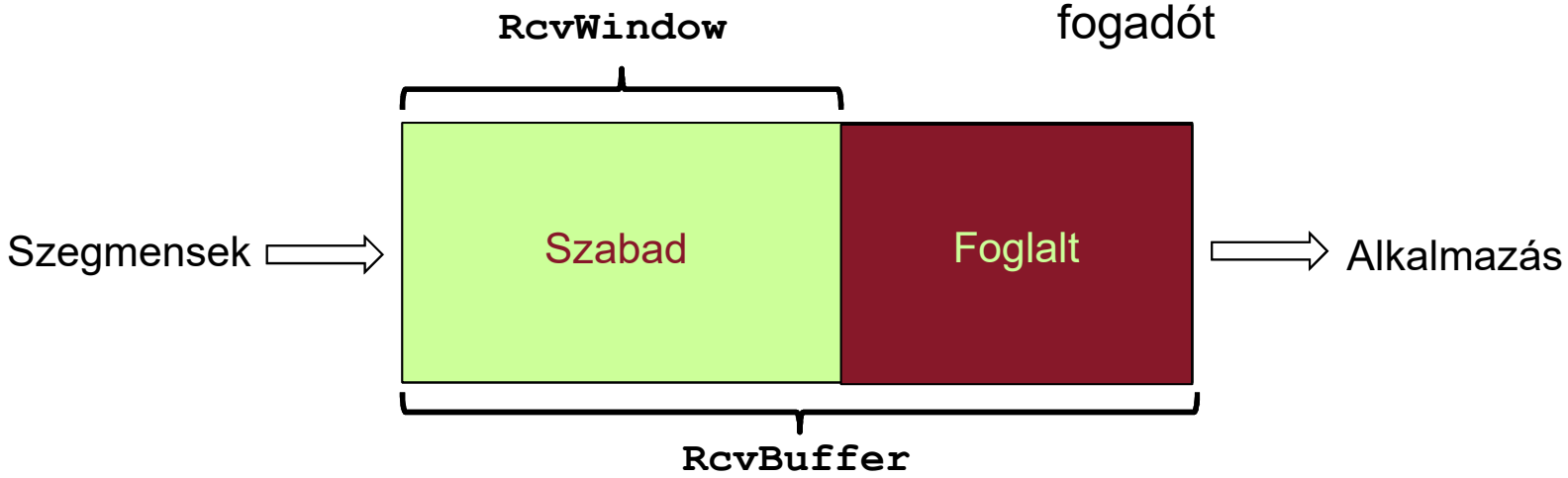
- A vevő oldalra érkező adatok egy véges méretű pufferbe kerülnek
- Az alkalmazás estenként lassan üríti a puffert

- Forgalomszabályozás (**flow control**)
  - Megakadályozza, hogy a küldő **túltöltse** a puffert
    - Túl gyorsan küld
    - Túl sokat küld
- **Sebességillesztési** szolgáltatás
  - A küldést illesztjük a feldolgozás sebességéhez



FORGALOMSZABÁLYOZÁS MŰKÖDÉSE

- Egyszerűsítés: tekintsünk el a nem sorrendben érkező szegmensektől
- Szabad hely a pufferben
  - = **`RcvWindow`**
  - = **`RcvBuffer-[LastByteRcvd - LastByteRead]`**
- A fogadó jelzi a szabad hely mennyiségét a (nyugta)fejléc **`RcvWindow`** mezőjében
- A küldőnek legfeljebb **`RcvWindow`** mennyiségű elküldött, de nyugtázatlan adata lehet
  - Így biztosan nem tölti túl a fogadót



MA MIRŐL LESZ SZÓ?

1. A TCP protokoll
2. Szegmensek nyugtázása
3. Forgalomszabályozás
4. Kapcsolatkezelés

TCP KAPCSOLATKEZELÉS

- A TCP kapcsolatorientált
  - Kapcsolatfelépítés az adatok küldése előtt
  - TCP-változók beállítása
    - Sorszám inicializálás
    - Forgalomszabályozás inicializálása
  - Kliens kezdeményez

```
clientsock = socket.socket( )
clientsock.connect()
```

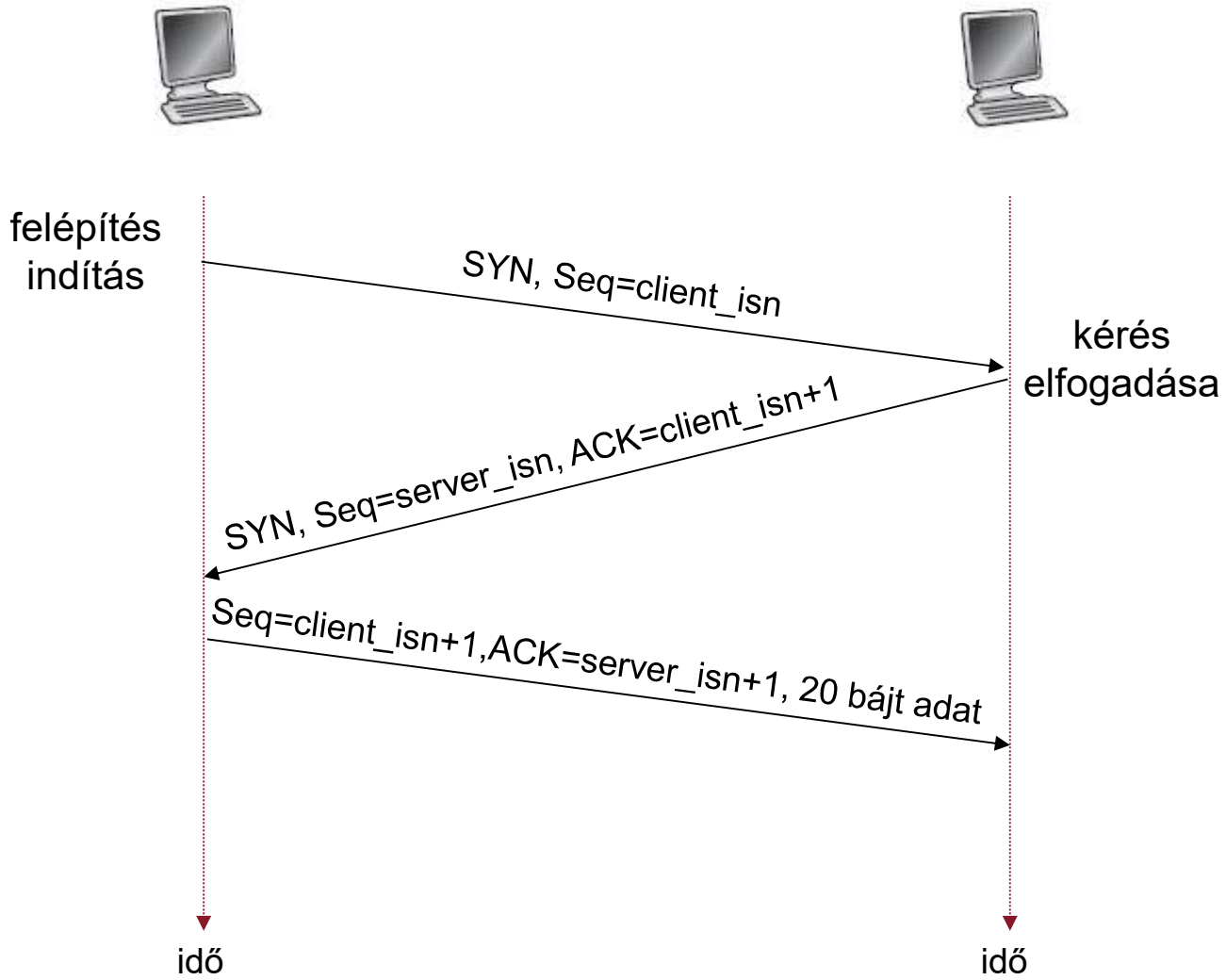
  - Szerver fogadja a megkeresést

```
connsock = servsock.accept()
```

- Kapcsolatfelépítés: háromutas kézfogás (three-way-handshake)

1. A kliens SYN típusú vezérlő szegmenst küld a szervernek
   - Kezdő sorszám küldése
   - Adat nélkül
2. A szerver válaszol egy SYNACK típusú vezérlő szegmenssel
   - Inicializáló lépések ezen az oldalon is
3. A kliens válaszol egy ACK szegmenssel, ami már adatot is tartalmaz

KAPCSOLAT FELÉPÍTÉSE



KAPCSOLAT LEZÁRÁSA

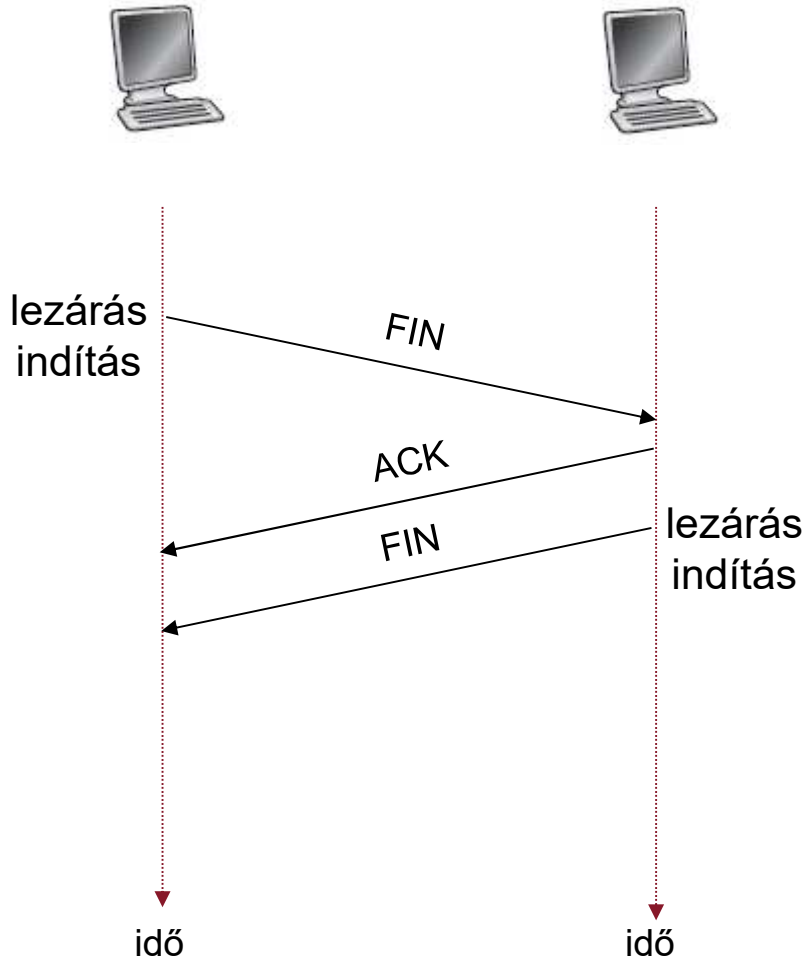
- Kapcsolatlezárás: négyutas kézfogás (four-way-handshake)
  - Tipikusan a kliens kezdeményezi a socketjén keresztül

```
clientsock.close()
```

1. A kliens indítja a lezárást és FIN típusú vezérlő szegmenst küld a szervernek

2. A szerver válaszol egy ACK szegmenssel

3. A szerver FIN típusú vezérlő szegmenst küld a kliensnek és indítja a lezárást



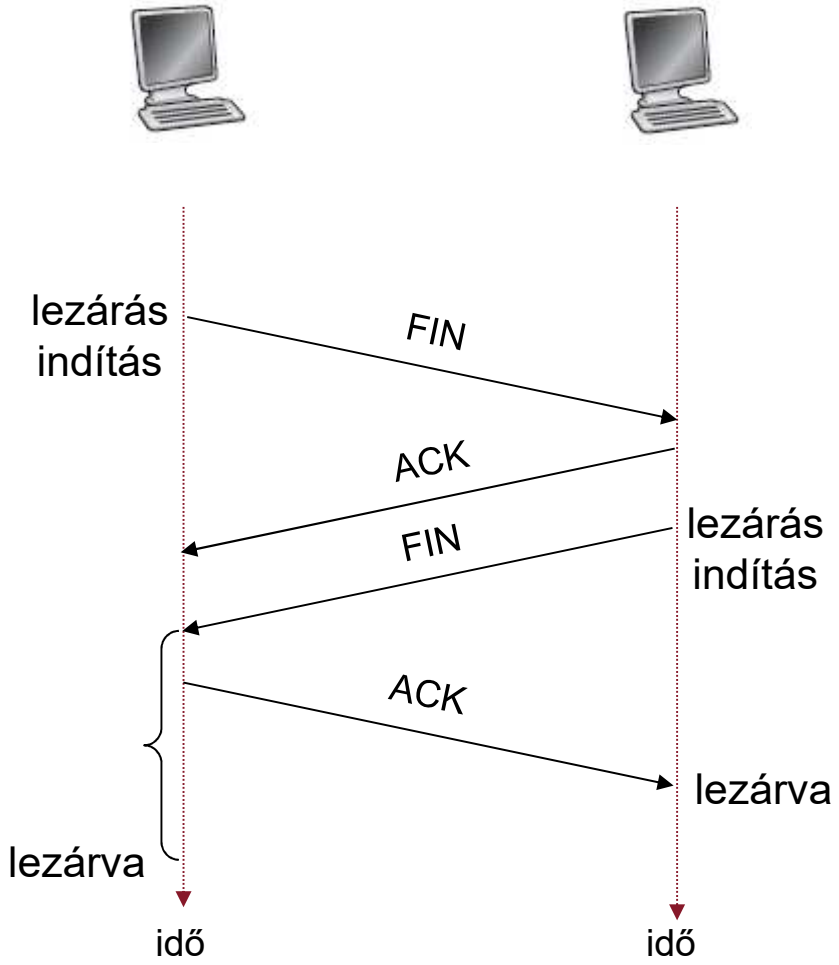
KAPCSOLAT LEZÁRÁSA FOLYTATÁS

4. A kliens megkapja FIN típusú vezérlő szegmenst és időzített várakozás állapotba lép

5. A kliens válaszol egy ACK szegmenssel

6. A szerver megkapja az ACK-ot és lezártnak tekinti a kapcsolatot

7. A kliensnél lejár az időzítő és lezártnak tekinti a kapcsolatot



HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK