Hálózatok II.
A felsőbb rétegek

2007/2008. tanév, I. félév

Dr. Kovács Szilveszter

E-mail: szkovacs@iit.uni-miskolc.hu

Miskolci Egyetem

Informatikai Intézet 106. sz. szoba

Tel: (46) 565-111 / 21-06 mellék

A szállítási réteg

- **TSAP: Transport Service Access Point**
- **TPDU: Transport Protocol Data Unit**
- **A 4. réteg, a hálózati- és a viszonyréteg között**

A szállítási réteg

- **Feladata**
  - **Interfész alulra, felülre**
  - **Megbízható, gazdaságos adatszállítást forrástól célhosztig, függetlenül a hálózatoktól (a céltól, forrástól, a közbenső alhálózatoktól), ÖK vagy ÖK mentes alapon**
  - **Tudjuk, hogy valódi end-to-end szolgáltató entitások vannak**
- **Miért kell?**
  - **Az interfész - ha nem lenne, nem lehetne hozzáférni**
  - **Megbízhatóság - ezt az adatkapcsolati és a fizikai réteg is biztosíthatná.**
  - **ÖK alapú és ÖK mentes szolgálat - ezt is biztosíthatják az alsóbb rétegek (ált. csak az egyiket).**
  - **Vég-vég - ezt a hálózati réteg is biztosíthatná (lásd IPX datagram kapcsolat – nincs is)**

A szállítási réteg

- **Miért kell?**
  - **A szállítási réteg a hálózati rétegre épül**
  - **A hálózati réteg lehet ÖK alapú, vagy ÖK mentes,**
  - **Nem szükségszerűen megbízható!**
    (Az IP ÖK mentes és megbízhatatlan)
  - **Még megbízható hálózati réteg mellet is lehetnek hibák .**
    (A teljes hibamentesség a hálózati rétegben nem megoldható, nem az a „dolga”.)

A szállítási réteg

- **Legyen a hálózati réteg fölött a szállítási, ami valóban megbízható end-to-end szolgálatokat biztosít,**
- **az alkalmazások így**
- **szabványos interfészeken keresztül különböző hálózatokon (megbízható és megbízhatatlan is) is jól működhetnek.**
- **Ezért a hálózat megbízhatósága szempontjából a szállítási réteg lényeges funkciókat lát el.**

A szállítási réteg

- **Fontos cél a szállítási rétegben**
  - **hibamentes átvitel akár hibákkal terhelt hálózati réteg fölött is!**
  - **Ebből következik: a a fölöttes rétegeknek tényleg nem kell emiatt nyugtázással stb. foglakozni!**
  - **(PL. ha egy hálózati összeköttetés megszakad, akkor a szállítási réteg nyit egy újat és ott folytatja, ahol a régivel abbahagyta. A fölöttes réteg észre sem veszi ezt.)**
- **Fontos célja még**
  - **elrejteni a konkrét hálózatot (annak minden problematikáját, sajátságát) a felettes rétegek elől.**

Üzenet szegmentálás-összerakás; nyalábolás-szétbontás

- **Darabolás - összerakás**
  - **van, hogy egy üzenet (ami a felsőbb rétegtől jön) túl nagy a hálózati (esetleg az adatkapcsolati) rétegnek**
  - **A szállítási réteg ilyenkor darabol - összerak.**
- **Multiplexálás - demultiplexálás**
  - **Előfordul, hogy sok kis üzenet van ugyanahhoz a célhoz.**
  - **A szállítási réteg nyalábolhatja ezeket egy csomagba (illetve demultiplxálja ezt a másik oldalon). Teljesítménynövelés.**

Kapcsolati szolgálatok

- **Csomagszámozás (szegmensszámozás)**
  - **A helyes sorrend visszaállítás szolgálathoz kellhet (ÖK mentes kapcsolatnál feltétlenül)**
- **Hibavezérlés**
  - **Lehetnek hibás, elveszett, vagy késő csomagok,**
  - **a várt csomagszám térből kilógó csomagok.**
  - **Megoldások:**
    - **Ellenőrző összeg a csomagokban,**
    - **időzítések, hogy a késő csomagokat eldobjuk,**
    - **a csomagszámozás egyedi legyen.**
- **Az end-to-end kapcsolathoz kell flow-control**
  - **A kérdés itt: vajon mind a forrás, mind a cél foglakozzon az elveszett - késő csomag problémából való kilábalással**

A szállítási réteg szolgálat primitívjei

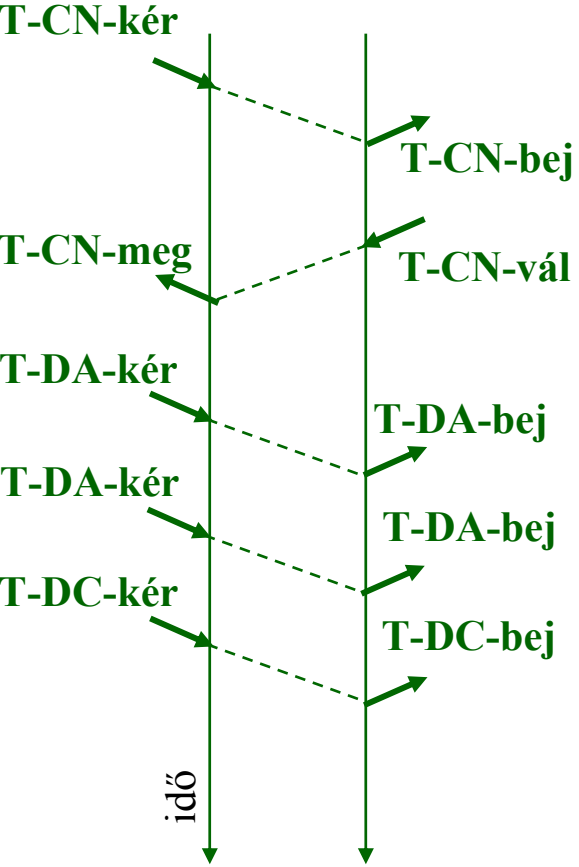
- **Lehet ÖK mentes és ÖK alapú szolgálat. Utóbbi lehet megerősítéses.**
- **A primitívek**
  - **T-CN-kérés** (connect)
  - **T-CN-bejelentés**
  - **T-CN-válasz** (megerősítéses szolgálathoz)
  - **T-CN-megerősítés** (megerősítéses szolgálathoz)
  - **T-DC-kérés** (disconnect)
  - **T-DC-bejentés**
  - **T-DA-kérés** (data)
  - **T-DA-bejelentés**

ÖK alapúhoz

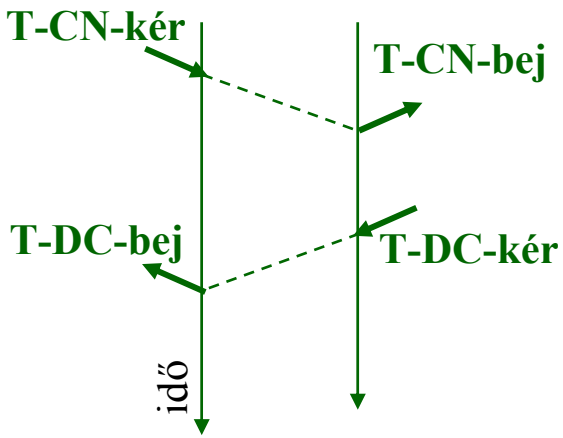
ÖK menteshez

Forgatókönyv példák

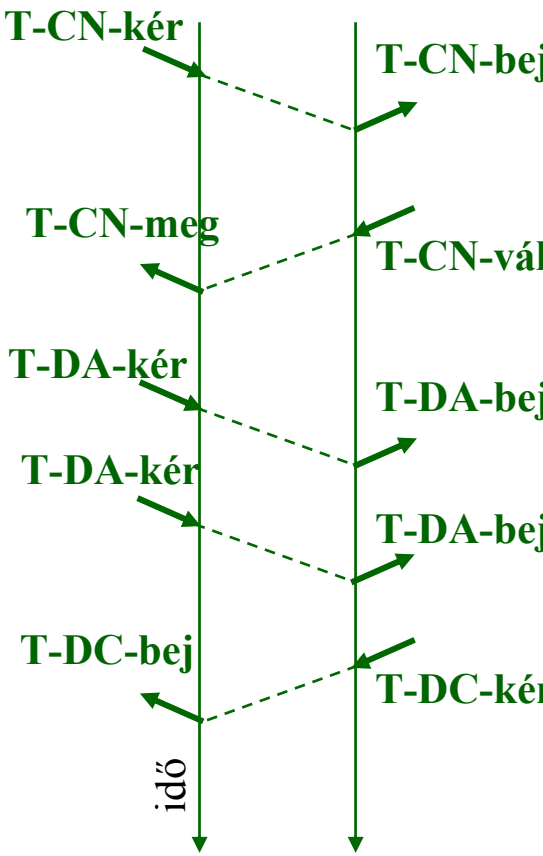
(A viszonyréteg szemszögéből)



Megerősített ÖK alapú

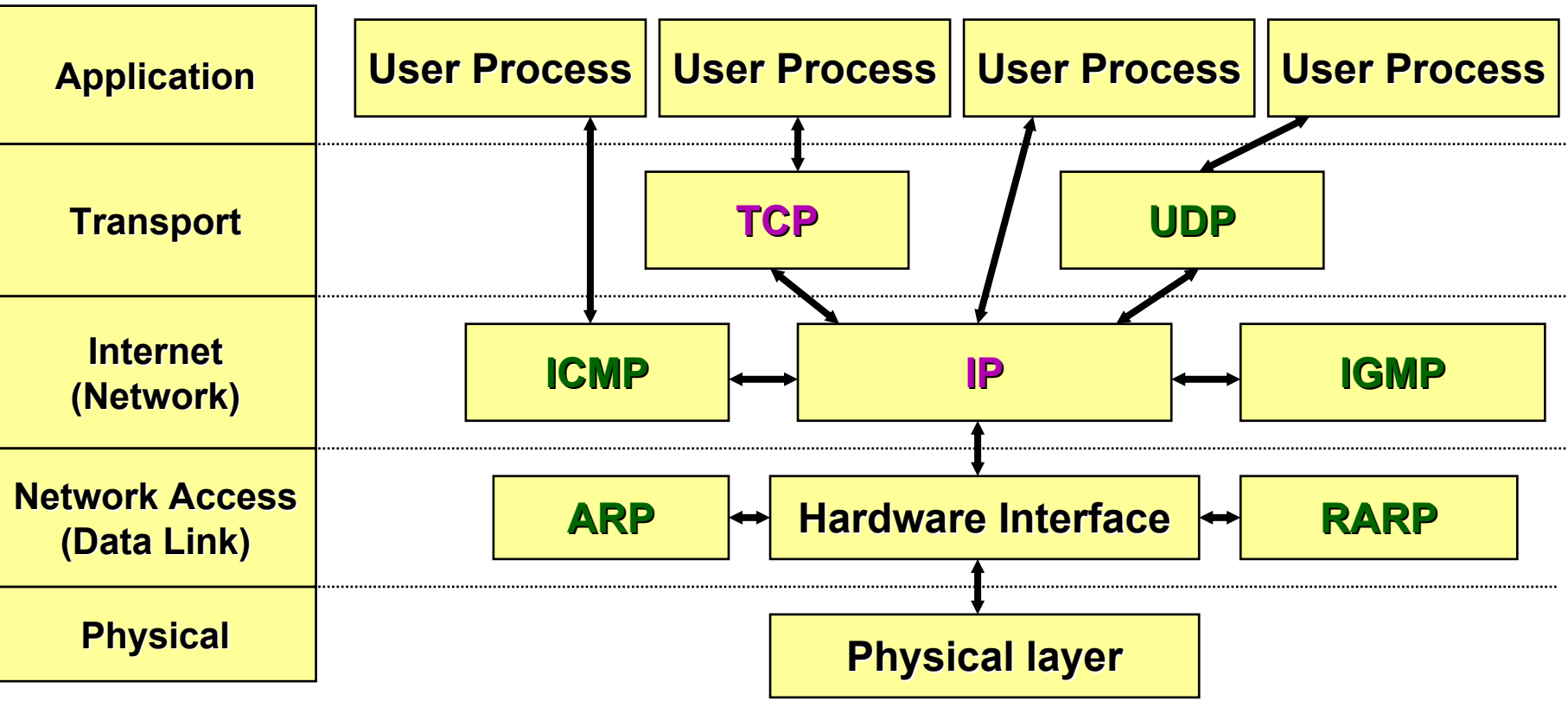


ÖK visszautasítva a hívott által



ÖK alapú, bontást a cél kezdeményezi (Szinkronizációhoz!)

A TCP/IP protokol stack



Szállítási réteg:

TCP: Transmission Control Protocol (Telnet, Rlogin, FTP, SMTP, DNS)

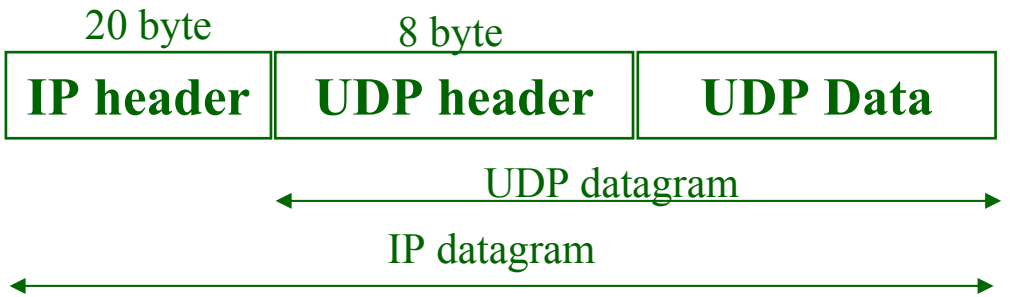
→ megbízható adattovábbítás (összeköttetés alapú szolgálat)

UDP: User Datagram Protocol (TFTP, SNMP, DNS)

→ összeköttetés-mentes datagramm szolgálat

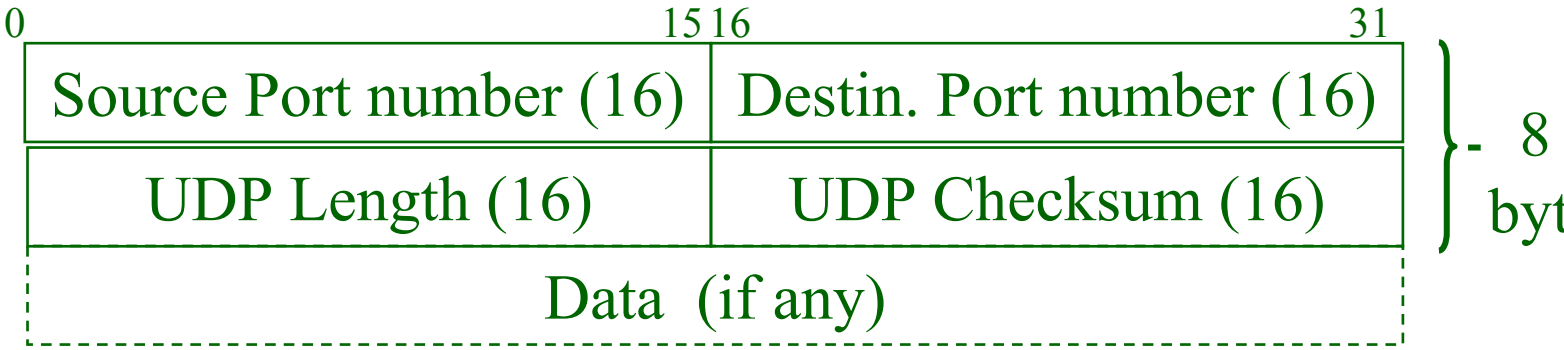
UDP: User Datagram Protocol

- **Egyszerű,**
- **ÖK mentes (datagram),**
- **nem megbízható szolgálat.**
- **Minden továbbítandó üzenet 1 UDP datagram (amit egy IP datagam-ként, csomagként továbbítanak)**
  - **Az IP enkapszuláció:**

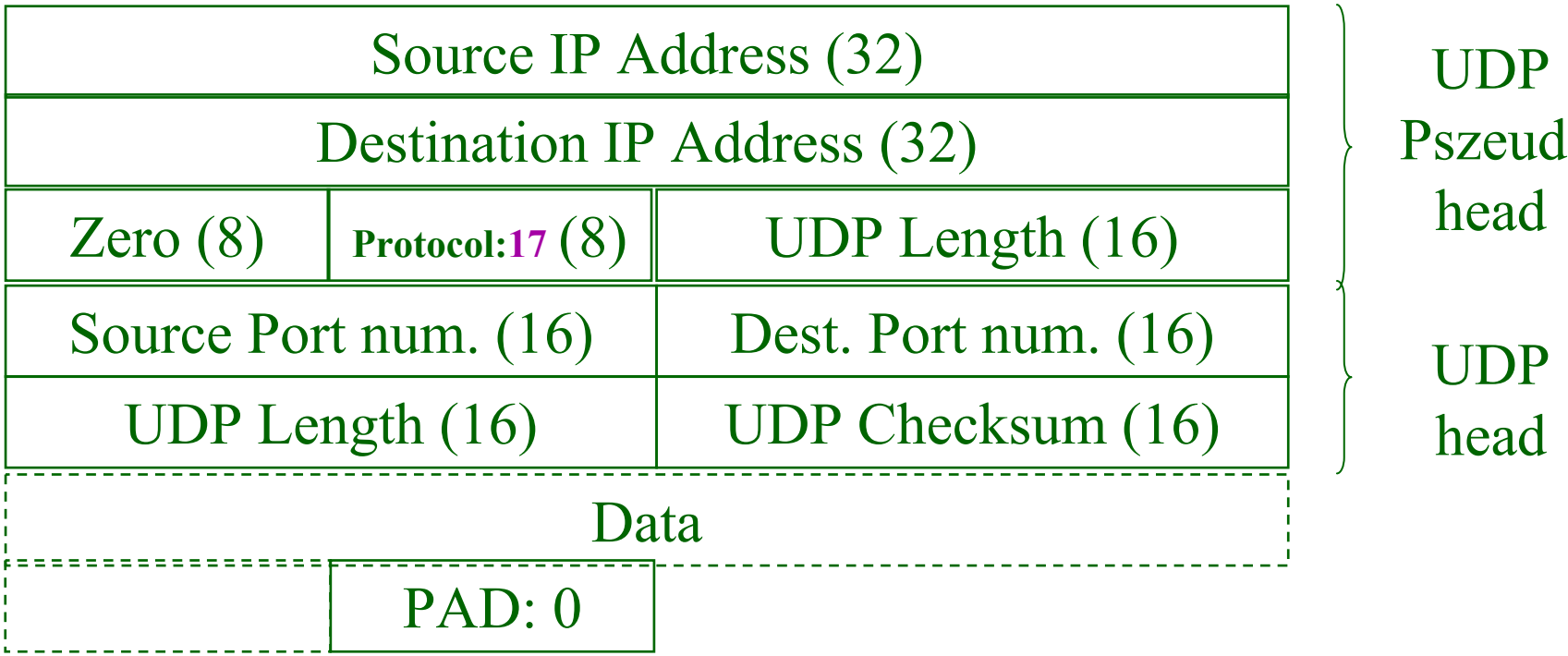


UDP Header

- **16 bit a forrás és cél szolgálat elérési port szám**
- **16 bit UDP length: a teljes UDP csomag hossza byte-ban**
  - **16 bit → min 8 (header): max 2^{16} – 8byte (UDP header)**
    (az IP csomag 2^{16} – 20byte IP header és abba is bele kell férnie)
    (implementációfüggően ált. kevesebb)
- **16 bit UDP checksum az UDP header+UDP data-n (biztonság növelésére az IP header egy részére is kiterjed, hasonlóan a TCP checksum-hoz),**
  a feladó generálja (opcionális), **a vevő ellenőrzi:**
  1 komplemens 16 bit összeg
  (ha a vett CS=0 → az adó nem használja)



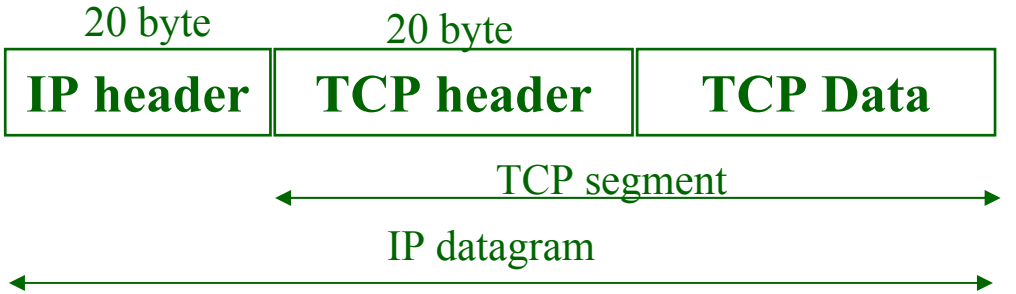
UDP pszeudo fej a checksum számításhoz



- **Ha a Checksum = 0 lenne → 65535** (-0, 1-komplemenst) továbbít
- **A Checksum = 0 a checksum hiányát jelzi** (az adó nem használja)

TCP Transmission Control Protocol

- **Bonyolultabb,**
- **ÖK alapú (sorrendhelyes),**
- **megbízható (hibamentes),**
- **duplex (kétirányú) szolgálatot biztosít.**
- **Meghatározza az IP felé az optimális csomagméretet**
- **„TCP szegmens”: az IP felé továbbított adategység**
- **„Byte stream service”: ha a kapcsolat felépült, a forrás byte-okat küld, a cél byte-okat fogad folyamatosan (virtuális áramkör byte-okra)**
- **IP enkapszuláció:**



TCP Transmission Control Protocol

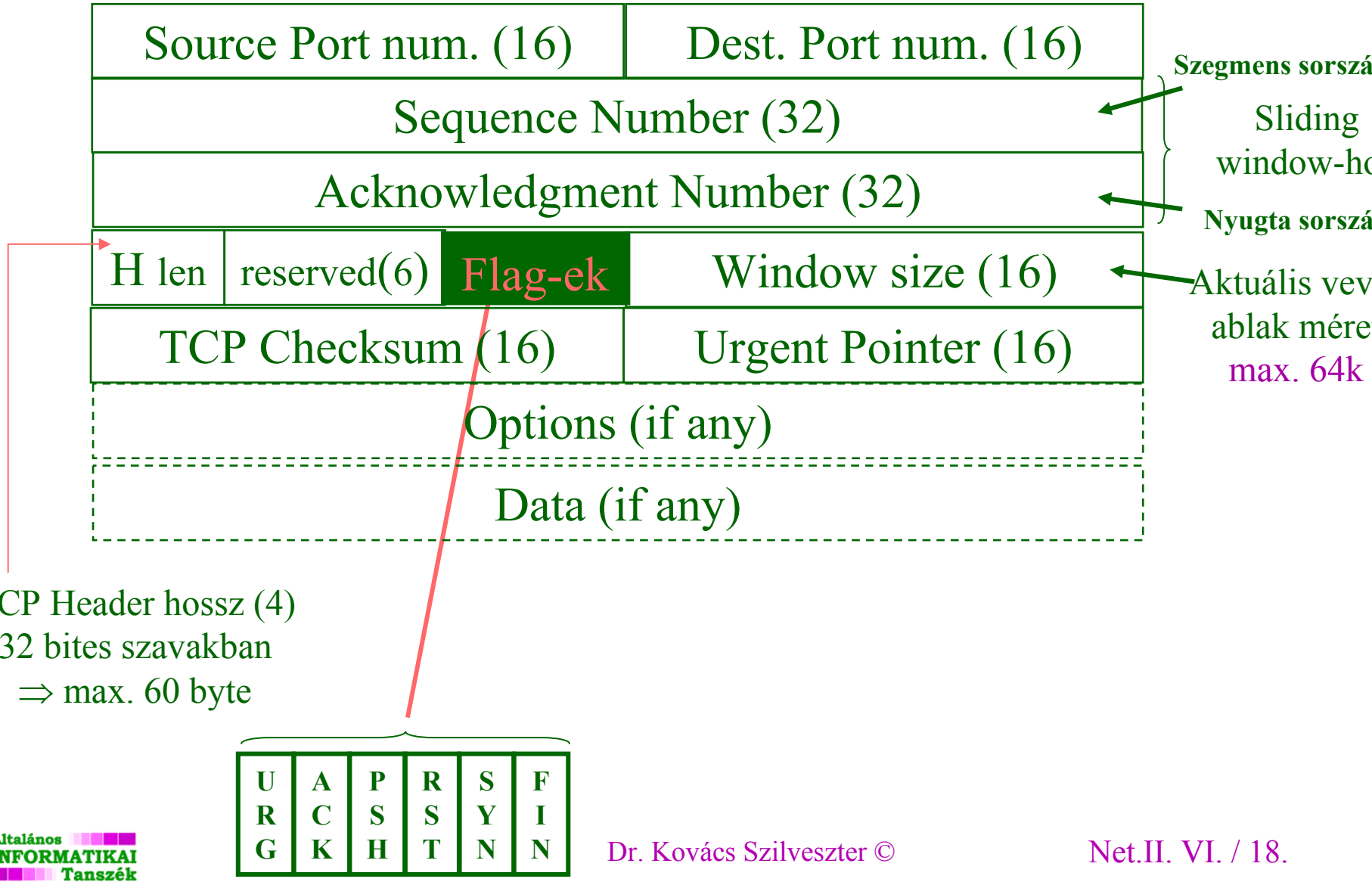
- TCP = Transmission Control Protocol
- Connection-oriented OP Transport
- RFCs
  - RFC 793 defines TCP
  - RFC 1122 – bug fixes and clarification
  - RFC 1323 – extensions
- TCP segment
  - One IP datagram
- MTU = Maximum transfer unit

TCP Service Model

- **Well-known ports = 0-1023**
- **Inetd = super server can handle requests for multiple services**

Port	Protocol	Use
21	FTP	File transfer
23	Telnet	Remote login
25	SMTP	E-mail
69	TFTP	Trivial File Transfer Protocol
79	Finger	Lookup info about a user
80	HTTP	World Wide Web
110	POP-3	Remote e-mail access
119	NNTP	USENET news

TCP Header


Source Port num. (16)
Dest. Port num. (16)
Sequence Number (32)
Acknowledgment Number (32)
H len
reserved(6)
Flag-ek
Window size (16)
TCP Checksum (16)
Urgent Pointer (16)
Options (if any)
Data (if any)
Szegmens sorszá
Sliding
window-ho
Nyugta sorszá
Aktuális vev
ablak mére
max. 64k
CP Header hossz (4)
32 bites szavakban
⇒ max. 60 byte
URG
ACK
PSH
RST
SYN
FIN

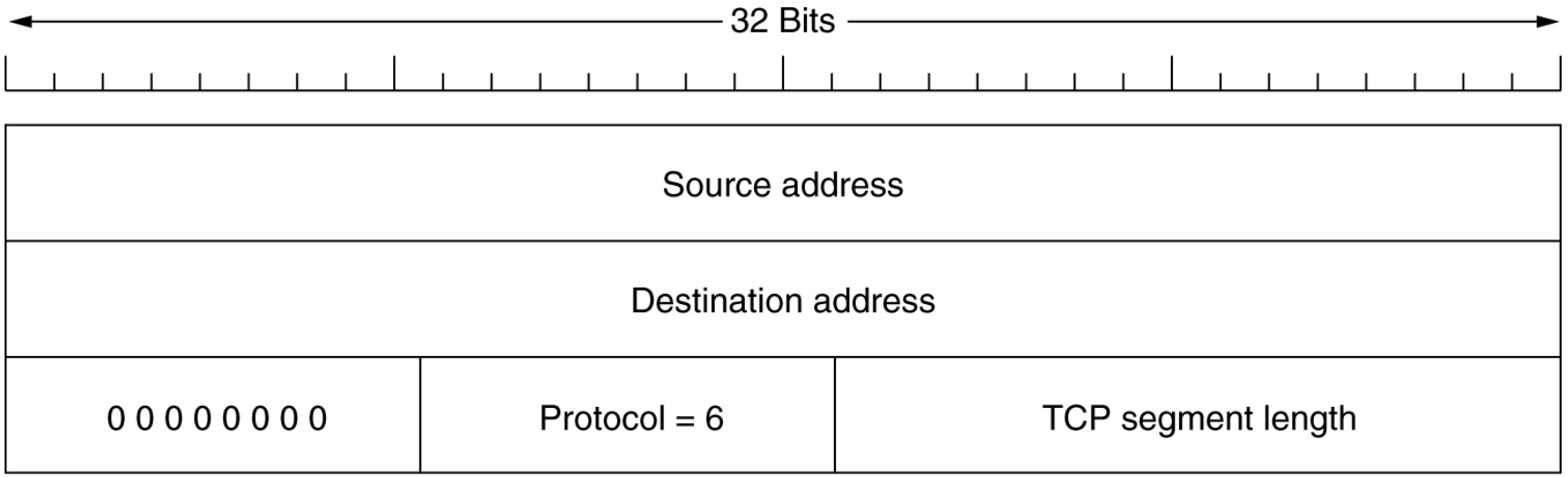
TCP Header

- **Socket pair:**
  - **Client IP, Client Port, Server IP, Server Port négyes azonosítja a kapcsolatot.**
- **A flag-ek**
  - **SYN: új kapcsolat megnyitásakor (ezt jelzi) → „szinkronizáció”, → a sequence number ilyenkor: ISN (Initial SN) – kezdeti érték**
  - **ACK: a nyugta sorszáma érvényes (nyugta)**
  - **URG: Urgent pointer érvényes: az a sürgős üzenet végére mutat (pl. megszakítás kérelem, előzze meg a többit)**
  - **PSH: a vevő a lehető leggyorsabban továbbítsa az adatokat az alkalmazás felé**
  - **RST: Reset Connection**
    (azonnali kapcsolatbontás, bármely fél kezdheti, RST a válasz rá)
  - **FIN: a küldő befejezte az adatok küldését**

TCP Header

- **Opciók**
  - **Pl. MSS: Maximum Sized Segment**
    - **A kapcsolat felépítésekor (SYN) mindkét oldal maghatározhatja a számára maximális szegmensméretet**

Pseudo header – used for checksum



- **TCP Checksum (16):**
  - **Header + Data + Pseudo header**
  - **Az egész 1 komplemens összegének (számításkor 0-nak veszi az ellenőrző összeg helyét)**
  - **Negatív (1 komplemens) előjellel vett értéke az ellenőrző összeg**
  - **Ellenőrzéskor az egész összege így 0 (1 komplemens (-0))**

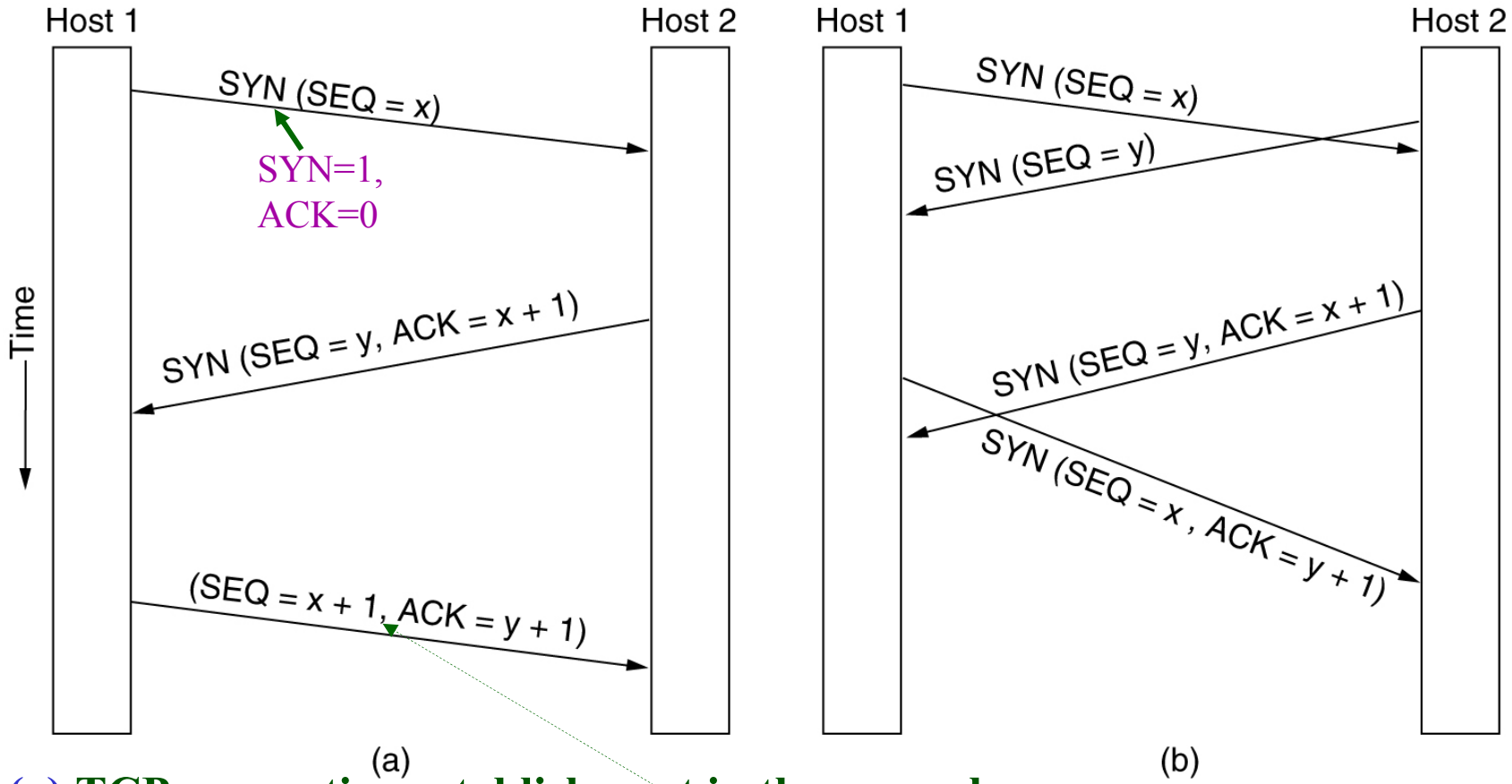
TCP connections

- **Full duplex**
- **Byte stream**
- **Urgent data**

TCP Protocol

- **Sliding window**
- **Timer**
- **Seq and ack are byte count**
- **Ack has next seq number expected**

TCP Connection Establishment

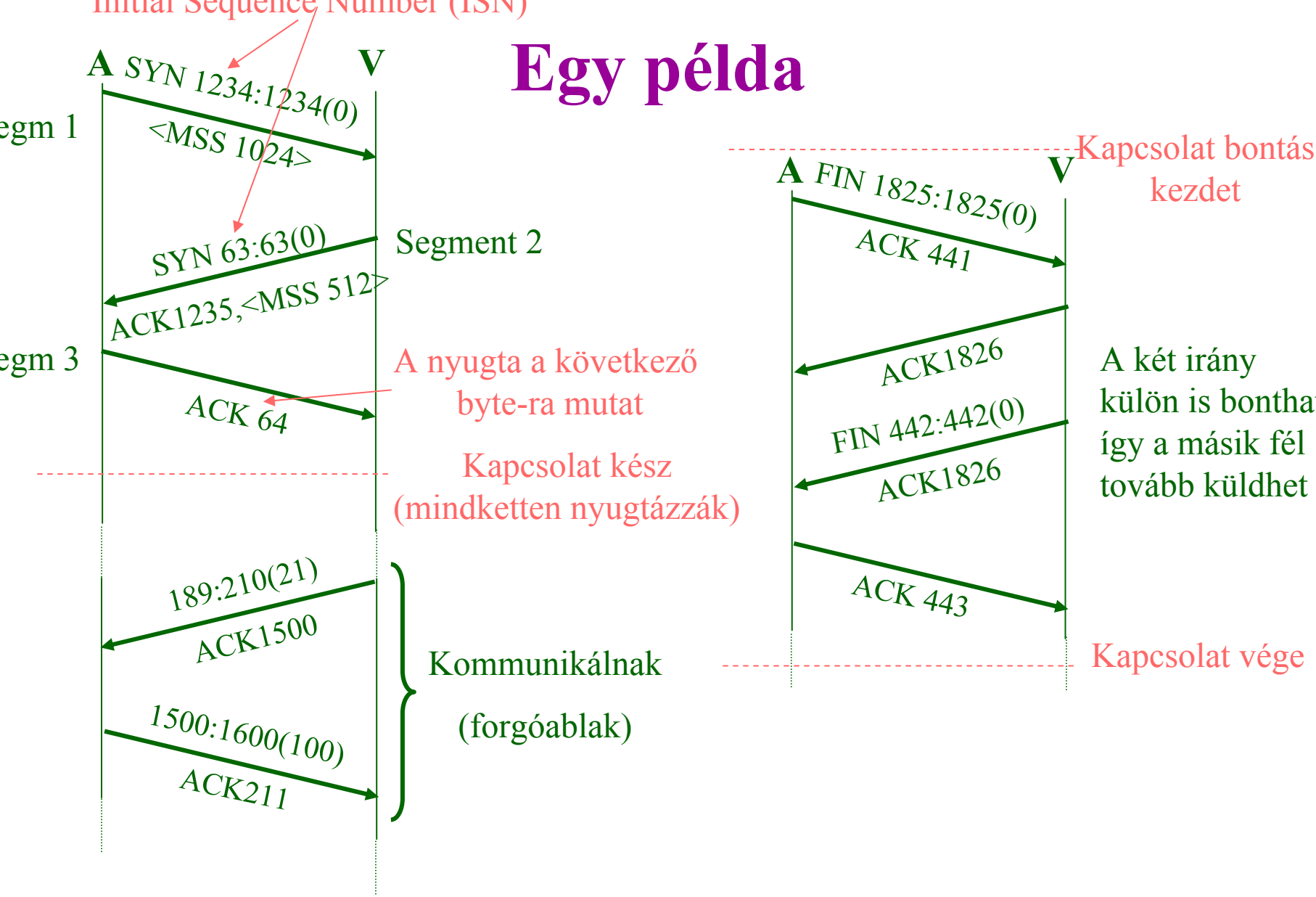


(a) TCP connection establishment in the normal case.

(b) Call collision – két kapcsolat indul egyszerre ugyanazon socket-ek között, de csak egy jön létre

A SYN szegmens (még ha az adat üres is) egy byte hosszú, ezért egyértelműen nyugtázható

Egy példa


Initial Sequence Number (ISN)
A
V
SYN 1234:1234(0)
<MSS 1024>
egm 1
SYN 63:63(0)
Segment 2
ACK1235,<MSS 512>
egm 3
ACK 64
A nyugta a következő byte-ra mutat
Kapcsolat kész (mindketten nyugtázzák)
189:210(21)
ACK1500
1500:1600(100)
ACK211
Kommunikálnak (forgóablak)
Kapcsolat bontás kezdet
A
V
FIN 1825:1825(0)
ACK 441
ACK1826
FIN 442:442(0)
ACK1826
ACK 443
A két irány külön is bontha így a másik fél tovább küldhet
Kapcsolat vége

TCP Finite State Machine

- **TCP can best be explained with a theoretical model called a *finite state machine.***
- **Various TCP states and their descriptions are:**
  - **CLOSED** closed
  - **LISTEN** listening for connection
  - **SYN SENT** active, have sent SYN
  - **SYN RECEIVED** have sent and received SYN
  - **ESTABLISHED** established connection
  - **CLOSED WAIT** have received FIN, waiting for close
  - **LAST ACK** have received FIN and close, awaiting final ACK
  - **CLOSED** closed
  - **FIN WAIT 1** have closed, sent FIN
  - **CLOSING** closed, exchanged FIN, awaiting final ACK
  - **FIN WAIT 2** have closed, FIN is acknowledged, awaiting FIN
  - **TIME WAIT** in 2MSL (MSL=30secs-2mins) wait after close
  - **CLOSED** closed

States involved in establishing a connection

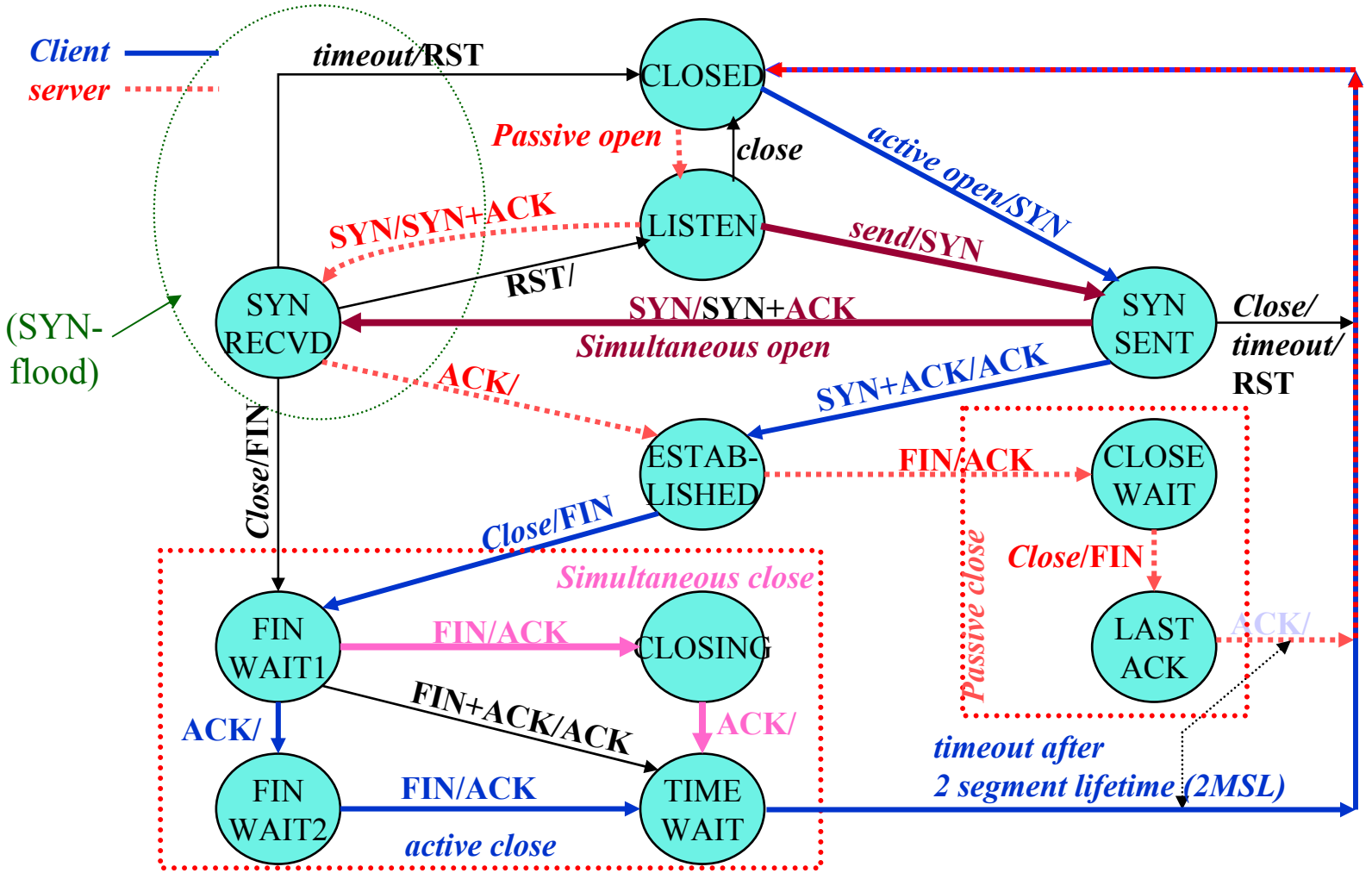
States involved when remote end initiates shutdown

States involved when local end initiates shutdown

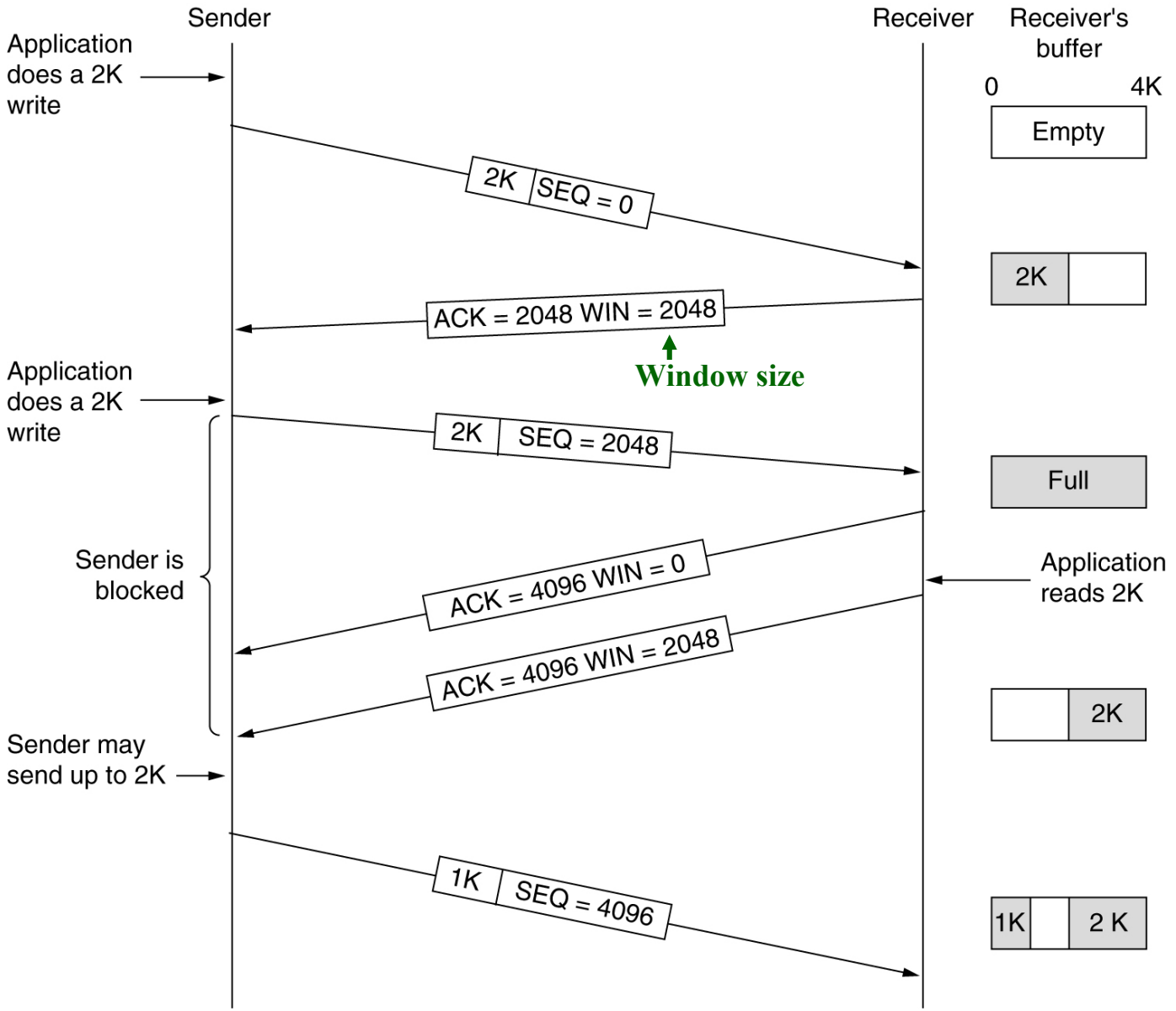
TCP Control segments

- **SYN = connection**
- **ACK = acknowledge**
- **FIN = end**
- **RST = error**

TCP Finite State Machine



TCP Transmission Policy: Window management



TCP timers

- **Retransmission – set this timer when sending segment. When timer goes off retransmit segment.**
- **Persistence – set this timer when sender receives zero window size. When timer goes off sender sends probe segment.**
- **Keep alive – set this timer when sender sends segment or receiver receives segment. When timer goes off send probe.**
- **TIMED WAIT – set this timer when closing connection. When timer goes off remove connection record.**

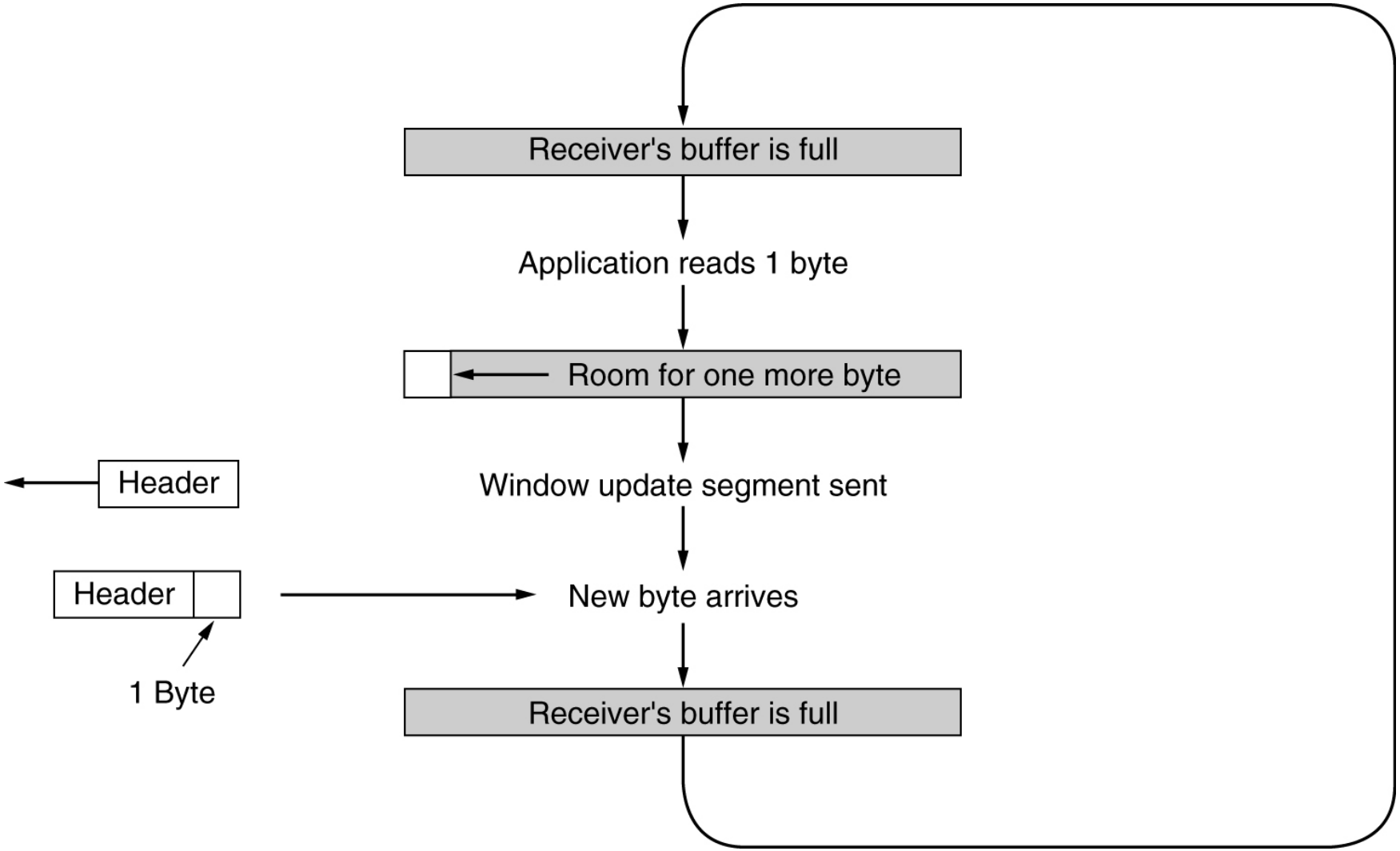
TCP Transmission Policy: Nagle algoritmus

- Ha a küldő egy byte-onként kapja a küldendő adatokat, elküldi az első byte-ot és küldés nélkül gyűjti a többi byte-ot, míg az elsőnek a nyugtája vissza nem érkezik és akkor küldi el az egészet egyben.
- Majd mindig megvárja az összes nyugtát mielőtt az újabb egységet küldené
- Csökkenti a sok kis (egy byte) csomag küldéséből adódó veszteséget (pl. telnet)

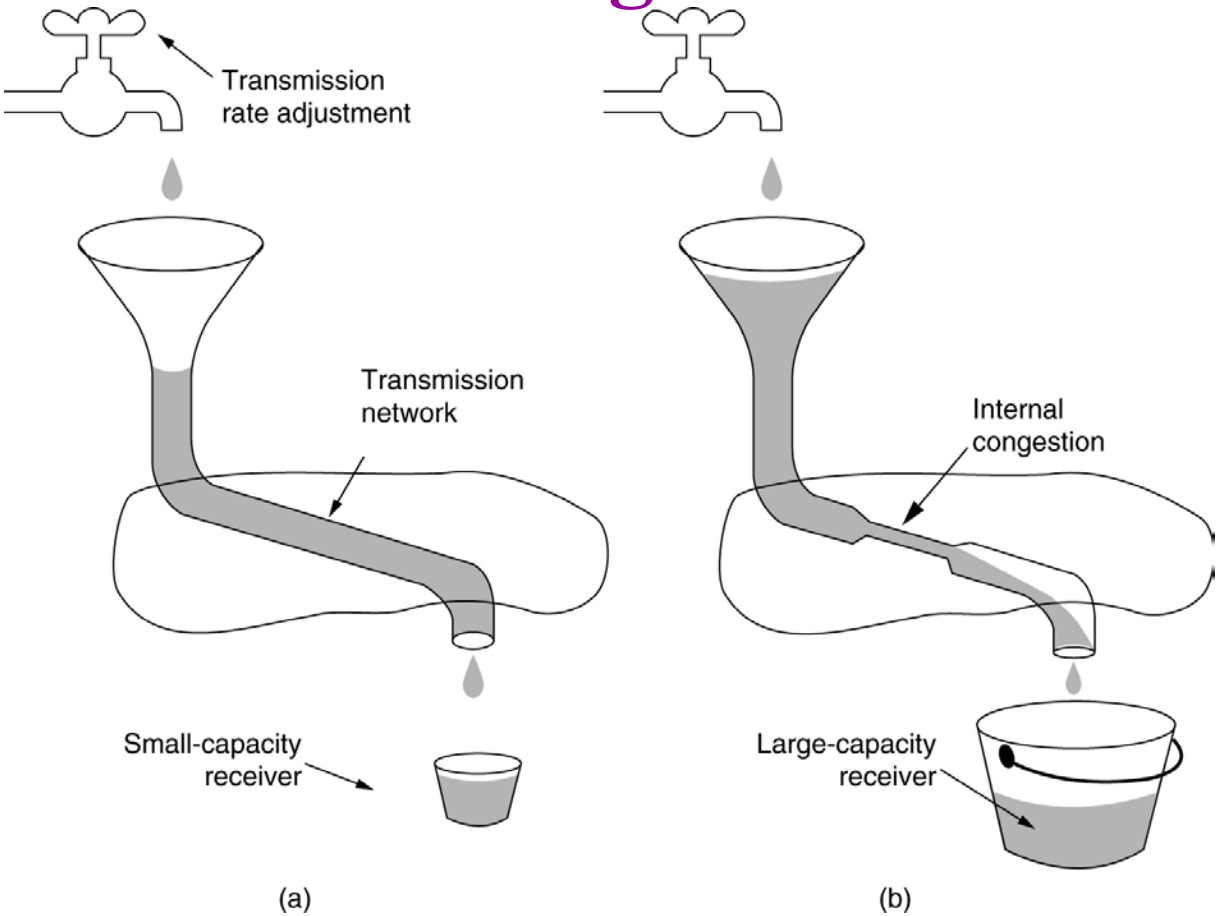
TCP Transmission Policy: Silly Window syndrome

- **Akkor történik, ha az adatok nagy blokkokban érkeznek, de a interaktív alkalmazás csak egy byte-onként olvassa azokat.**
- **A vevőnek csak akkor kell új vevőablak méretet küldenie, ha már van elég helye (MTU or half buffer), nem pedig byte-onként.**

TCP Transmission Policy: Silly Window syndrome



TCP Congestion Control



(a) A gyors hálózat alacsony kapacitású fogyasztót táplál.

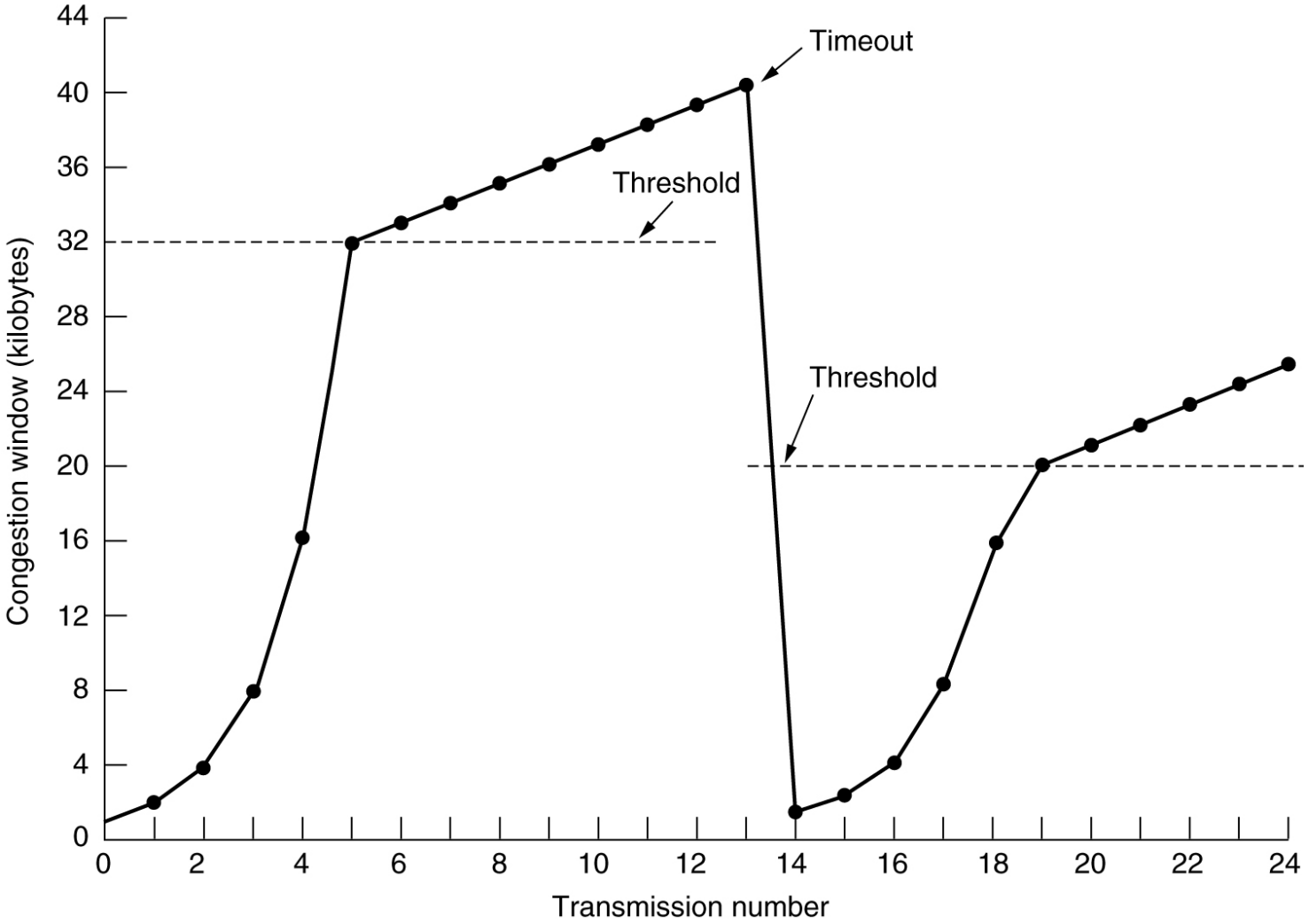
(b) A lassú hálózat nagy kapacitású fogyasztót táplál.

Két ablak adat az adóban: min (vevő ablak, torlódási ablak)

Congestion Control

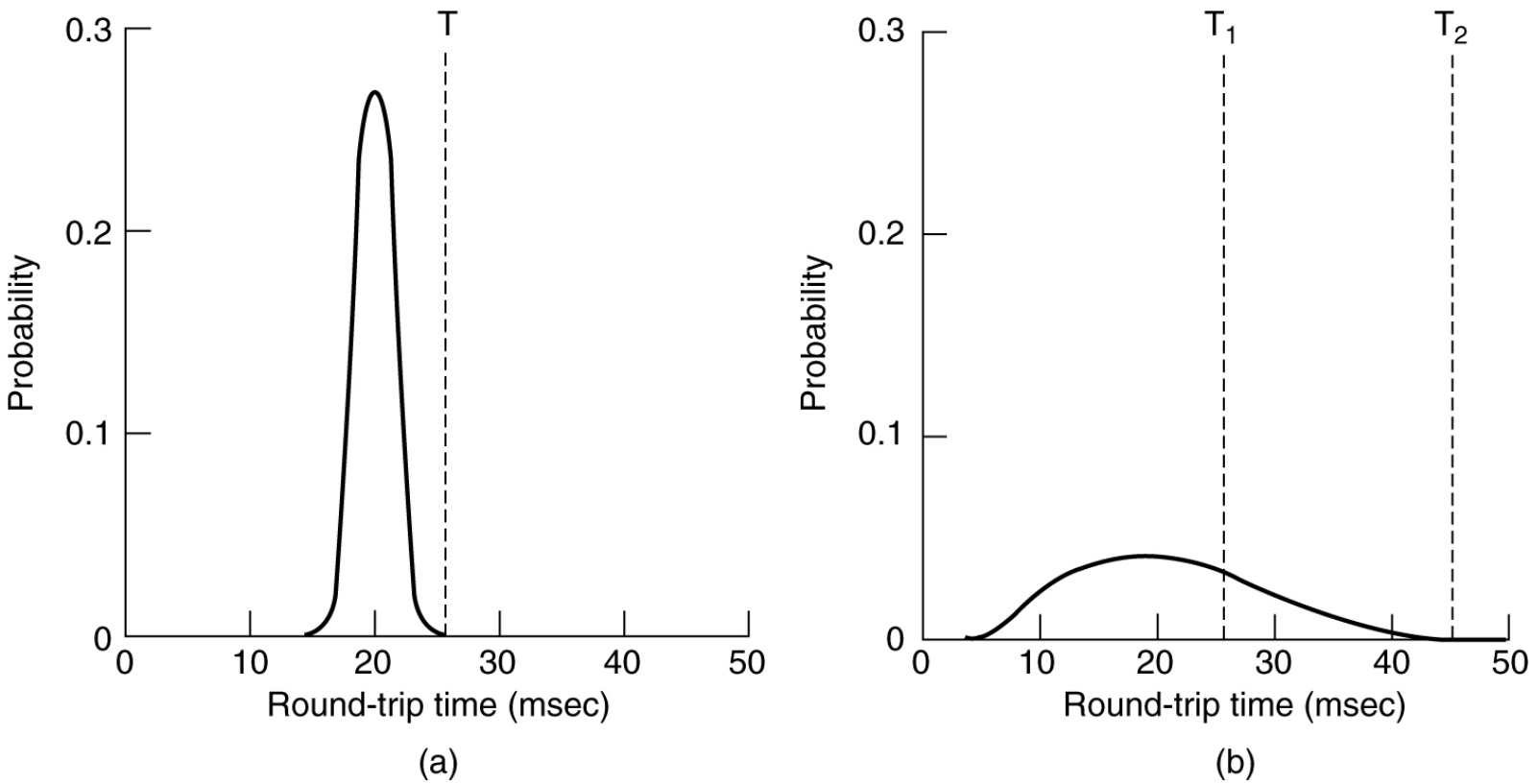
- **Slow start - Jacobson**
  - **torlódási ablak = 1 MTU – val indul**
  - **Ha nyugtázzák, megduplázza a méretét**
  - **Folytatja**
  - **Exponenciálisan nő a mérete – a torlódási küszöbig**
- **Torlódási küszöb (threshold) – initially 64 KB**
  - **Időtúllépés esetén a torlódási küszöböt az aktuális torlódási ablak felére állítja, majd**
  - **újból „Slow start”,**
  - **de úgy, hogy csak a torlódási küszöbig exponenciális,**
  - **azt elérve sikeresség esetén is csak lineárisan nő**
  - **maximuma a vevő ablakméret (csak addig nőhet)**
  - **Az ICMP forrás folytatást = időtúllépésként értelmezi**

TCP Congestion Control



An example of the Internet congestion algorithm.

TCP Timer Management



(a) Probability density of ACK arrival times in the data link layer.

(b) Probability density of ACK arrival times for TCP.

Jacobson

- RTT = round trip time
- RTT = α RTT + (1- α)M, ahol M a legutóbbi ack time
- Tipikusan α = 7/8
- Time out = βRTT
  ahol eleinte β=2, majd β a nyugta beérkezés sűrűségfüggvényének szórásával arányos
- A szórás becslése csúszóátlagolással:
  D = α D + (1- α)| RTT – M|,
- Timeout = RTT + 4 D
- Karn: IP over radio
  - Ne frissítsők az RTT-t az újraküldött szegmensekkel
  - Duplázzuk a timeout-ot minden hiba esetén