



Počítačové a komunikačné siete

TCP
Transmission Control Protocol

Prednáška 5

Opakovanie minulej prednášky

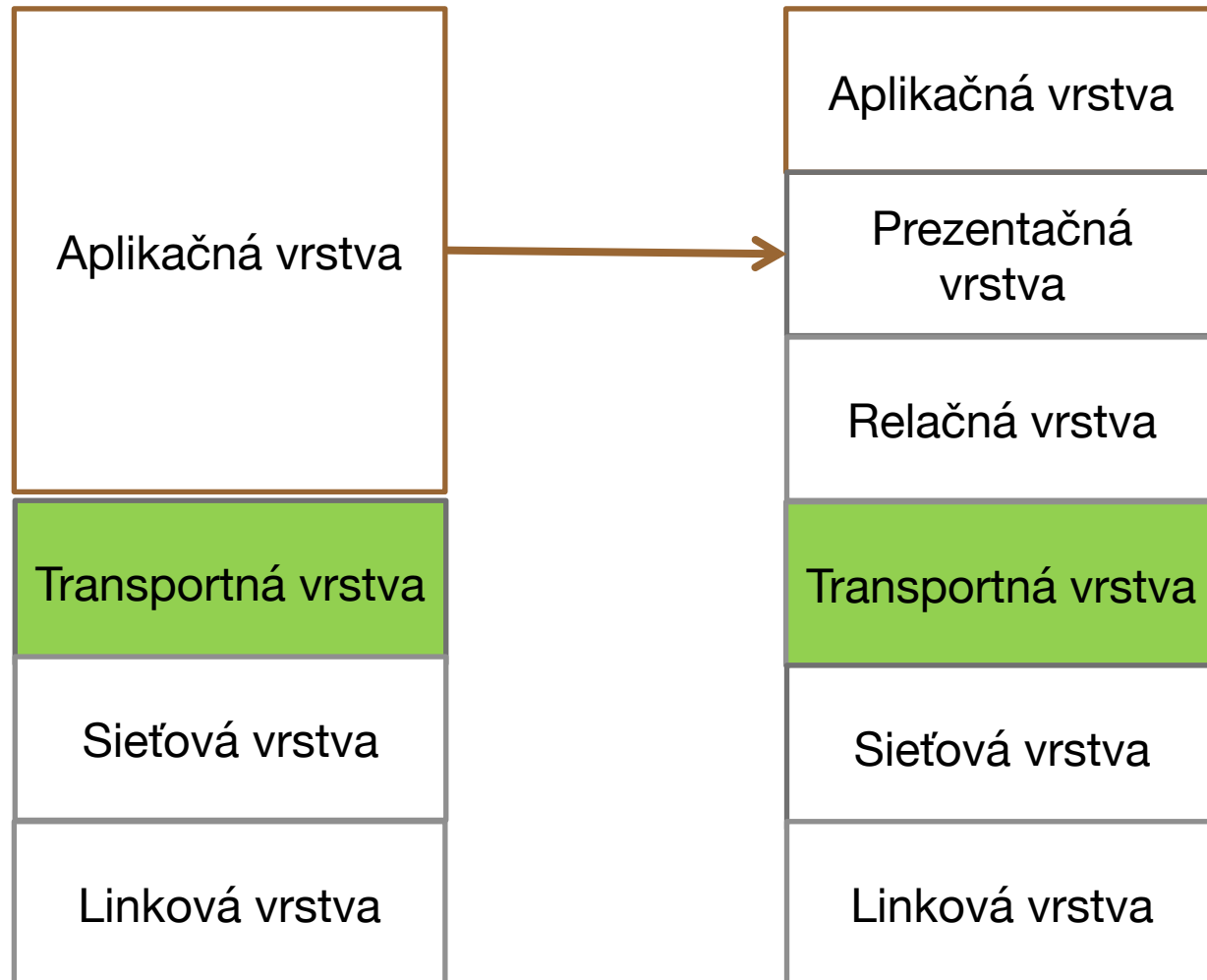
- » Siet'ová vrstva:
 - IP
 - ARP, ICMP
- » Transportná vrstva – prenos cez sieť
 - UDP – využíva sa na zadaní

Čo nás čaká na prednáške

» TCP

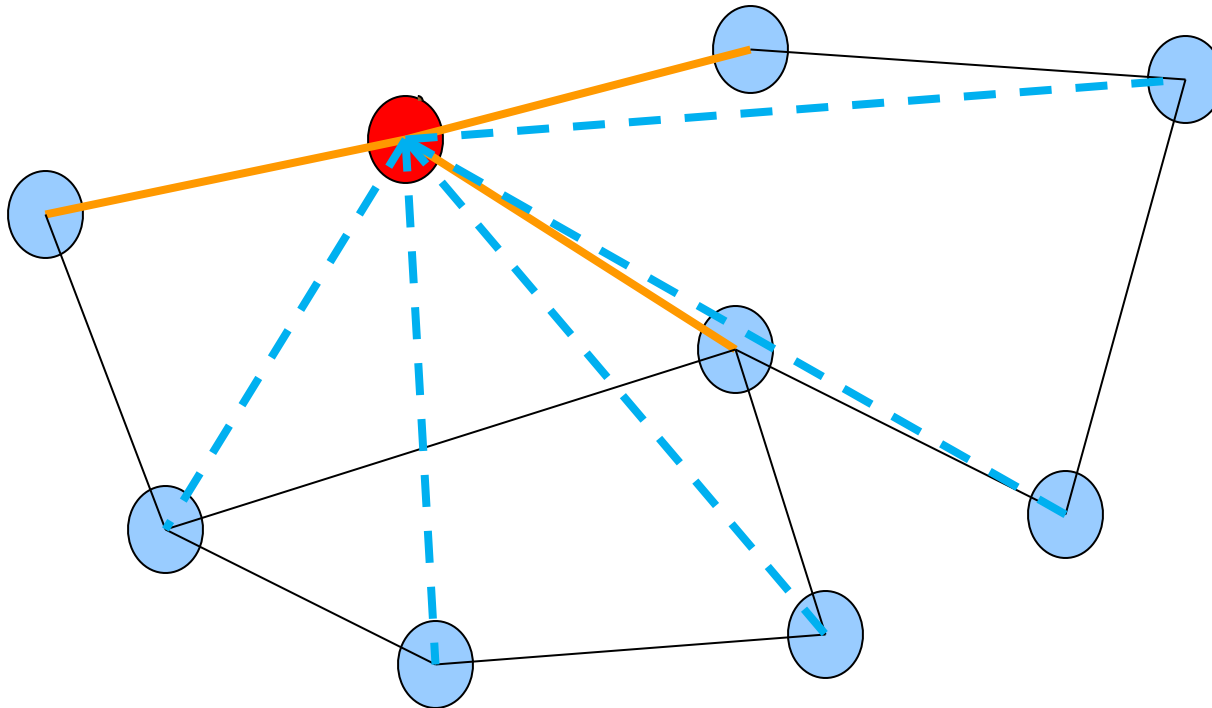
- Riadenie toku (pomalé / rýchle linky)
- Potvrdzovanie dát (ACK, NACK)
- Ukončenie spojenia
- Znovuodoslanie dát

Transportná vrstva



Pohľad vrstiev na topológiu siete

Transportná vrstva

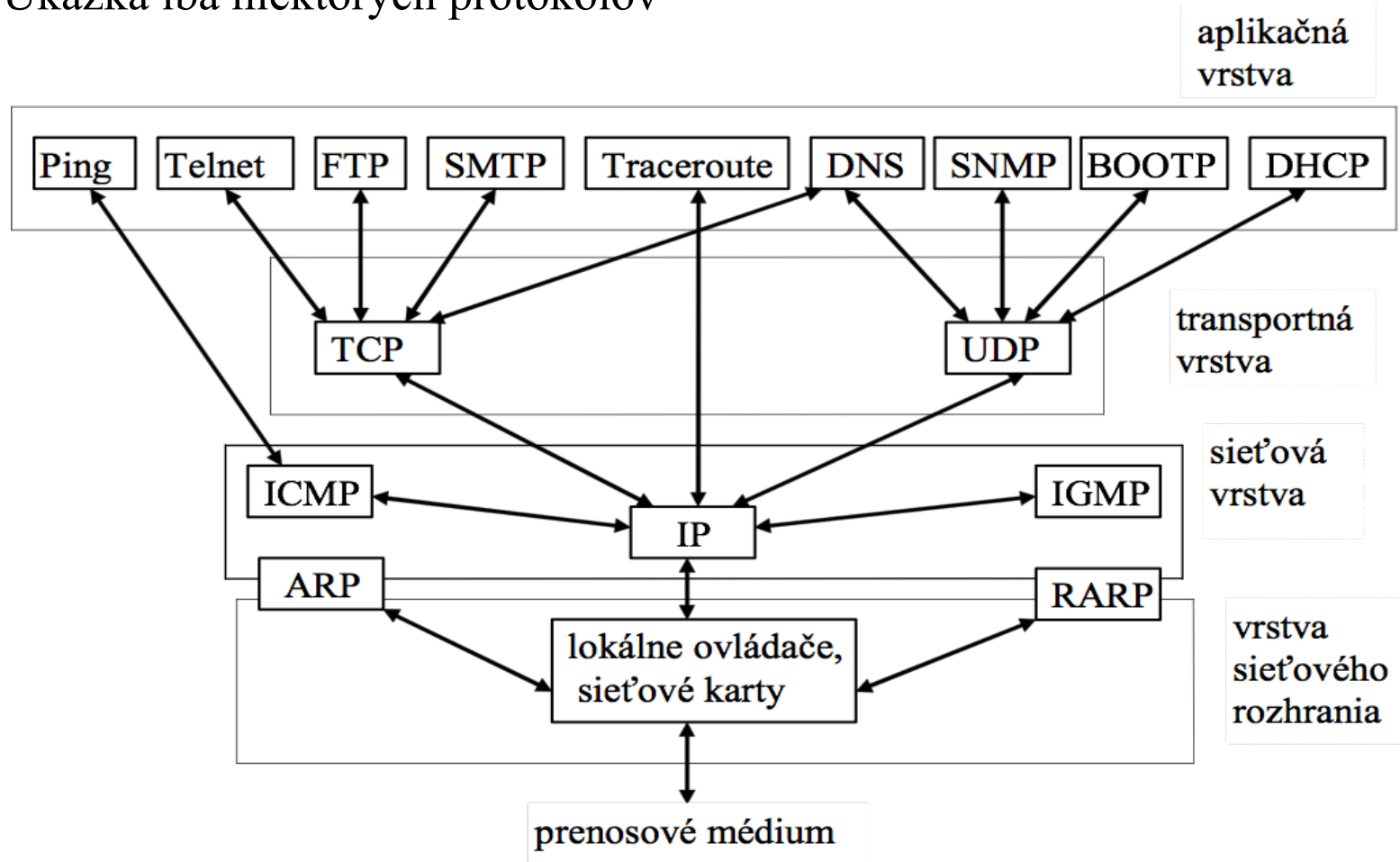


Transportná vrstva RM OSI

- » poskytovateľ (relačnej vrstve) a žiadateľ služby (od sieťovej vrstvy)
- » služby so spojením a bez spojenia, s potvrdením a bez potvrdenia
- » multiplexovanie spojov

Protokolový zásobník TCP/IP

Ukážka iba niektorých protokolov



Transportná vrstva TCP/IP

TCP (Transmission Control Protocol)

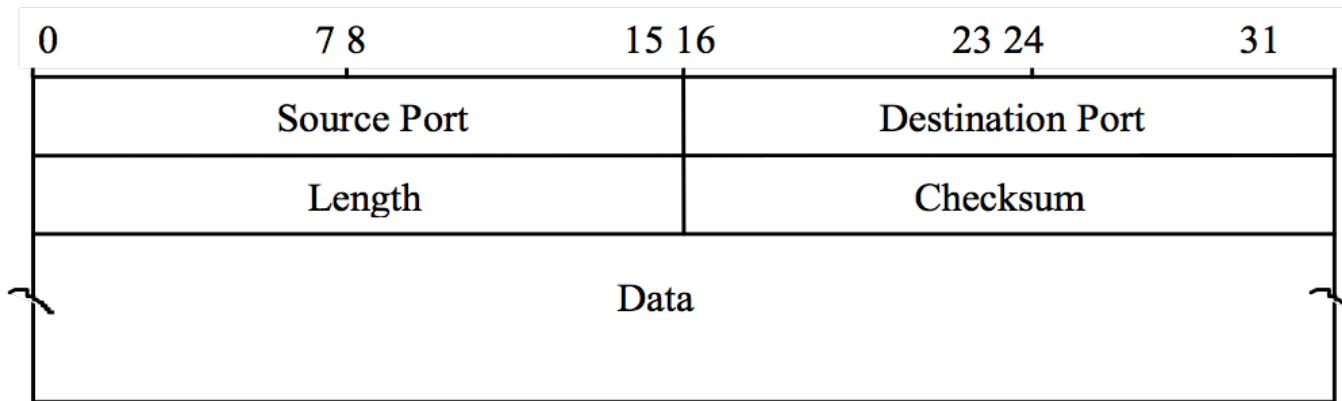
- služby so spojením, s potvrdením
- TCP ~ protokol triedy TP4
- prenos dát = prenos prúdu bajtov - segmenty
- multiplexovanie a demultiplexovanie

UDP (User Datagram Protocol)

- služby bez spojenia, bez potvrdenia
- blokový prenos dát - datagramy
- multiplexovanie a demultiplexovanie

~~DCCP (Datagram Congestion Control Protocol)~~

UDP datagram

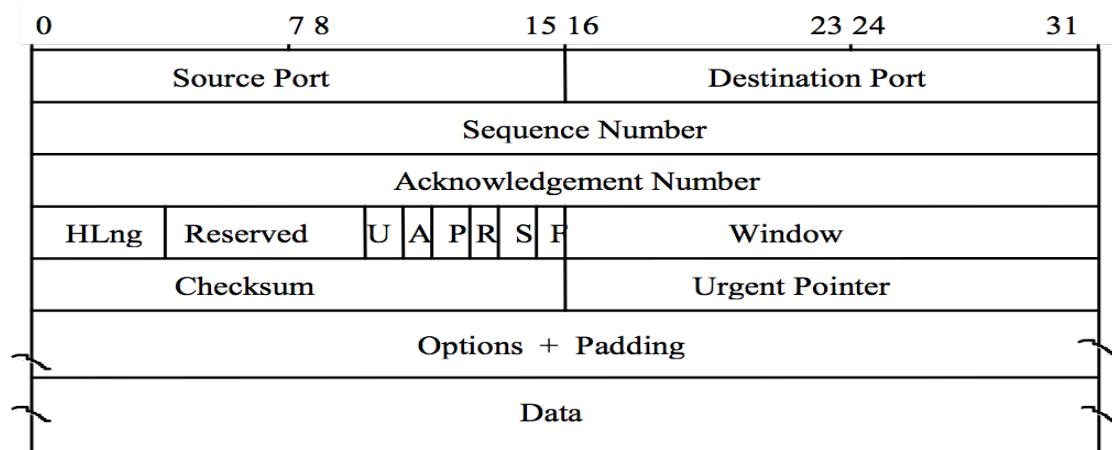


Stručný úvod do TCP

- » protokol so spojením, s potvrdením, spoľahlivý prenos
- » prenos dát – prúd bajtov, počet vyslaných bajtov aplikáciou a TCP entitou môže byť rôzny
- » vyrovnávacie pamäte – segmentácia prúdu bajtov
- » TCP spojenie – plný duplex, dvojbodové

Protokol TCP

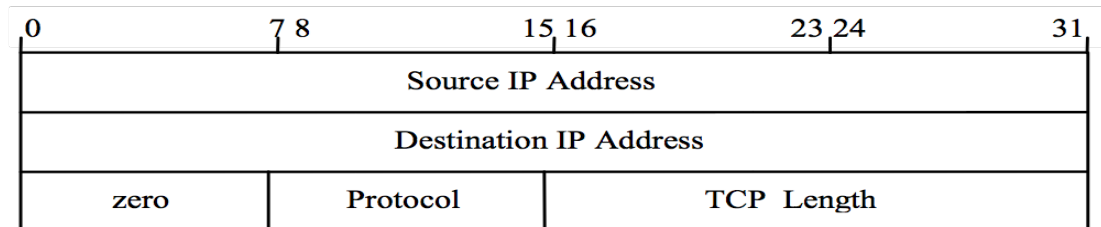
TCP segment



pseudohlavička

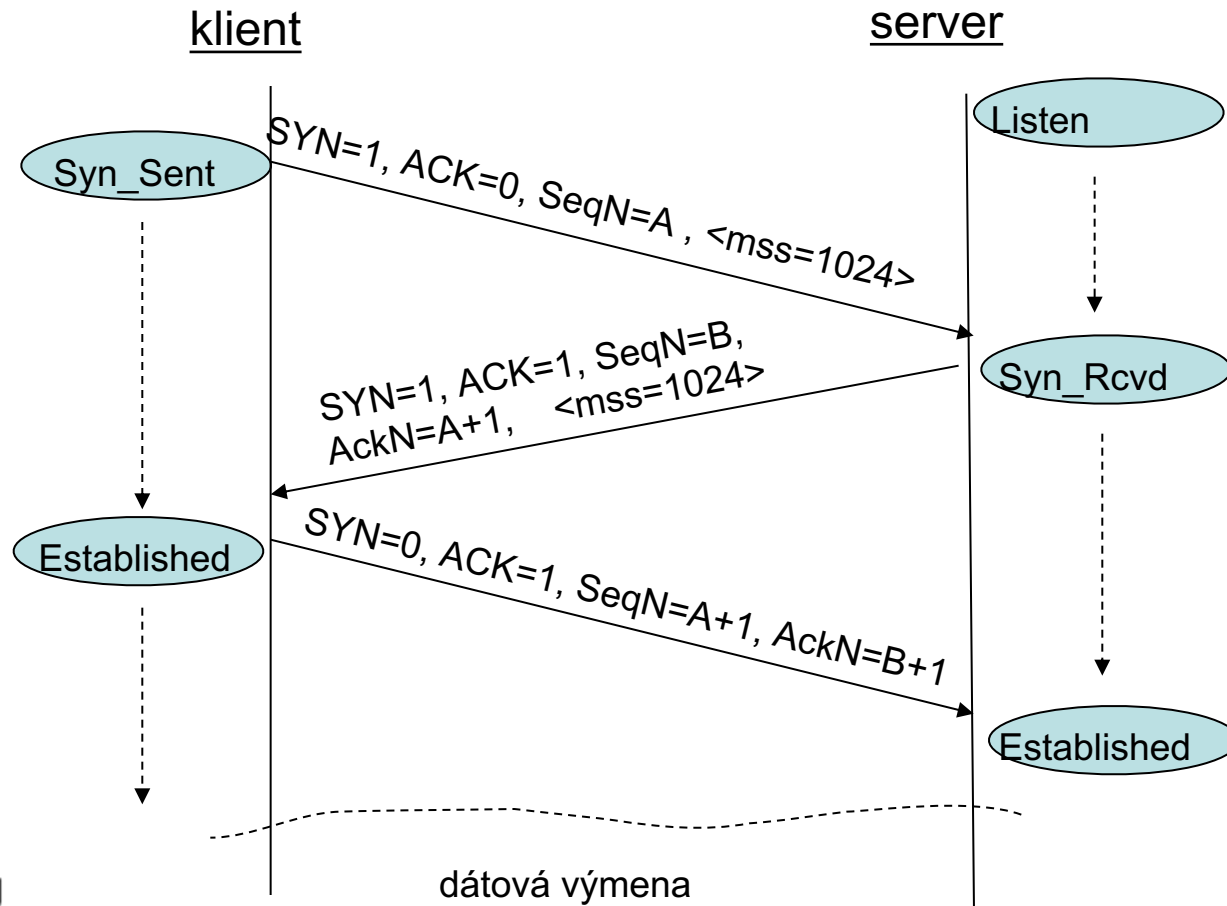
Niektoré voliteľné položky
(options):

kind	length	význam
2	4	MSS
3	3	zváženie okna
4	2	povolenie SACK
5	prem.	SACK



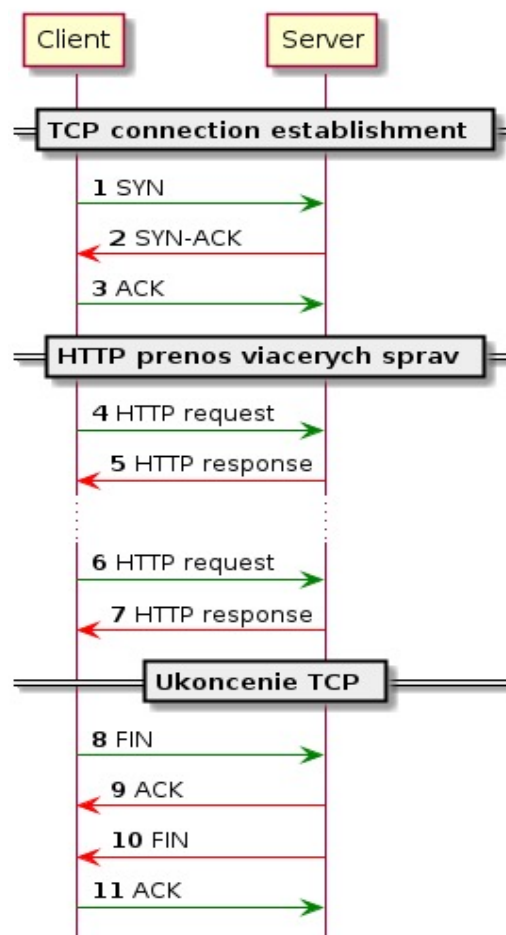
Nadviazanie spojenia

- » Three way handshake
- » Kde sa SYN a ACK vlastne nachádzajú?



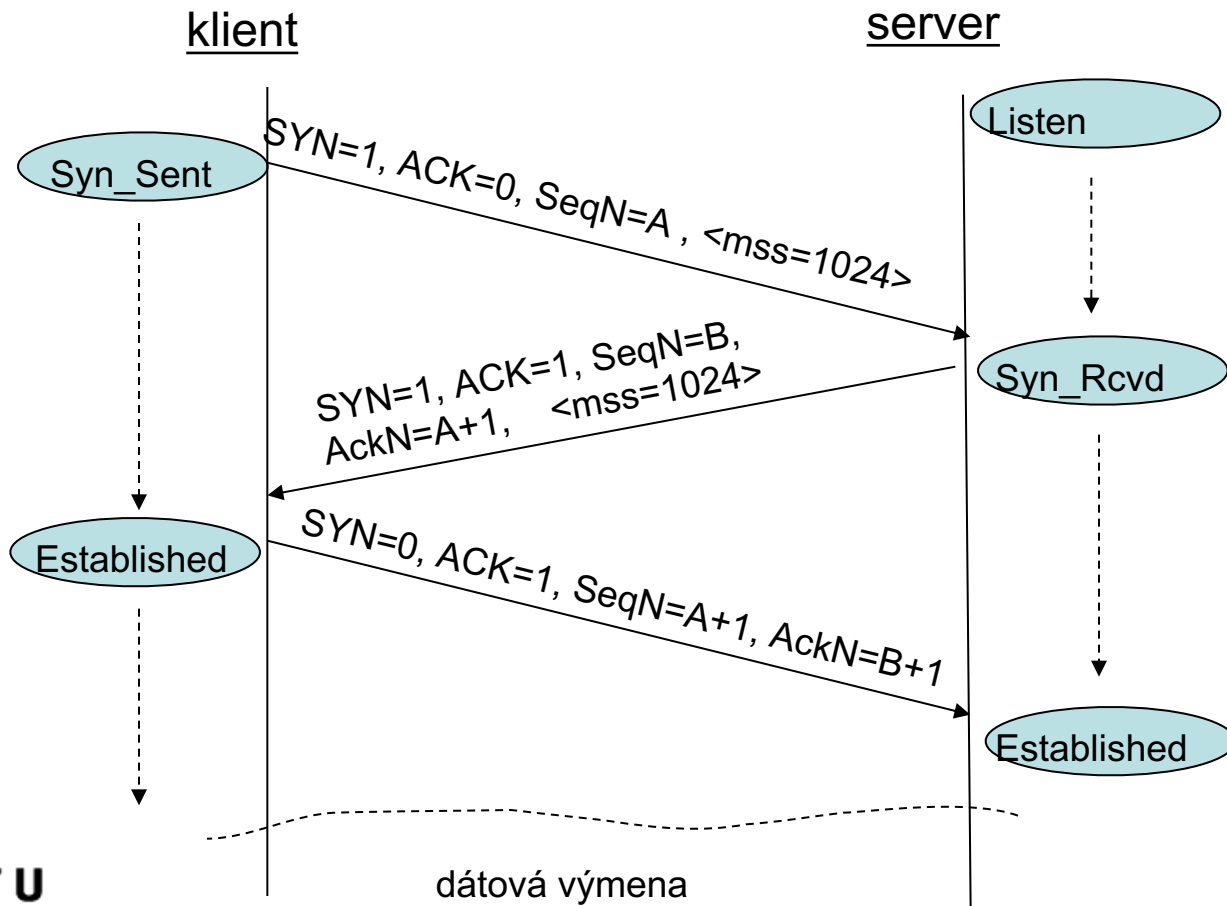
Zriadenia TCP spojenia a HTTP prenos

HTTP 1.1 tok sprav
Keepalive/persistent



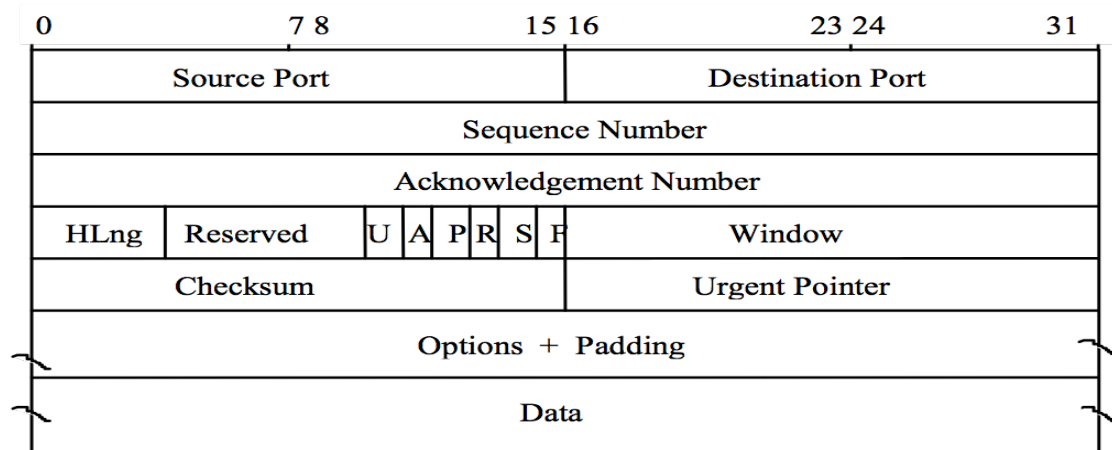
Protokol TCP – zriadenie spojenia

- Kde sa SYN a ACK vlastne nechádzajú a načo mi sú?



Protokol TCP

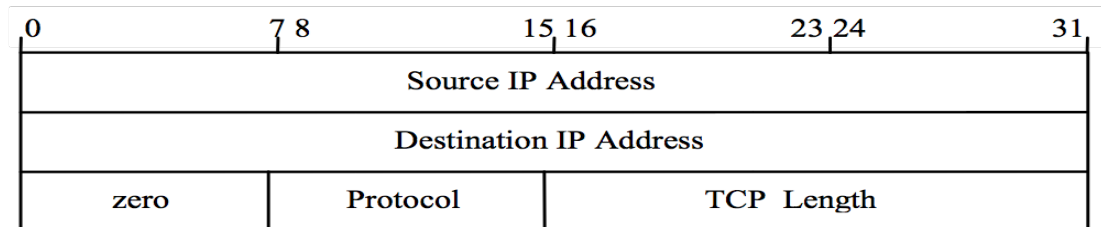
TCP segment



pseudohlavička

Niektoré voliteľné položky
(options):

kind	length	význam
2	4	MSS
3	3	zváženie okna
4	2	povolenie SACK
5	prem.	SACK



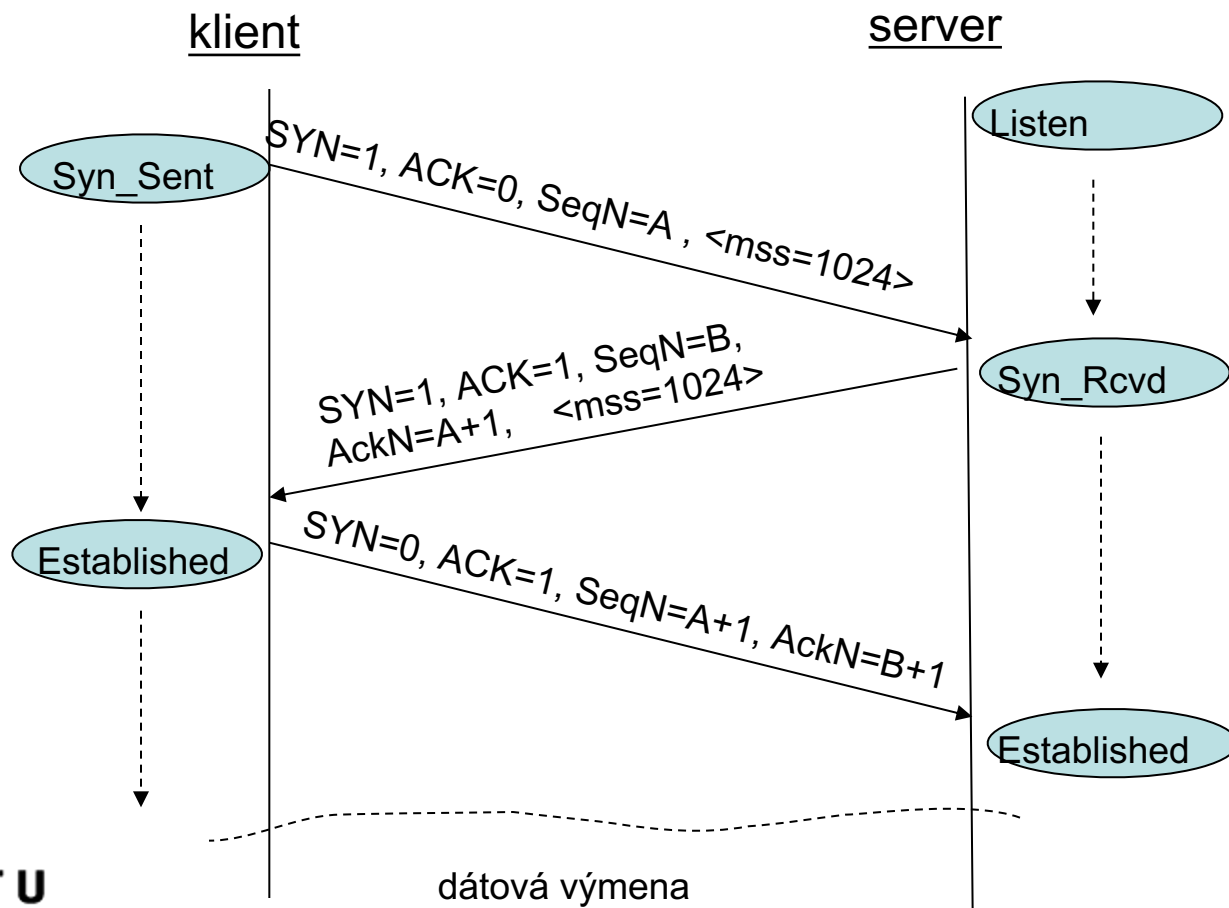
Protokol TCP – časovače

- zriadenie spojenia (connection establishment timer)
- oneskorenie ACK (delayed ACK timer)
- testovanie nulového okna (persistence timer)
- opakovanie prenosu (retransmission timer)
- Fin_Wait_2 časovač
- Time_Wait časovač (2MSL timer)
- *test živosti spojenia (keepalive timer)*

Protokol TCP – časovače

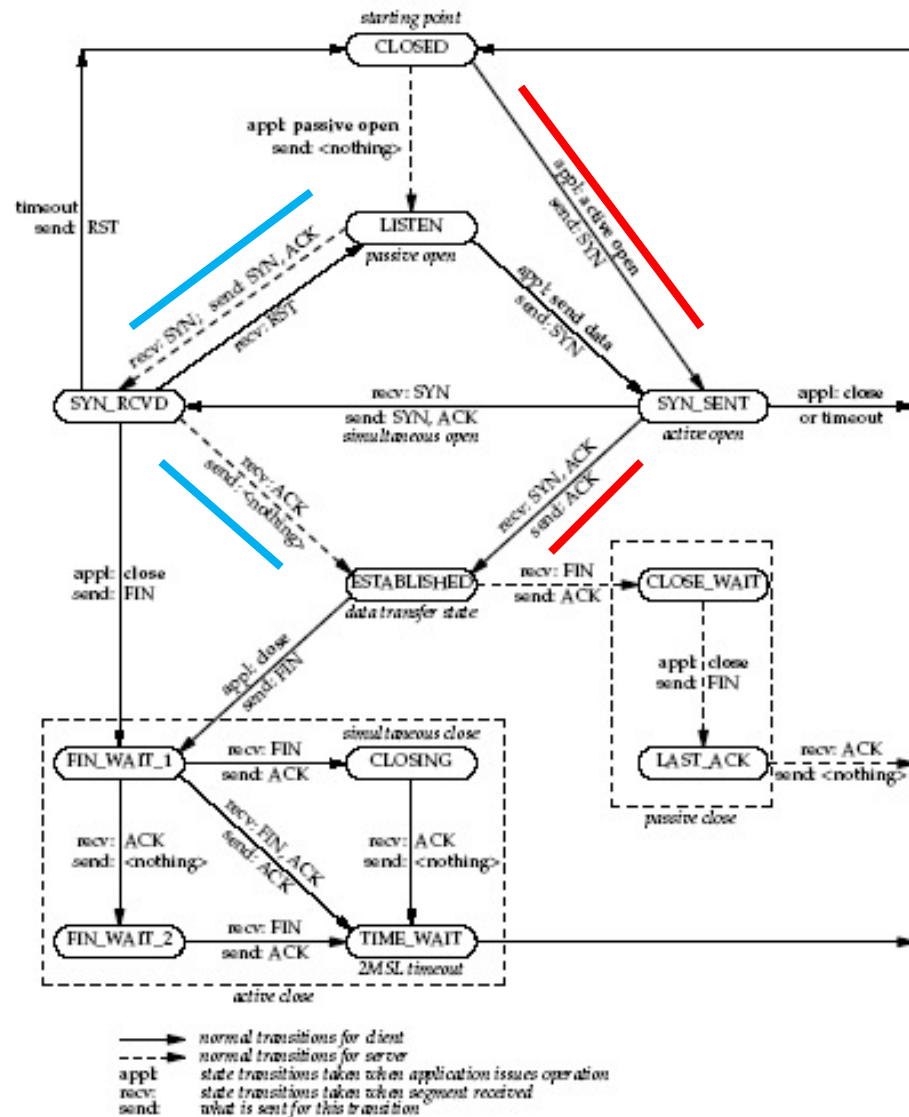
- **zriadenie spojenia (connection establishment timer)**
- oneskorenie ACK (delayed ACK timer)
- testovanie nulového okna (persistence timer)
- opakovanie prenosu (retransmission timer)
- Fin_Wait_2 časovač
- Time_Wait časovač (2MSL timer)
- *test živosti spojenia (keepalive timer)*

Protokol TCP – zriadenie spojenia



Protokol TCP – časovače

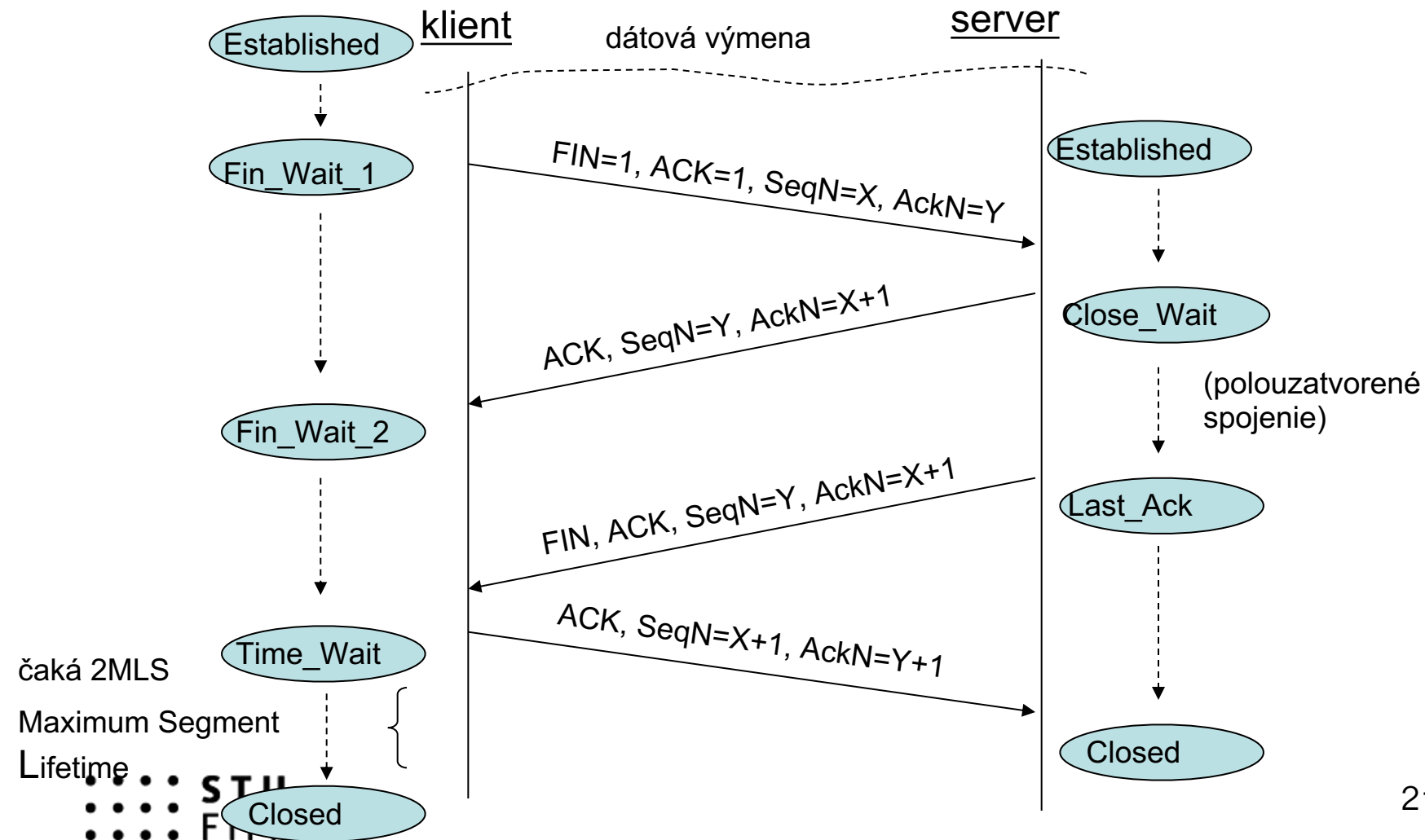
- zriadenie spojenia (connection establishment timer)
- oneskorenie ACK (delayed ACK timer)
- testovanie nulového okna (persistence timer)
- opakovanie prenosu (retransmission timer)
- **Fin_Wait_2 časovač**
- **Time_Wait časovač (2MSL timer)**
- *test živosti spojenia (keepalive timer)*



TCP state transition diagram.

Protokol TCP – ukončenie spojenia

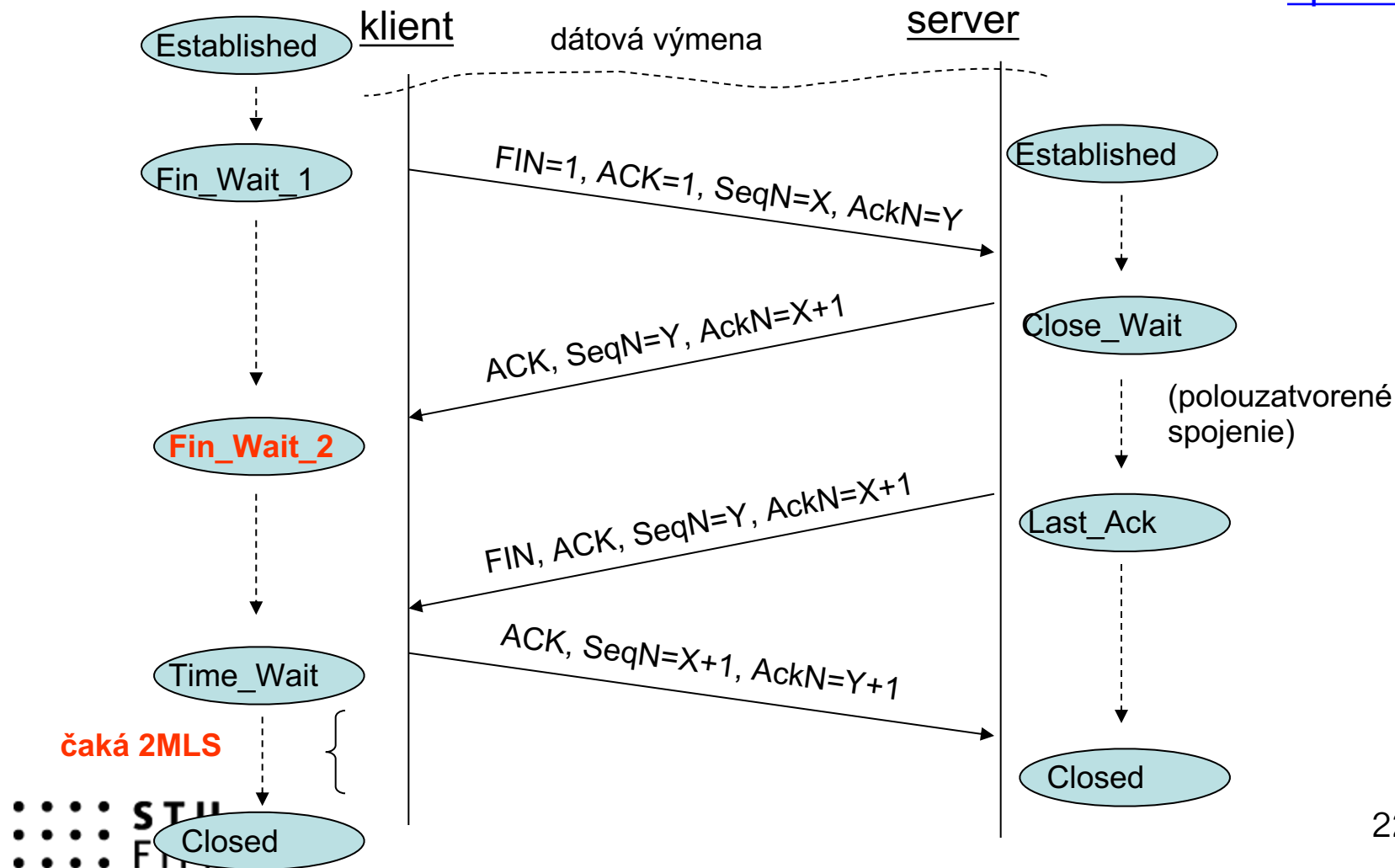
- výmena štyroch segmentov



Protokol TCP – ukončenie spojenia

- výmena štyroch segmentov

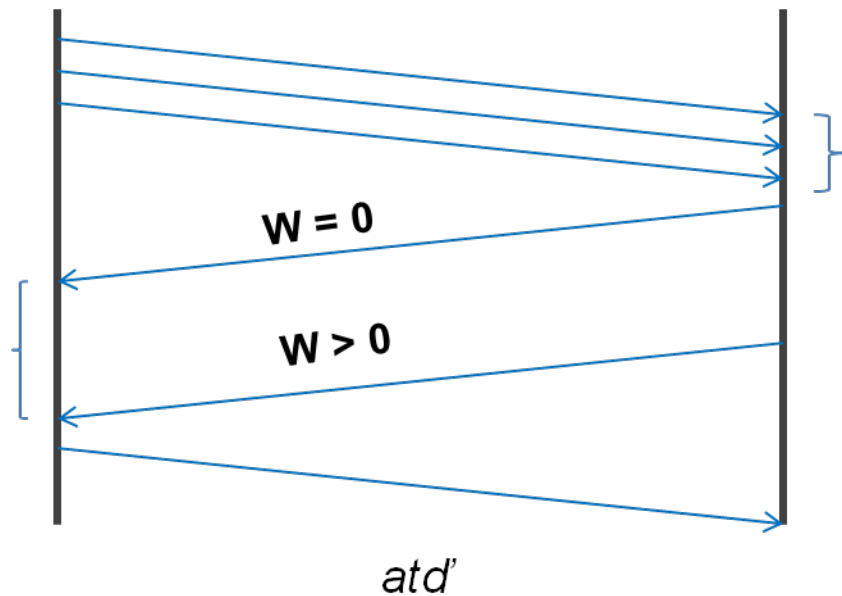
ftp111.pcap



Protokol TCP – časovače

- zriadenie spojenia (connection establishment timer)
- **oneskorenie ACK (delayed ACK timer)**
- testovanie nulového okna (persistence timer)
- opakovanie prenosu (retransmission timer)
- Fin_Wait_2 časovač
- Time_Wait časovač (2MSL timer)
- *test živosti spojenia (keepalive timer)*

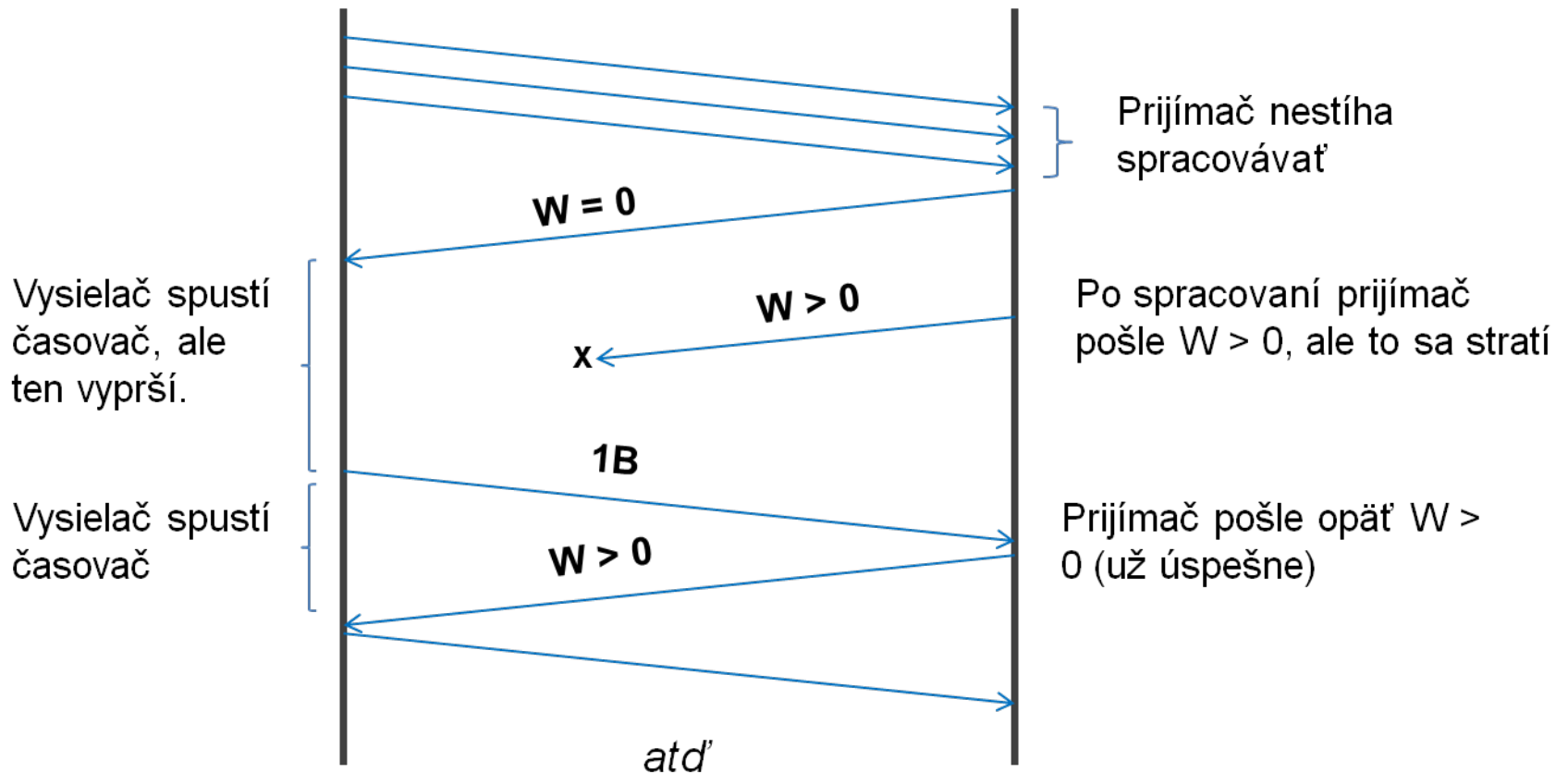
Vysielač spustí
časovač



Prijímač nestíha
spracovávať

Po spracovaní prijímač
pošle $W > 0$

atd'

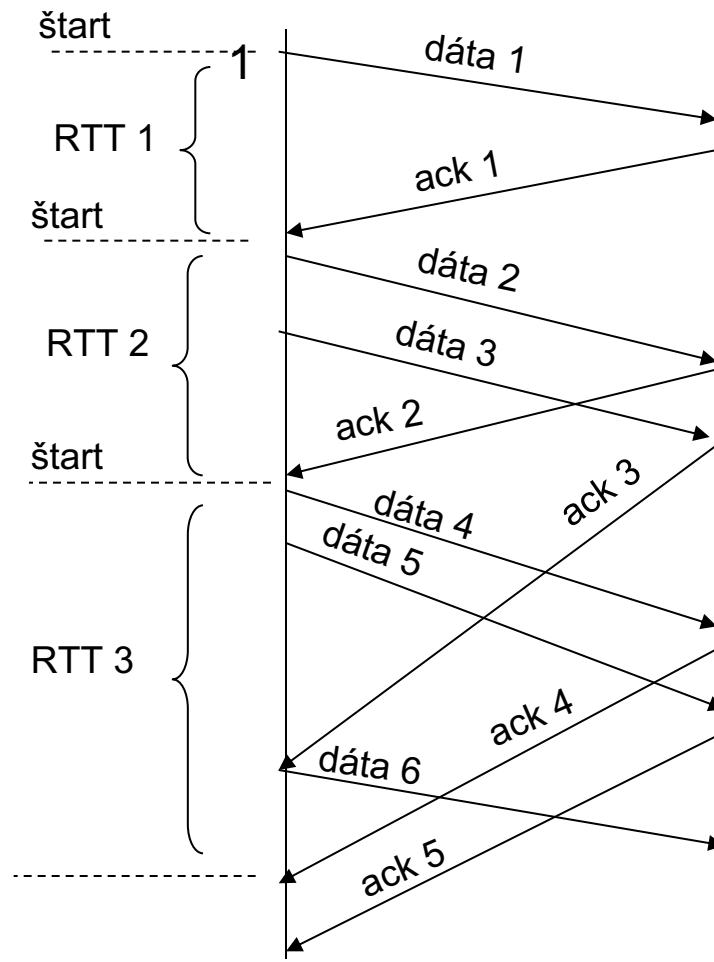


Protokol TCP – časovače

- zriadenie spojenia (connection establishment timer)
- oneskorenie ACK (delayed ACK timer)
- testovanie nulového okna (persistence timer)
- **opakovanie prenosu (retransmission timer)**
- Fin_Wait_2 časovač
- Time_Wait časovač (2MSL timer)
- *test živosti spojenia (keepalive timer)*

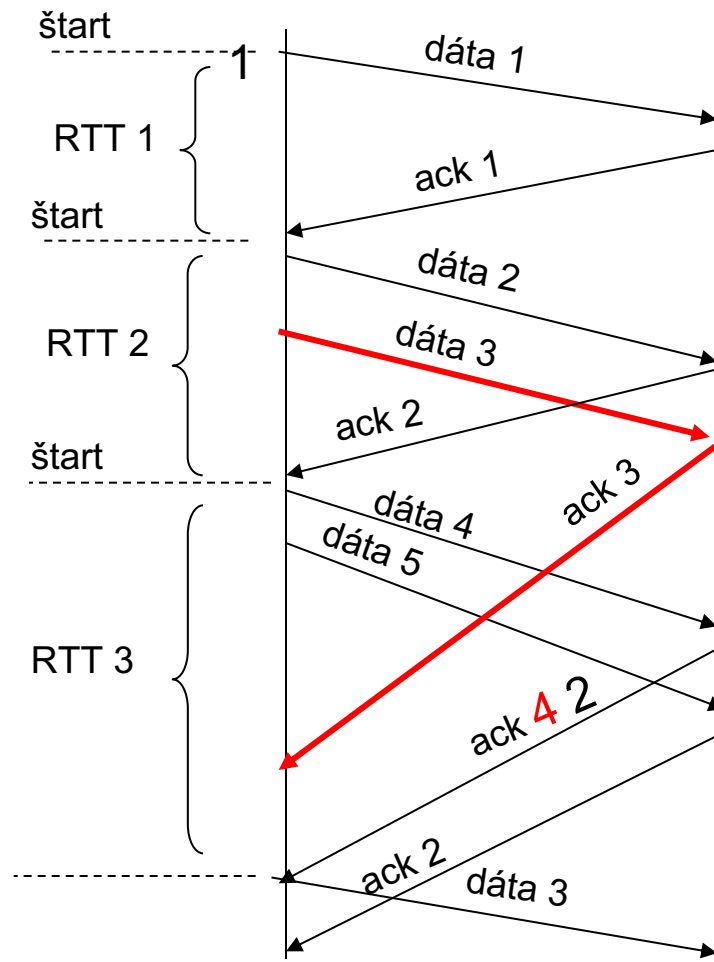
Protokol TCP – opakovanie prenosu dát

- meranie RTT (Round-Trip Time)
- nastavenie časovača opakovania prenosu - RTO (retransmission timeout)
- $RTO = f(RTT)$
- $RTT = f(RTT, M^{RTT})$
 M^{RTT} - merané RTT



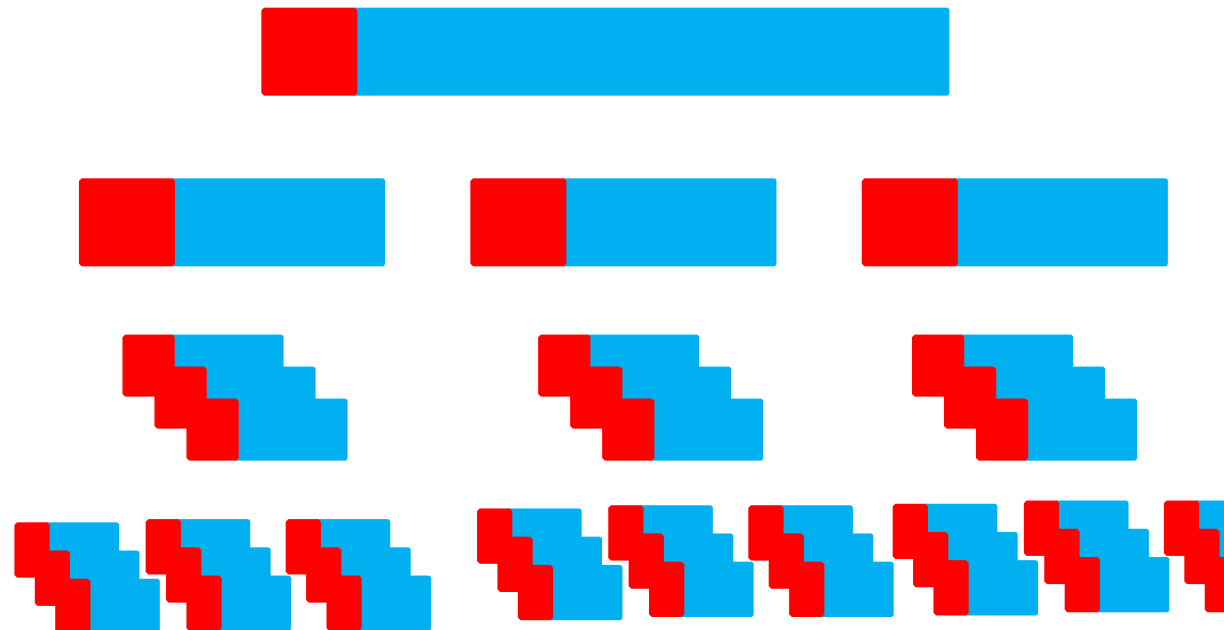
Protokol TCP – opakovanie prenosu dát

- meranie RTT (Round-Trip Time)
- nastavenie časovača opakovania prenosu - RTO (retransmission timeout)
- $RTO = f(RTT)$
- $RTT = f(RTT, M^{RTT})$
 M^{RTT} - merané RTT



Vnáranie stránky do paketov

Aplikácia (Web)
Aplikačná vrstva (HTTP)
Transportná vrstva (TCP)
Sieťová vrstva (IP)
Linková vrstva (Ethernet/WiFi)



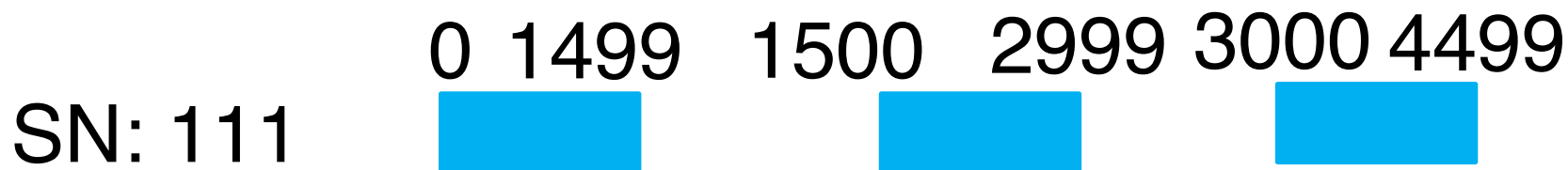
Číslo segmentu, číslo potvrdenia

Aplikácia (Web)
Aplikačná vrstva (HTTP)
Transportná vrstva (TCP)

0



4499



SN: 111

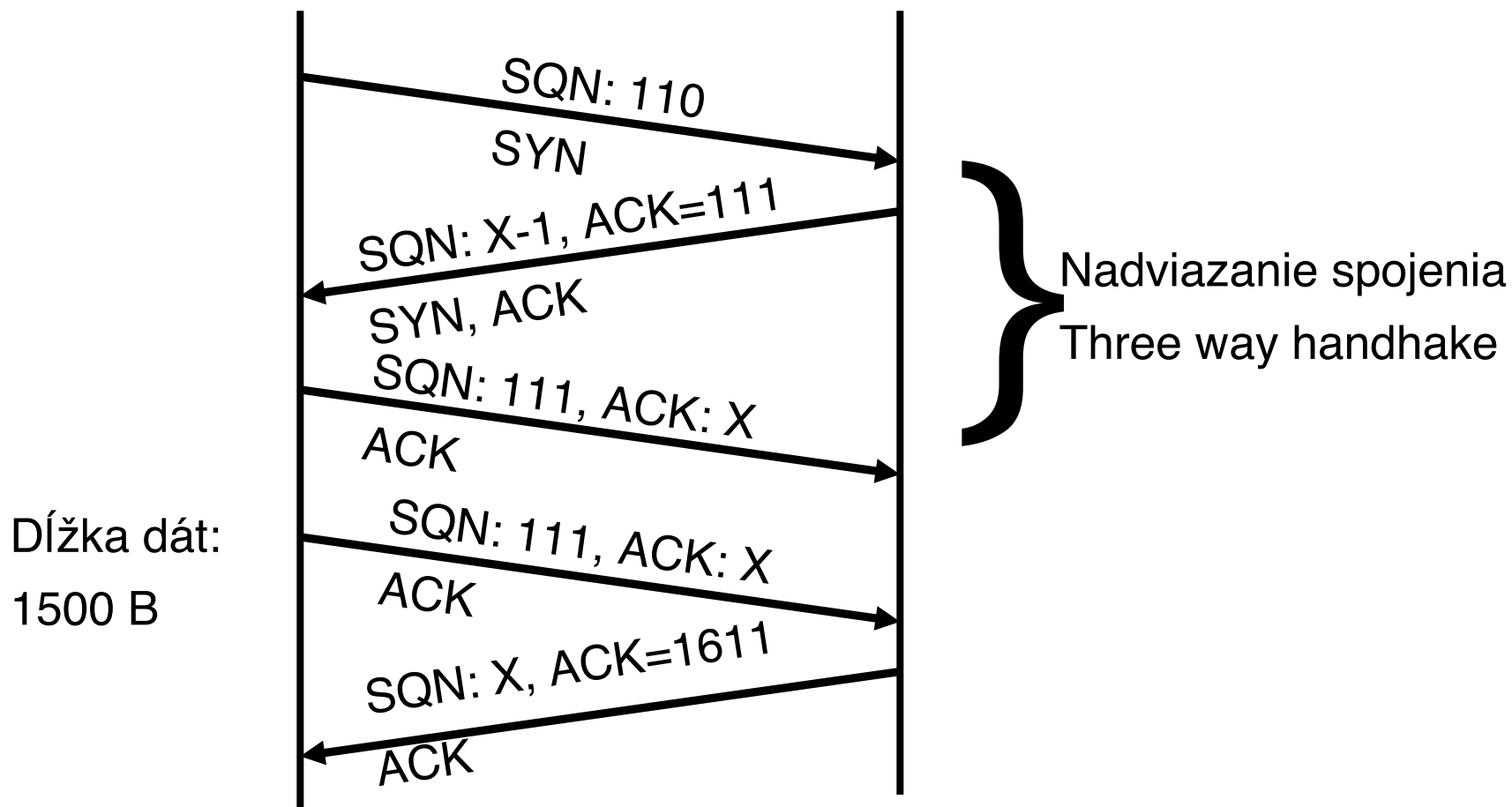
SN:1611

SN: 3111

ACK: 1611

ACK:3111. ACK:4611

Segment number, ACK number



Segment number, ACK number

Délka dat:

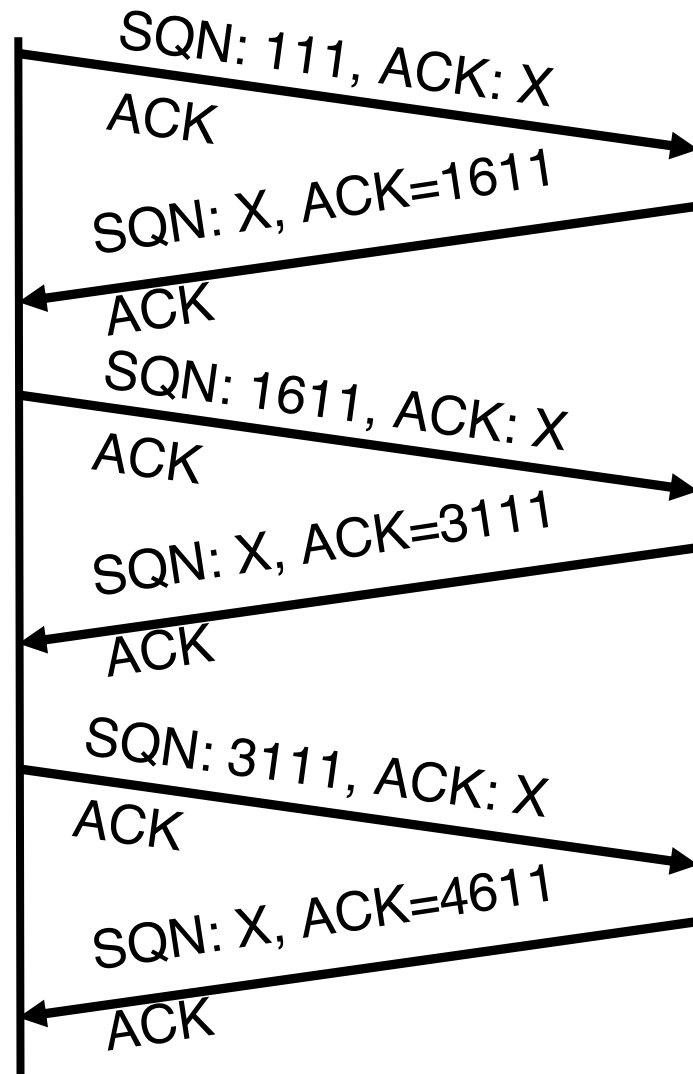
1500 B

Délka dat:

1500 B

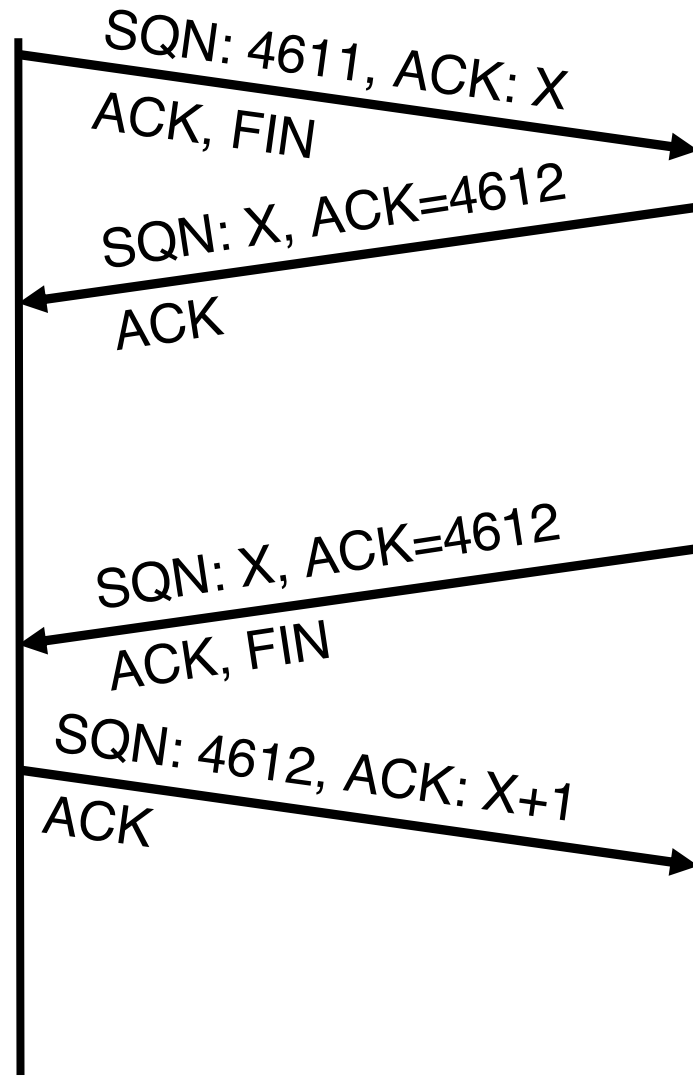
Délka dat:

1500 B



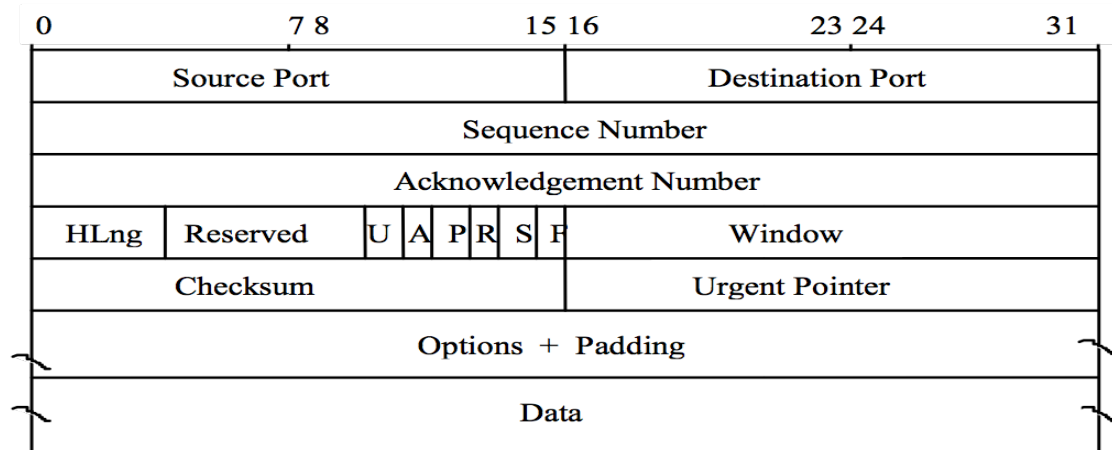
Opakovaná správa
z predchádzajúceho slajdu

Segment number, ACK number



Protokol TCP

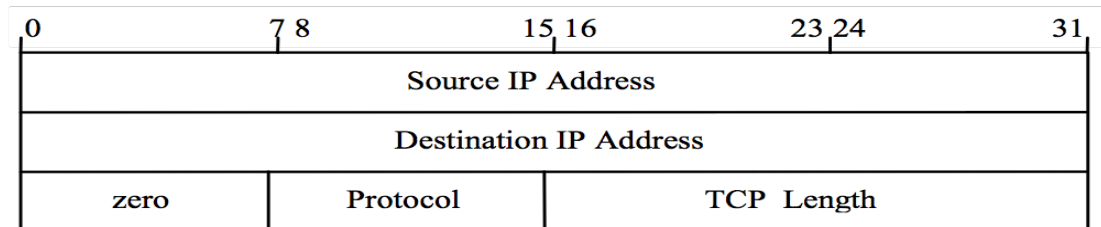
TCP segment



pseudohlavička

Niektoré voliteľné položky
(options):

kind	length	význam
2	4	MSS
3	3	zvážšenie okna
4	2	povolenie SACK
5	prem.	SACK



Riadenie toku dát a zahltenia /3

Príčiny zahltenia na rôznych vrstvách

linková vrstva

- potvrdzovanie
- riadenie toku
- správa vyrovnávacích pamätí prijímača

.....

sieťová vrstva

- správa vyrovnávacích pamätí
- zničenie paketov
- životnosť paketov
- smerovacie algoritmy

transportná vrstva

potvrdzovanie

správa vyrovnávacích pamätí

určovanie host-host oneskorenia

(„timeout_u“ cez sieť)

transportná
sieťová
spojová
fyzická

Zabezpečenie proti chybám /4

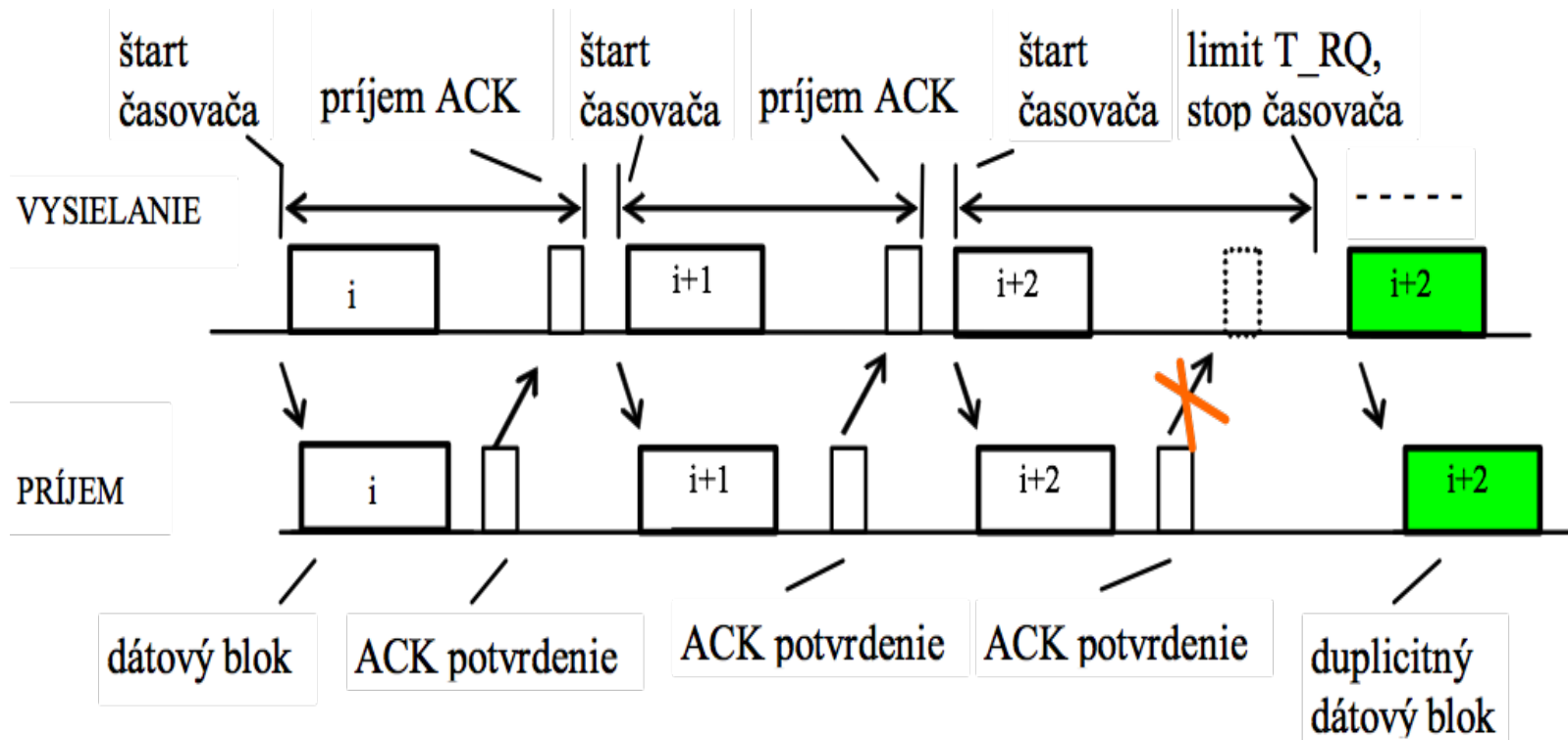
- spätnoväzobné ARQ metódy (Automatic Repeat reQuest)
 - typ potvrdenia
 - ACK \Rightarrow P-schéma
 - REJ (NAK) \Rightarrow N-schéma
 - ACK, REJ \Rightarrow A -schéma

Zabezpečenie proti chybám /5

- spätnoväzobné ARQ metódy
 - spôsob vysielania
 - bloková ARQ (block, idle)
 - kontinuálna ARQ (continual)
 - selektívna ARQ (selective)
 - s návratom ARQ (go-back-N)

Zabezpečenie proti chybám /6

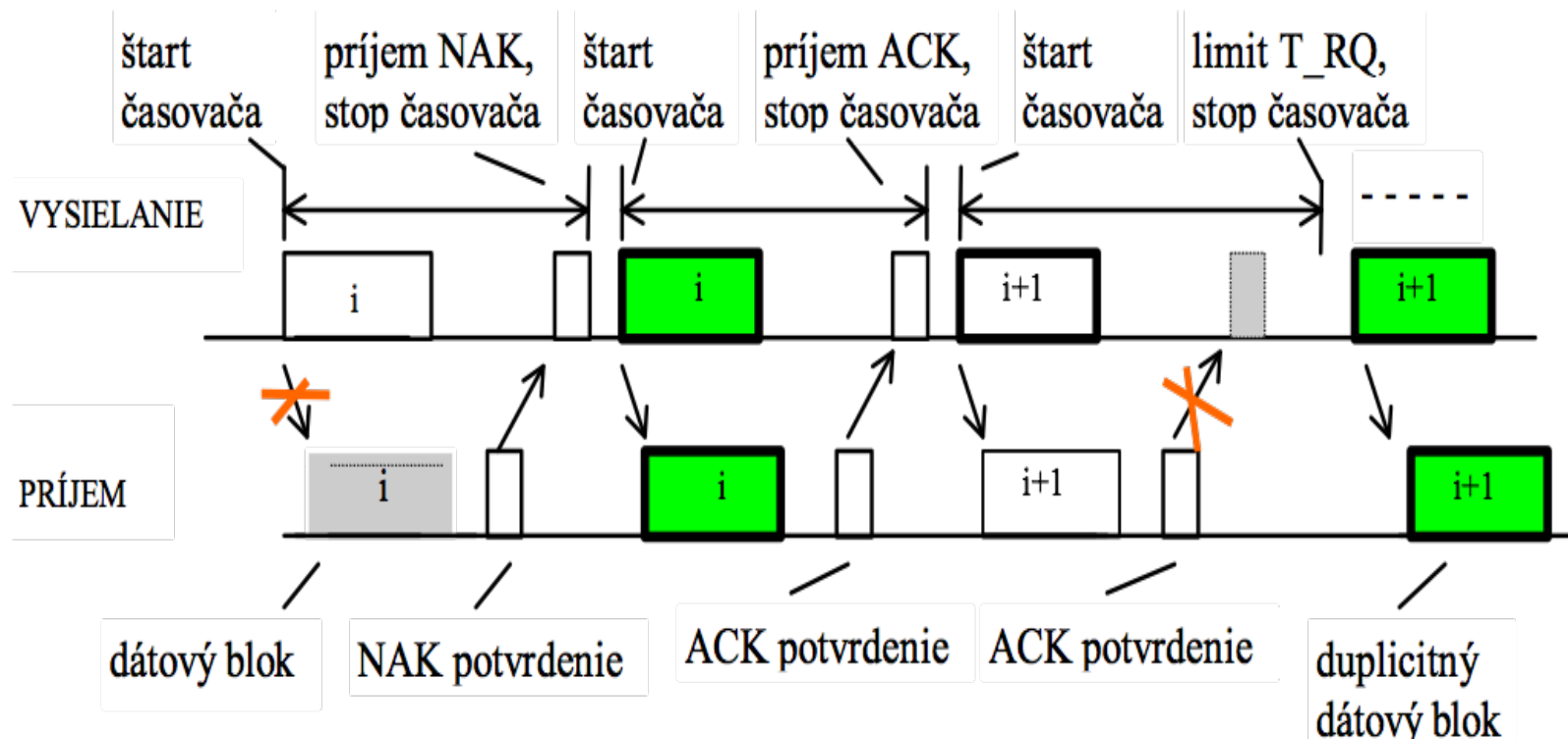
Bloková ARQ - A-schéma chyba ACK potvrdenia



Zabezpečenie proti chybám /7

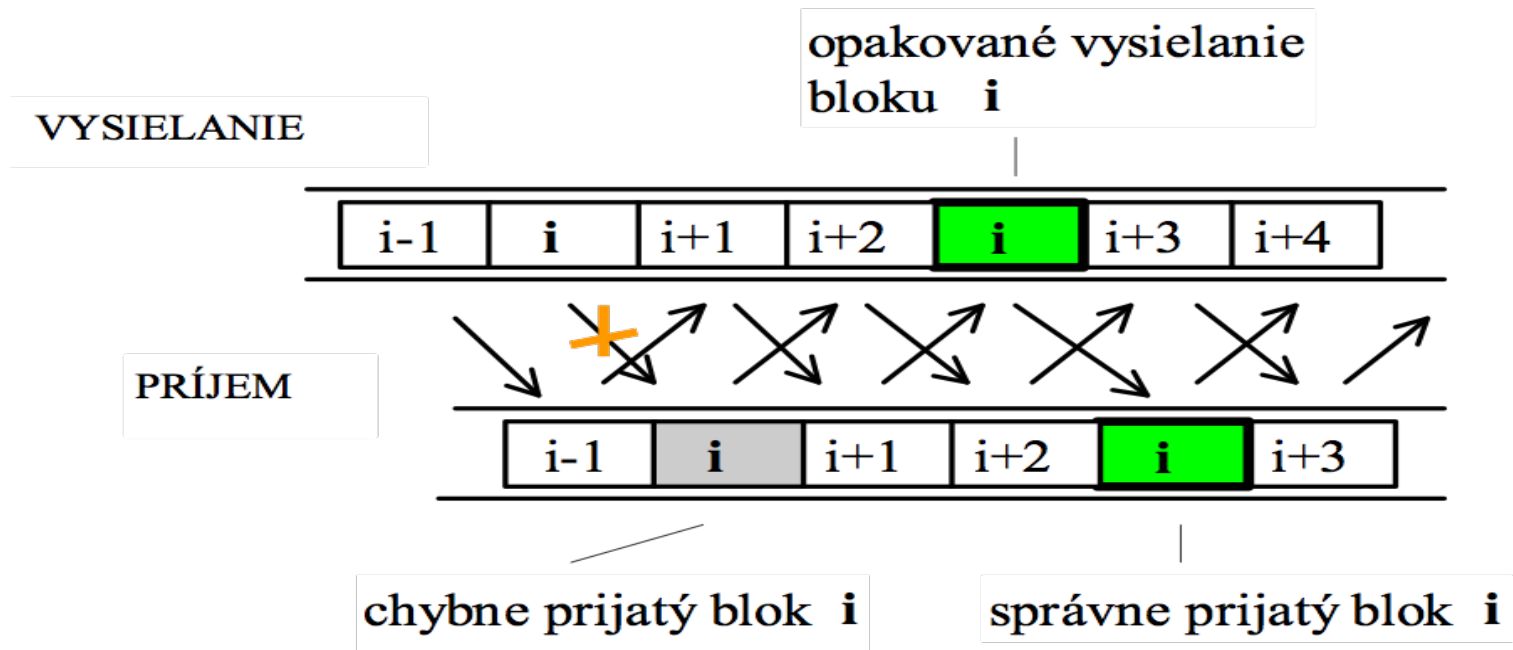
Bloková ARQ - A-schéma

príjem chybného i-teho bloku a chyba ACK potvrdenia



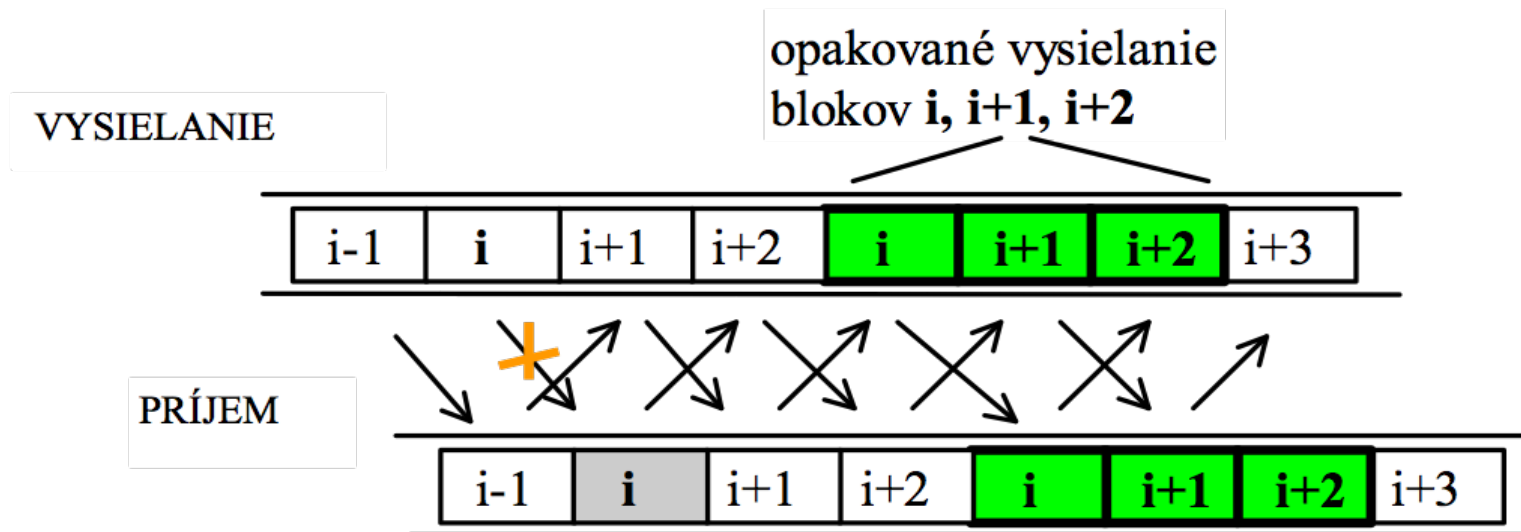
Zabezpečenie proti chybám /8

Kontinuálna selektívna ARQ - A-schéma príjem chybného i-teho bloku



Zabezpečenie proti chybám /9

Kontinuálna s návratom ARQ - A-schéma príjem chybného i-teho bloku

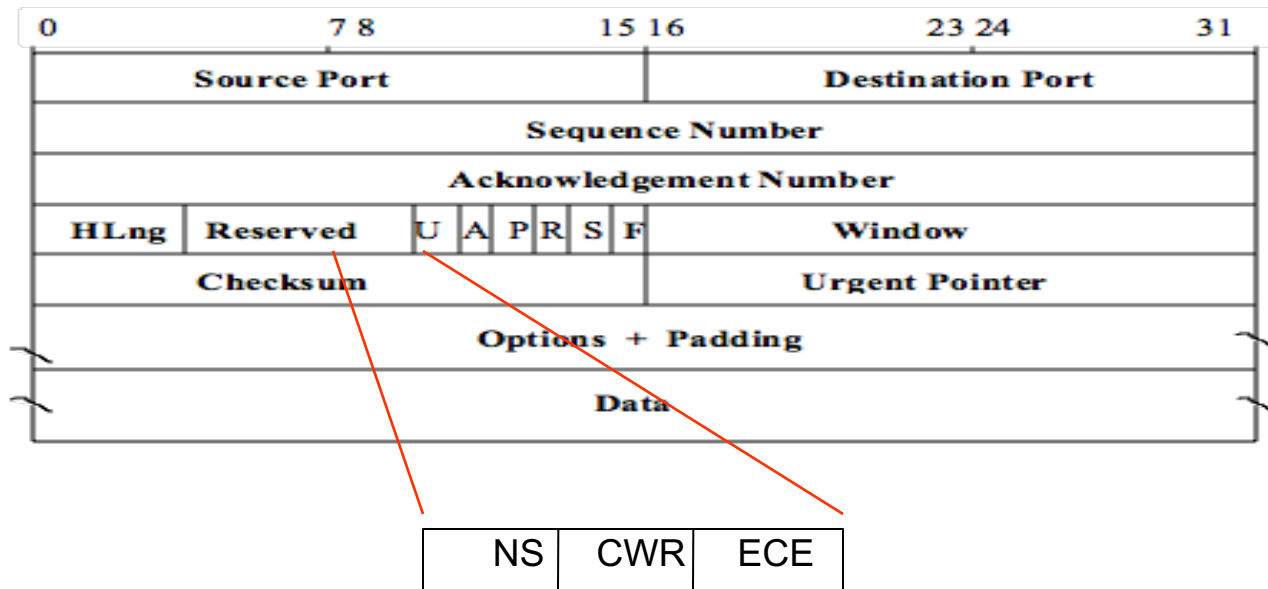


Zabezpečenie proti chybám /10

- časovač vysielajú (T_RQ = ...???.)

Protokol TCP - ECN

explicitné riadenie zahltenia

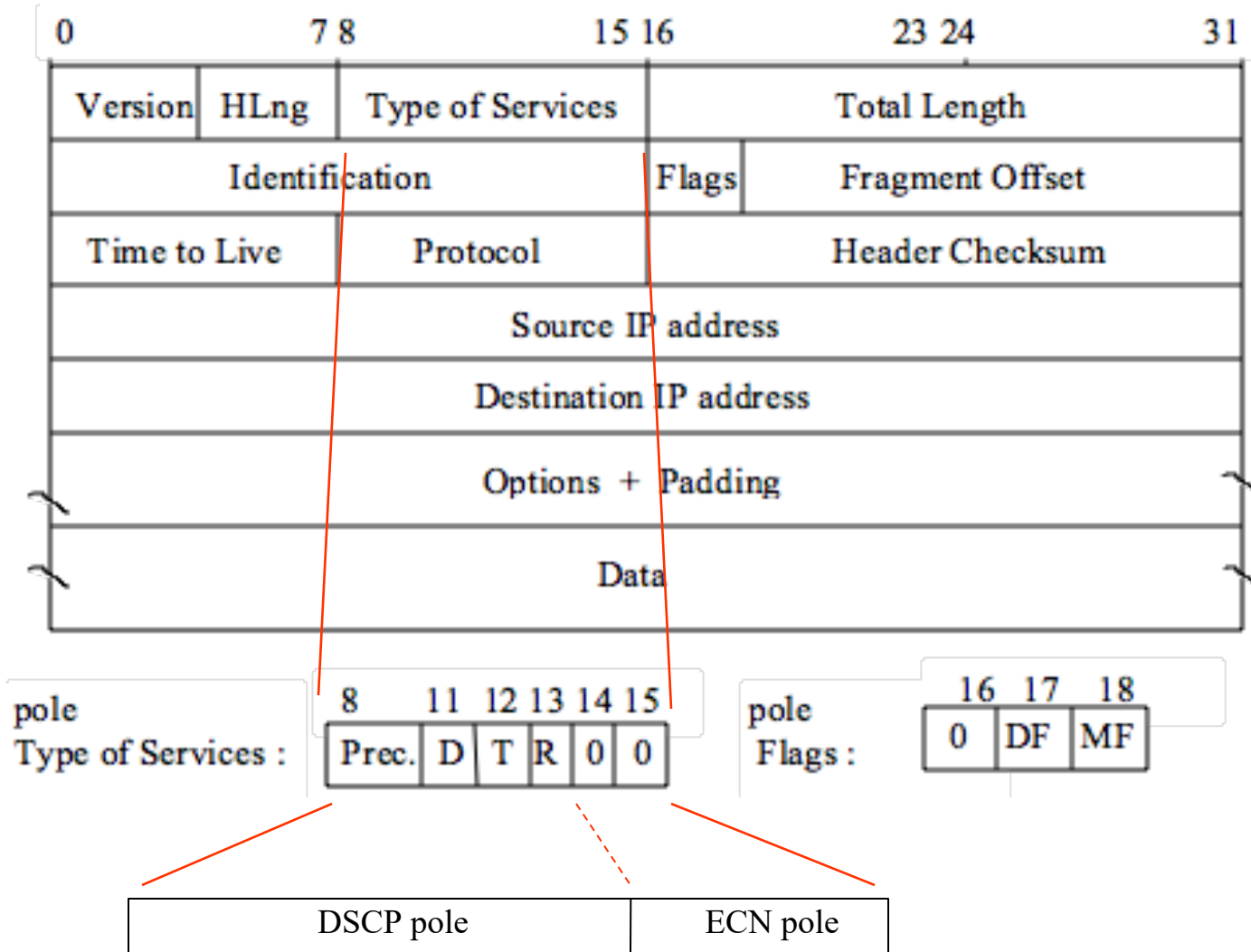


ECE - ECN-Echo

CWR - Congestion Window Reduced

NS - Nonce Sum

IP protokol - ECN



DSCP - Differentiated Services CodePoint
ECN - Explicit Congestion Notificaton

ECN pole:
ECT - ECN Capable Transpor
CE – Congestion Experienced

TCP rozšírenia

- zväčšenie okna (window)
- spresnenie merania RTT
- selektívne potvrdzovanie
- reakcia na zahltenie, okno cwnd

Zhrnutie prednášky

- » Transportná vrstva
 - TCP
 - Riadenie toku (pomalé / rýchle linky)
 - Potvrdzovanie dát (ACK, NACK)
 - Ukončenie spojenia
 - Znovuodoslanie dát



Čo nás čaká na budúcej prednáške

- » Relačná vrstva
- » Prezetačná vrstva
- » Aplikačná vrstva