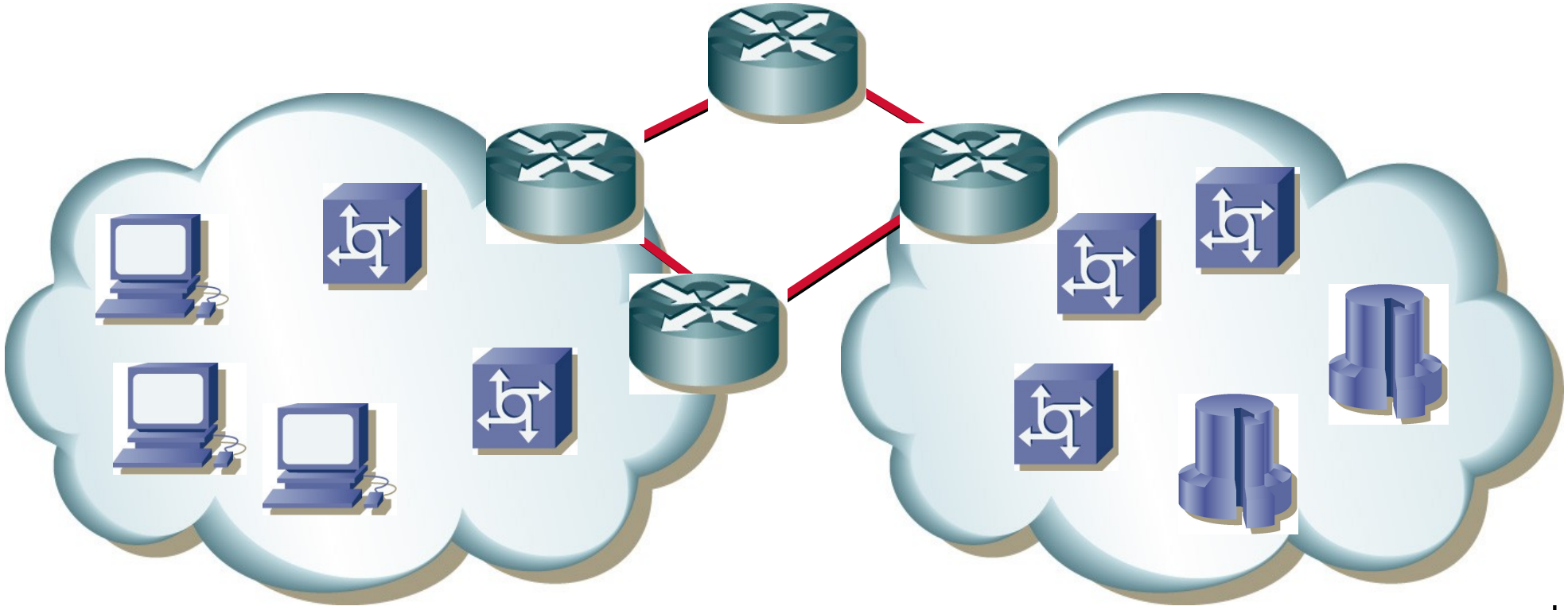
Počítačové sítě II

14. Transportní vrstva: TCP a UDP

Miroslav Spousta, 2006
<qiq@ucw.cz>, http://www.ucw.cz/~qiq/vsfs/



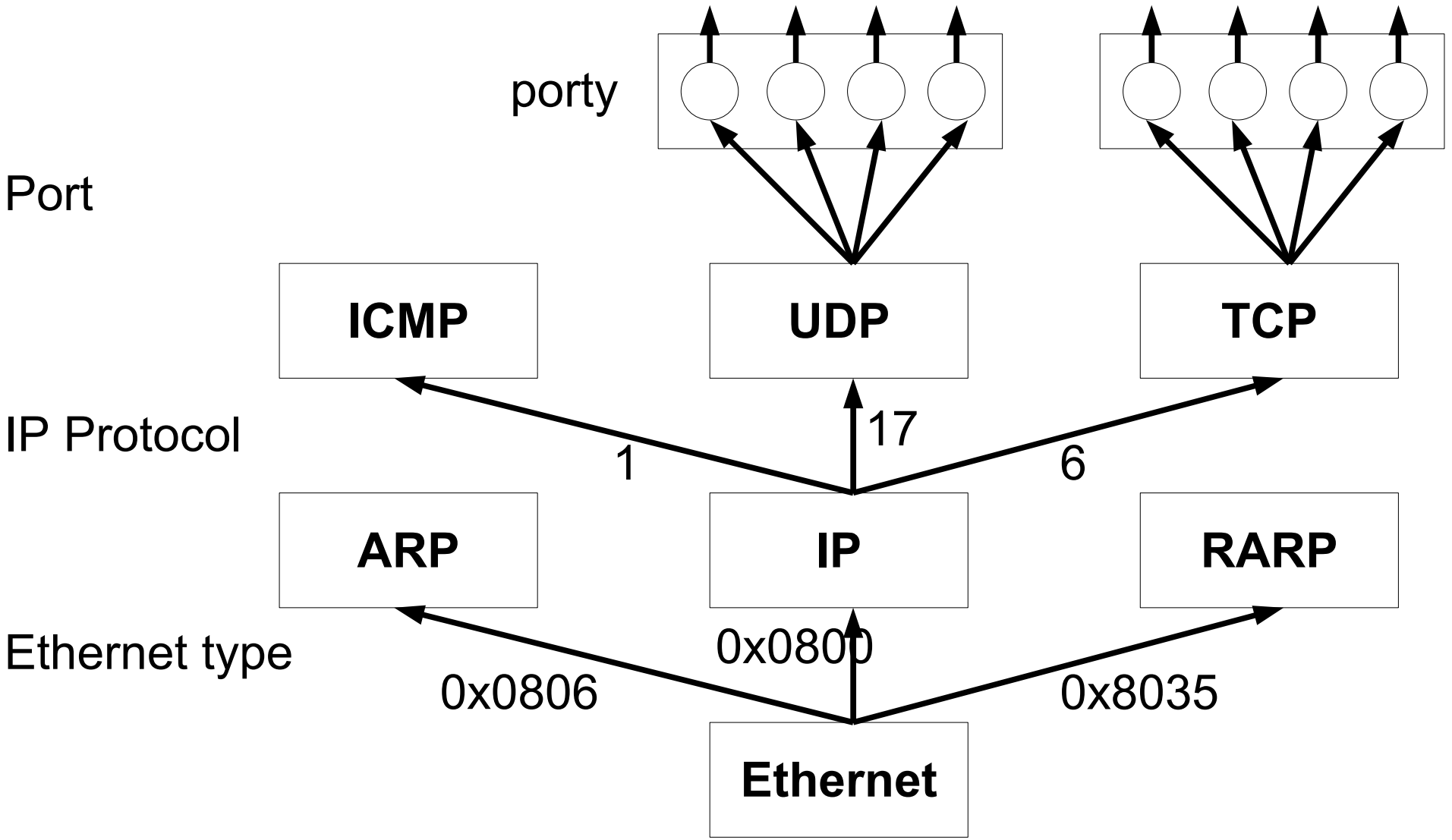
Transportní vrstva

- přítomná v ISO/OSI i TCP/IP
- odpovědná za rozšíření vlastností IP na ty, které požaduje vyšší vrstva (aplikační)
  - spojovanost
  - spolehlivost
- další možná přizpůsobení
  - řízení toku
  - bufferované vysílání a příjem
  - rozlišení mezi více adresáty v rámci uzlu
  - plně duplexní spojení
  - transparentní přenos libovolných dat
- pozorování: ne všechny aplikace vyžadují všechny tyto vlastnosti

TCP a UDP

- aplikace mohou využívat dva způsoby komunikace
- UDP (User Datagram Protocol)
  - má obdobné vlastnosti jako protokol IP
  - přidává navíc možnost adresovat více procesů v rámci jednoho uzlu (pomocí *portů*)
  - přidává kontrolní součet k celému datagramu (IP nemá!)
- TCP (Transmission Control Protocol)
  - podstatně rozšiřuje vlastnosti IP
  - spolehlivý (řeší výpadek datagramů jejich přeposláním)
  - spojovaný – před komunikací je nutné navázat spojení, také se spojení ukončuje
  - libovolně velká data pro přenos
  - řízení toku dat (ochrana proti zahlcení příjemce i sítě)
  - stejně jako UDP nabízí jemnější adresaci než IP protokol pomocí portů

TCP/IP


porty
Port
ICMP
UDP
TCP
IP Protocol
1
17
6
ARP
IP
RARP
Ethernet type
0x0806
0x0800
0x8035
Ethernet

Porty

- porty (doslova přístav) jsou reprezentovány celým číslem (1..65535)
  - je to jakási relativní adresa v rámci uzlu
- porty existují „od začátku“, nevznikají, ani nezanikají
- aplikace se připojují k portům, pokud chtějí komunikovat pomocí transportních protokolů
  - mohou využívat více portů pro různou komunikaci
  - ale k jednomu portu patří nejvíce jedna aplikace
- některé porty jsou tzv. dobře známé (well-known)

Well-known porty

- některé porty, mají definován význam
  - udávají, jaká aplikace (služba) na daném portu pracuje
  - umožňují komunikaci s aplikací na vzdáleném serveru (pokud by byly porty náhodné, nevíme, kam se připojit)
- well-known (dobře známé) porty: mají čísla 1-1023
  - přiděluje IANA, původně jako RFC, dnes http://www.iana.org/assignments/port-numbers
  - 21, 20 – FTP, 22 – SSH (secure shell), 23 – telnet, 25 – SMTP (pošta), 53 – DNS
  - 80 – HTTP (WWW), 110 – POP3 (vybírání pošty), 143 – IMAP
  - 443 – HTTPS (šifrovaný web), ...
- registrované porty: mají čísla 1024 – 49151
  - IANA nepřiděluje, pouze registruje použití (3306 – MySQL, 1433 – MSSQL)
- ostatní porty: 49152 – 65535
  - volně k použití (např. pro klienty)

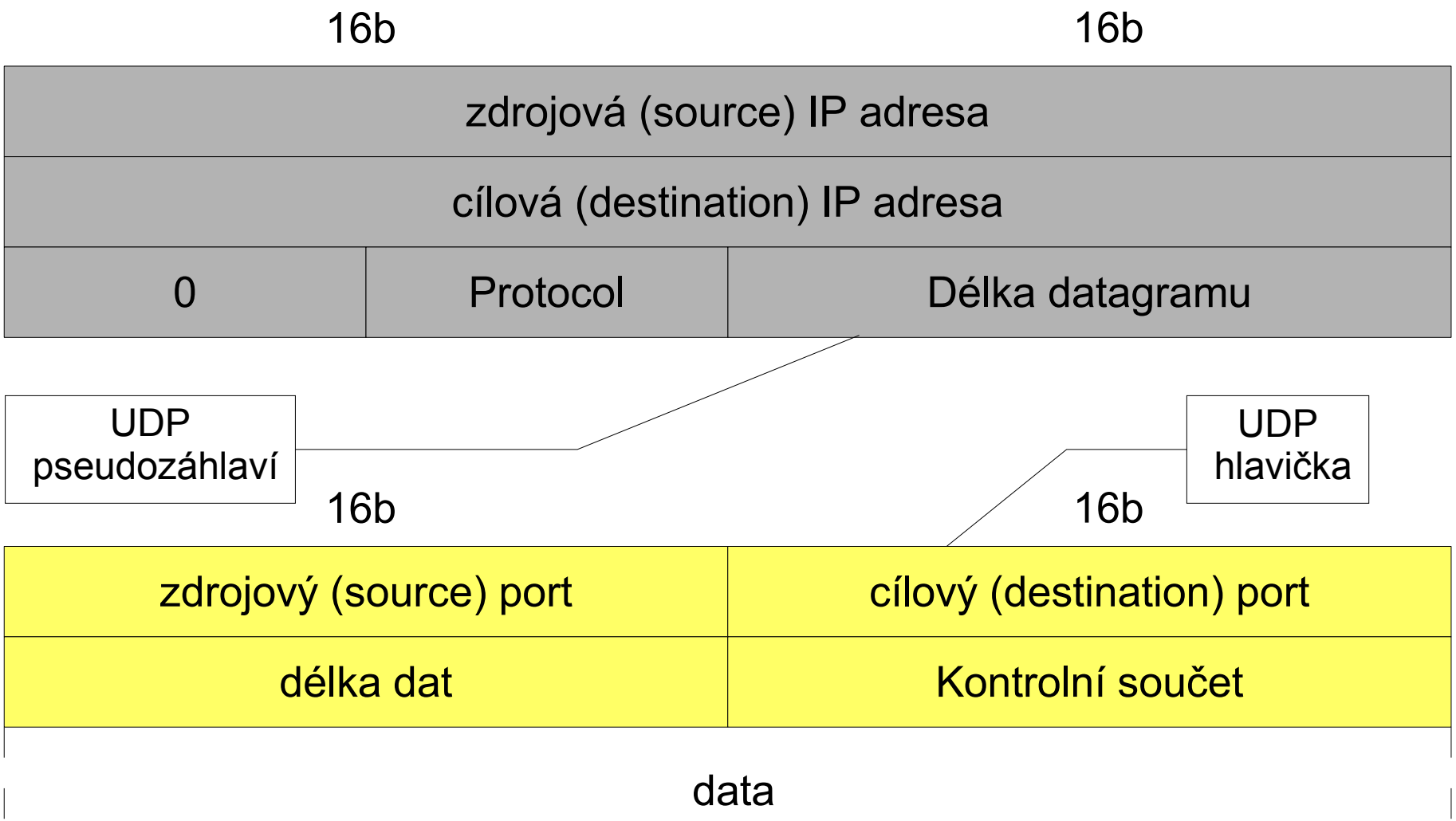
Sockety

- *spojení* je identifikováno pomocí dvou socketů
  - každý na jedné straně komunikujícího páru uzlů
- socket je dvojice IP adresa – číslo portu
  - např 192.168.33.1:3306
- na jednom portu tedy může probíhat několik spojení
  - rozeznají se podle adresy/portu protistrany
  - např. web server: všechna příchozí spojení používají port 80, ale liší se socketem protistrany (klienta)
- sockety původně vznikly v UNIXu (kde je „všechno“ soubor) – pracuje se s nimi jako se soubory

UDP

- User Datagram Protocol, RFC 768
- velmi jednoduchá nadstavba nad IP
- navíc poskytuje (de)multiplexování v rámci jednoho uzlu
  - neboli porty
- má malou režii (8 byte)
  - výhodné pro aplikace, které nepotřebují vlastnosti TCP
  - ale hodí se jim jednoduchost (a rychlost), bezestavovost
- může být použit pro broadcast/multicast, obcházení problémů PAT
- také zahrnuje kontrolní součet přes celý datagram (0 – nepoužitý)
  - dokonce i přes pseudozáhlaví – data, která se nepřenáší (jsou již obsažena v IP hlavičce), ale kontrolní součet se počítá, jako by byla přítomna
  - pokud uzel přijme UDP datagram se špatným kontrolním součtem – zahodí se
- velikost datagramu musí být taková, aby se vešel do IP datagramu

UDP

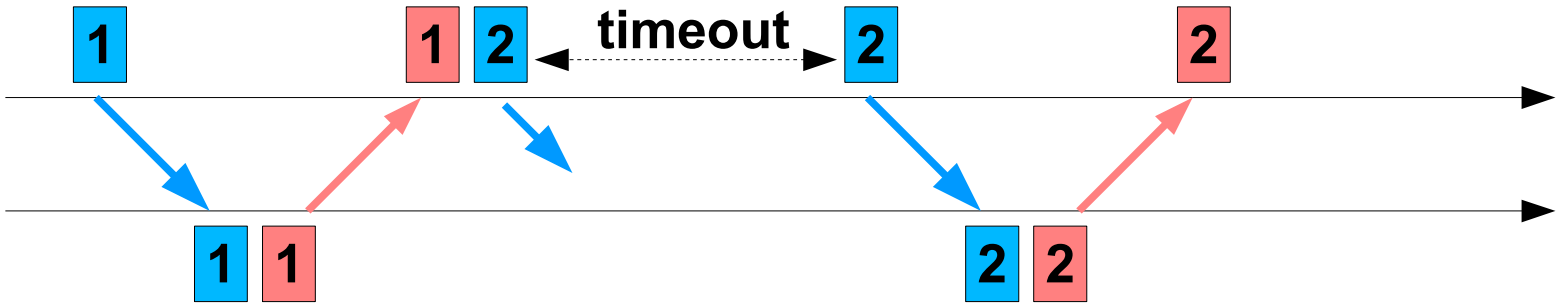

16b
16b
zdrojová (source) IP adresa
cílová (destination) IP adresa
0
Protocol
Délka datagramu
UDP pseudozáhlaví
UDP hlavička
16b
16b
zdrojový (source) port
cílový (destination) port
délka dat
Kontrolní součet
data

TCP

- Transmission Control Protocol, RFC 793
- výborně řeší problém spolehlivé komunikace – nad IP
- oproti ostatním protokolům (IP, UDP) velmi složitý
- vlastnosti:
  - spojovaný charakter (3 fáze: navázání spojení, přenos dat, ukončení spojení)
  - jedná se o dvoubodovou komunikace (vždy komunikují právě dva uzly)
  - obousměrný (plně duplexní) přenos dat
  - implementuje řízení toku
  - předchází zahlcení
  - spolehlivost (automatické přeposílání ztracených/poškozených dat)
  - vůči vyšším protokolům se tváří jako bytová roura
  - korektní navázání a ukončení spojení (obě strany souhlasí s navázáním spojení, nedojde ke ztrátě dat při navazování ani při ukončování spojení)

TCP

- spojovaná komunikace:
  - pouze na transportní vrstvě, neumožňuje využívat nižší vrstvy
  - neodpovídá úplně virtuálním okruhům
  - týká se pouze koncových uzlů, nikoli transportní (IP) infrastruktury
- zajištění spolehlivosti: kontinuální potvrzování a retransmise
  - generují se pozitivní potvrzení (že příjemce data obdržel)
  - odesilatel čeká na příjem potvrzení od příjemce
  - pokud ho nedostane (příjemce nedostal data, nebo se ztratilo po cestě potvrzení) do určité doby od odeslání, vyšle *segment* dat znovu
  - otázka, jak dlouho čekat?



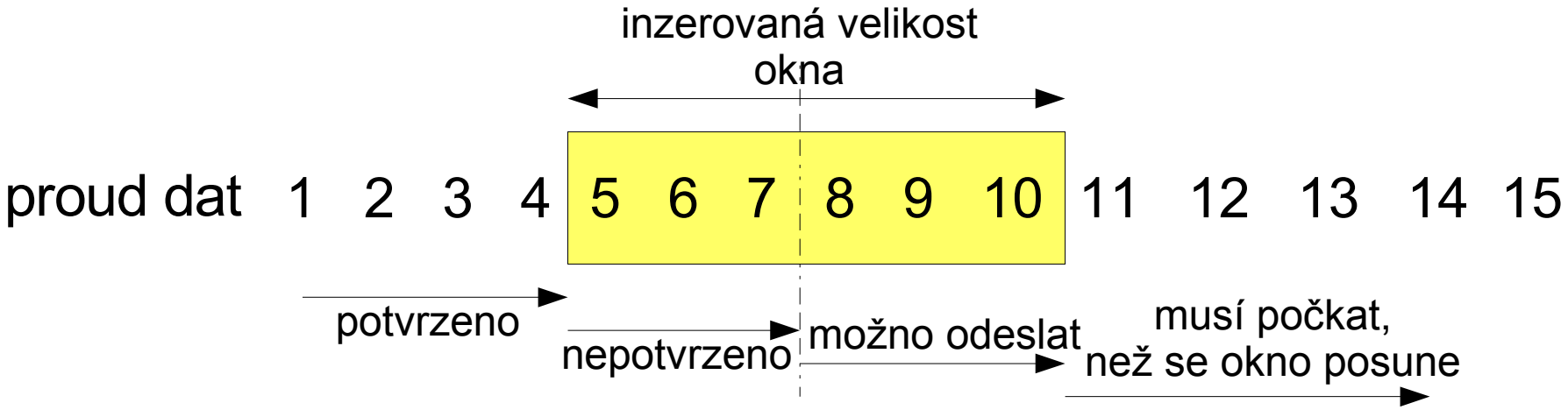
Adaptivní opakování

- jak nastavit timeout
  - malá hodnota: způsobuje zbytečné retransmise
  - velká hodnota: zpožďuje přenos při výpadku
- odesilatel sleduje přenosové zpoždění datagramů, podle toho si nastaví timeout
  - sleduje průměrný round-trip (čas, za který mu přijde potvrzení)
  - timeout se dynamicky mění podle kvality linky (podle váženého průměru a rozptylu)
- timeout je něco málo nad střední hodnotou
  - pružně reaguje – je-li velký rozptyl, zvyšuje se, není-li, blíží se střední hodnotě
- potvrzování se vkládá do protisměrně jdoucích paketů (není samostatné) – nemá velkou režii

Řízení toku dat

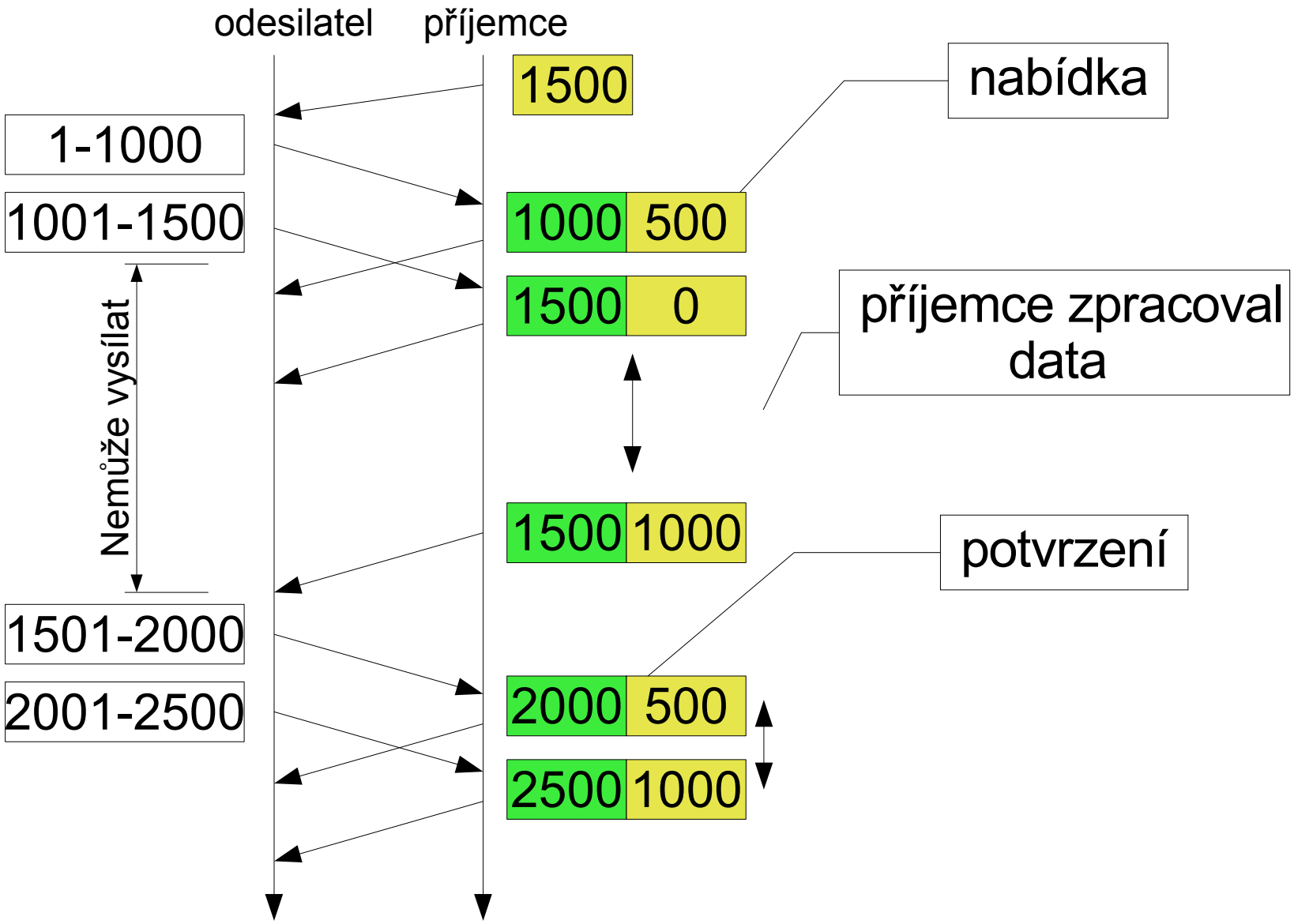
- TCP se na data dívá jako na posloupnost bytů
  - postupně je bufferuje, až má dostatečně velký úsek (nebo po vypršení timeoutu), předá data ke zpracování nižší vrstvě (vytvoří tzv. segment)
- aby nedošlo k zahlcení příjemce, používá se řízení toku dat pomocí tzv. metody *klouzavého okna* (sliding window)
  - protějšek inzeruje v každém poslaném segmentu dat, kolik má místa v bufferech
  - pokud inzeruje 0, měl by uzel přestat vysílat
- je potřeba zabránit, aby příjemce inzeroval příliš malé okno (bajty)
  - příliš by vzrostla režie
  - potvrzení se posílá až když je zpracováno určité množství dat (zpožďování potvrzení, max. 500ms)
- stejně tak není žádoucí, aby odesilatel posílal malé segmenty
  - opět kvůli režii

Sliding window

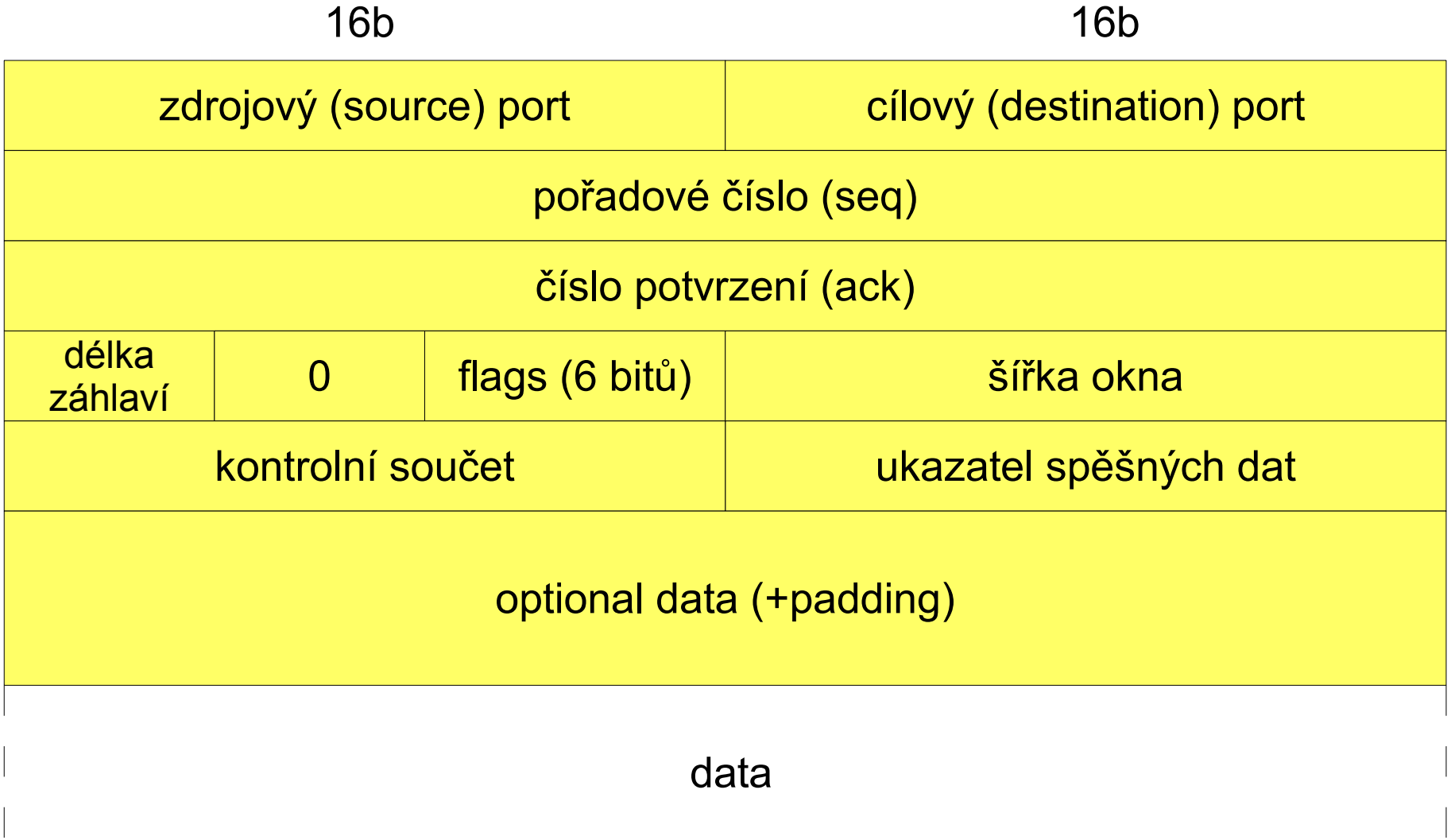


- v okně jsou nepotvrzená data
- přijetím potvrzení se okno posune doprava
- pokud nemáme potvrzená data a vyčerpali jsme okno, musíme počkat
  - na potvrzení, případně (pokud vyprší časovač) na retransmisi

Řízení toku


odesilatel
příjemce
1500
nabídka
1-1000
1001-1500
1000 500
1500 0
příjemce zpracoval data
Nemůže vysílat
1500 1000
potvrzení
1501-2000
2001-2500
2000 500
2500 1000

TCP


16b
16b
zdrojový (source) port
cílový (destination) port
pořadové číslo (seq)
číslo potvrzení (ack)
délka záhlaví
0
flags (6 bitů)
šířka okna
kontrolní součet
ukazatel spěšných dat
optional data (+padding)
data

Popis TCP segmentu

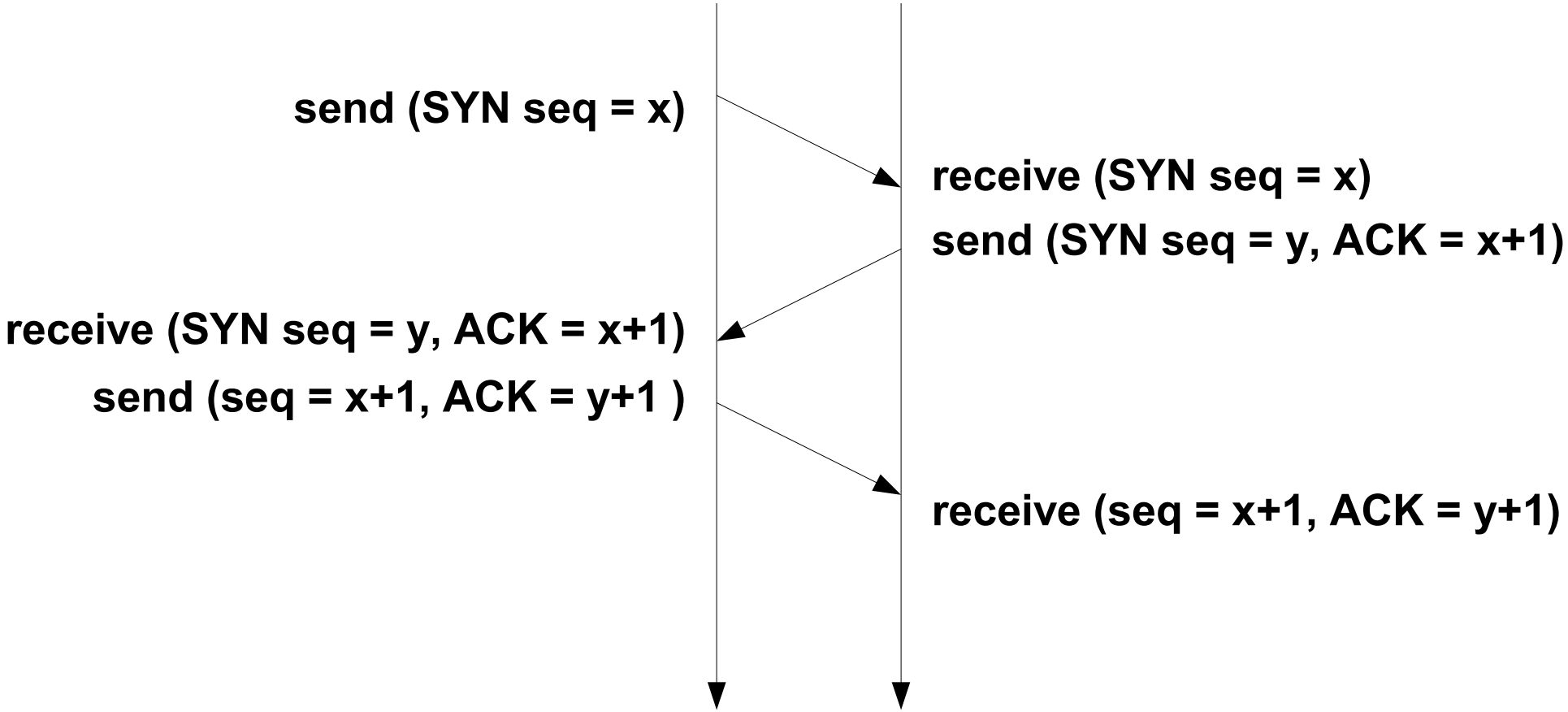
- porty: 0 – 65535 (jsou v prvních 64 bitech (kvůli ICMP))
- pořadové číslo: sequence number – označuje, kolik byte bylo odesláno
  - na počátku spojení je to náhodné číslo
  - kvůli bezpečnosti (aby se nedalo odhadnout)
- číslo potvrzení – udává, že všechny předcházející byte jsou potvrzeny
  - je to číslo, které protistrana očekává jako následující
- délka záhlaví – v násobcích 32 bitů (4B)
- šířka okna: počet byte, které je možné ještě vyslat bez příchodu potvrzení
  - odpovídá velikosti vyrovnávací paměti protistrany
- kontrolní součet – zabezpečení přes celý segment (včetně pseudozáhlaví)
- ukazatel spěšných dat – poslední byte urgentních dat
- volitelné možnosti – např. MSS

Příznaky TCP segmentu

- bitové pole (6b)
- URG – spěšná (urgentní data) v segmentu
- ACK – udává, že pole potvrzení je platné
- PSH – požaduje okamžité doručení segmentu vyšší vrstvě (pro interaktivní aplikace, ...)
- RST – požaduje okamžité ukončení spojení
- SYN – žádost o navázání spojení (segment neobsahuje data)
- FIN – žádost o přerušení spojení

Navázání spojení

- musí fungovat spolehlivě i v případě ztráty některého IP datagramu
- jedna strana (klient) je aktivní, protistrana (server) je (zpočátku) pasivní



Ukončení spojení

- stejně jako navázání musí fungovat spolehlivě
  - i v případě ztráty některého IP datagramu
  - zaručit, že všechna data, která byla odeslána před uzavřením dojdou (v obou směrech!)