



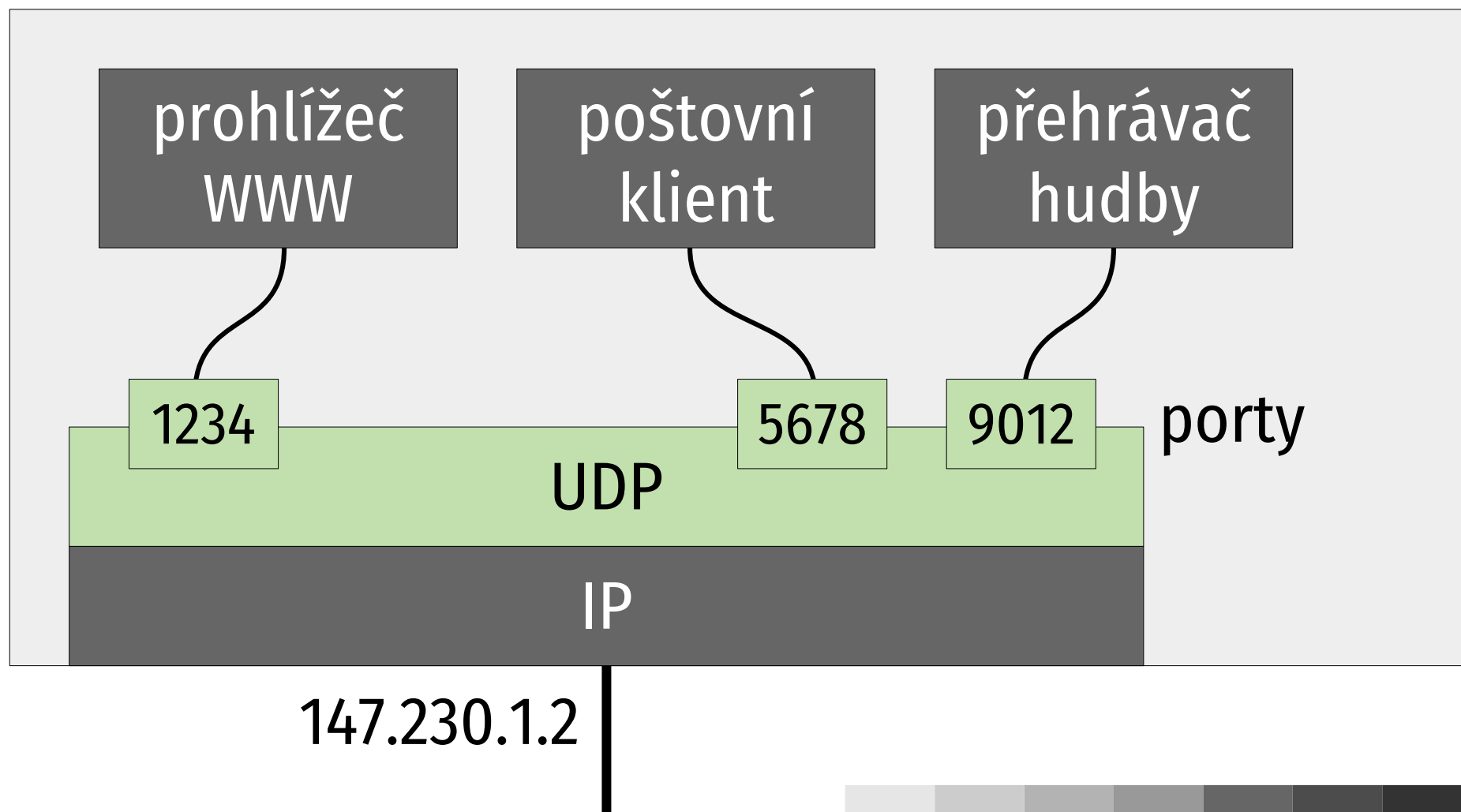
Transportní vrstva



UDP

- **User Datagram Protocol**, RFC 768
- jednoduchá nadstavba IP (adresování aplikací)
- datagramová služba bez záruk, řadě aplikací vyhovuje (DHCP, DNS, interaktivní,...)
- **port**
 - zjemňuje adresu na úroveň aplikace
 - 65 536 portů
 - komunikující aplikace se připojí k portu (služba OS)

Aplikace a porty



UDP hlavička

port odesilatele	port příjemce
délka	kontrolní součet

- **porty:** identifikují komunikující aplikace
- **délka:** délka UDP hlavičky + dat v B
- **kontrolní součet:** pokrývá pseudohlavičku (vybrané údaje z IP hlavičky) + UDP hlavičku + data

Porty

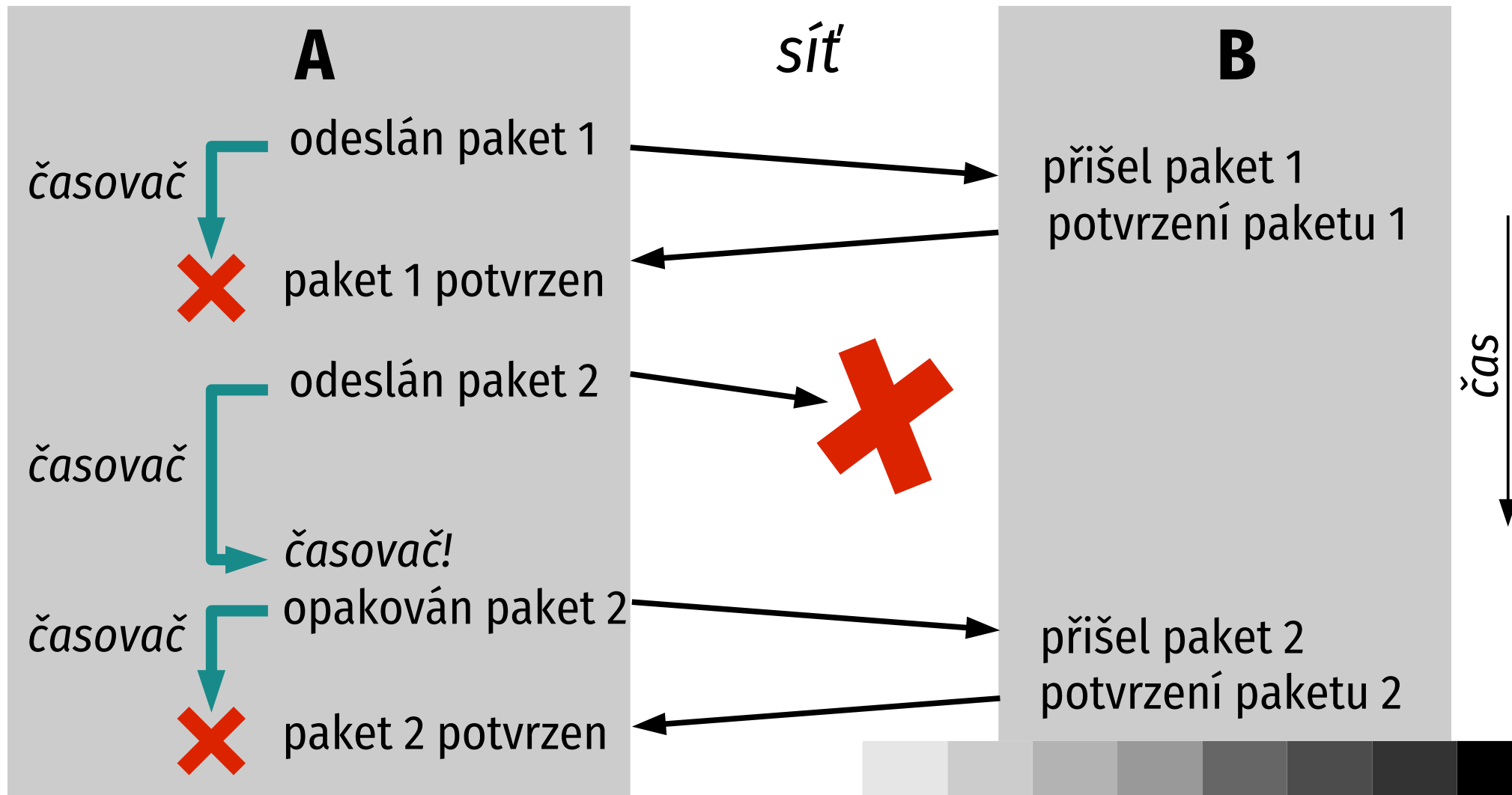
- k odeslání dat je třeba znát číslo portu dané aplikace
- **servery** používají standardní (well-known) porty
 - <http://www.iana.org/assignments/port-numbers>
 - nestandardní port serveru musí klientovi ohlásit uživatel
- **klienti** používají náhodná čísla portů
 - hodnoty > 1000

TCP

- **Transmission Control Protocol, RFC 793**
- spolehlivá přeprava, vyžaduje většina aplikací
- proud bitů bez struktury (bitová roura)
- spojovaná služba, virtuální okruhy
 - spojení udržováno na koncích, pod ním nespojované IP
- vyrovnávací paměti
 - rozděluje/seskupuje data pro maximální efektivitu
- plně duplexní spojení

Zajištění spolehlivosti (1)

- pozitivní potvrzování s opakováním



Zajištění spolehlivosti (2)

- **potvrzování** řeší ztráty paketů
- možnost přehození a duplikace – pořadová čísla
- TCP **čísluje bajty (oktety)**
- potvrzuje **nejdelší souvislý prefix** od začátku vysílání (posílá číslo bajtu, který očekává)
- jednoduché a jednoznačné
- ztráta potvrzení nemusí způsobit opakování
- nelze oznámit mezeru

Potvrzování paketů

výpadek



3x totéž – rovnou zopakuje

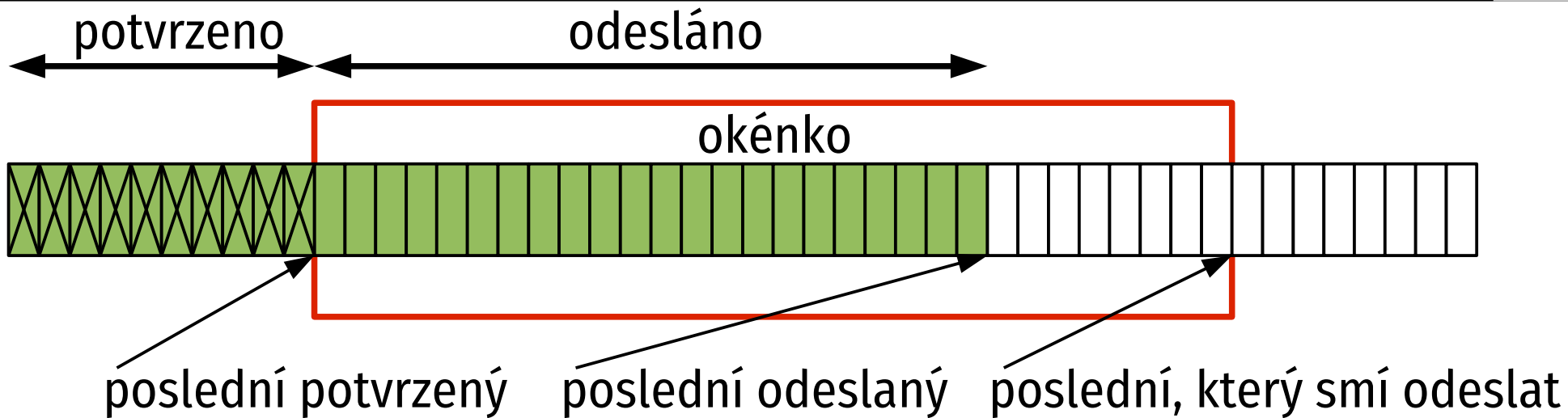
Časování potvrzení

- piggybacking – potvrzení se snaží přibalit k datům v protisměru
 - čeká 200 ms, jestli se nevyskytne vhodný paket
- problém: jak nastavit časovač pro opakování
 - příliš malý – bude se zbytečně opakovat
 - příliš velký – výpadek bude objeven pozdě
- **neexistuje univerzální hodnota, musí se přizpůsobovat chování sítě**

Nastavení časovače

- vychází z **průměrné doby odezvy** (RTT) a **průměrné odchylky** (MD)
- dorazí potvrzení se zpožděním M:
 - $\text{odchylka} = M - \text{RTT}$
 - $\text{RTT} = \text{RTT} + 0,125 \cdot \text{odchylka}$
 - $\text{MD} = \text{MD} + 0,25 \cdot (|\text{odchylka}| - \text{MD})$
 - $\text{časovač} = \text{RTT} + 4 \cdot \text{MD}$
- opakovaným paketům časovač zdvojnásobí
- pro opakované nepočítá

Okénko (sliding window)

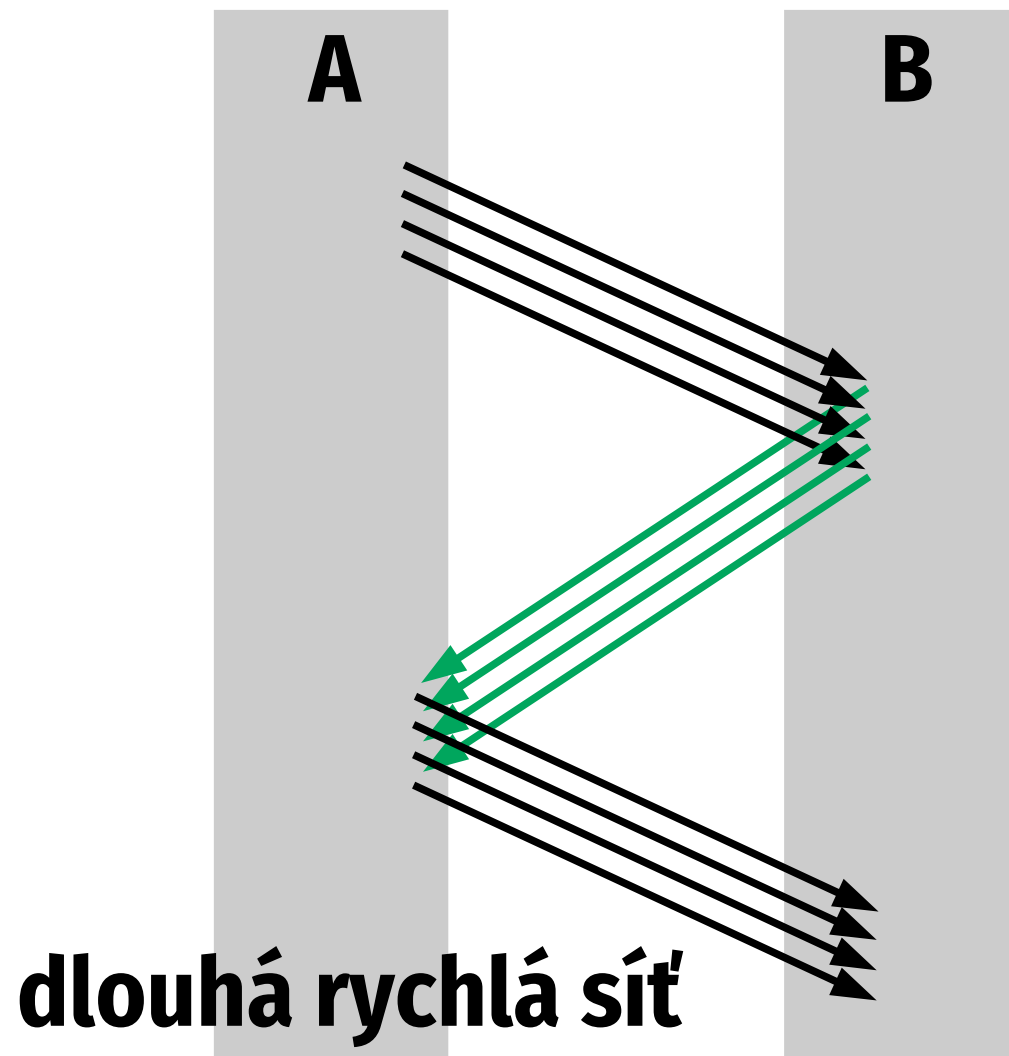
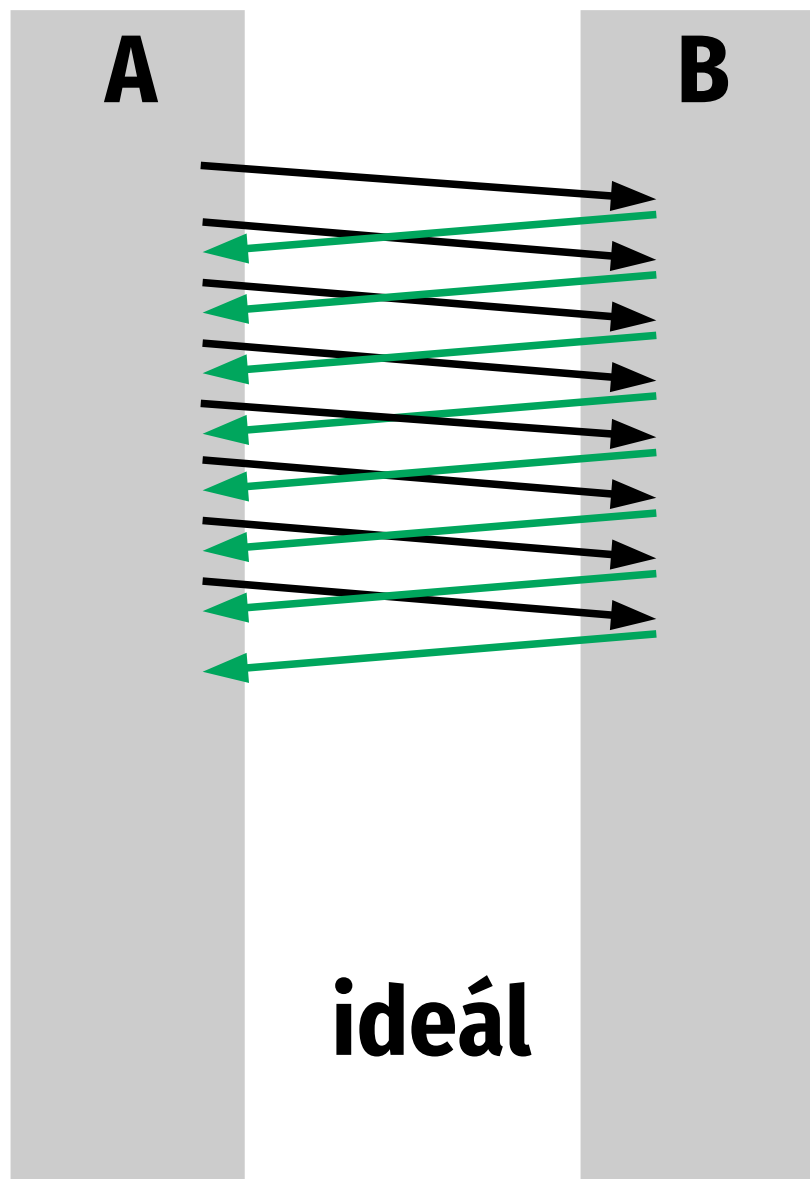


- **zvyšuje efektivitu** – nemusí se čekat na potvrzení

- **brání zahlcení pomalého příjemce**

- smí vysílat jen po horní hranici okénka, pak čeká
- tu určuje příjemce, nesmí couvnout
- prázdné okénko – musí čekat, až je příjemce otevře

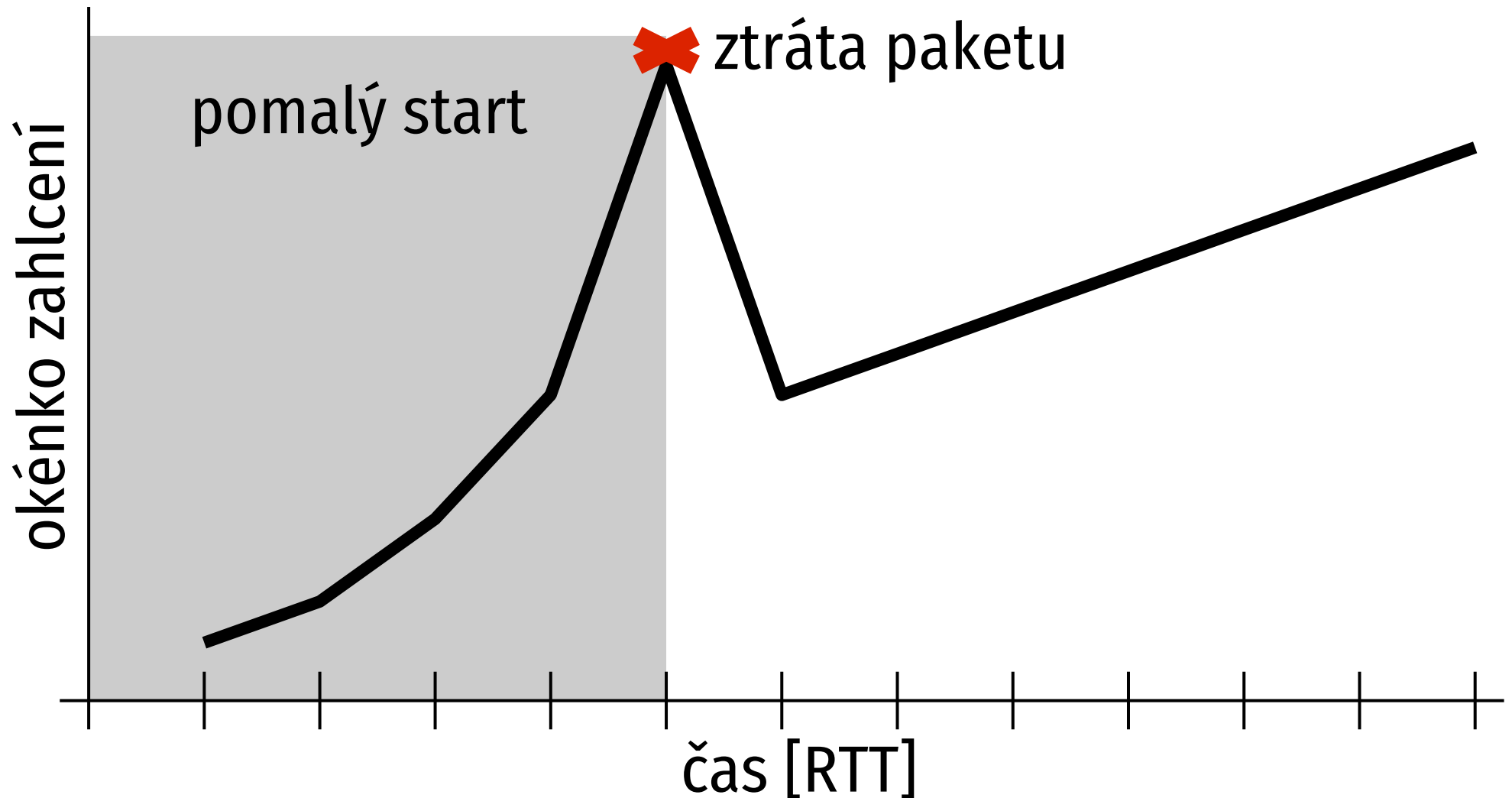
Fungování okénka



Ochrana proti zahlcení

- víceprvková a dost složitá, různé algoritmy
- základem **okénko zahlcení (congestion window)**
 - omezuje nepotvrzené pakety, které smí odeslat
- **pomalý start (slow start)**
 - začíná s velikostí 1 MSS (max. velikost TCP segmentu)
 - potvrzení paketu zvětší o 1 MSS
 - ztráta paketu = dosažení limitu → zmenší okénko na polovinu a zpomalí růst

Vývoj okénka zahlcení



Vysílání paketů

- obě okénka se kombinují
- může odeslat paket, pokud:
 - má od aplikace k dispozici data
 - umožňuje to plovoucí okénko (není na konci)
 - umožňuje to okénko proti zahlcení
- stanoví velikost paketu (shora omezeno MSS) a odešle
- MSS stanoví protějšek při navazování spojení

TCP segment

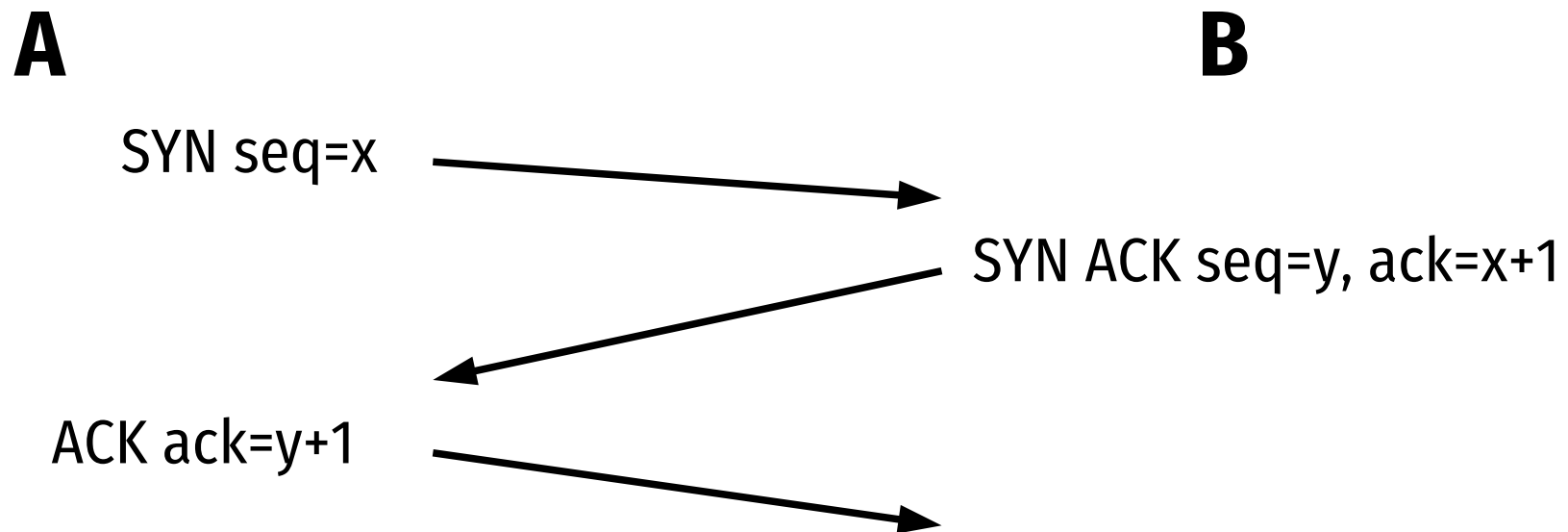
port odesilatele		port příjemce	
pořadové číslo číslo 1. bajtu			
potvrzení (pořadové číslo číslo očekávaného bajtu)			
délka hl.		příznaky	velikost okénka
kontrolní součet		konec urgentních dat	
volby (jsou-li)			
data (jsou-li)			

TCP hlavička

- **délka hlavičky:** ve 32b slovech
- **příznaky:**
 - **URG** – segment obsahuje urgentní data
 - **ACK** – obsahuje platné potvrzení
 - **PSH** – předat cílové aplikaci co nejrychleji (push)
 - **RST** – náhlé ukončení spojení (reset)
 - **SYN** – zahájení spojení (synchronizace pořadových čísel)
 - **FIN** – končím odesílání dat, polouzavření
- **kontrolní součet:** pseudohlavička + hlavička + data

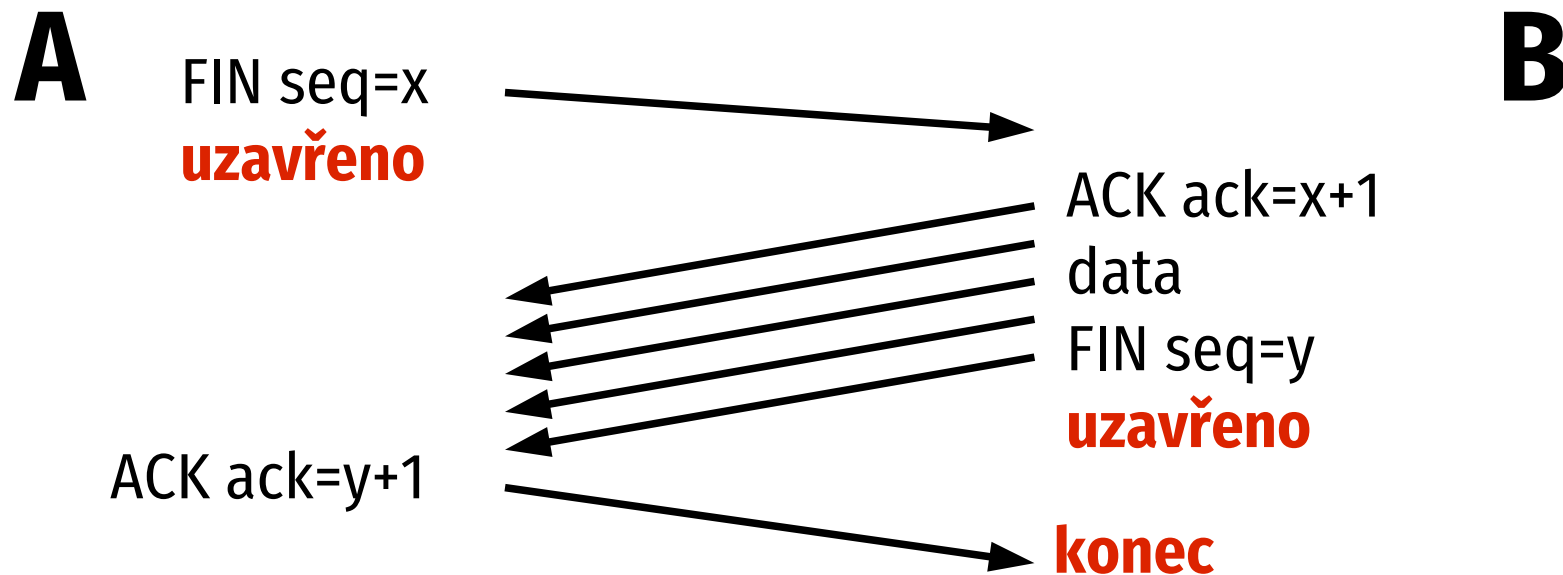
Navázání spojení

- three-way handshake
- **dohodnou si pořadová čísla a zahajovací okénka**



Ukončení spojení

- založeno na **polouzavření (half-close)**
- jedna strana ohlašuje, že ukončila vysílání, dále ale přijímá a potvrzuje data – protějšek může dokončit



vytvořeno s podporou
projektu ESF

