

Protokol TCP (Transmission Control Protocol)

Tato prezentace se věnuje protokolu **TCP** (Transmission Control Protocol), který je klíčový pro spolehlivou komunikaci v síti typu TCP/IP. Vysvětlíme, jak TCP zajišťuje doručování dat „bez ztráty a bez duplicity“, jak funguje třífázové navázání a ukončení spojení, řízení toku (flow control) i řízení zahlcení (congestion control). Závěrem uvedeme praktické příklady protokolů a služeb, jež TCP využívají.

Úvod do TCP a transportní vrstvy

Umístění v modelu TCP/IP

- Transportní vrstva (4. vrstva) – staví nad vrstvou síťovou (IP).
- Zajišťuje komunikaci mezi procesy (aplikacemi) na koncových uzlech.

Základní charakteristiky TCP

- Spolehlivý – doručuje data v pořádku a bez duplikátů.
- Orientovaný na spojení – musíme navázat spojení (session) před přenosem.
- Plně duplexní – umožňuje současně odesílat a přijímat data oběma směry.

Protokol UDP (User Datagram Protocol) je naproti tomu nespolehlivý a bez spojení.

Formát TCP segmentu

Hlavička TCP (základní pole):

1. Source Port (16 bitů) – port odesílatele.
2. Destination Port (16 bitů) – port příjemce.
3. Sequence Number (32 bitů) – pořadové číslo prvního bytu v datovém poli.
4. Acknowledgment Number (32 bitů) – potvrzení přijetí dat (posílá přijímající strana).
5. Data Offset (4 bity) – délka TCP hlavičky.
6. Flags (6 bity, např. SYN, ACK, FIN, RST, PSH, URG).
7. Window Size (16 bitů) – kolik dat je možné přijmout (flow control).
8. Checksum (16 bitů) – kontrolní součet.
9. Urgent Pointer (16 bitů, výjimečně využíváný).

Možné volby (Options)

- Např. pro nastavování velikosti segmentu (MSS), selektivní potvrzení (SACK) a další.

Navázání spojení (Three-Way Handshake)

1. Klient → Server: SYN

- Klient pošle segment se SYN (synchronizace sekvenčního čísla), Sequence Number = x .

2. Server → Klient: SYN + ACK

- Server odpoví segmentem obsahujícím SYN (sekvenční číslo y) a ACK ($x+1$).

3. Klient → Server: ACK

- Klient potvrdí přijetí SYN od serveru (ACK = $y+1$).
- Spojení je navázáno, obě strany znají počáteční Sequence Number protistrany.

Význam

- Zajišťuje synchronizaci sekvenčních čísel a připravuje obousměrný přenos dat.

Přenos dat a potvrzování (ACK)

Spolehlivost

- Odesílatel posílá data s **Sequence Number**.
- Příjemce posílá **Acknowledgment Number (ACK)** = číslo dalšího očekávaného bytu.

Sliding Window (posuvné okno)

- Mechanismus řízení toku: kolik segmentů může odesílatel poslat, než bude muset čekat na ACK.
- **Window Size** v TCP hlavičce určuje velikost okna (příjemce tak reguluje tempo).

Selektivní potvrzení (SACK)

- Volitelná vlastnost, umožňuje příjemci potvrzovat i nesouvislé bloky, což zefektivňuje opravu ztrát.

Řízení toku a řízení zahlcení

Flow Control (řízení toku)

- Zamezuje přehlcení příjemce – příjemce udává velikost okna (Window Size).
- Zajišťuje, aby rychlost odesílatele nepřekročila schopnost příjemce data zpracovat.

Congestion Control (řízení zahlcení sítě)

- Zamezuje přehlcení sítě (routerů, linek).
- **Algoritmy:** Např. **Slow Start, Congestion Avoidance, Fast Retransmit, Fast Recovery.**
- Tím TCP přizpůsobuje rychlost odesílání aktuální kapacitě sítě.

Ukončení spojení (Four-Way Teardown)

1. **FIN od odesílatele** – Strana A říká: „Už nebudu posílat data“.
2. **ACK od příjemce** – Strana B potvrzuje, že FIN přijala.
3. **FIN od příjemce** – B oznamuje, že také již nebude odesílat data.
4. **ACK od odesílatele** – A potvrzuje příjem FIN.

TIME_WAIT

- Po ukončení spojení zůstává socket ve stavu TIME_WAIT, aby byly doručeny případné zpožděné segmenty.

Praktické příklady

HTTP / HTTPS

- Webový prohlížeč (klient) a webový server (port 80, resp. 443) využívají TCP.
- Prohlížeč provede 3-way handshake, pošle požadavek GET, čeká na odpověď.

FTP (File Transfer Protocol)

- Vyžaduje spolehlivost, navazuje TCP spojení pro řízení a další pro data.

SSH, Telnet

- Interaktivní spojení, potřebuje spolehlivý, plně duplexní kanál.

E-mail (SMTP, POP3, IMAP)

- Veškerý přenos i doručování mailů typicky přes TCP.

Shrnutí

TCP

- **Spolehlivý** transportní protokol, zajišťuje správné doručení a pořadí dat.
- **Orientovaný na spojení** – Three-Way Handshake.
- **Flow control a congestion control** – udržuje stabilní provoz v síti, bez zahlcení.

Klíčová funkčnost

- **Sekvenční čísla a potvrzování (ACK)** zajišťují spolehlivost.
- **Sliding window** řídí průtok dat, **TIME_WAIT** po ukončení spojení zabraňuje opětovnému použití stejného socketu příliš rychle.

TCP je základem pro mnoho aplikačních protokolů (HTTP, FTP, SMTP atd.) a je esenciální pro spolehlivou komunikaci na internetu.

Kontrolní otázky

1. Proč je TCP nazýváno „spolehlivým“ a jak tuto spolehlivost zajišťuje?
2. Popište, k čemu slouží **Sequence Number** a **Acknowledgment Number** v TCP hlavičce.
3. Co znamená termín *Three-Way Handshake* a které TCP vlajky (flags) se v něm používají?
4. Jak funguje *Sliding Window* a jaký je rozdíl mezi Flow Control a Congestion Control?
5. Jak probíhá ukončení spojení v TCP a proč se často mluví o „four-way handshake“?
6. Proč se TCP spojení často po uzavření přepne do stavu **TIME_WAIT** a k čemu to slouží?

Doporučená literatura

1. **Tanenbaum, A. S., Wetherall, D.:** *Počítačové sítě*, 5. vydání (česky) – Kapitoly o TCP, transportní vrstvě.
2. **Kurose, J. F., Ross, K. W.:** *Computer Networking: A Top-Down Approach* – Přehledně o TCP spojení, řízení toku, congestion control.
3. **Cisco Networking Academy:** *CCNA materiály* – Praktické příklady konfigurace, analýzy TCP segmentů.
4. **RFC 793** – *Transmission Control Protocol* (původní specifikace), doplněná následnými RFC o congestion control.
5. **Oficiální zdroje výrobců (Cisco, Juniper, MikroTik)** – Články o ladění TCP parametrů v síti.