

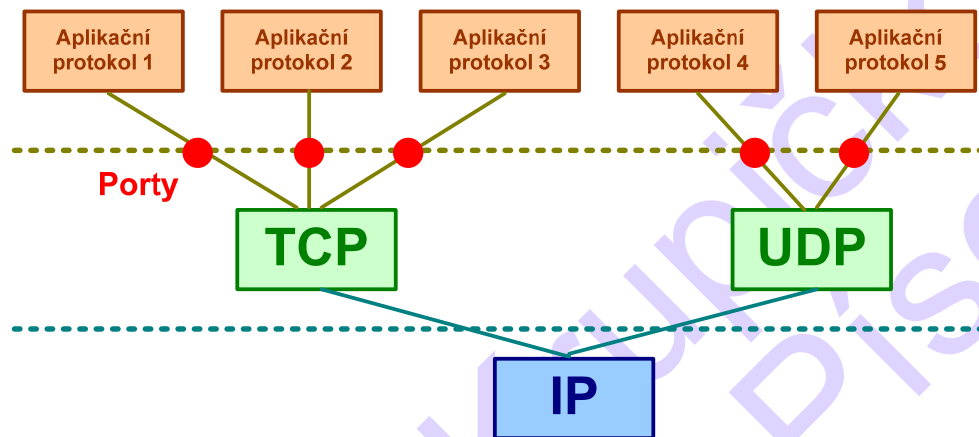
4. Protokoly transportní vrstvy TCP/IP.

4.1 Transportní vrstva TCP/IP

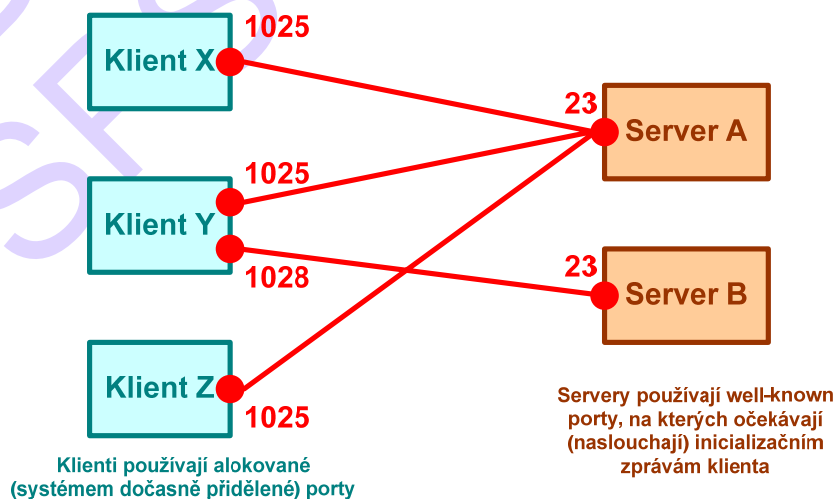
- Dohlíží na koncový přenos datových jednotek mezi odesílatelem a příjemcem
- Odpovídá transportní vrstvě OSI modelu

Porty

- **Port** – celé kladné číslo (16b), které využívají protokoly transportní vrstvy k rozlišení konkrétního cílového aplikačního procesu



- Rozhraní mezi aplikační a transportní vrstvou se označuje číslem portu
- **Kategorie portů** podle čísel
 - Známé porty = well known (0-1023) – přiděluje IANA (<http://www.iana.org/assignments/port-numbers>)
 - Registrované porty (1024-49151) – registruje IANA
 - Dynamické a soukromé porty (49152-65535) – klientské procesy je volí náhodně
- **Synchronní přístup** k portům – výpočet se pozastaví po dobu přístupu k portu
- Pokud data dorazí dříve, než je proces připraven je přijmout, jsou uložena do **vyrovnávací paměti**



- **Socket** – uspořádaná dvojice (IP adresa user-end systému+ Číslo portu), která jednoznačně určuje proces v rámci sítě

Příklad:

128.66.12.2.3382 (IP adresa zdroje + port klientského procesu) a

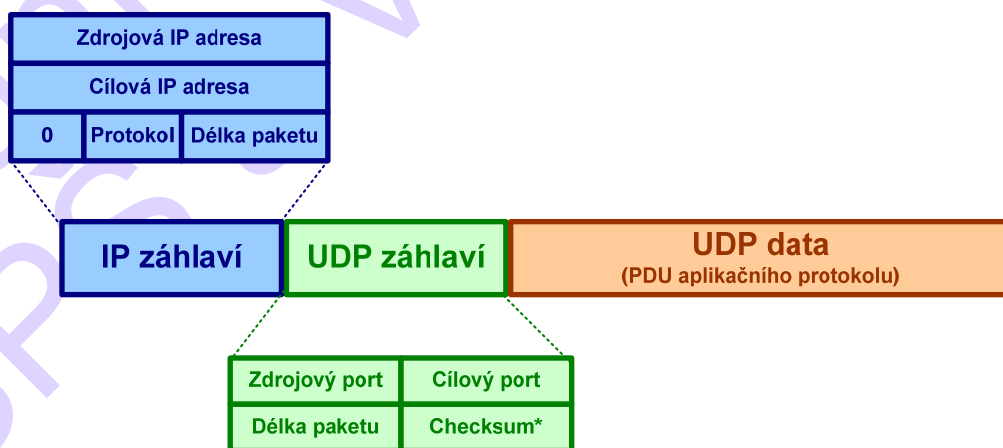
192.178.16.2.23 (IP adresa cíle + číslo portu = protokol Telnet)

4.2 Protokol UDP

- Nespojovaná služba (Connectionless)
- **Nespolehlivá**
- Transport nelze řídit
- Velmi **efektivní** – rychlá, malá provozní režie
- **Použití:**
 - Pro aplikace s malým objemem přenášených dat (např. zprávy se stanovenou velikostí)
 - Pro aplikace vyžadující broadcast nebo multicast
 - Pro aplikace, které si správnost datových procesů samy zabezpečí
- **Příklad** transportní služby UDP – programy pro systémové síťové služby
 - RIP (šíření směrovacích informací)
 - NTP (šíření systémových hodin)
 - DNS (překlady doménových jmen)
 - SNMP (správa IP sítí)
- **UDP paket v IP datagramu** – obvykle je jeden UDP paket vyslán v jednom IP datagramu



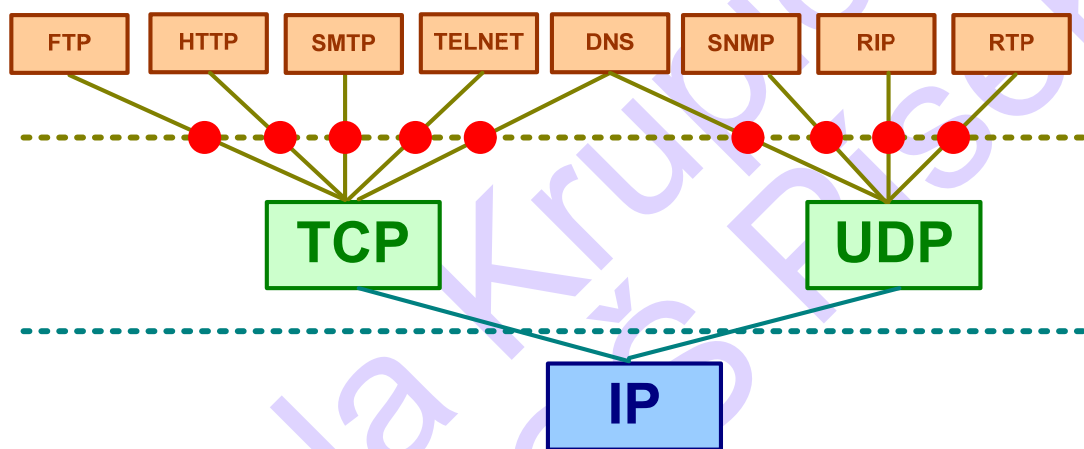
- **Formát PDU (Protocol Data Unit) protokolu UDP**



*Checksum = UDP paketu + UDP pseudozáhlaví

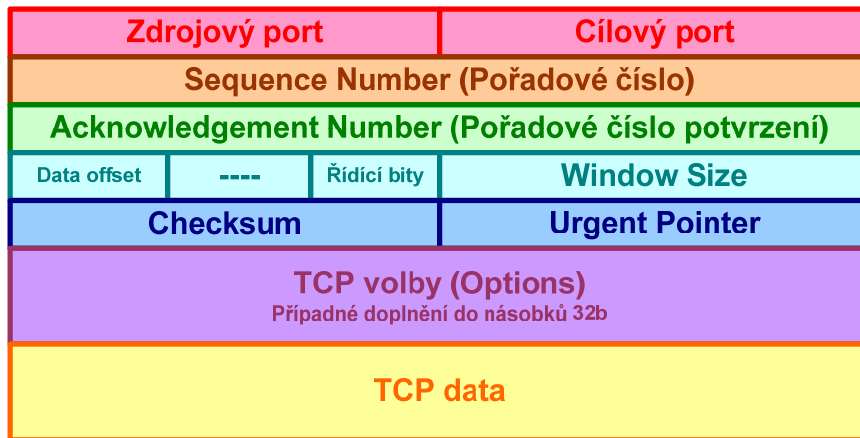
4.3 Protokol TCP

- Spojovaná služba (Connection Oriented)
- **Spolehlivá**
- Typ služby – **PAR** (Positive Acknowledgement with Retransmission)
- Zajišťuje doručení datových segmentů ve stejném pořadí, v jakém byly odeslány s vyloučením ztráty, bitové nesprávnosti a duplicity
- Vytvoří mezi komunikujícími procesy (jejich porty) virtuální osmibitový **full-duplex** komunikační kanál
- TCP spojení = dvojice komunikujících soketů
- **Použití:**
 - FTP (přenos souborů mezi síťovými uzly)
 - TELNET (relace přes síťový terminál)
 - WWW-HTTP (přístup ke zdrojům systému)
 - SMTP (předávání elektronických poštovních zpráv)



- **Fáze komunikačního procesu**
 - Vytvoření spojení
 - Řízený přenos proudu dat (sekvence datových segmentů), případné opakované vysílání nekorektně přijatých segmentů
 - Ukončení spojení
- **TCP paket v IP datagramu**





- Sequence Number (SN)
 - Je-li nastaven flag SYN, potom je SN počáteční číslo sekvence (ISN - Initial Sequence Number)
 - Není-li nastaven flag SYN, potom je SN pořadové číslo prvního datového oktetu v segmentu (vzhledem k celé sekvenci přenášených dat v rámci tohoto TCP spojení)
- Acknowledgement Number (ACKN) – potvrzovací číslo
 - musí být vysíláno během celého TCP spojení
 - představuje SN následujícího segmentu (toho, který je očekáván)
- Data Offset = délka záhlaví
 - počátek dat, udává se ve slovech (slovo = 32b)
- Řídící bity (Flags)

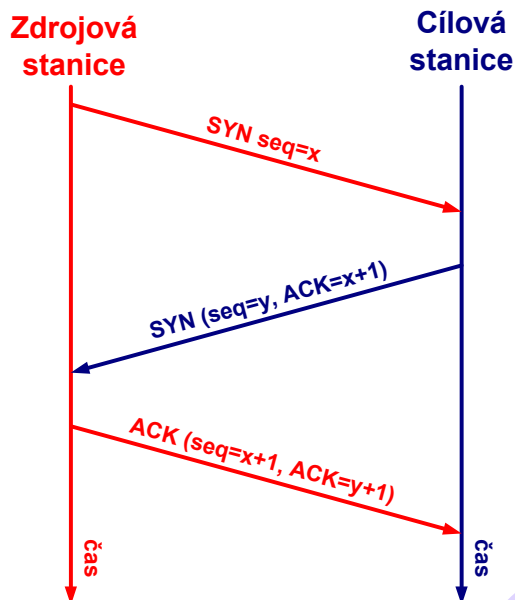


- URG – určuje platnost pole Urgent Pointer
- ACK – určuje platnost pole ACKN
- PSH – oznamuje, že segment obsahuje data, která se mají bezprostředně předat cílovému procesu
- RST – vyvolá reset TCP spojení
- SYN – iniciuje TCP spojení, vyvolá proces synchronizace (výměnu SN obou stran)
- FIN – iniciuje ukončovací proces TCP spojení (zpravidla v případě konce sekvence dat)
- Window Size – určuje velikost „sliding window“, max 65535 (počet oktetů, které je možno přenést bez ACK)
- Checksum – kontrolní součet (včetně TCP pseudozáhlaví)
- Urgent Pointer – specifikuje offset posledního oktetu urgentních dat (spolu s řídicím bitem URG)
- TCP volby – pole proměnné délky (dorovnává se na 2 oktety)
 - Maximum Segment Size (typ=2, délka=4) – udává maximální možnou velikost segmentu přenášeného v rámci TCP spojení (max. 65535B)
 - Window Scale Factor (typ=3, délka=3) – umožní zvětšení velikosti „plovoucího okna“ (65535×2^{14})
 - Timestamp (typ=8, délka=10) – nastavení časových známek na každý přenášený segment – pro měření RTT

Fáze spojení TCP

○ Navázání spojení

- Obě strany musí souhlasit s příjmem dat
- Pasivní otevření – aplikační program kontaktuje OS, zda je schopný přijmout příchozí spojení, OS přidělí číslo danému portu
- Mechanismus „three-way handshaking“
 - SYN** – synchronizační segment
 - Seq=x, seq=y** – náhodné číslo (0 až $2^{32}-1$)
 - ACK** – potvrzení příjmu

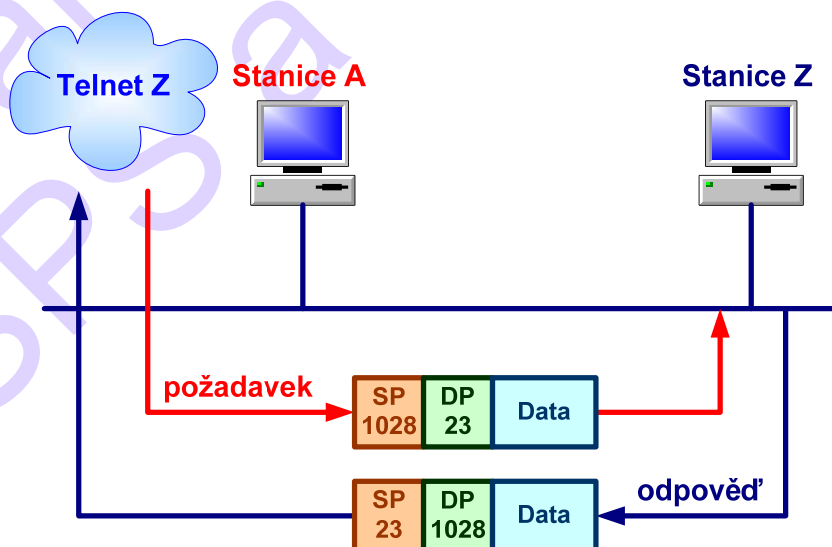


Příklad:

Klient vysílá SYN ISN=50
Server vysílá SYN ISN=99, ACK=51
Klient vysílá ACK=100
Klient vysílá byty 51-100
Server vysílá ACK = 101
Klient vysílá byty 101-150

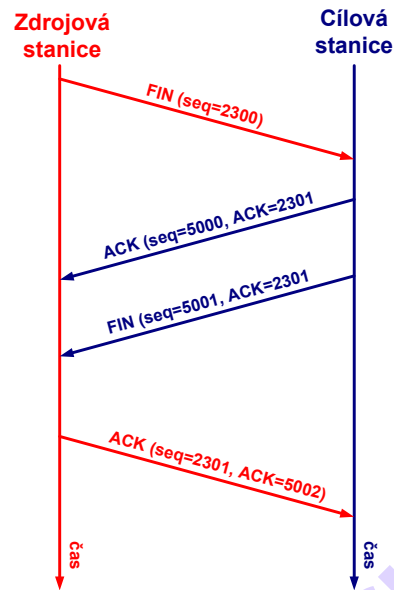
○ Přenos dat

- Zahrnuje přenos segmentů na základě pořadových čísel
- Pozitivní potvrzování a opětovné vysílání



○ Ukončení spojení

- Musí být provedeno z obou stran
- Provádí se nastavením bitu FIN v poli řízení segmentu TCP, který musí být druhou stranou potvrzen

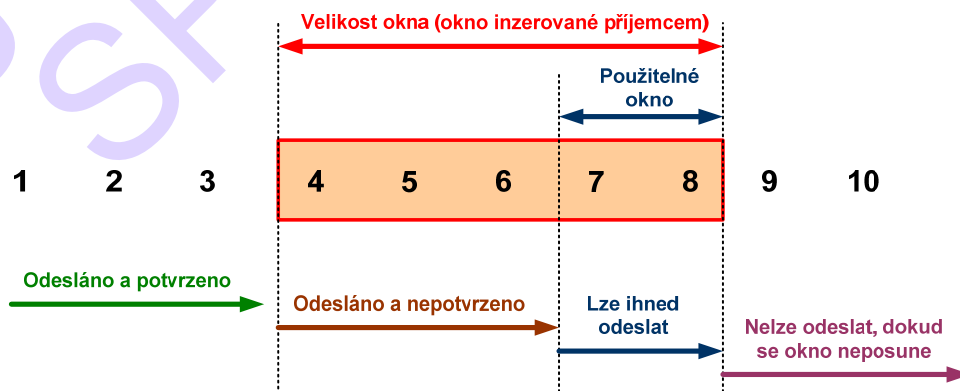


Velikost okna

- Specifikuje, kolik oktetů dat se může přenést od odesílatele k příjemci bez průběžného potvrzování
- Může se měnit během komunikace
- Nemusí být symetrická (každá komunikující strana může mít jinou velikost okna)
- Závisí na velikosti paměti příjemce i odesílatele
- Velikost okna = 0 – cílová stanice je zahlcena, zdrojová nevysílá další data
- Velikost okna = 1 – potvrzení přijetí každého bytu
- Typické hodnoty velikosti okna
 - Stanice – 8.192 bytů
 - Velké servery – 24.000 bytů

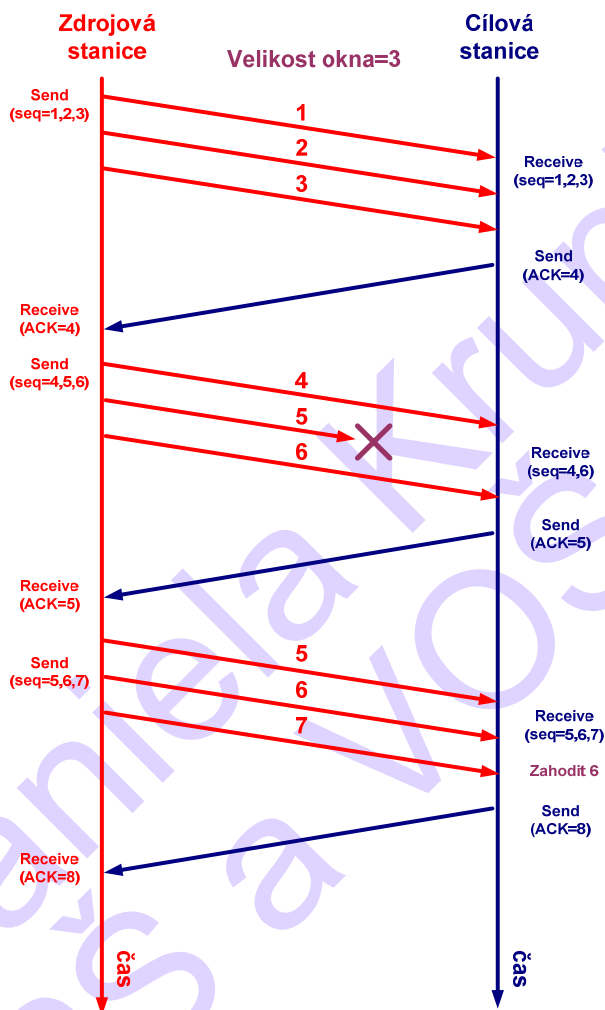
Sliding Window

- Po potvrzení přijatých bytů okno na vysílací straně jakoby klouže o příslušný počet bytů dál v řadě segmentů čekajících na odeslání
- Maximální počet dosud nepotvrzených vyslaných bytů je dán velikostí okna (nutno uchovat všechna nepotvrzená data, dokud nejsou potvrzena pro případné opětovné vyslání)



Potvrzování a opětovné vysílání dat

- **Potvrzování** doručených oktetů provádí přijímací stanice na základě pořadových čísel bytů
- Pozitivní potvrzování – potvrzuje se příjem všech oktetů předcházejících číslu potvrzení
- Kumulativní potvrzování – potvrzují se postupně byty v toku dat
- Po vyslání segmentu si zdrojová stanice nastaví svůj **časovač** (Retransmission Timer), pokud časovač vyprší dříve, než dorazí první potvrzení, považuje vysílající stanice data za ztracená a připraví je k opětovnému vyslání
- Duplicitní segmenty cílová stanice zahazuje
- Příklad



Otázky k procvičení a rozšíření probírané látky:

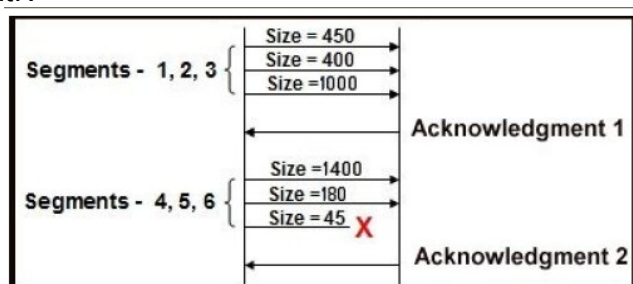
1. Která vrstva OSI modelu zajišťuje bezchybný přenos PDU mezi odesílatelem a příjemcem?
2. Jaký rozsah čísel mají well-known porty?
3. Napište, z jakých bloků se skládá záhlaví TCP a UDP protokolu a porovnejte je.
4. Proč se u TCP přenosu provádí řízení datového toku?
5. Co určuje adresa na transportní vrstvě?
6. Určete, jaké informace můžete získat z daného výpisu.

```
C:\> netstat -n
```

Active Connections			
Proto	Local Address	Foreign Address	State
TCP	192.168.1.101:1031	64.100.173.42:443	ESTABLISHED
TCP	192.168.1.101:1037	192.135.250.10:110	TIME_WAIT
TCP	192.168.1.101:1042	128.107.229.50:80	ESTABLISHED

7. Jaké pořadové číslo bude obsahovat ACK2, jestliže se Segment 6 ztratí?

ztratí?



8. Porovnejte protokoly TCP a UDP.
9. Jaká operace byla provedena na 7.řádku výpisu?
 - a) navázání relace
 - b) opětovné posílání segmentu
 - c) přenos dat
 - d) ukončení relace

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
5	0.102309	Cisco_3c:78:00	Broadcast	ARP	who has 198.133.219.25? Tell 10.21.148.177
6	0.102351	Cisco_b6:ce:04	Cisco_3c:78:00	ARP	198.133.219.25 is at 00:08:a3:b6:ce:04
7	0.102408	10.21.148.177	198.133.219.25	TCP	3351 → http [SYN, Seq=0 Len=0 MSS=1200
8	0.176454	198.133.219.25	10.21.148.177	TCP	http → 3351 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=8192 Len=0 MSS=1380
9	0.176519	10.21.148.177	198.133.219.25	TCP	3351 → http [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=65520 Len=0
10	0.176619	10.21.148.177	198.133.219.25	HTTP	GET / HTTP/1.1
11	0.257134	198.133.219.25	10.21.148.177	TCP	http → 3351 [ACK] Seq=1 Ack=1180 Win=7074 Len=0
12	0.271676	198.133.219.25	10.21.148.177	TCP	[TCP segment of a reassembled PDU]

Frame 7 (62 bytes on wire (62 bytes captured))	
Ethernet II, Src: Cisco_3c:78:00 (00:05:9a:3c:78:00), Dst: Cisco_b6:ce:04 (00:08:a3:b6:ce:04)	
Internet Protocol, Src: 10.21.148.177 (10.21.148.177), Dst: 198.133.219.25 (198.133.219.25)	
Transmission Control Protocol, Src Port: 3351 (3351), Dst Port: http (80), Seq: 0, Len: 0	
Source port: 3351 (3351)	
Destination port: http (80)	
Sequence number: 0 (relative sequence number)	
Header length: 28 bytes	
Flags: 0x02 (SYN)	
0... .. = Congestion Window Reduced (cwr): Not set	
.0.. = ECN-Echo: Not set	
..0. = Urgent: Not set	
...0 = Acknowledgment: Not set	
....0... = Push: Not set	
....0... = Reset: Not set	
....1.. = Syn: Set	
....0.. = Fin: Not set	
Window size: 64512	