# Sieci Komputerowe

Grzegorz Gutowski

Uniwersytet Jagielloński

2024/25

# API - TCP - serwer

```python
#!/usr/bin/env python3

import socket
import time
import threading

HOST = ''
PORT = 4567

sock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
sock.setsockopt(socket.SOL_SOCKET, socket.SO_REUSEADDR, 1)
sock.bind((HOST, PORT))
sock.listen(1)

while True:
    conn, addr = sock.accept()
    print(addr)
    class handler(threading.Thread):
        def __init__(self, conn, addr):
            super().__init__()
            self.conn = conn
            self.addr = addr
        def run(self):
            while True:
                msg = self.conn.recv(4096)
                print(self.addr, msg)
```

# API - TCP - klient

```python
#!/usr/bin/env python3

import socket

HOST = b'localhost'
PORT = 4567
NUM = 1000

sock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
sock.connect((HOST, PORT))
sock.send(b'Hello World!')
sock.send(b'Hello World!')
sock.send(b'Hello World!')
msg = sock.recv(4096)
print(msg)
sock.close()
```

# Przykład: klient HTTP

```python
#!/usr/bin/env python3

import socket

HOST = b'www.tcs.uj.edu.pl'
PORT = 80

sock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
sock.connect((HOST, PORT))
req = b'GET / HTTP/1.1\r\nHost: '+HOST+b'\r\n\r\n'
print(req)
sock.send(req)
msg = sock.recv(65536)
sock.close()
print(msg)
```

# Przykład: klient HTTP 2

```python
#!/usr/bin/env python3

import re
import socket

HOST = b'satori.tcs.uj.edu.pl'
PORT = 80

sock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
sock.connect((HOST, PORT))
sock.send(b'GET / HTTP/1.1\r\nHost: '+HOST+b'\r\n\r\n')
flo = sock.makefile()
response = flo.readline().rstrip()
headers = dict()
while True:
    line = flo.readline().rstrip()
    if not line:
        break
    m = re.match(r'([^ :]+) *: *(.*)', line)
    if m:
        headers[m.group(1).lower()] = m.group(2)
body = flo.read(int(headers.get('content-length', '-1')))
sock.close()

print(response)
print(headers)
```

# Jak uzyskać niezawodny transport

- Niezawodne łącze

# Jak uzyskać niezawodny transport

- Niezawodne łącze
- Łącze z błędami, ale bez traconych pakietów

# Jak uzyskać niezawodny transport

- Niezawodne łącze
- Łącze z błędami, ale bez traconych pakietów
  - Potwierdzenia transmisji
  - Retransmisje

# Jak uzyskać niezawodny transport

- Niezawodne łącze
- Łącze z błędami, ale bez traconych pakietów
  - Potwierdzenia transmisji
  - Retransmisje
  - Błędy w potwierdzeniach

# Jak uzyskać niezawodny transport

- Niezawodne łącze
- Łącze z błędami, ale bez traconych pakietów
  - Potwierdzenia transmisji
  - Retransmisje
  - Błędy w potwierdzeniach
- Łącze z błędami i traconymi pakietami

# TCP/UDP

- różnice w API

# TCP/UDP

- różnice w API
- negocjacja

# TCP/UDP

- różnice w API
- negocjacja
- narzut

# TCP/UDP

- różnice w API
- negocjacja
- narzut
- broadcasty

# TCP/UDP

- różnice w API
- negocjacja
- narzut
- broadcasty
- przeciążenie sieci

# Jak działa TCP?

- Czego nie da się zrobić?

# Jak działa TCP?

- Czego nie da się zrobić?
- Co da się zrobić?

# Jak działa TCP?

- Czego nie da się zrobić?
- Co da się zrobić?
  - Nawiązywanie połączenia
  - Utrzymywanie połączenia
  - Potwierdzenia transmisji
  - Retransmisja
  - Prędkość
  - Kontrola czasu transmisji
  - Kontrola rozmiaru buforów
  - Unikanie przeciążeń sieci

# Packet Network Intercommunication

- Vinton G. Cerf, Robert E. Kahn, *A Protocol for Packet Network Intercommunication*, 1974

# Packet Network Intercommunication

- Vinton G. Cerf, Robert E. Kahn, *A Protocol for Packet Network Intercommunication*, 1974
- Jon Postel, *Transmission Control Protocol*, 1981, RFC 793 + RFC 7805 + ...

THEORETICAL COMPUTER SCIENCE
Jagiellonian University

# TFTP

- TFTP RFC 1350

# TFTP

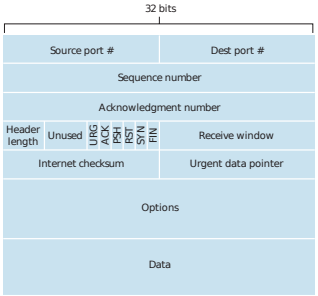
- TFTP RFC 1350
- Rozmiar bloku, czas transmisji RFC 2348, RFC 2349

# TFTP

- TFTP RFC 1350
- Rozmiar bloku, czas transmisji RFC 2348, RFC 2349
- Okno bloków RFC 7440

```
[ DRCV ]      <---traffic--->      [ DSND ]
  ACK#      ->               <-   Data Block#   window block#
                    ...
                    <-            |DB n+01|          1
                    <-            |DB n+02|          2
                    <-            |DB n+03|          3
                    <-            |DB n+04|          4
|ACK n+04|          ->
                    <-            |DB n+05|          1
                Error |<-         |DB n+06|          2
                    <-            |DB n+07|          3
|ACK n+05|          ->
                    <-            |DB n+06|          1
                    <-            |DB n+07|          2
                    <-            |DB n+08|          3
                    <-            |DB n+09|          4
|ACK n+09|          ->
                    <-            |DB n+10|          1
                Error |<-         |DB n+11|          2
                    <-            |DB n+12|          3
|ACK n+10|          ->| Error
                    <-            |DB n+13|          4
                                - timeout -
                    <-            |DB n+10|          1
                    <-            |DB n+11|          2
                    <-            |DB n+12|          3
                    <-            |DB n+13|          4
|ACK n+13|          ->
                    ...
```

# TCP




źródło: Kurose, Ross, *Computer Networking: A Top-Down Approach*

# Prędkość

- Oczekiwanie na potwierdzenie spowalnia łącze

# Prędkość

- Oczekiwanie na potwierdzenie spowalnia łącze
  - Go-Back-N (Sliding Window)

# Prędkość

- Oczekiwanie na potwierdzenie spowalnia łącze
  - Go-Back-N (Sliding Window)
  - Selective Repeat

# Prędkość

- Oczekiwanie na potwierdzenie spowalnia łącze
  - Go-Back-N (Sliding Window)
  - Selective Repeat
- Jak szybko uznać pakiet za zagubiony?

# Prędkość

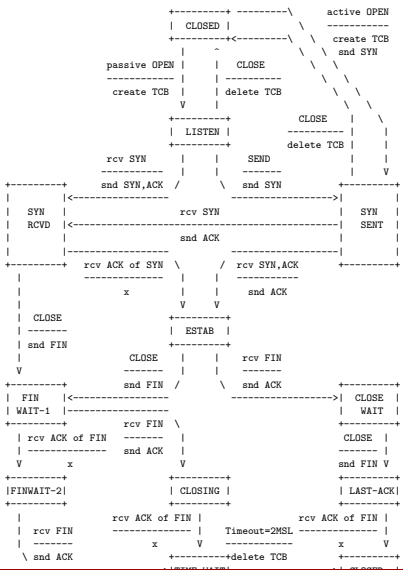
- Oczekiwanie na potwierdzenie spowalnia łącze
  - Go-Back-N (Sliding Window)
  - Selective Repeat
- Jak szybko uznać pakiet za zagubiony?
  - $EstimatedRTT = 0.875 \cdot EstimatedRTT + 0.125 \cdot SampleRTT$
  - $DevRTT = 0.75 \cdot DevRTT + 0.25 \cdot |SampleRTTEstimatedRTT|$
  - $TimeoutInterval = EstimatedRTT + 4 \cdot DevRTT$

# Prędkość

- Oczekiwanie na potwierdzenie spowalnia łącze
  - Go-Back-N (Sliding Window)
  - Selective Repeat
- Jak szybko uznać pakiet za zagubiony?
  - $EstimatedRTT = 0.875 \cdot EstimatedRTT + 0.125 \cdot SampleRTT$
  - $DevRTT = 0.75 \cdot DevRTT + 0.25 \cdot |SampleRTTEstimatedRTT|$
  - $TimeoutInterval = EstimatedRTT + 4 \cdot DevRTT$
- Jak zgłosić uszkodzony pakiet?

# Prędkość

- Oczekiwanie na potwierdzenie spowalnia łącze
  - Go-Back-N (Sliding Window)
  - Selective Repeat
- Jak szybko uznać pakiet za zagubiony?
  - $EstimatedRTT = 0.875 \cdot EstimatedRTT + 0.125 \cdot SampleRTT$
  - $DevRTT = 0.75 \cdot DevRTT + 0.25 \cdot |SampleRTTEstimatedRTT|$
  - $TimeoutInterval = EstimatedRTT + 4 \cdot DevRTT$
- Jak zgłosić uszkodzony pakiet?
- Kontrola rozmiaru buforów
- Unikanie przeciążeń sieci


CLOSED
active OPEN
create TCB
snd SYN
passive OPEN
create TCB
CLOSE
delete TCB
LISTEN
CLOSE
delete TCB
rcv SYN
snd SYN,ACK
SEND
snd SYN
SYN RCVD
rcv SYN
snd ACK
SYN SENT
rcv ACK of SYN
x
rcv SYN,ACK
snd ACK
CLOSE
snd FIN
ESTAB
rcv FIN
CLOSE
snd FIN
snd ACK
FIN WAIT-1
rcv FIN
snd ACK
CLOSE WAIT
rcv ACK of FIN
x
CLOSE
snd FIN
FINWAIT-2
CLOSING
LAST-ACK
rcv ACK of FIN
x
rcv ACK of FIN
x
rcv FIN
snd ACK
Timeout=2MSL
delete TCB

```
    TCP A                                               TCP B

1.  CLOSED                                              LISTEN

2.  SYN-SENT    --> <SEQ=100><CTL=SYN>                --> SYN-RECEIVED

3.  ESTABLISHED <-- <SEQ=300><ACK=101><CTL=SYN,ACK>  <-- SYN-RECEIVED

4.  ESTABLISHED --> <SEQ=101><ACK=301><CTL=ACK>       --> ESTABLISHED

5.  ESTABLISHED --> <SEQ=101><ACK=301><CTL=ACK><DATA> --> ESTABLISHED
```

# Nawiązywanie i zrywanie połączenia

- SYN, SYNACK, ...

# Nawiązywanie i zrywanie połączenia

- SYN, SYNACK, ...
- SYNFLOOD, SYN cookies

# Nawiązywanie i zrywanie połączenia

- SYN, SYNACK, ...
- SYNFLOOD, SYN cookies
- FIN, FINACK

# Kontrola rozmiaru buforów

- Lepiej wysyłać duże segmenty. Nagle

# Kontrola rozmiaru buforów

- Lepiej wysyłać duże segmenty. Nagle
- Czasem trzeba wysyłać małe segmenty. Push

# Kontrola rozmiaru buforów

- Lepiej wysyłać duże segmenty. Nagle
- Czasem trzeba wysyłać małe segmenty. Push
- Można wysyłać priorytetowe segmenty. URG

# Kontrola rozmiaru buforów

- Lepiej wysyłać duże segmenty. Nagle
- Czasem trzeba wysyłać małe segmenty. Push
- Można wysyłać priorytetowe segmenty. URG
- Kiedy wysyłać ACK?

# Przyspieszanie

- Większe okno

# Przyspieszanie

- Większe okno
- Selective Repeat

# Przyspieszanie

- Większe okno
- Selective Repeat
- RTTM, Echo + Reply

# Przyspieszanie

- Większe okno
- Selective Repeat
- RTTM, Echo + Reply
- 32 bity ofsetu to mało

| Network | B*8 bits/sec | B bytes/sec | Twrap secs |
|---|---|---|---|
| ARPANET | 56kbps | 7KBps | 3*10**5 (~3.6 days) |
| DS1 | 1.5Mbps | 190KBps | 10**4 (~3 hours) |
| Ethernet | 10Mbps | 1.25MBps | 1700 (~30 mins) |
| DS3 | 45Mbps | 5.6MBps | 380 |
| FDDI | 100Mbps | 12.5MBps | 170 |
| Gigabit | 1Gbps | 125MBps | 17 |

# Unikanie przeciążeń sieci

- (Szybki) slow start, congestion avoidance, fast retransmission, fast recovery

# Unikanie przeciążeń sieci

- (Szybki) slow start, congestion avoidance, fast retransmission, fast recovery
- TCP Tahoe
- TCP Reno
- TCP Vegas
- ..., CUBIC, Compound

# Unikanie przeciążeń sieci

- (Szybki) slow start, congestion avoidance, fast retransmission, fast recovery
- TCP Tahoe
- TCP Reno
- TCP Vegas
- ..., CUBIC, Compound
- Wiele równoczesnych połączeń

# Unikanie przeciążeń sieci

- (Szybki) slow start, congestion avoidance, fast retransmission, fast recovery
- TCP Tahoe
- TCP Reno
- TCP Vegas
- ..., CUBIC, Compound
- Wiele równoczesnych połączeń
- Konkurencja z UDP

# Unikanie przeciążeń sieci

- (Szybki) slow start, congestion avoidance, fast retransmission, fast recovery
- TCP Tahoe
- TCP Reno
- TCP Vegas
- ..., CUBIC, Compound
- Wiele równoczesnych połączeń
- Konkurencja z UDP
- Oszukujące TCP

Gdzie to wszystko jest zaimplementowane?