TCP

FEUP/MRSC/AMSR
MPR

Bibliografia

» Aula preparada com base nos seguintes documentos

- L. Peterson, B. Davie, “Computer Networks – A Systems Approach”, Morgan Kaufamnn, 2000 (Sec. 5.1 e 5,2)
- Acetatos do autor do livro, L. Peterson, “Reliable Byte Stream (TCP)”

Introdução

- Estabelecimento e terminação de ligação
- Mecanismo de janela deslizante
- Controlo adaptativo
- Timeout adaptativo

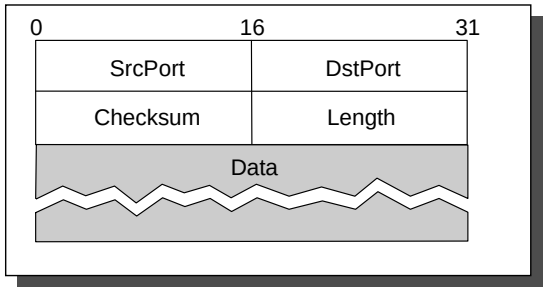
Protocolos Extremo a Extremo

» Rede *best-effort*
  – Perde mensagens
  – Não preserva ordem de mensagens
  – Pode entregar de duplicados da mesma mensagem
  – Limita tamanho de mensagens
  – Entrega mensagens com atraso desconhecido

» Serviços extremo a extremo comuns
  – Entrega garantida das mensagens
  – Entrega das mensagens pela ordem de envio
  – Entrega de uma cópia de cada mensagem, no máximo
  – Suporte de mensagens arbitrariamente grandes
  – Receptor controla o fluxo do emissor
  – Suporte de múltiplos processo de aplicação em cada computador

UDP – Desmultiplexador Simples

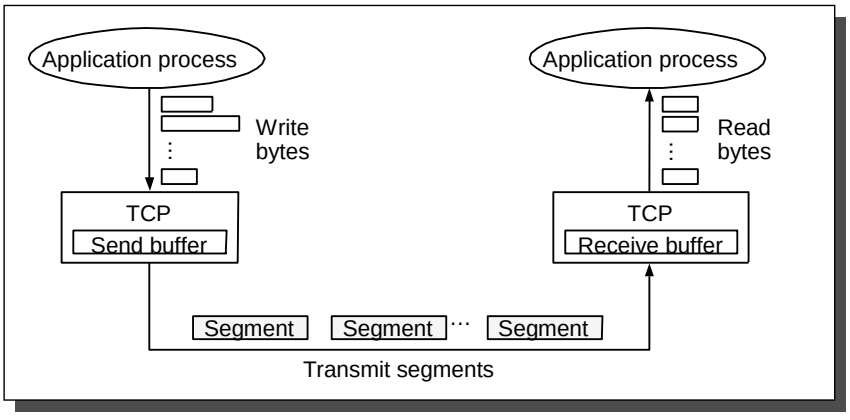
- Serviço de datagramas não ordenado, não fiável
- Suporta multiplexagem de processos de aplicação
- Não permite controlo de fluxo
- Pontos de acesso a serviço designados por *Porta*
- Formato do pacote



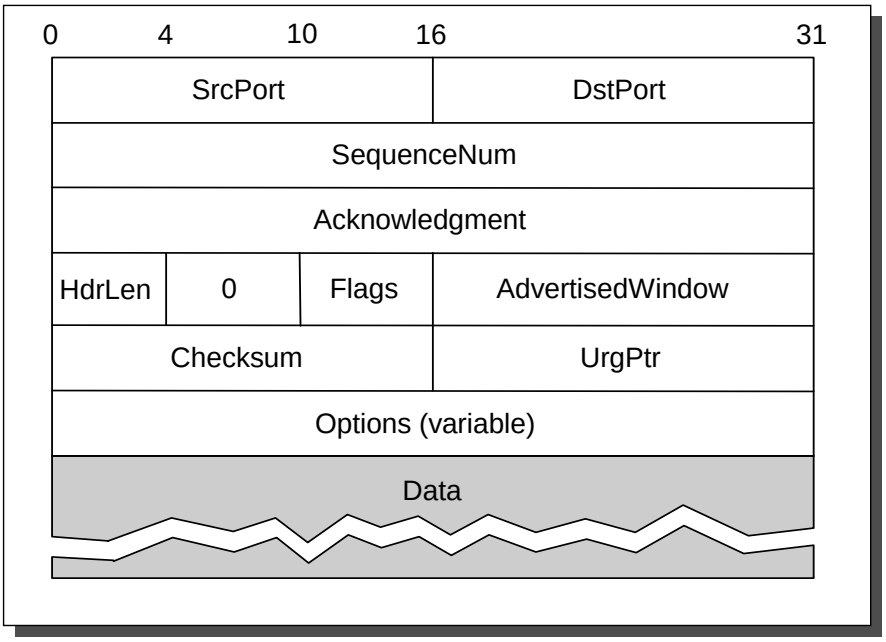
- *Checksum* opcional
  - » pseudo cabeçalho + cabeçalho UDP + dados

TCP

- Orientado às ligações
- Fluxo de bytes
  - » aplicação escreve bytes
  - » TCP envia segmentos
  - » aplicação lê bytes
- Full duplex
- Controlo de fluxo ←
  - » Evita que emissor congestione receptor
- Controlo de congestão ←
  - » Evita que emissor congestione a rede

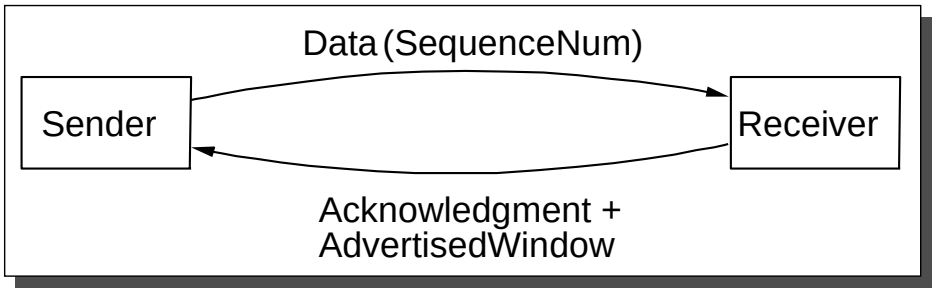


Formato do Segmento



Formato do Segmento

- Cada ligação identificada pelo vector
  - **(SrcPort, SrcIPAddr, DstPort, DstIPAddr)**
- Janela deslizante + controlo de fluxo
  - **acknowledgment, SequenceNum, AdvertisedWindow**



- Flags
  - **SYN, FIN, RESET, PUSH, URG, ACK**
- Checksum
  - pseudo cabeçalho + cabeçalhoTCP + dados

Estabelecimento e Terminação da Ligação

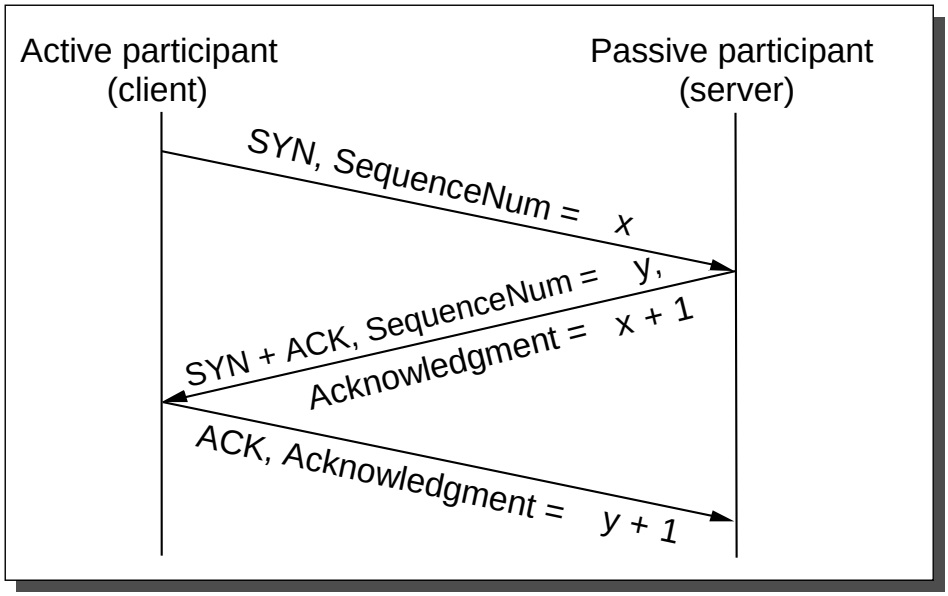
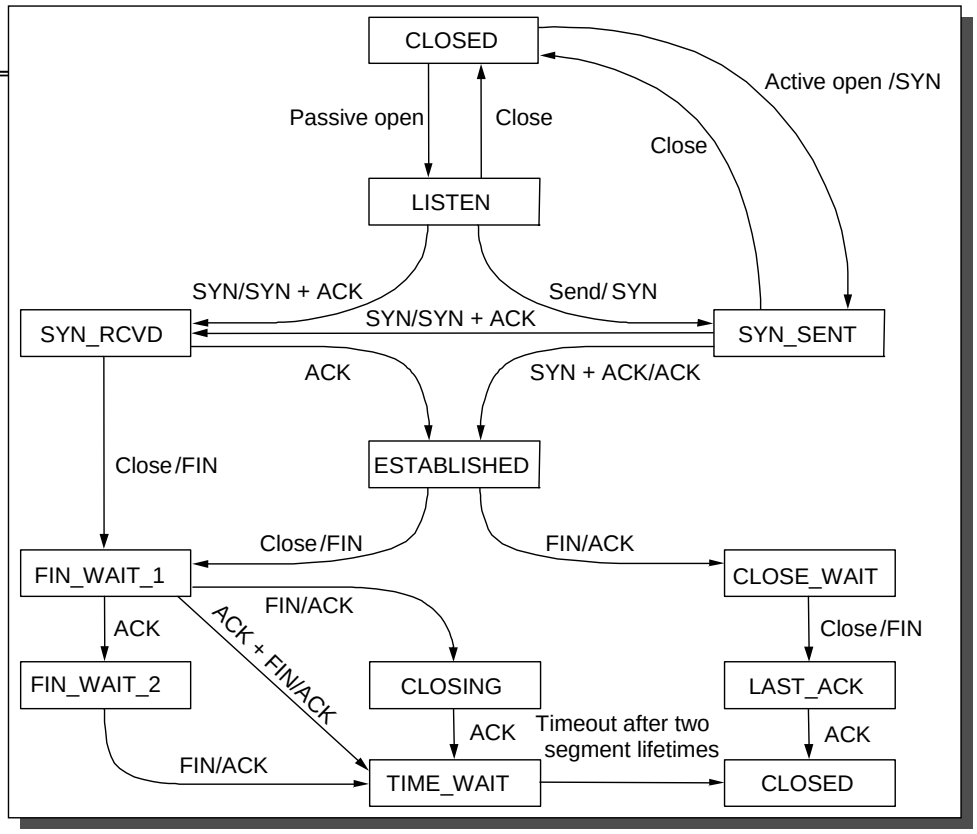
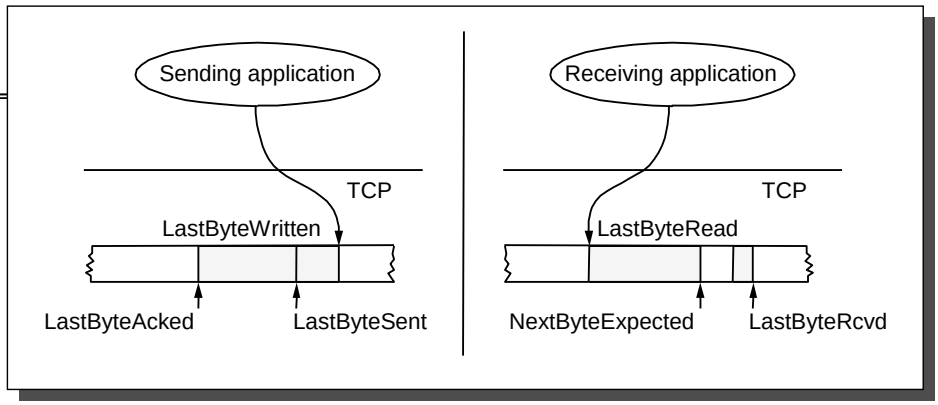


Diagrama de Transição de Estados



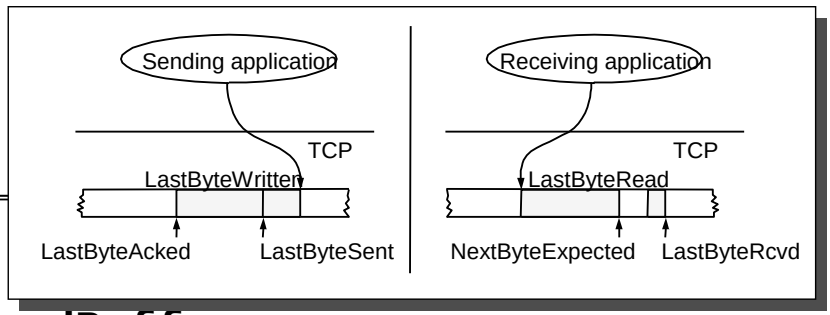
Janela Deslizante



» No emissor
- **`LastByteAcked < = LastByteSent`**
- **`LastByteSent < = LastByteWritten`**
- Buferiza bytes entre **`LastByteAcked`** e **`LastByteWritten`**

» No receptor
- **`LastByteRead < NextByteExpected`**
- **`NextByteExpected < = LastByteRcvd +1`**
- Buferiza bytes entre **`NextByteRead`** e **`LastByteRcvd`**

Controlo de Fluxo



- Comprimento do buffer
  - » no emissor → **`MaxSendBuffer`**
  - » no receptor → **`MaxRcvBuffer`**
- No receptor

  `LastByteRcvd - LastByteRead < = MaxRcvBuffer`

  `AdvertisedWindow = MaxRcvBuffer -(LastByteRcvd - LastByteRead)`
- No Emissor

  `LastByteSent - LastByteAcked < = AdvertisedWindow`
  `EffectiveWindow = AdvertisedWindow - (LastByteSent - LastByteAcked)`
  `LastByteWritten - LastByteAcked < = MaxSendBuffer`

  Processo bloqueia se quer enviar (write) y bytes e

  `(LastByteWritten - LastByteAcked) + y > MaxSenderBuffer`
- **`ACK`** enviado como resposta à chegada de um segmento

Manter a Linha Cheia

- **RTT = 100 ms (v=5us/km, L=10 000 km)**
- **AdvertisedWindow** de 16 bits ($2*10^{16}$ = 65 koctetos)

Bandwidth	Delay x Bandwidth
E1 (2 Mbit/s)	25 kocteto
Ethernet (10 Mbit/s)	122 kocteto
E3 (34 Mbit/s)	425 kocteto
FDDI (100 Mbit/s)	1.2 Mocteto
STM-1 (155 Mbit/s)	1.8 Mocteto
STM-4 (622 Mbit/s)	7.4 Mocteto
STM-16 (2.5 Gbit/s)	31.2 Mocteto

Extensões do TCP

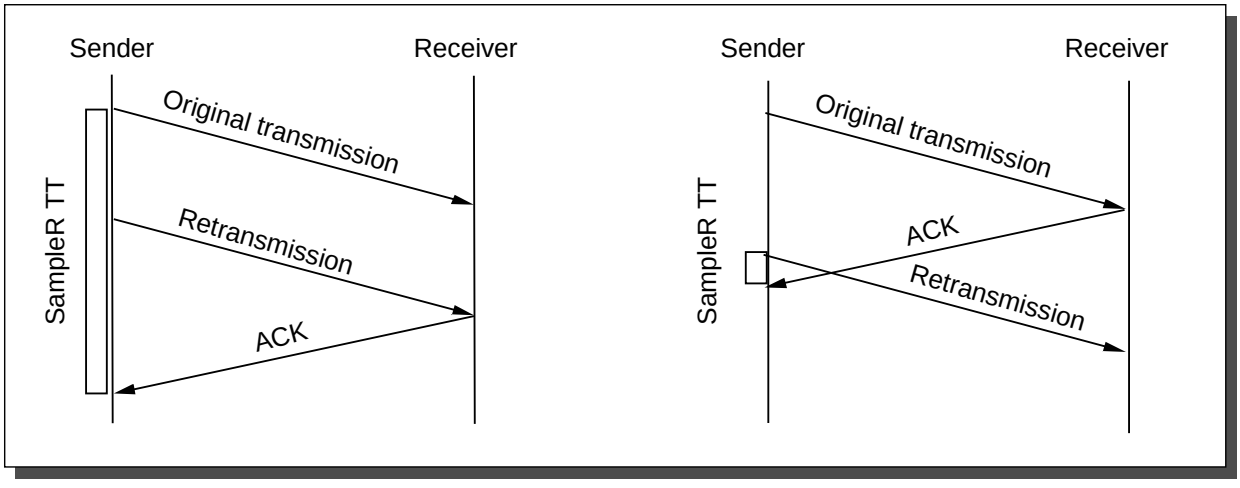
- Implementadas como opções do TCP
- Armazenamento de timestamps nos segmentos
- Shift (escala) da janela recomendada

Retransmissão Adaptativa (Algoritmo Original)

- RTT → Round Trip Time (tempo de ida e volta)
- Medida de **`sampleRTT`** para cada par **`segmento/ACK`**
- Cálculo da média pesada do **`RTT`**
  - » **`RTT = a x RTT + (1-a) x SampleRTT`**
    - **`a em [0.8, 0.9]`**
- **`TimeOut = 2 x RTT`**

Melhoria de Karn/Partridge

- Não mede **`sampleRTT`** em caso de retransmissão
- Duplica valor do timeout em cada retransmissão



Melhoria de Jacobson/ Karels

- Novo método de cálculo do **RTT**
  - » **Dif = sampleRTT - RTT**
  - » **RTT = RTT + (p x Dif)**
  - » **Desv = Desv + p (|Dif| - Desv)**
    - – **p em [0,1]**
- Considera variância no cálculo do timeout
  - » **TimeOut = m x RTT + f x Desv**
  - » **m = 1, f = 4**

- Mecanismo de timeout preciso
  - » importante para controlo de congestão