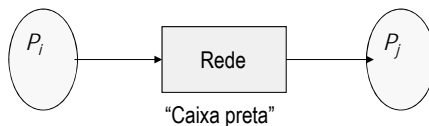


Redes de Computadores

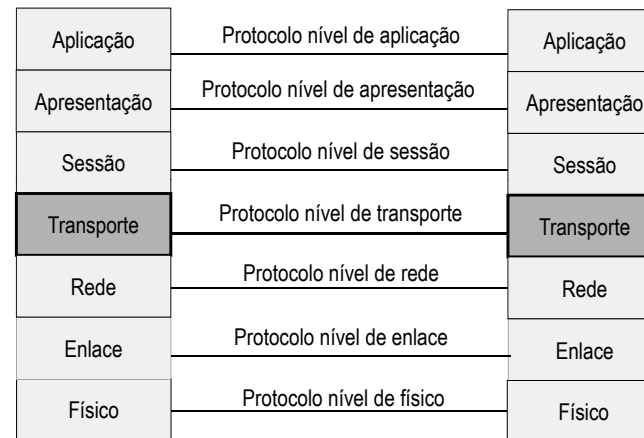
Nível de Transporte

Aula 22

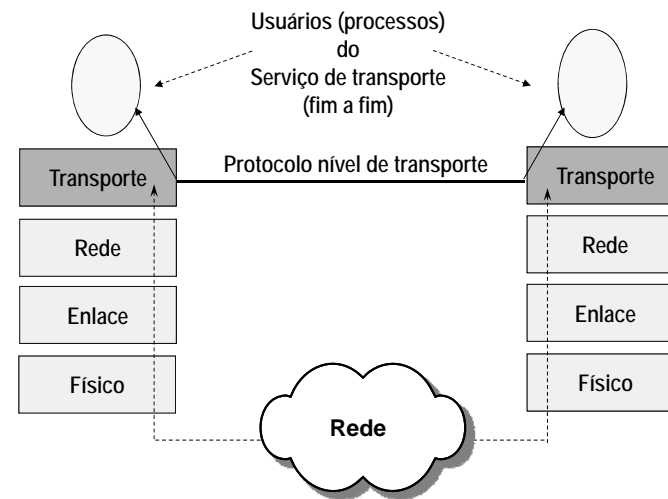
- **Motivação**
 - Complexidade das redes (diversidade e quantidade de dispositivos)
 - Heterogeneidade dispositivos, enlaces e tecnologias
- **Objetivo:**
 - Tornar complexidade transparente aos processos de aplicação
 - Esconder detalhes e fornecer uma visão simplificada
 - Fornecer comunicação lógica entre processos de aplicação
 - Camada de rede oferece comunicação lógica entre hospedeiros
- **Visão:**



Nível de transporte



Contexto do protocolo de transporte



Principais pontos

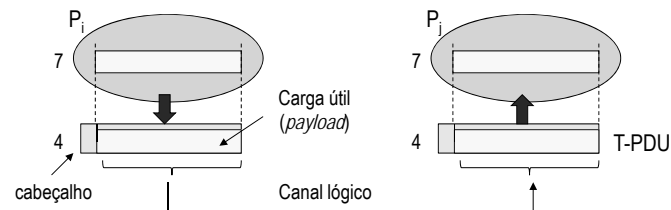
- Quais serviços são implantados pela camada de transporte?
- Serviços da entidade de transporte são
 - executados nos sistemas finais
 - disponibilizados às camadas superiores através de primitivas
 - Ex.: no TCP/IP corresponde a interface de sockets
- Construídos sobre recursos abstratos (virtuais)
 - Entidade de transporte (TSAP)
 - Ex.: identificador 6 para o TCP e 17 para o UDP
 - Conexão

Principais Serviços

- Encapsulamento e desencapsulamento
- Multiplexação e demultiplexação
- Controle de fluxo
- Controle de erro
- Orientados a conexão e não orientados a conexão (próxima aula)
- Controle de congestionamento
- Segurança
- Qualidade de serviço

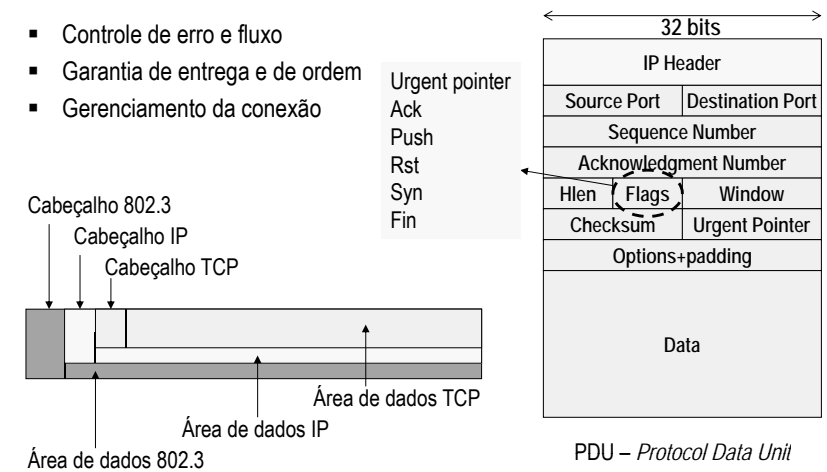
Encapsulamento e desencapsulamento

- Inserção/retirada de informações de controle da camada de transporte
 - Ex.: número de sequência, controle de fluxo e de erro
- Considera fragmentação e remontagem

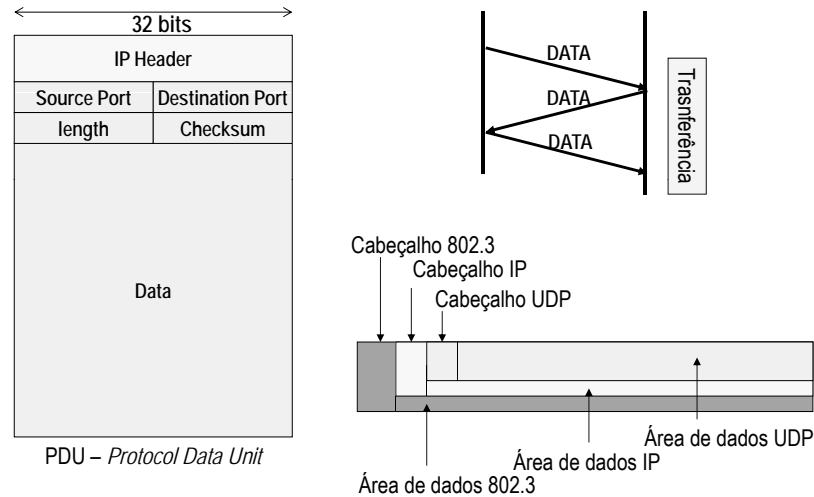


TCP/IP: formato do segmento TCP

- Controle de erro e fluxo
- Garantia de entrega e de ordem
- Gerenciamento da conexão

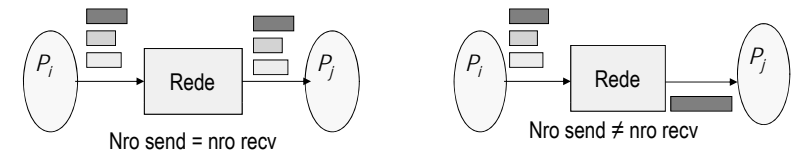


TCP/IP: Formato do datagrama UDP



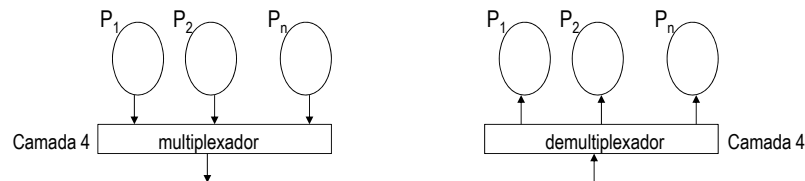
TCP/IP: Modelo de T-PDUs

- Orientado a mensagem
 - Os dados são delimitados em T-PDUs independentes
 - Modelo usado na camada de transporte da Internet (UDP)
 - T-PDU é denominada de datagrama
- Sequência contínua (*byte stream*)
 - Não há delimitação de T-PDUs
 - T-PDUs são interrelacionadas
 - Modelo empregado na camada de transporte da Internet (TCP)
 - T-PDU é denominada de segmento



Multiplexação e demultiplexação

- Multiplexação
 - Uma única entidade recebe dados de várias origens (muitos para um)
- Demultiplexação
 - Uma entidade encaminha dados mais de um destino (um para muitos)



- No "mundo TCP/IP" a multiplexação/demultiplexação é feita com base no canal lógico (isso é, porta e endereço IP)

TCP/IP: O conceito de porta

Porta	Protocolo	Aplicação
20	TCP	FTP-data
21	TCP	FTP-control
25	TCP	SMTP
53	TCP/UDP	DNS
80	TCP	HTTP
110	TCP	POP3
161	UDP	SNMP

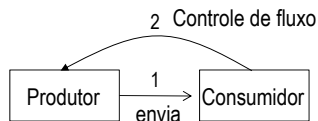
TCP	UDP
IP Internet Protocol	
Interface de rede	

- É um número de 16 bits utilizado como identificador
- Existem dois tipos de portas
 - Bem conhecidas (*well known ports*): 1 a 1023
 - Efêmeras (*ephemeral ports*)
 - *Registered ports*: 1024 a 49151
 - *Dynamics and/or private ports*: 49152 a 65535
 - <http://www.iana.org/assignments/port-numbers>
- Portas TCP são independentes de Portas UDP
 - Porta 100 (TCP) ≠ Porta 100 (UDP), mas se convencionou "alocar" as duas simultaneamente para um mesmo protocolo

Controle de fluxo

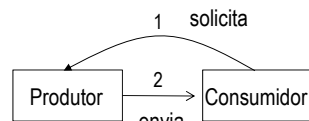
- Objetivo é evitar a perda de dados do lado consumidor (destino)
- Comunicação é uma relação produtor-consumidor
 - Emissor produz dados que são consumidos pelo destino
 - Problema: taxa de produção maior que a taxa de consumo
- Formas de entrega:

Pushing



Necessário controle de fluxo

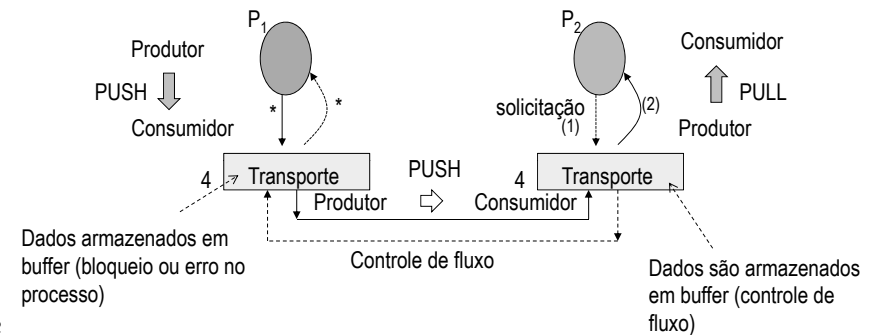
Pulling



Não há necessidade de controle de fluxo

13

Na prática....



*Sistema operacional com a noção de chamadas de sistema realiza um tipo de controle de fluxo.

Redes de Computadores

14

Controle de erro

- Responsável por
 - Detectar e descartar T-PDUs com erro
 - Identificar T-PDUs faltantes e solicitar seu reenvio (ou reenvio por timeout)
 - Reconhecer T-PDUs duplicadas e descartá-las
 - Armazenar T-PDUs de forma a garantir a entrega na ordem, sem erros, sem duplicação para o destino final (processo de aplicação)
- Na interação aplicação-transporte-transporte-aplicação
 - Controle de fluxo é feito entre a camada de aplicação e transporte
 - Controle de erro é feito apenas na camada de transporte



Redes de Computadores

15

Números de sequência

- O controle de erro necessita saber
 - Quais T-PDUs devem ser reenviadas (erro ou perda)
 - Quais T-PDUs estão duplicadas
 - Qual é a ordem correta das T-PDUs
- Solução: identificar T-PDUs com números de sequência
 - T-PDU-s são numerados sequencialmente na sua origem
 - Possibilidade de identificador "lacunas" nos números de sequência devido a perdas e chegada fora de ordem
 - Possibilidade de detectar duplicação ao receber duas T-PDUs com o mesmo número

Questão associada: quantos bits se usa para o número de sequência?
Evitar confusão entre um "novo zero" e a retransmissão de um "velho zero"

Redes de Computadores

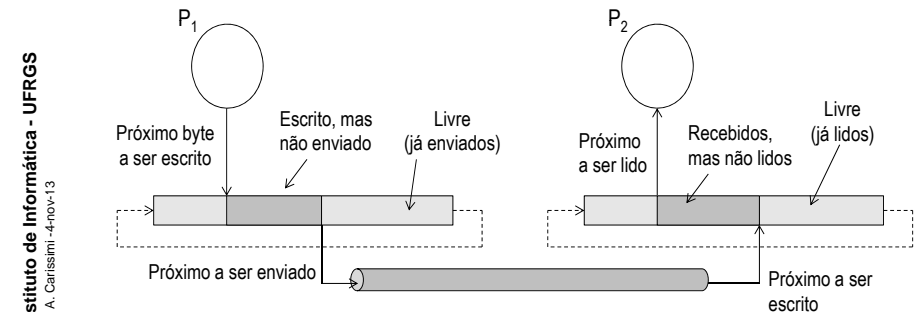
16

Confirmação

- Controle de erros é feito através de confirmações
 - Positivas: quando uma T-PDU foi recebida corretamente
 - Negativas: quando uma T-PDU não foi recebida corretamente
- Confirmações são associadas aos números de sequência
- Ações sobre T-PDUs
 - Recebidas sem erros: se tudo OK, confirma sua recepção correta
 - Se duplicada: descarta e confirma sua recepção
 - Se fora de ordem: ordena e confirma a recepção das T-PDUs ordenadas
 - Se faltando: armazena e espera chegar a que falta
 - Recebidas com erro: são descartadas no destino e reenviadas por pedidos explícitos ou por *timeout*

Combinação de controle de fluxo e controle de erro

- Relação produtor-consumidor baseado em buffers de transmissão e recepção
 - Buffers: unidades de tamanho fixo (bytes ou quadros) ou variável (quadros)
 - Controle de capacidade do buffer e da recepção (*go-back N*, *selective repeat*, *stop-and-wait*)



Controle de fluxo e congestionamento

- Evitar, de forma automática, que uma origem sobrecarregue um destino com o envio de dados
 - Mecanismo básico é janela deslizante
 - Sobrecarga pode levar a perdas de dados (overflow)
- Estratégia: destino indica a capacidade de recepção informando o número de bytes extras que pode receber
 - Envio de zero bytes suspende a transmissão
 - Risco de deadlock → time-out de janela
- Congestionamento
 - Perda é consequência de erro de transmissão
 - Suposição: congestionamento ocasionou a perda
 - Retransmissão não deve ocorrer imediatamente

TCP oferece controle de fluxo e congestionamento. O UDP, não.

Segurança

- Mecanismos de segurança
 - Autenticação
 - Controle de acesso (autorização)
 - Confidencialidade
- Os serviços/protocolos são classificados em seguros e inseguros
 - Na Internet, os protocolos TCP e UDP são inseguros

Qualidade de serviço (QoS)

- Serviços que permitem a definição de parâmetros para funcionamento
 - Vazão, latência, variação do atraso (jitter), taxa de perda etc
- Normalmente são parâmetros das camadas inferiores que são mapeados na camada de transporte
 - Se não são ofertados pela camada N-1, não há como uma camada N fazer garantias para uma camada superior N+1
- Na Internet, nem o TCP, nem o UDP oferecem mecanismos de QoS

21

Estudo de casos: protocolos Internet

- Protocolo UDP
 - Não possui controle de fluxo
 - Não faz controle de erro
 - Há apenas detecção de erro em um datagrama individual
- Protocolo TCP
 - Realiza controle de fluxo (esquema de créditos)
 - Realiza controle de erro
 - Confirmações positivas
 - Retransmissões por *time-out*
 - Mecanismos baseados em números de sequência

Redes de Computadores

22

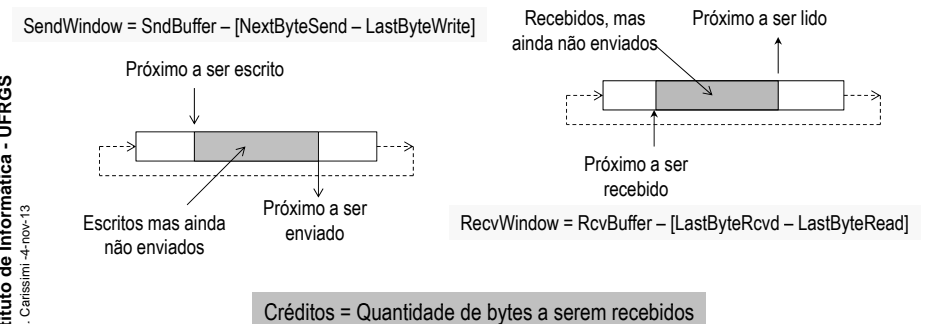
TCP: Controle de fluxo

- Baseado em um esquema de crédito (genérico)
 - Variação de janela deslizante onde os buffers de transmissão e recepção são de tamanho variável (blocos múltiplos de bytes = segmentos TCP)
- Emissor tem crédito para enviar até n bytes ao destino
 - Segmento ao ser aceito (processado), o destino renova a quantidade de créditos por um valor c ($0 < c \leq n$)
 - Créditos podem ser renegociados
- Tamanho da janela é negociado no estabelecimento da conexão (*Maximum Segment Size – MSS*). (valor *default* é 536 bytes para Ethernet)
- Confirmações (ACKs) servem renovar os créditos

23

TCP: Controle de fluxo

- Sistema de créditos
 - Capacidade de buffer no receptor
 - Janelas de transmissão e recepção

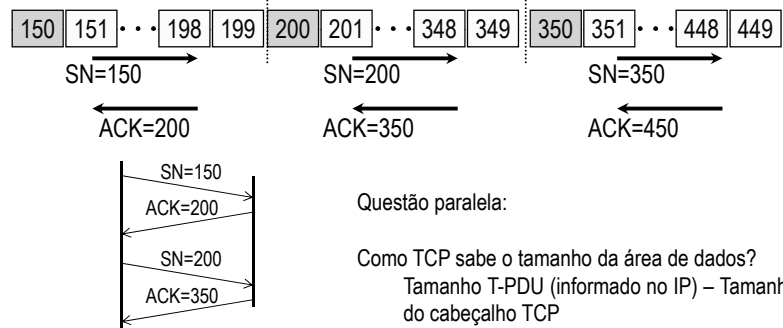


Redes de Computadores

24

TCP: Confirmação positiva (ACK)

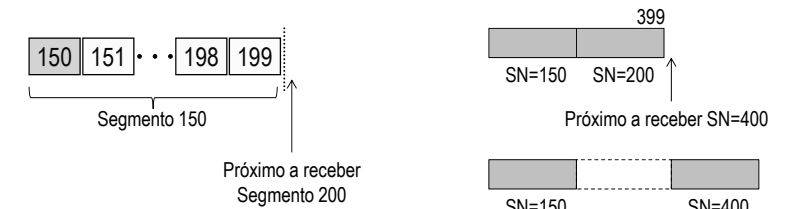
- Baseado no valor no campo *acknowledge number* (ACK)
 - Indica o número de sequência dos bytes já processados pela aplicação
- Informa ao transmissor o próximo byte a ser recebido



25

TCP: Controle de sequência

- Garante a recepção dos dados na ordem da emissão e sem duplicação
- Cada byte enviado possui um número de sequência associado
- O segmento TCP é identificado pelo número de sequência do seu primeiro byte



Redes de Computadores

26

TCP: Retransmissão

- O protocolo TCP emprega *timeout* por segmentos
 - Processo origem dispara um *timeout* para cada segmento enviado
 - Segmento é retransmitido quando a origem não recebe a confirmação antes da expiração do temporizador
- Tratamento da duplicação é feito pelo *sequence number*
 - Destino espera segmento com número x , qualquer segmento com número inferior é considerado duplicado e é descartado

27

TCP: Controle de erros

- Objetivo: garantir o recebimento correto dos segmentos
 - Sem erros, na ordem, sem duplicação
- Baseado em:
 - Confirmação positiva (ACK)
 - Similar ao go-back N
 - Confirmação seletiva (SACK)
 - RFC 2018, permite o reconhecimento seletivo (similar ao selective repeat)
 - Retransmissão por *time-out*

Redes de Computadores

28

TCP: Ações em caso de erros

- Segmentos recebidos com erro
 - Descarte
- Segmento perdido
 - Retransmissão por time-out (não confirmado)
- Segmentos fora de ordem
 - Armazena no buffer, espera chegar, e ordena posteriormente
- Segmento duplicado (já recebeu aquele SN)
 - Descarte

Leituras complementares

- Stallings, W. Data and Computer Communications (6th edition), Prentice Hall 1999.
 - Capítulo 15, seção 15.3, 15.4
- Tanenbaum, A. Redes de Computadores (4^a edição), Campus, 2000.
 - Capítulo 6, seção 6.1, 6.2 e 6.3
- Carissimi, A.; Rochol, J; Granville, L.Z; Redes de Computadores. Série Livros Didáticos. Bookman 2009.
 - Capítulo 6, seções 6.1 a 6.3

Leituras complementares

- Stallings, W. Data and Computer Communications (6th edition), Prentice Hall 1999.
 - Capítulo 15, seção 15.3, 15.4
- Tanenbaum, A. Redes de Computadores (4^a edição), Campus, 2000.
 - Capítulo 6, seção 6.1, 6.2 e 6.3
- Carissimi, A.; Rochol, J; Granville, L.Z; Redes de Computadores. Série Livros Didáticos. Bookman 2009.
 - Capítulo 6, seções 6.1 a 6.3