Arquitetura Internet - Camada de Transporte

1. Padrões da Camada de Transporte
   - serviço orientado a conexão - TCP
   - serviço orientado a datagrama - UDP
   - port, dados urgentes, ...
2. Padrões da Camada de Transporte - TCP/IP
   - campos que compõem o cabeçalho do protocolo;
   - temporização e controle de congestionamento;
   - TCP/IP sobre Redes de Alto Produto Banda * Delay.
3. Padrões da Camada de Transporte - UDP
   - campos que compõem o cabeçalho do protocolo.

1 - Padrões da Camada de Transporte

- ... a Camada de Transporte da Arquitetura TCP/IP provê 02 serviços: serviço orientado a conexão (TCP/IP) e serviço orientado a datagrama (UDP);
- ... o Protocolo TCP/IP pertence a classe 4 e opera sob uma camada de rede orientada a datagrama, tendo como características principais:
  - ✘ utilização de conexões full-duplex;
  - ✘ estabelecimento e fechamento de conexões em 03 fases;
  - ✘ transferência de dados utilizando "buffers";
  - ✘ mensagens sem delimitação de fronteira;
  - ✘ controle de fluxo por janela deslizante.
- ... nesta seção apresentamos algumas peculiariedades presentes em ambos os protocolos, como por exemplo o conceito de *port*.

1.1 - Conceito de Port

- ... para as camadas interface de rede e inter-redes, o destinatário é identificado univocamente por um endereço de $host$;

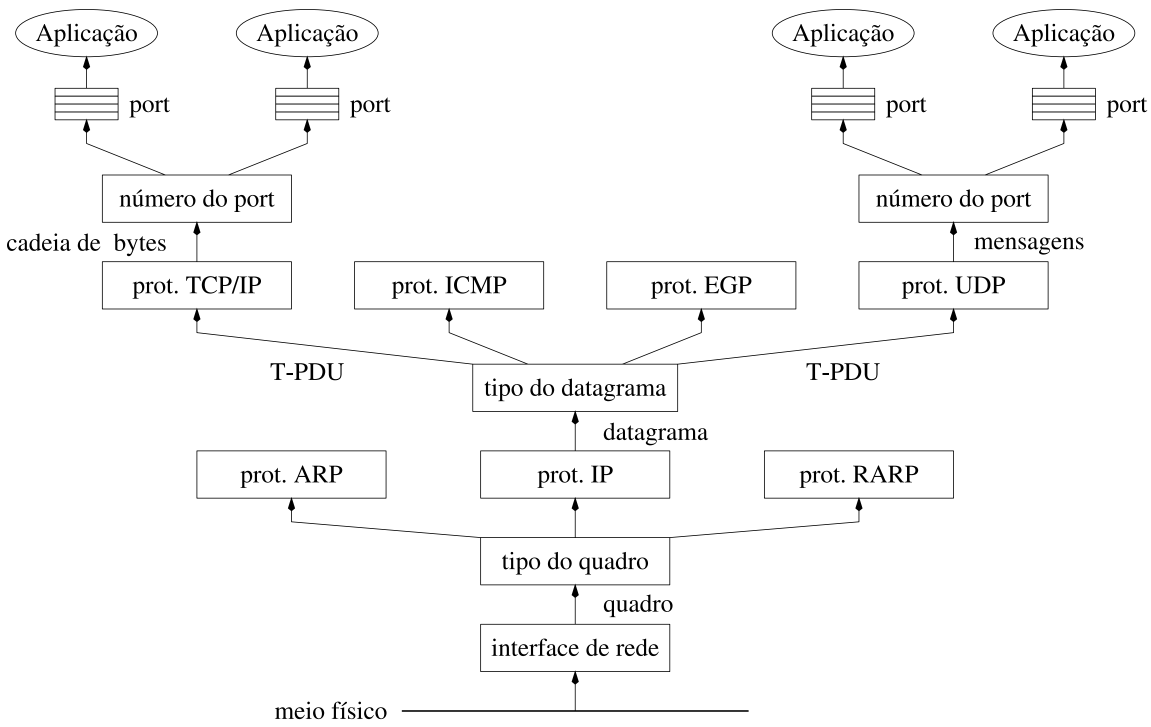
- ... como a camada de transporte atende múltiplas aplicações, para diferenciar os quadros endereçados a estas aplicações, um componente adicional ao $host$ deve estar presente no endereçamento - **port**;

- ... o "port" se presta a identificar uma aplicação usuária da camada de transporte num dado $host$, sendo assim é único num $host$;

- ... "ports" identificam também recursos utilizados para o envio e recepção de mensagens, ou seja, "buffers" onde mensagens em trânsito são armazenadas;

- ... em sendo recurso de máquina, "ports" são alocados pelo sistema operacional via chamada de sistema podendo ser ativo (aplicação estabelece a conexão) ou passivo (aplicação aceita a conexão);

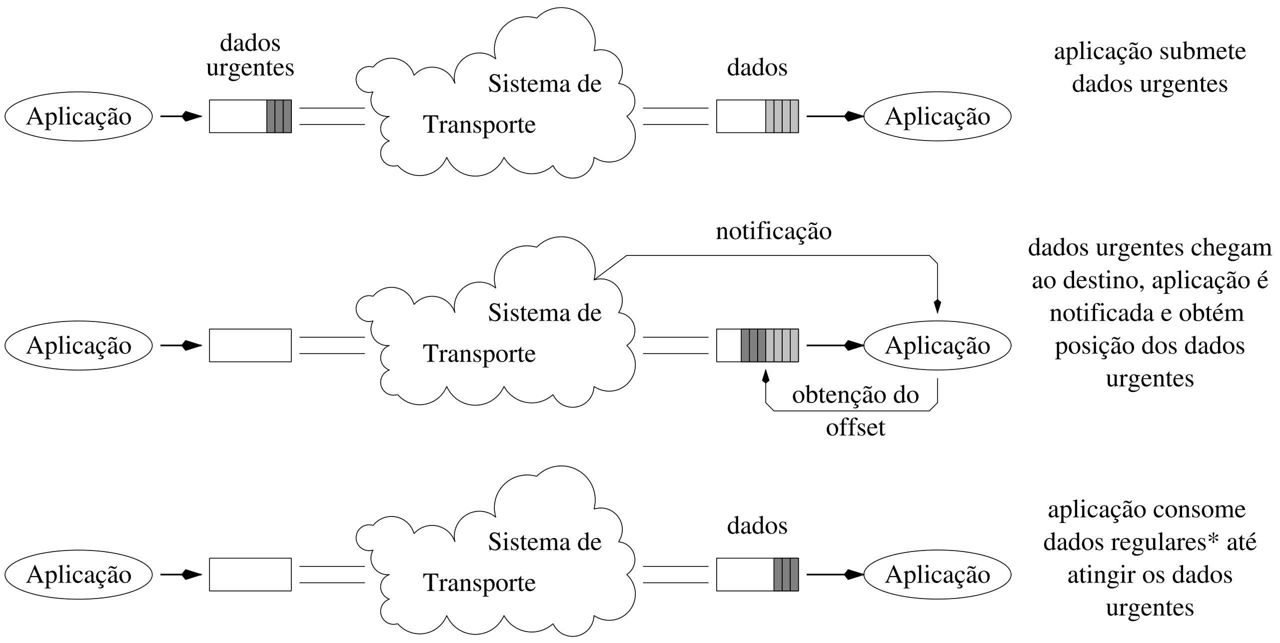
(cont.) 1.1 - Conceito de Port



1.2 - Dados Urgentes

- ... dados urgentes ou *out-of-band* são empregados quando uma mensagem deve ser tratada com maior prioridade;
- ... dado que uma conexão de transporte honra a sequência em que os dados foram submetidos para transmissão, o dado urgente só será tratado quando todos os dados que o precedem tiverem sido consumidos;
- ... para esta situação, o protocolo TCP/IP permite que dados enviados por uma conexão de transporte sejam taxados como "urgentes";
- ... no outro extremo, a aplicação será notificada da existência de dados urgentes na conexão, bem como sua posição a partir de dados não consumidos;
- ... usualmente, a aplicação consome os dados (armazenando-os para processamento futuro) até que os dados urgentes atinjam o início da cadeia.

(cont.) 1.2 - Dados Urgentes



2 - Protocolo TCP/IP

- ... mensagens trocadas via protocolo TCP/IP são transportadas no campo de dados de datagramas e possuem o cabeçalho dado abaixo:

<table>
<tr><td></td><td colspan="3">0</td><td colspan="2">16</td><td>31</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">port de origem</td><td colspan="3">port de destino</td></tr>
<tr><td>32</td><td colspan="6">número de sequência</td></tr>
<tr><td>64</td><td colspan="6">reconhecimento</td></tr>
<tr><td>96</td><td>tam-cab</td><td>reservado</td><td>código</td><td colspan="3">tamanho da janela</td></tr>
<tr><td>128</td><td colspan="3">checksum</td><td colspan="3">dados urgentes</td></tr>
<tr><td>⋮</td><td colspan="5">opções</td><td>enchimento</td></tr>
<tr><td>⋮</td><td colspan="6">dados</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="6">... ...</td></tr>
</table>

(cont.) 2 - Protocolo TCP/IP

- ... os campos **port de origem** e **port de destino** identificam os ports da conexão de transporte (note que os *hosts* não são estipulados);

- ... o campo **nro de sequência** estabelece a posição dos dados que o pacote carrega com relação à cadeia de bytes transferida desde o início da conexão;

- ... o campo **reconhecimento** identifica a posição da cadeia de bytes que o emissor espera receber no próximo pacote a ele endereçado (*piggybacking*);

- ... o campo **tam-cab** contém o tamanho do cabeçalho em múltiplos de 32 bits (campo necessário dado que o campo **opções** possui tamanho variável);

- ... o campo **código** possui 06 bits assim distribuídos

URG	pacote carrega dados urgentes	ACK	pacote carrega T-PDU de reconhecimento
PSH	solicita à camada de transporte um *push*	RST	solicita ao destinatário um *reset* da conexão
SYN	solicita ao destinatário o estabelecimento de conexão	FIN	solicita ao destinatário o encerramento de conexão

(cont.) 2 - Protocolo TCP/IP

- ... o campo **tamanho da janela** informa o número de bytes que o emissor deseja receber sem a necessidade de reconhecimento;
- ... o campo **checksum** considera para o cálculo, o cabeçalho e os dados;
- ... o campo **dados urgentes** especifica a posição na cadeia em que os dados urgentes terminam (iniciam sempre no primeiro byte do campo de dados);
- ... o campo **opções** é utilizado para troca de informação entre as camadas de transporte que mantém a conexão;
- ... uma informação importante é o MSS (*Maximum Segment Size*) que dita o tamanho máximo dos dados num pacote que o emissor está apto a processar;
- ... cada rede possui um MTU (*Maximum Transfer Unit*) que representa o número ótimo de bytes que se acomoda num quadro de enlace;

2.1 - Temporização e Controle de Congestionamento

- ... o protocolo TCP/IP possui um mecanismo interno de temporização utilizado para fins de retransmissão de janelas não confirmadas;
- ... já vimos anteriormente que a confiabilidade do Protocolo TCP/IP está baseada no binômio reconhecimento-retransmissão, de onde surge a pergunta: quanto tempo o emissor deve esperar pela confirmação de um segmento ?
- ... o protocolo TCP/IP computa RTT (*Round Trip Time*);
- ... em geral, a cada novo reconhecimento o valor de RTT (cálculo pela média móvel) e o *timeout* para fins de retransmissão são dados por:

$$RTT = \alpha * RTT_{atual} + (1 - \alpha) * RTT_{medido}$$

$$timeout = \beta * RTT$$

(cont.) 2.1 - Temporização e Controle de Congestionamento

- ... este mecanismo de temporização é deficiente por várias razões:
  - ✗ não contempla altas variações de RTT;
  - ✗ em caso de retransmissão o cálculo de RTT é dúbio;
  - ✗ não colabora para aliviar o congestioonamento da rede.
- ... estas deficiências são contornadas em implementações mais modernas do Protocolo TCP/IP: Cômputo de RTT e RTT Face a Retransmissões.
- Cômputo de RTT - leva em conta tanto a média das estimativas quanto a sua variância, ou seja, $RTT = RTT_{atual} + \delta * (RTT_{medido} - RTT_{atual})$ e $DEV = DEV_{atual} + \rho * (|\widehat{RTT}| - DEV_{atual})$;
- RTT Face a Retransmissão - embora não se compute RTT para segmentos retransmitidos, a ocorrência de retransmissão em geral indica uma situação de congestionamento e nestes casos opera-se com um *timeout* dilatado.

(cont.) 2.1 - Temporização e Controle de Congestionamento

- ... o protocolo TCP/IP emprega 02 políticas de controle de congestionamento: **decréscimo multiplicativo** e **partida lenta** (*slow start*);
- ... para implementar estas políticas, o protocolo emprega 02 janelas: a janela negociada estabelecida no campo **tamanho da janela**; e uma janela de congestionamento computada dinamicamente pelo transmissor;
- ... o transmissor usa como janela (J) dado por: $min(JN, JC)$
- A Técnica do Decréscimo Multiplicativo estipula que, ocorrido um *timeout*, o tamanho da janela de congestionamento é dividido por 2; sendo que para os segmentos na janela ainda por transmitir, é utilizada retração no *timeout*;
- ... esta técnica colabora para aliviar o congestionamento, pois diminuindo a janela diminui-se também o tráfego médio pela conexão;

(cont.) 2.1 - Temporização e Controle de Congestionamento

- A Técnica da Partida Lenta evita que novas conexões causem congestionamento na rede, fazendo com que a cada nova conexão estabelecida JC seja igual ao tamanho máximo de segmento (MSS);
- ... a cada reconhecimento recebido (sem necessidade de retransmissão), JC é aumentada de um MSS até atingir a metade da janela negociada (JN);
- ... neste ponto, o protocolo entra numa fase de prevenção contra congestionamento, incrementando de um MSS somente se todos os segmentos da janela forem reconhecidos (isto é, caso a janela avance a uma taxa constante).

2.2 - TCP/IP sobre Redes de Alto Produto Banda * Delay

- ... o produto banda * delay - BD ($Bandwidth * Delay$) de um segmento de rede define uma quantidade de bits em trânsito pela rede, sendo considerado alto quando supera a ordem de grandeza de 10^6;
- ... protocolos de transporte em tais redes operando com janelas de tamanho padrão, não conseguem manter a rede permanentemente ocupada, comprometendo a banda que uma conexão TCP/IP pode atingir;
- ... em particular, no protocolo TCP/IP as técnicas de temporização e controle de congestionamento apresentadas são ineficientes para redes com alto BD;
- ... a literatura apresenta algumas possíveis extensões do protocolo, geralmente adicionando novas opções no cabeçalho sem a necessidade de alterar os campos padrões, e dentre elas, 02 estratégias compensatórias são:
  - ✘ janelas de alta capacidade;
  - ✘ reconhecimentos seletivos.

2.2.1 - Janela de Alta Capacidade

- ... o cabeçalho do protocolo TCP/IP reserva 16 bits para a especificação do tamanho da janela, estando portando limitado a 64 Kbytes;

- ... redes de alto produto BD podem abrigar várias janelas de 64 Kbytes em trânsito e assim propõe-se aumentar este limite para além dos 64 Kbytes para manter a rede permanentemente ocupada;

- ... entretanto como o TCP/IP retransmite toda a janela, a perda de um pacote irá forçar uma retransmissão de uma vasta quantidade de bytes, comprometendo o desempenho da conexão;

- ... para evitar a retransmissão de toda a janela, a proposta de Reconhecimentos Seletivos confirma o recebimento dos segmentos;

2.2.2 - Reconhecimentos Seletivos

- ... a informação contida num reconhecimento enviado do receptor ao transmissor explicita única e exclusivamente o último byte recebido em seqüência, não informando portando sobre outros segmentos recebidos;

- ... reconhecimentos seletivos podem ser utilizados para confirmar negativamente (NAK - *Not Acknowledge*) o recebimento de segmentos;

- ... NAKs permitem o envio seletivo de segmentos que não atingiram o receptor evitando tanto a retransmissão de toda a janela, quanto a execução desnecessária de políticas de controle de congestionamento;

3 - Protocolo UDP

- O Protocolo UDP (*User Datagram Protocol*) é orientado a datagrama, deixando a cargo da camada de rede toda a confiabilidade;
- ... como protocolo IP não provê nenhum mecanismo de confiabilidade, o protocolo UDP é mais empregado quando as aplicações que dele fazem uso, executam em *host* de uma mesma rede local;
- ... o Protocolo UDP, assim como o Protocolo TCP, também se utiliza do serviço de entrega de datagramas da Camada IP;
- ... dado que o Prot. UDP não emprega nenhum mecanismo de reconhecimento, retransmissão e controle de fluxo, o mesmo possui um cabeçalho muito simples;

(cont.) 3 - Protocolo UDP

- ... o campo **port de origem** e **port de destino** especificam o port emissor e o port destinatário para o qual a mensagem se destina;
- ... como no Protocolo UDP o destinatário é identificado apenas pelo seu **port** e respectivo **host**, caso este "port" inexista, o *host* simplesmente descarta a mensagem sem qualquer notificação ao emissor;
- ... o campo **tamanho da mensagem** determina o tamanho em *bytes* da mensagem (cabeçalho mais dados) e o campo **checksum** é utilizado para garantir a integridade do cabeçalho mais dados;

	0	16 31
	port de origem	port de destino
32	tamanho da mensagem	checksum
64	dados	
	... ...	