

# Redes

Tags	Redes
------	-------

## Componentes de redes

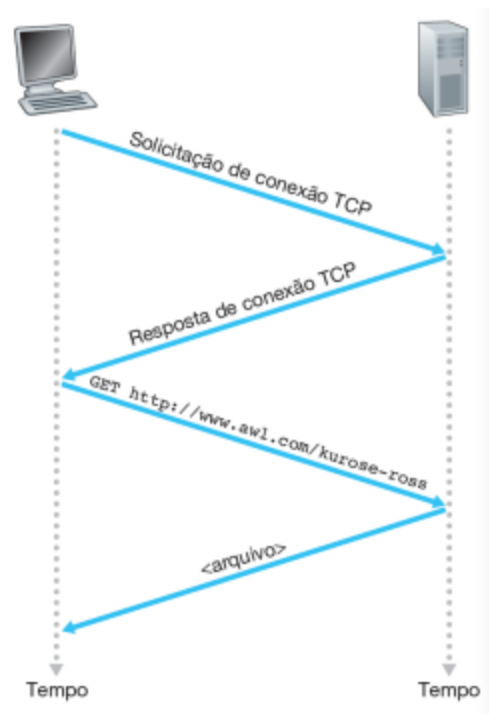
- Os hosts, os comutadores de pacotes e outras peças da Internet executam protocolos que controlam o envio e o recebimento de informações.
- O TCP e o IP são dois dos mais importantes da Internet.
- Sistemas finais (hosts) são conectados entre si por enlaces (links) de comunicação e comutadores (switches e roteadores) de pacotes. Eles acessam a Internet por meio de Provedores de Serviços de Internet (ISP).

## Serviços na Internet

- Os hosts ligados à Internet oferecem uma Interface de Programação de Aplicação (API) que especifica como o programa que é executado no host solicita à infraestrutura da Internet que envie dados a um programa de destino específico, executado em outro sistema final.
- Ela especifica como o programa solicita à infraestrutura da Internet que envie dados a um programa de destino específico.
- Essa API da Internet é um conjunto de regras que o software emissor deve cumprir para que a Internet seja capaz de enviar os dados ao programa de destino.

## Protocolos

- "Um protocolo define o formato e a ordem das mensagens trocadas entre duas ou mais entidades comunicantes, bem como as ações realizadas na transmissão e/ou no recebimento de uma mensagem ou outro evento"
- Todas as atividades na Internet que envolvem duas ou mais entidades remotas comunicantes são governadas por um protocolo.
- A Internet e as redes de computadores em geral fazem uso intenso de protocolos.
- Diferentes tipos são usados para realizar diferentes tarefas de comunicação – alguns simples outros complexos.



## A borda da internet

- Interação entre sistemas finais (hosts)

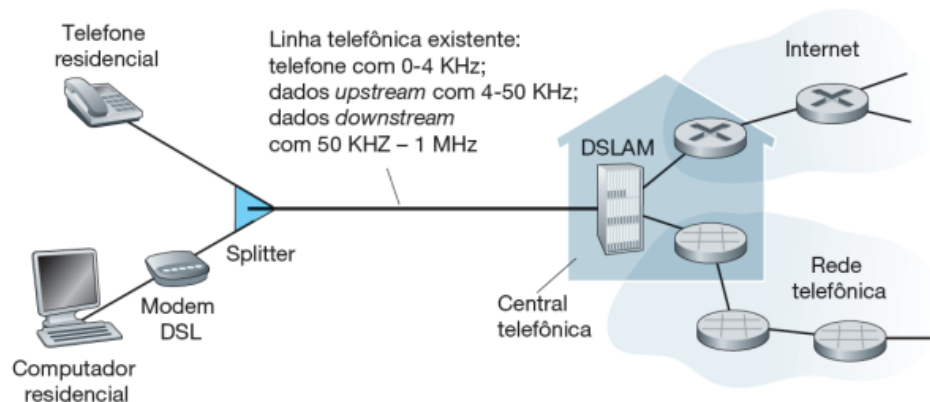
### Subdivisão dos sistemas finais

- Às vezes, sistemas finais são ainda subdivididos em duas categorias: clientes e servidores.
- Clientes - costumam ser PCs de mesa ou portáteis, smartphones e assim por diante.
- Servidores - tendem a ser máquinas mais poderosas, que armazenam e distribuem páginas Web, vídeo em tempo real, retransmissão de e-mails e assim por diante. Geralmente, armazenados em datacenters.

# Redes de acesso

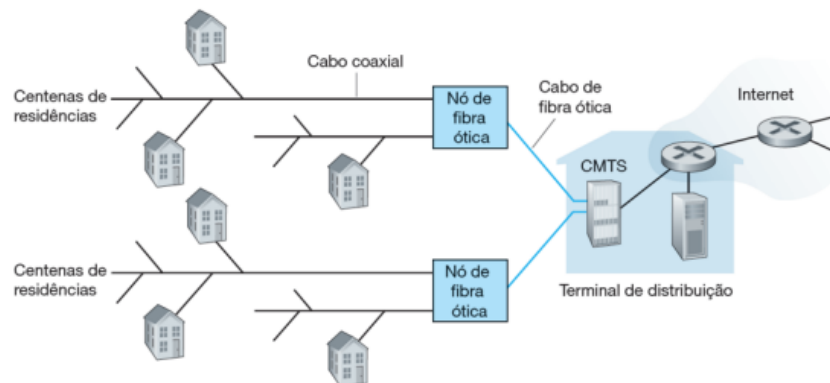
## DSL

- DSL – Digital Subscriber Line.
- Caindo em desuso, mas ainda é muito utilizado no Brasil.
- A linha telefônica conduz, simultaneamente, dados e sinais telefônicos tradicionais, que são codificados em frequências diferentes.



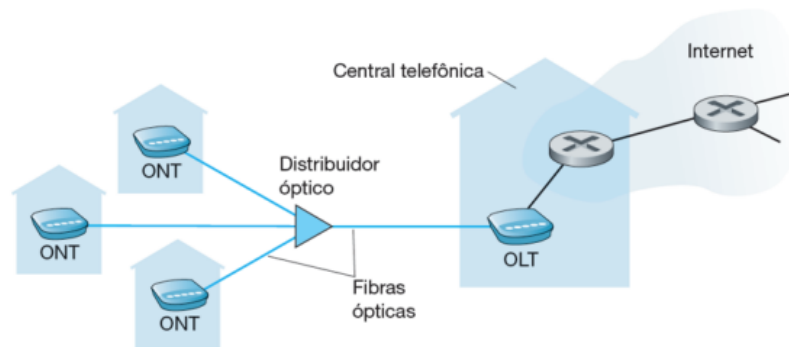
## Cabo

- Embora o DSL utilize a infraestrutura de telefone local da operadora, o acesso à Internet a cabo utiliza a infraestrutura de TV a cabo da operadora de televisão.
- Uma rede de acesso híbrida fibra-coaxial (HFC)



## FTTH

- O conceito da FTTH é simples — oferece um caminho de fibra ótica da CT diretamente até a residência.
- A tecnologia mais utilizada para instalação de fibras óticas pelas operadoras é a GPON.



## Outros

- Em locais onde DSL, cabo e FTTH não estão disponíveis, um enlace de satélite pode ser empregado para conexão em velocidades não maiores do que 10-30 Mb/s.
- HughesNet, Vivo e Viasat são exemplos de provedores de acesso por satélite.
- O acesso discado por linhas telefônicas tradicionais é baseado no mesmo modelo do DSL.

## Ethernet

- Prevalece nas universidades e empresas, e cada vez mais em residências.
- Neste cenário é utilizada para conectar hosts ao roteador da borda.

## Wi-fi

- O acesso à LAN sem fio baseado na tecnologia IEEE 802.11, ou seja, Wi-Fi, está presente em todo lugar.
- Permite mobilidade

## Acesso sem fio em longa distância

- 3G, LTE 4G e 5G

- Utilizam a mesma infraestrutura utilizada para telefonia celular para enviar/receber pacotes.
- O usuário pode estar a alguns quilômetros da estação base, ao invés de alguns metros como no Wi-Fi.

## Meios físicos

- Os meios físicos se enquadram em duas categorias: meios guiados e meios não guiados.

### Par de Fios de Cobre Trançado

- Os fios são trançados para reduzir a interferência elétrica
- UTP (unshielded twisted pair) - par trançado sem blindagem - costuma ser usado em redes domésticas e corporativas
- Taxas de transmissão na faixa de 10 Mbps a 10 Gbps. Depende da bitola do fio e da distância entre transmissor e receptor

### Cabo Coaxial

- É constituído de dois condutores concêntricos de cobre
- Taxas de transmissão na faixa de 10 Mbps a ~1Gbps
- São muito comuns em sistemas de televisão a cabo
- O cabo coaxial pode ser utilizado como um meio compartilhado guiado.

### Fibra Óptica

- É um meio fino e flexível que conduz pulsos de luz, cada um deles representando um bit
- Taxas de transmissão elevadíssimas, na faixa de dezenas a centenas de Gbps
- São imunes a interferências eletromagnéticas, baixíssimas atenuação de sinal até 100 km

### Canais de Rádio Terrestres

- Carregam sinais dentro do espectro eletromagnético
- As características dependem muito da distância e ambiente de propagação
- Podem ser classificados em 3 grupos:
  - Distâncias muito curtas – ex. Bluetooth

- São difíceis de derivar
- Meio preferido para transmissão guiada de grande alcance (ex. cabos submarinos). Predominam no backbone da Internet
- Pequeno alcance – ex. Wi-Fi
- Longo alcance – ex. 4G

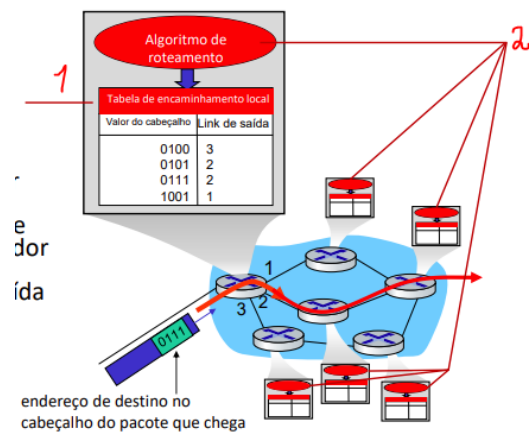
## Canais de Rádio por Satélite

- Conecta dois ou mais transmissores receptores de micro-ondas baseados na Terra, denominados estações terrestres
- Recebe transmissões em uma faixa de frequência, gera novamente o sinal usando um repetidor e o transmite em outra frequência

# Núcleo da rede

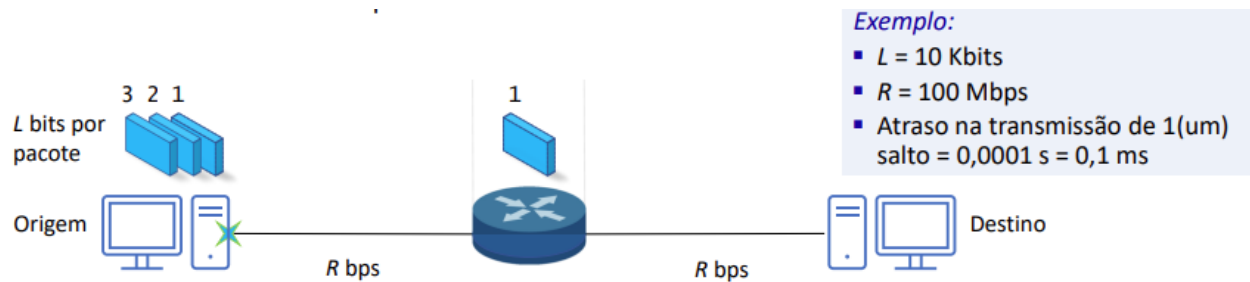
## Comutação de pacotes

- Duas funções principais da rede:
  1. Encaminhamento:
    - conhecido como "comutação"
    - ação local: mover pacotes que chegam do link de entrada do roteador para o link apropriado de saída do roteador
  2. Roteamento:
    - ação global: determina os caminhos de origem e destino percorridos pelos pacotes
    - algoritmos de roteamento



## Armazena-e-reenvia

- Atraso na transmissão do pacote: leva  $L/R$  segundos para transmitir (empurrar para fora) um pacote de  $L$ -bit em um link de  $R$  bps.
- Armazenar e encaminha: o pacote inteiro deve chegar ao roteador antes que possa ser transmitido no próximo link.



## Fila

- Filas ocorrem quando o trabalho chega mais rápido do que pode ser atendido.
- Fila e perda de pacotes: se a taxa de chegada ao link (em bps) exceder a taxa de transmissão do link (bps) por algum período de tempo:
- Os pacotes irão enfileirar, esperando para serem transmitidos no link de saída.
- Os pacotes podem ser descartados (perdidos) se a memória (buffer) do roteador ficar cheia.

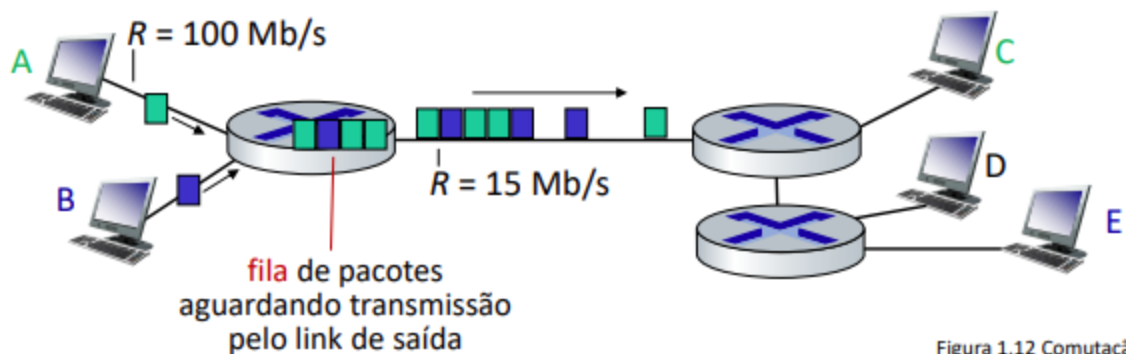
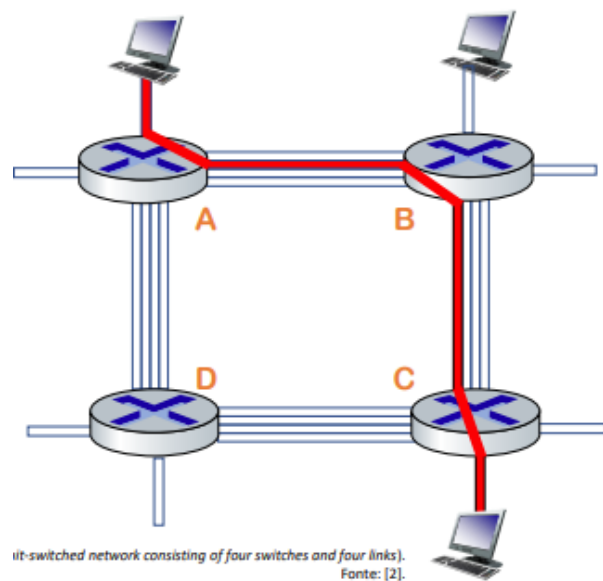


Figura 1.12 Comutação

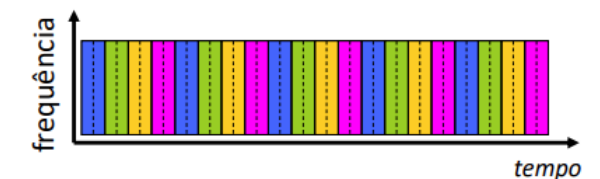
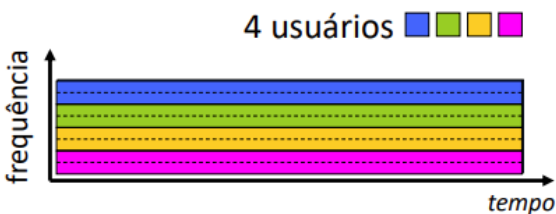
## Comutação de circuitos

- Alocação de recursos fim-a-fim, reservado para "comunicação" entre origem e destino
- No diagrama, cada enlace possui 4 circuitos.
- A conexão recebe o segundo circuito no enlace AB, e o primeiro circuito no enlace BC.
- Recursos dedicados: sem compartilhamento
- Circuito garante desempenho
- Segmento ocioso quando não utilizado pela conexão (sem compartilhamento)



## FDM e TDM

- Multiplexação por divisão de frequência (FDM)
  - Frequências ópticas e eletromagnéticas divididas em frequência de banda estreita.
  - Cada conexão aloca sua própria banda, pode transmitir a uma taxa máxima dessa banda estreita
- Multiplexação por divisão de tempo (TDM)
  - Tempo dividido em compartimentos (slots)
  - Cada conexão é alocada em slots periódicos, pode transmitir a uma taxa máxima de banda de frequência (mais larga), mas apenas durante o tempo do(s) seu(s) slot(s).





Vamos considerar o tempo que levamos para enviar um arquivo de 640.000 bits do host A ao host B por uma rede de comutação de circuitos. Suponha que todos os enlaces da rede usem TDM de 24 compartimentos e tenham uma taxa de 1,536 Mbps. Suponha também que um circuito fim a fim leva 500 milissegundos para ser ativado antes que A possa começar a transmitir o arquivo. Em quanto tempo o arquivo será enviado?

***Cada circuito tem uma taxa de transmissão de  $(1,536 \text{ Mbps})/24 = 64 \text{ kbps}$ ; portanto, demorará  $(640 \text{ kb})/(64 \text{ kbps}) = 10 \text{ segundos}$  para transmitir o arquivo. A esses 10 segundos adicionamos o tempo de ativação do circuito, resultando 10,5 segundos para o envio.***

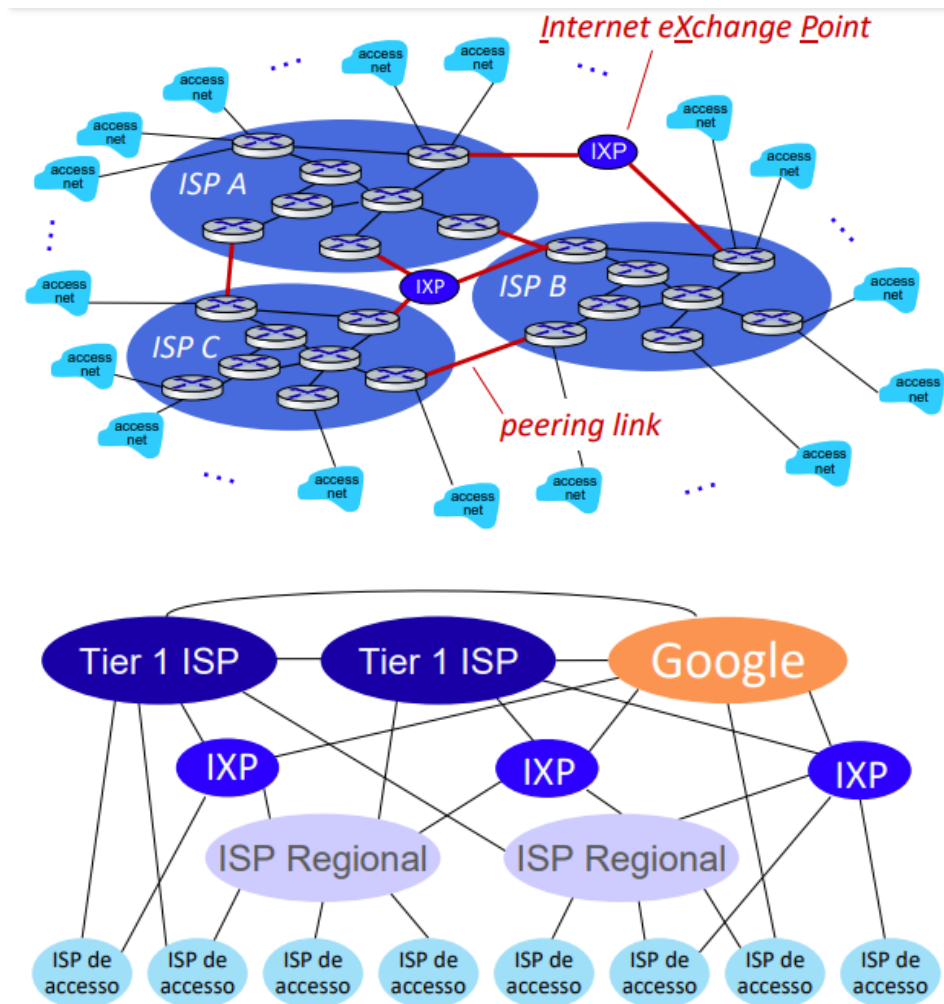
## Comparação

- Pacotes: ótimo para dados "intermitentes" – às vezes tem dados para enviar, mas outras vezes não
  - Compartilhamento de recursos
  - Mais simples, sem estabelecimento de conexão
- Possível congestionamento excessivo: atraso e perda de pacote devido a estouro de memória (buffer overflow)
  - São necessários protocolos para transferência confiável de dados e controle de congestionamento.

## Estrutura da Internet: uma "rede de redes"

- Hosts se conectam à Internet por meio de provedores de acesso à Internet (ISPs).
- Os ISPs de acesso, por sua vez, devem estar interconectados.
- Para que quaisquer dois hosts (em qualquer lugar!) possam enviar pacotes um para o outro.
- Uma rede resultante de redes é muito complexa.
- Vamos fazer uma abordagem gradual para descrever a estrutura atual da Internet.

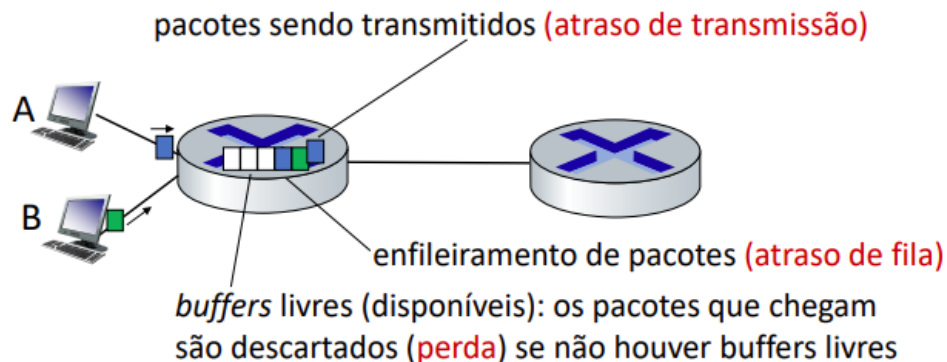
- Interconectar cada ISP de acesso diretamente com o outro não é escalável.
- Opção: conectar cada ISP de acesso a um ISP de trânsito global? O cliente e o provedor de ISPs têm um acordo econômico.



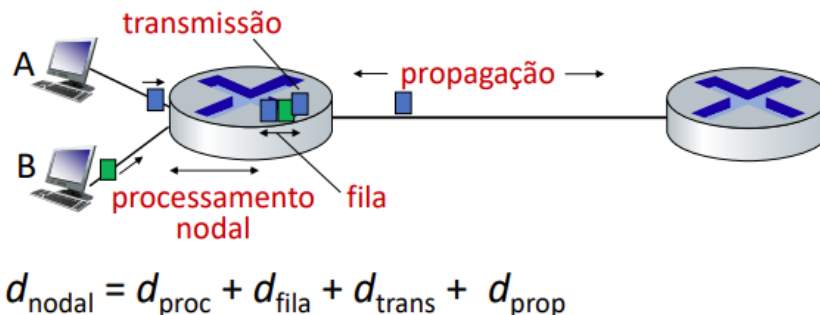
- No "centro": número pequeno de grandes redes bem conectadas.
- ISPs comerciais "tier-1" (ex.: Level 3, Sprint, AT&T, NTT), cobertura nacional e internacional.
- Redes de provedores de conteúdo (ex.: Google, Facebook): rede privada que conecta seus centros de dados à Internet, muitas vezes ignorando a camada 1, ISPs regionais.

## Atraso, perda e vazão em redes

- Pacotes enfileirados nos buffers do roteador, aguardando a vez para transmissão.
- O comprimento da fila aumenta quando a taxa de chegada ao link (temporariamente) excede a capacidade do link de saída.
- A perda de pacotes ocorre quando a memória, utilizada para manter os pacotes enfileirados, se enche.



## 4 tipos de atrasos

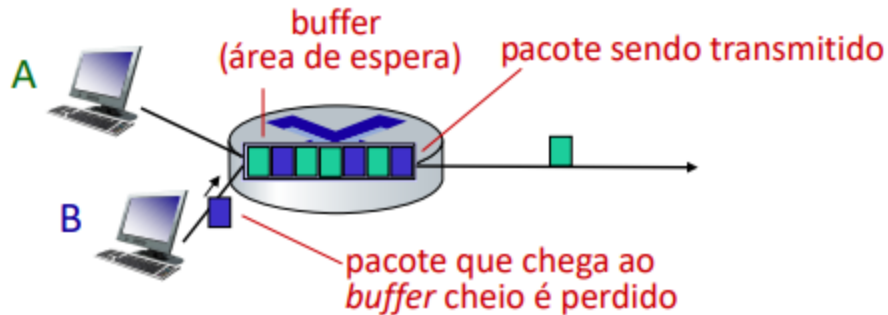


- $d_{\text{proc}}$ : processamento nodal
  - Verificação de erros em bits
  - Determinar o link de saída
  - Geralmente < microssegundos
- $d_{\text{trans}}$ : atraso de transmissão
  - $L$ : tamanho do pacote (bits)
  - $R$ : velocidade de transmissão do link (bps)
  - $d_{\text{trans}} = L/R$
- $d_{\text{fila}}$ : atraso de fila
  - Tempo de espera no link de saída para transmissão
- $d_{\text{prop}}$ : atraso de propagação

- Depende do nível de congestionamento do roteador (micro a milissegundos)
- $d$ : comprimento do enlace físico (metros)
- $s$ : velocidade de propagação ( $\sim 2 \times 10^8$  m/s)
- $d_{prop} = d/s$
- O atraso de transmissão é a quantidade de tempo necessária para o roteador "empurrar" o pacote para fora; é uma função do tamanho do pacote ( $L$ ) e da taxa de transmissão do enlace ( $R$ ), mas nada tem a ver com a distância entre os nós.  $\Rightarrow L / R$
- O atraso de propagação, por outro lado, é o tempo que leva para um bit se propagar de um roteador até o seguinte; é uma função da distância ( $d$ ) entre os nós, mas nada tem a ver com o tamanho do pacote ou com a taxa de transmissão do enlace.  $\Rightarrow d / v$

## Atraso de fila e perda de pacotes

- $(L * a)/R$  : taxa de chegada de bits/taxa de transmissão : "intensidade de tráfego"
  - $a$ : taxa média de chegada de pacotes
  - $L$ : tamanho do pacote (bits)
  - $R$ : largura de banda do link (taxa de transmissão)
- $La/R \sim 0$ : pequeno atraso de enfileiramento  
 $La/R \rightarrow 1$ : grande atraso médio na fila  
 $La/R > 1$ : chega mais "trabalho" do que a capacidade de atendimento - atraso médio tende ao infinito!
- A fila (buffer) dos roteadores tem uma capacidade limitada
- Quando a fila está cheia, os pacotes que chegam são descartados
- Pacotes perdidos são retransmitidos pelo nó de origem ou não são retransmitidos

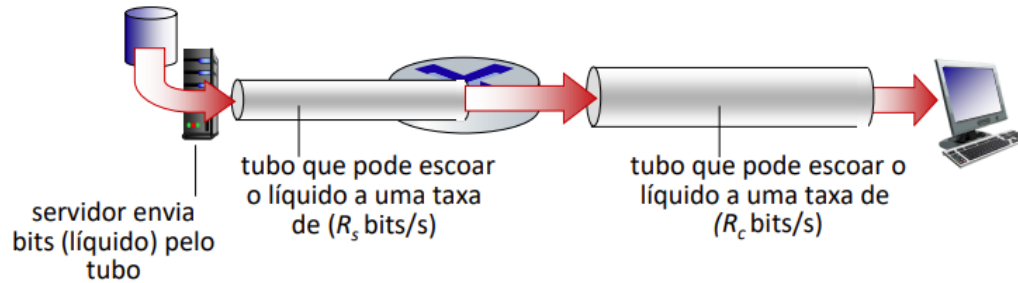


## Atraso fim a fim

- Programa traceroute: provê medidas de atraso fim-a-fim do caminho para cada nó entre o host de origem e o host de destino.
- Para cada  $i$  (nó):
  1.  $N-1$  nós  $i$  entre o host de origem e o de destino.
  2. Três medidas de atraso (utilizando o comando ping). Correspondem ao tempo de ida e volta do pacote.
  3. Nome e endereço de [IP] do roteador
    - Asteriscos significam que nenhuma resposta foi recebida (pacote perdido, roteador configurado para não responder).

## Vazão nas redes de computadores

- vazão: taxa (bits / unidade de tempo) na qual os bits estão sendo enviados do emissor para o receptor
  - instantânea: taxa em determinado ponto no tempo
  - média: taxa por um longo período de tempo



- Link de gargalo = enlace com a menor taxa de vazão do caminho fim a fim
- Vazão fim a fim por conexão:  $\min(R_c, R_s, R/10)$

## Arquitetura de camadas

- Abordagem que permite projetar/discutir um sistema grande e complexo:
  - Modo estruturado que permite a identificação e relação entre os componentes do sistema
  - Possibilita discussões baseadas em um Modelo de Referência
  - A modularidade facilita a manutenção/atualização do sistema
  - Mudança na implementação de serviço da camada: transparente para o resto do sistema
    - Por exemplo, a mudança no procedimento de portão não afeta o resto do sistema.
- Aplicação: dá suporte a aplicações de rede
  - HTTP, IMAP, SMTP, DNS
- Transporte: transferência de dados processo-a-processo
  - TCP, UDP
- Rede: roteamento de datagramas dos host de origem até o host de destino
  - IP, protocolos de roteamento
- Enlace: transferência de dados entre elementos de rede (nós) vizinhos
  - Ethernet, 802.11 (WiFi), PPP
- Física: bits "no fio"

## Encapsulamento

- Aplicação troca mensagens para implementar algum serviço de aplicação usando serviços da camada de transporte
- Protocolo da camada de transporte transfere M de um processo para o outro, usando serviços da camada de rede
  - O protocolo da camada de transporte encapsula a mensagem da camada de aplicação, M, com um cabeçalho Ht para criar o segmento da camada de transporte
    - Ht cabeçalho utilizado pelo protocolo da camada de transporte para implementar seu serviço
- Protocolo da camada de rede transfere o segmento [Ht | M] da camada de transporte de um host para o outro, usando os serviços da camada de enlace
  - Protocolo da camada de rede encapsula o segmento da camada de transporte [Ht | M] com o cabeçalho Hn da camada de rede para criar o datagrama da camada de rede
    - Hn utilizado pelo protocolo da camada de rede para implementar seu serviço
- Protocolo da camada de enlace transfere o datagrama [Hn | Ht | M] para o destino, usando os serviços da camada física
  - O protocolo da camada de enlace encapsula o datagrama de rede [Hn | Ht | M], com o cabeçalho Hl da camada de enlace para criar o quadro da camada de enlace