

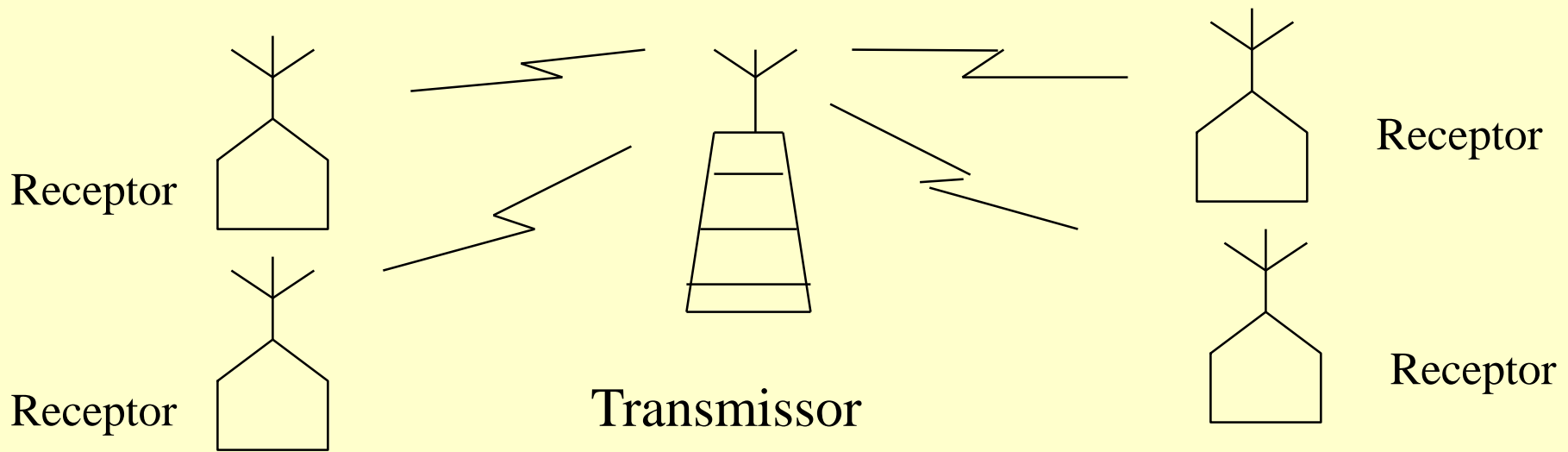
Fundamentos

Prof. Dr. S. Motoyama

Tipos de Comunicação

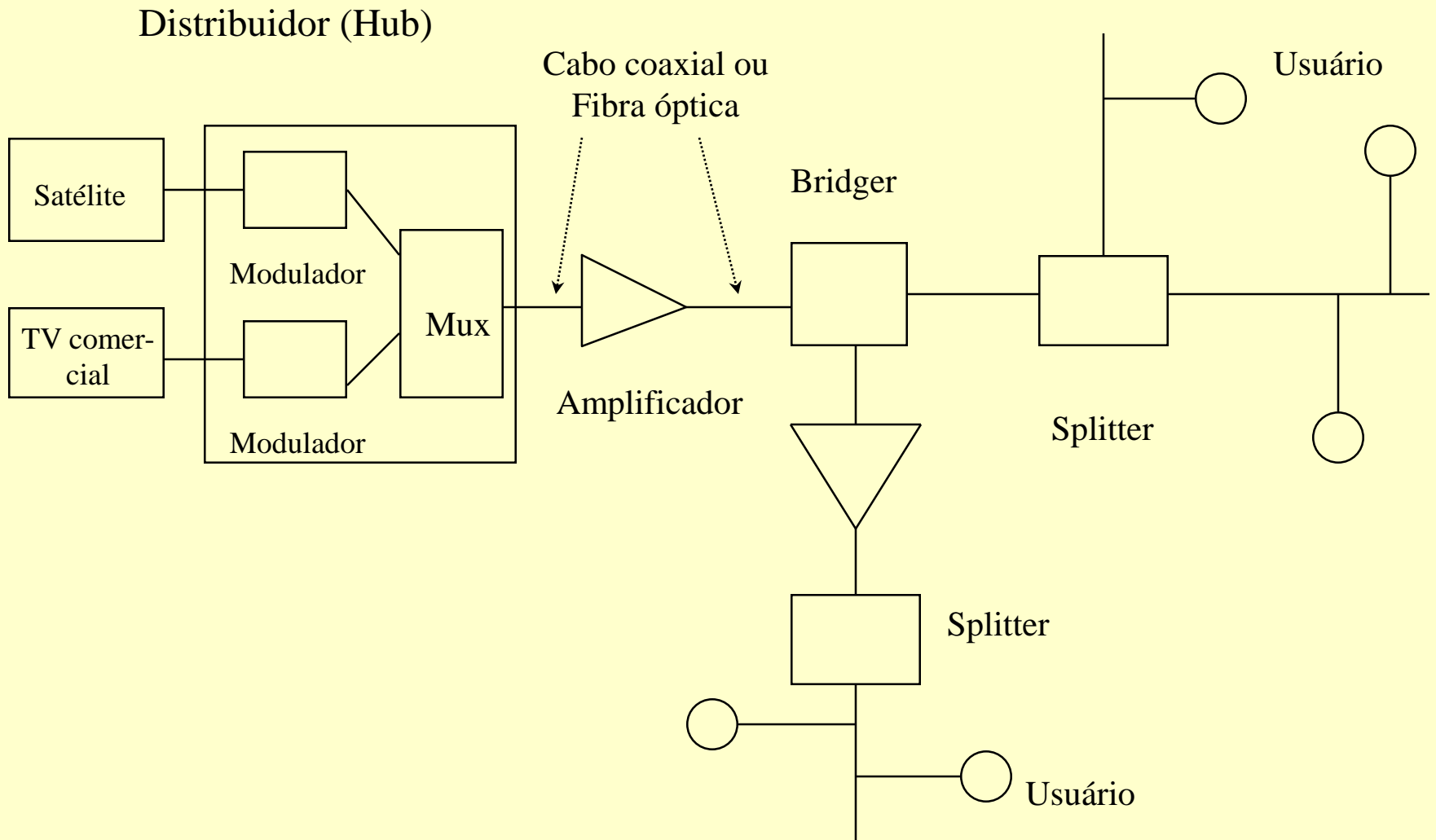
- Difusão: Rádio e TV
- Pessoa-a-Pessoa: Telefonia
- Máquina-a-Máquina: Computadores

Difusão: Rádio e TV



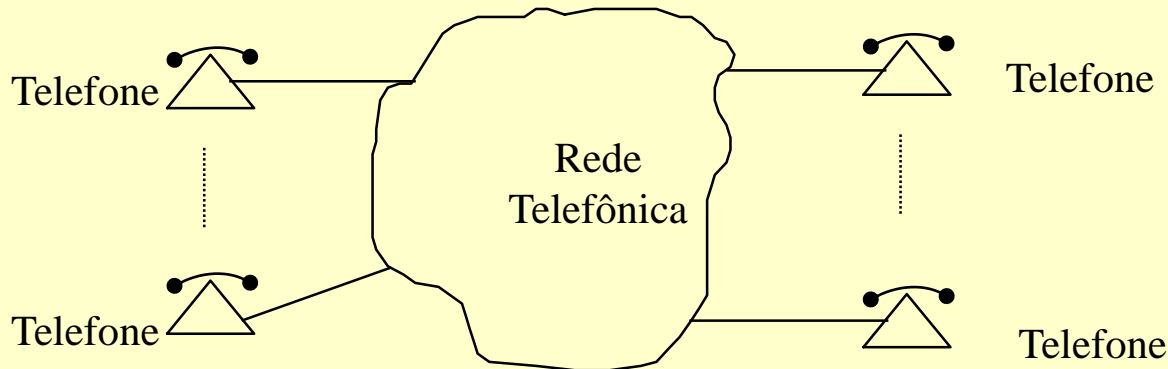
Um mesmo programa é recebido por todos os receptores. A seleção de programas é feita pelos usuários.

TV a Cabo



Comunicação Pessoa-a-Pessoa

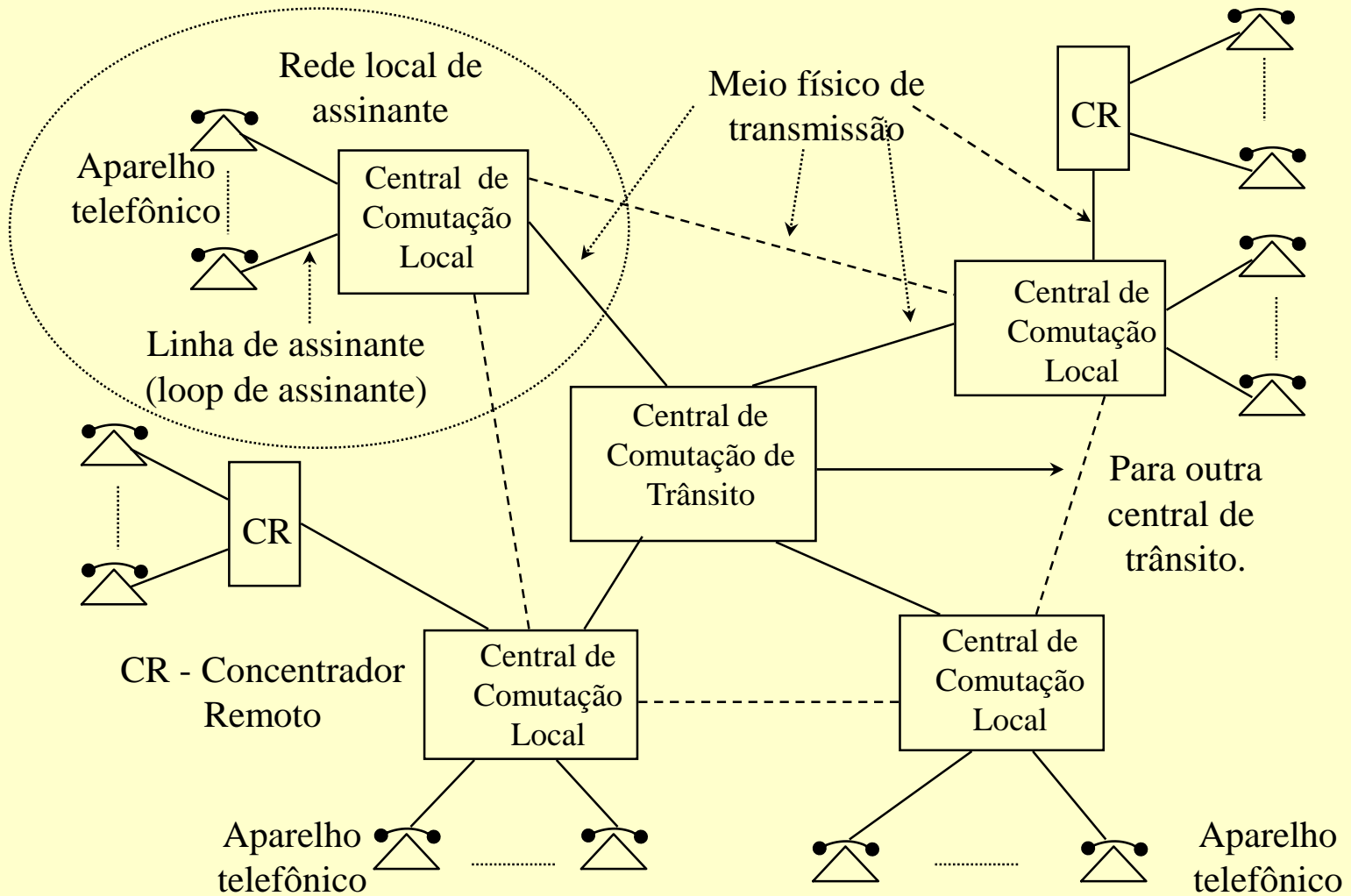
É mais complexa que a difusão. É necessário selecionar as duas pessoas entre dezenas e centenas de milhões de pessoas (ou aparelhos) espalhadas em locais próximos ou distantes.



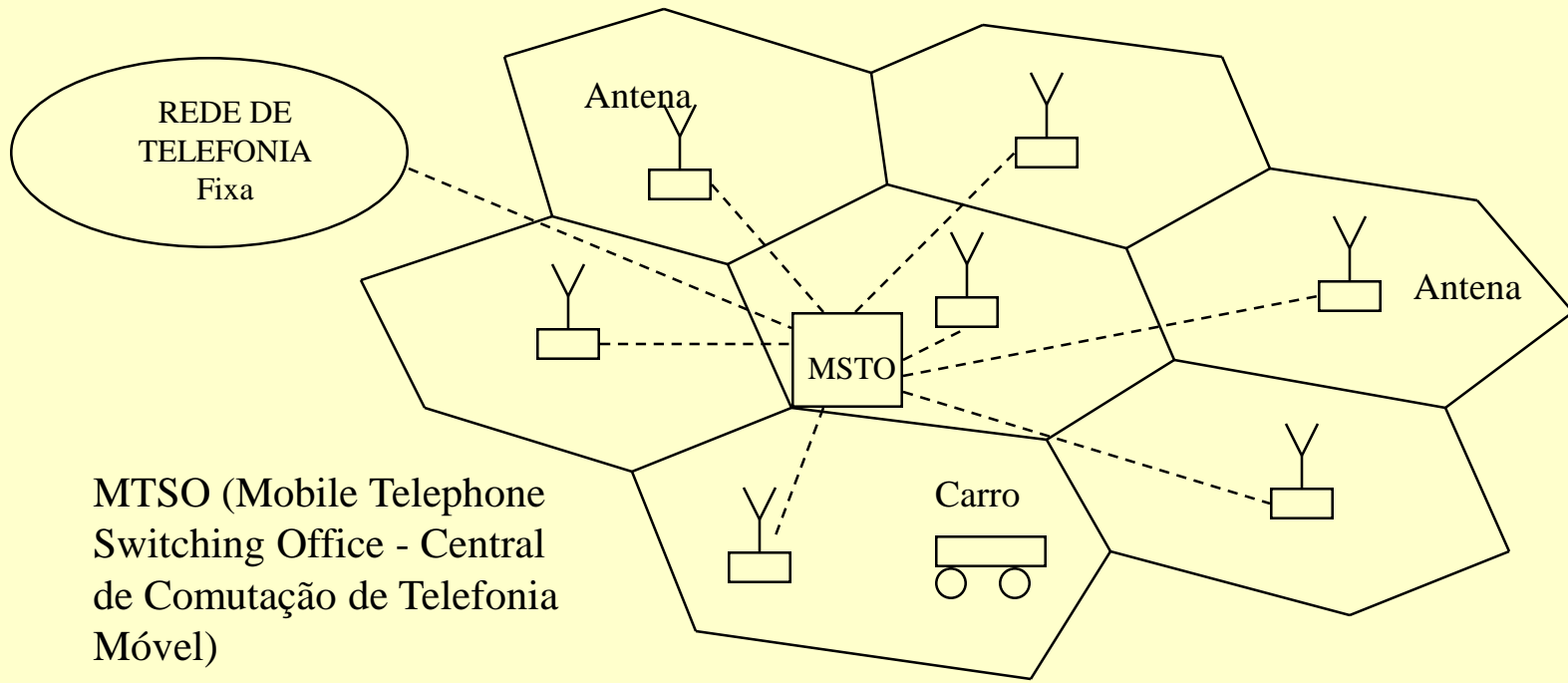
Cada aparelho possui um código (número). A rede telefônica faz automaticamente a seleção dos aparelhos que se querem comunicar, e não está interessada no conteúdo da informação. No caso da rádio e TV, o conteúdo da informação é gerenciado.

Elementos da rede telefonica

Rede Telefônica Fixa



Telefonia Móvel



MTSO (Mobile Telephone Switching Office - Central de Comutação de Telefonia Móvel)

As antenas estão conectadas a MTSO através de cabos.

A MTSO se interconecta com a rede pública de telefonia

Comunicação entre o carro e a antena: via rádio

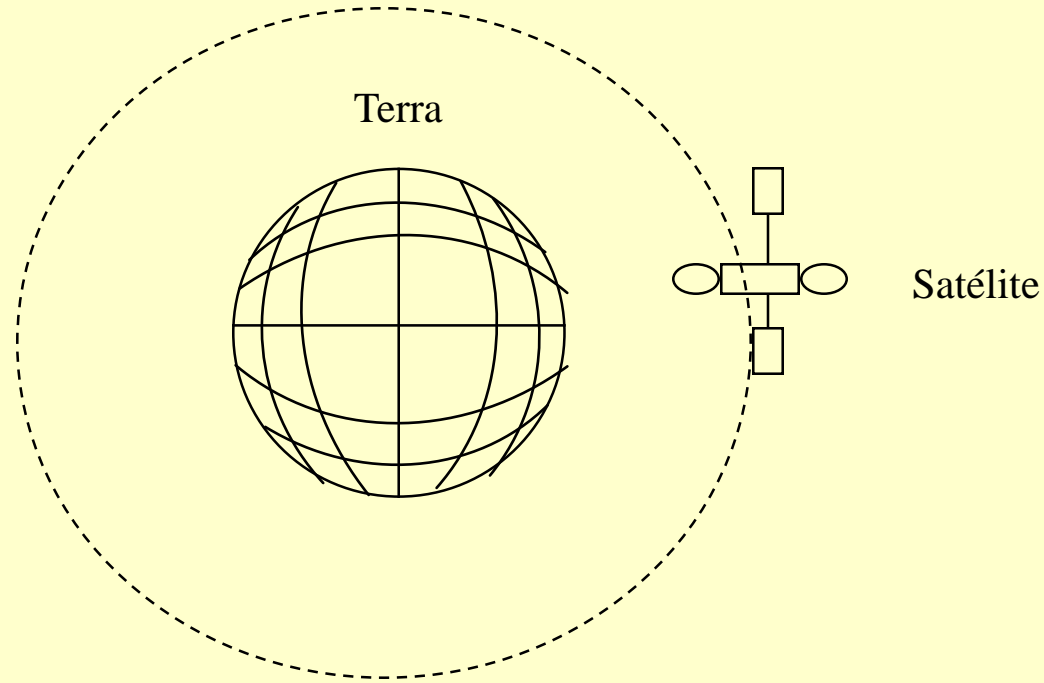
Esquemas de Acesso:

SDMA (Space division multiple access)

TDMA (Time division multiple access)

Outros Tipos de Comunicação

- Comunicação por Satélite



É um sistema de radio microondas com apenas um repetidor
As estações terrenas se comunicam transmitindo sinais ao satélite e o satélite retransmite às estações.

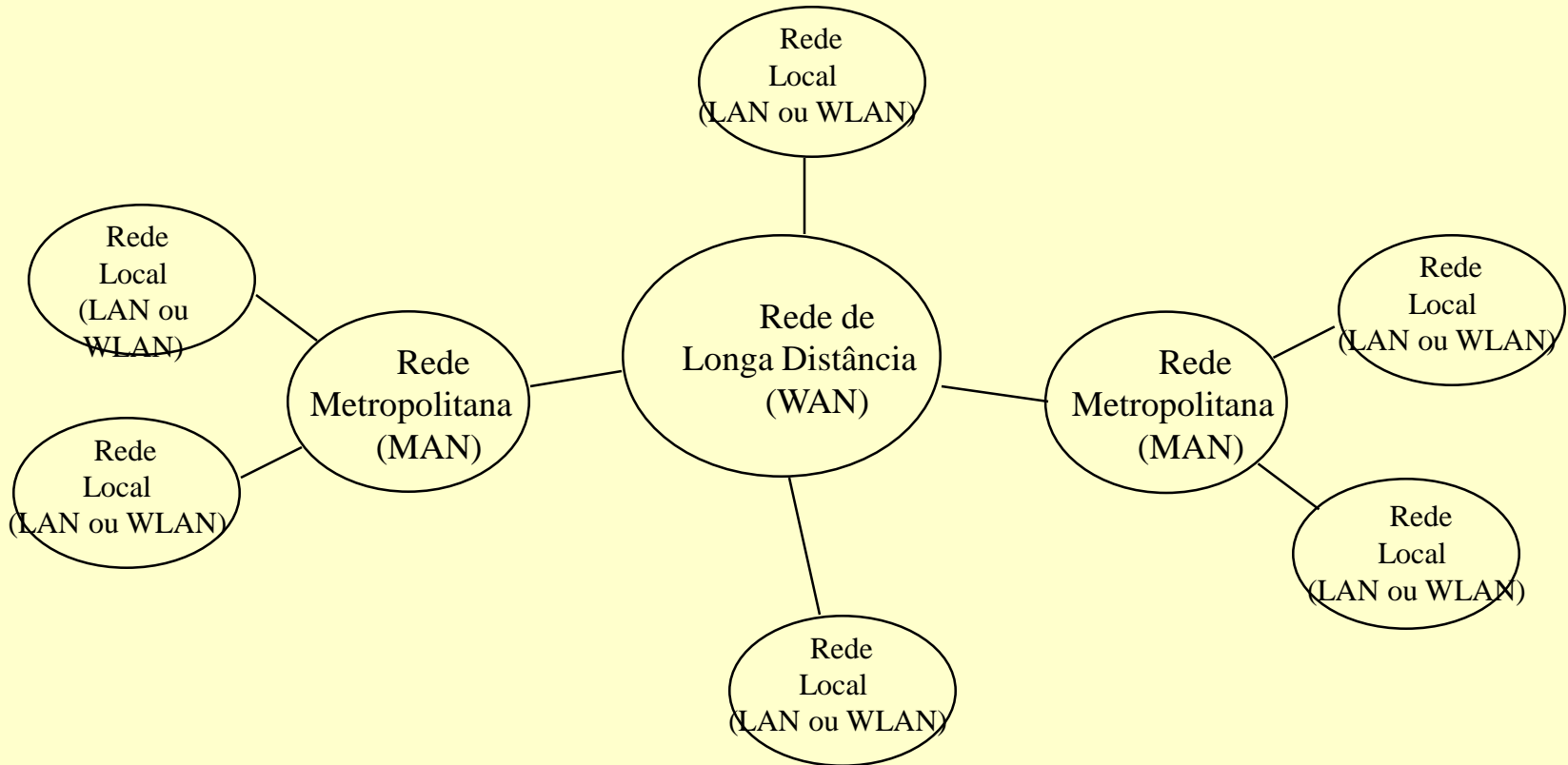
Comunicação Máquina-a-Máquina

Principal exemplo: Redes de Computadores

É a mais complexa das redes de comunicação. É mais complexa porque, após a seleção de dois terminais, a conversação é feita entre os terminais (máquinas).

Para que duas máquinas se conversem é necessário estabelecer regras e convenções (protocolos de comunicação) em todos os níveis de conversação para que haja uma correta troca de informações.

Elementos de Uma Rede de Computadores



Integração de Serviços

As redes de comunicação apresentadas são dedicadas a cada tipo de serviço. Por exemplo, a rede telefônica é utilizada para transporte dos sinais de voz; a rede de computadores para transporte de sinais de dados.

A existência de redes independentes para cada tipo de serviço não é interessante sob o ponto de vista operacional, pois não há compartilhamento dos recursos da rede.

Concepção conveniente de rede: Rede Digital de Serviços Integrados - RDSI (ou ISDN- Integrated Services Digital Network).

A RDSI é uma rede digital unificada de terminal a terminal, proporcionando uma variedade de serviços ao usuário.

Tendências de Integração

Tecnologia ATM (Asynchronous Transfer Mode)

- Baseada em comutação por pacote
- Comprimento fixo de pacote
- Utiliza comutação por circuito virtual (necessita uma fase de sinalização)
- Garante qualidade de serviços (QoS - Quality of Service)

Tecnologia IP (Internet Protocol)

- Baseada em comutação por pacote
- Comprimento de pacote variável
- Utiliza comutação por datagrama
- Não garante qualidade de serviços

Tecnologia MPLS (MultiProtocol Label Switching)

- Sub-produto da tecnologia ATM
- Estabelece um caminho para transferência de pacotes
- Acrescenta um label (rótulo) em cada pacote
- Comutação de rótulos em nós intermediários
- Garante QoS

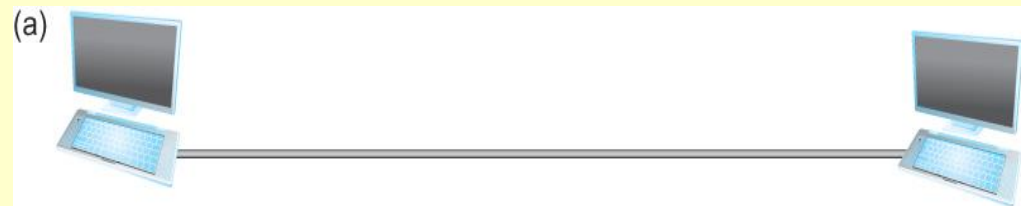
Quatro Requisitos Básicos de uma RC

- Conectividade
- Compartilhamento econômico de recurso
- Suporte a serviços comuns
- Desempenho
- Outras considerações, por ex.,
 - Segurança
 - Fatores econômicos

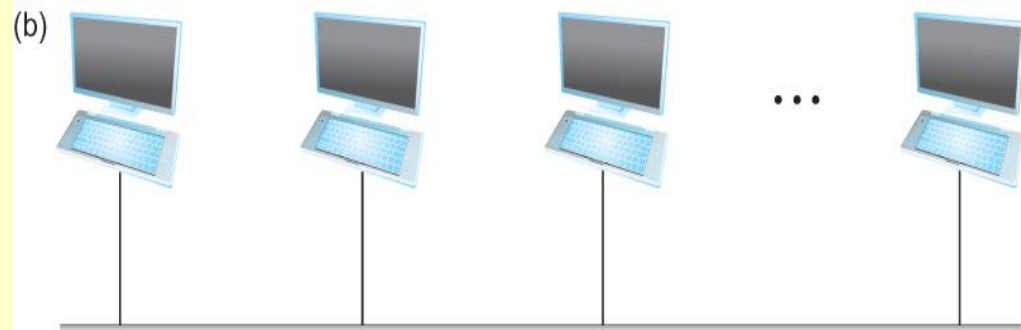
Conectividade

- Nós conectados diretamente e indiretamente
 - Conectados diretamente

(a) Ponto a ponto



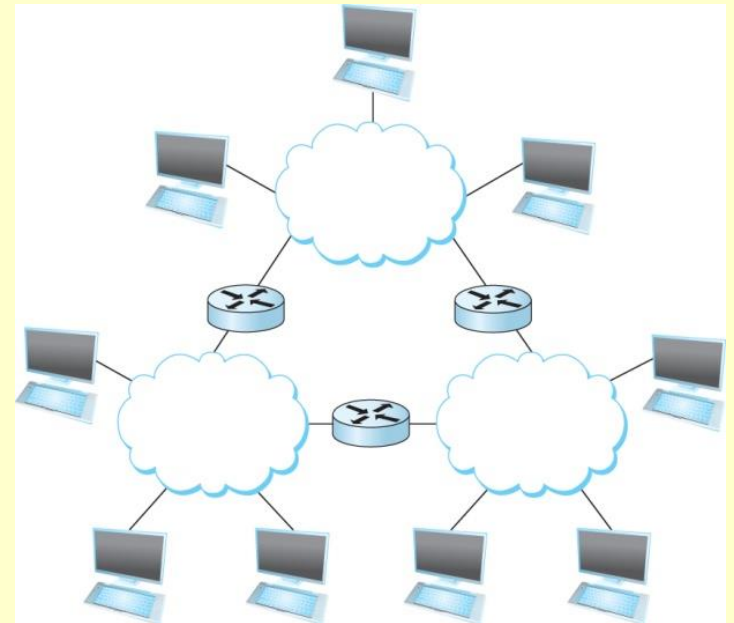
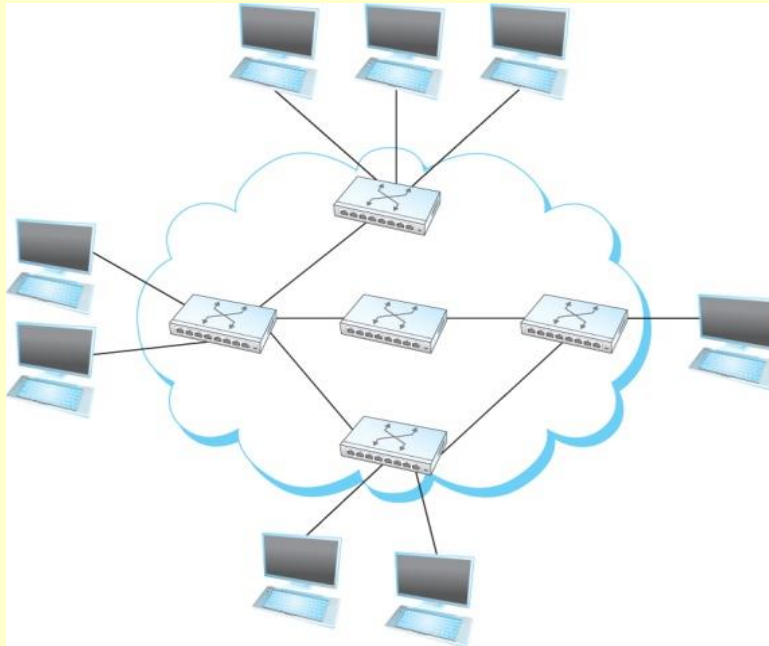
(b) Acesso múltiplo



Conectividade

– Conectado Indiretamente

- Redes comutadas: comutação de pacote x comutação de circuito
- Inter-redes

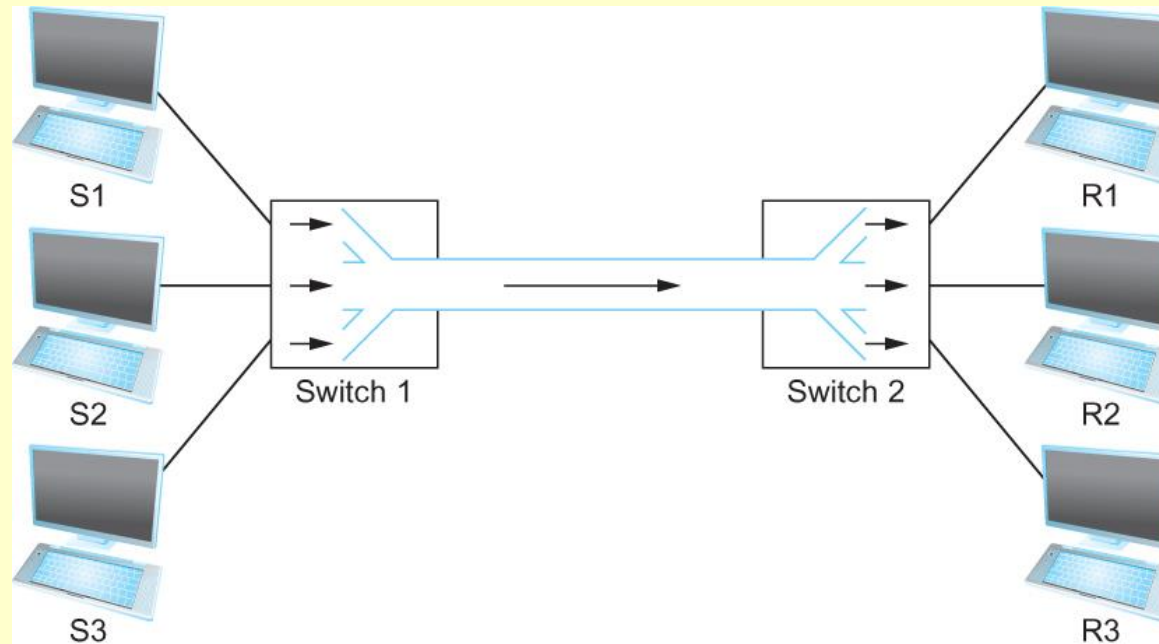


Conectividade

- Componentes de conexão de rede:
 - Cabos: UTP, 10baseT/2/5, cabos coaxiais, fibras, espaço livre, etc.
 - Modems
 - Placa de interface de rede (Network interface cards - NIC)
 - Hubs (repetidores, camada um)
 - Switches/pontes (camada dois)
 - Roteadores (camada três)
 - Switches de camada 4

Compartilhamento econômico de recurso

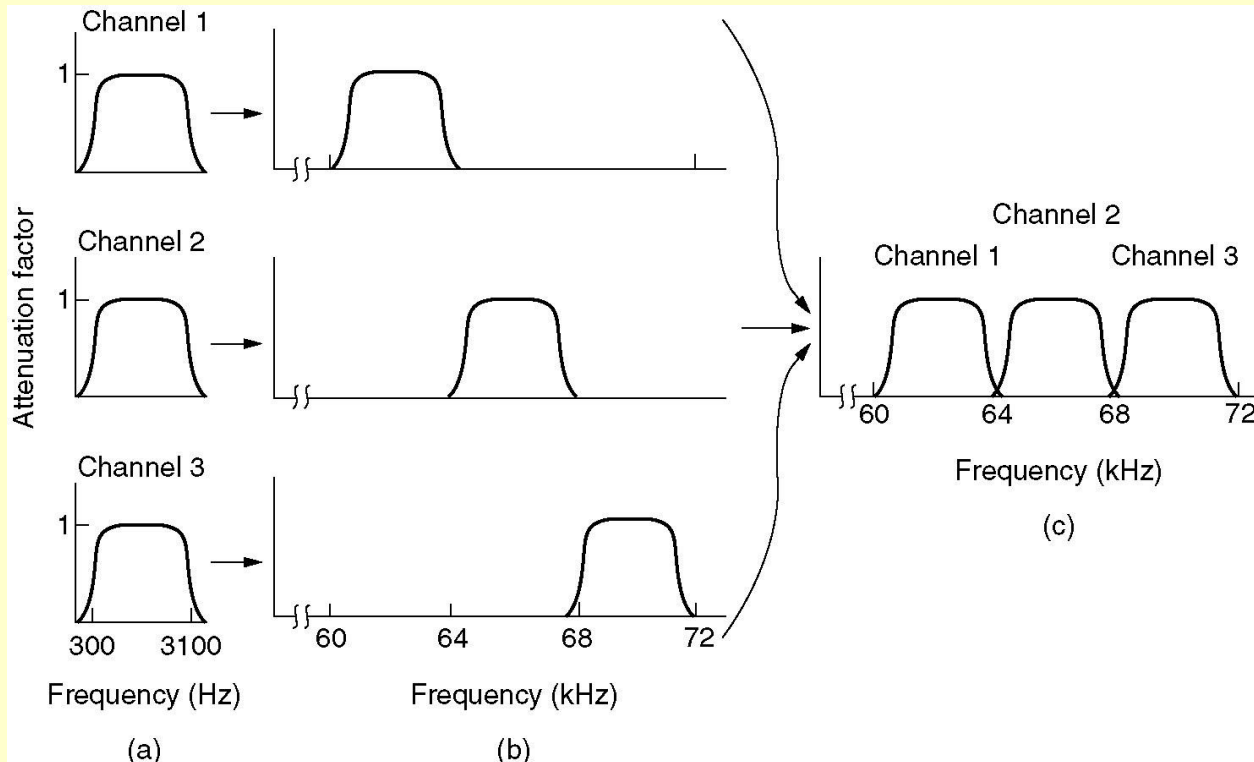
- Multiplexação: um processo de compartilhamento de um recurso do sistema entre múltiplos usuários.



Compartilhamento econômico de recurso

- Tipos de Multiplexação:
 - Multiplexação por divisão de frequência (Frequency-division multiplexing - FDM)
 - Multiplexação síncrona por divisão de tempo (Synchronous time-division multiplexing - STDM)
 - Multiplexação Estatística (Statistical multiplexing)

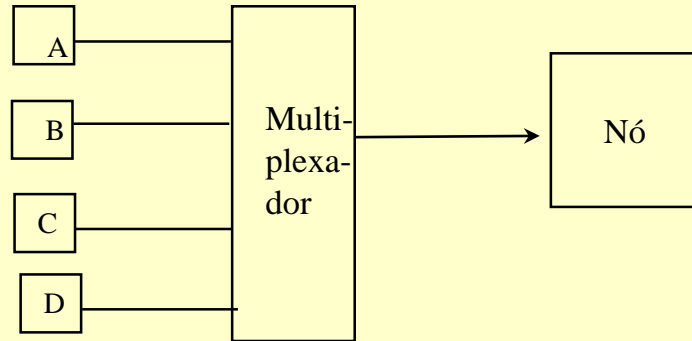
Multiplexação por divisão de frequência



- (a) Bandas originais.
- (b) Bandas moduladas em frequencia.
- (c) O canal multiplexado.

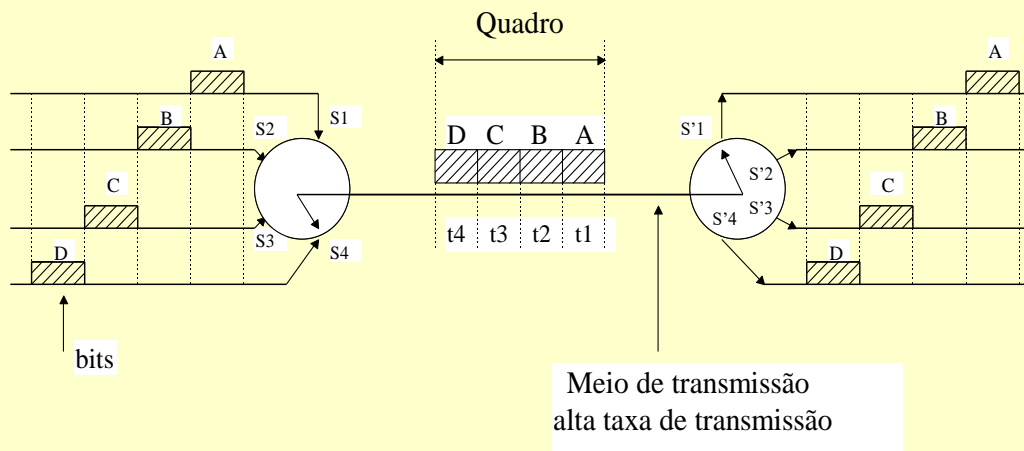
Multiplexação síncrona por divisão de tempo

Hosts



Multiplexação

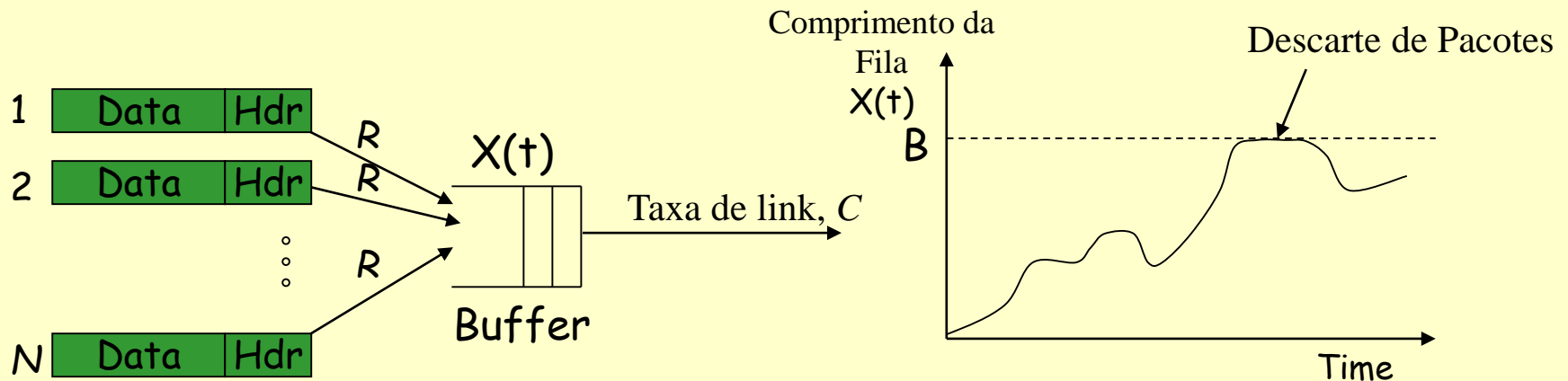
Demultiplexação



Multiplexação Estatística

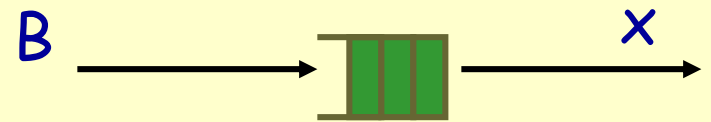
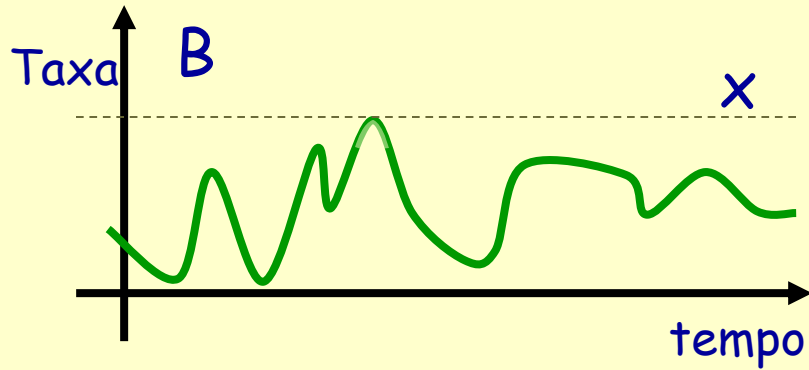
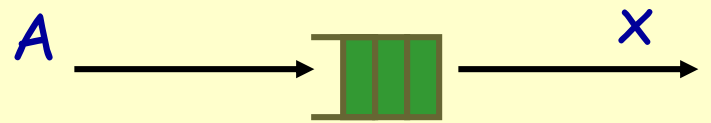
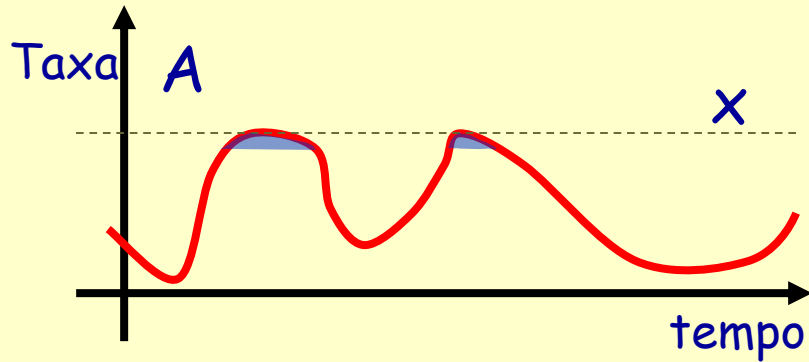
- Multiplexação Estatística (Statistical multiplexing)
 - Sob demanda, não é baseada em um escalonamento de tempo fixo ou atribuição de frequência fixa.
 - Comutação. O tamanho do pacote é limitado para evitar monopólio.
 - Necessita outros mecanismos para transmissão de pacotes.
 - Escalonamento de pacotes
 - Mecanismos de acesso ao meio

Multiplexação Estatística

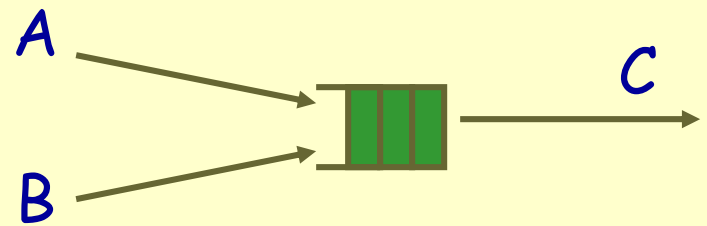
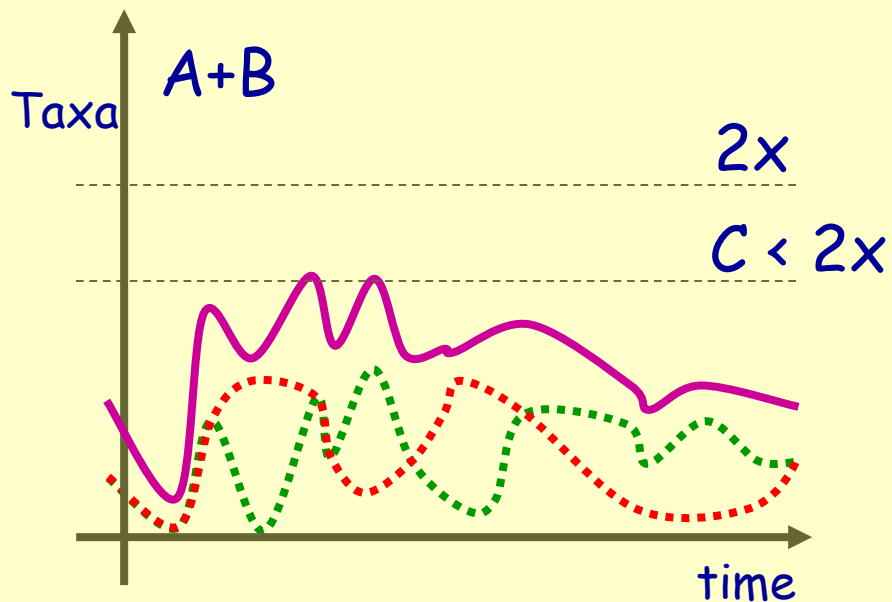


- Como o buffer absorve os surtos temporários, o link de saída não necessita operar a taxa de $N \times R$
- Mas, como o buffer tem tamanho finito, poderá ocorrer perdas.

Multiplexação Estatística



Ganho de Multiplexação Estatística

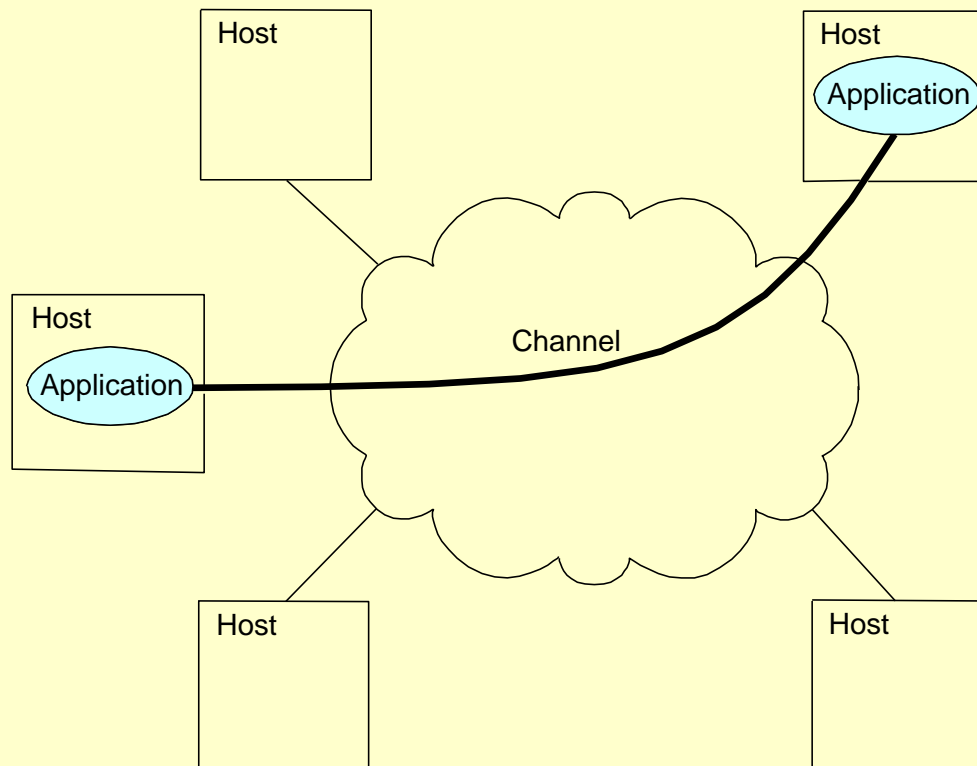


$$\text{Ganho de multiplexagem estatística} = 2x/C$$

Nota: No caso acima, o buffer foi considerado de tamanho infinito. O ganho deve ser redefinido para o caso com buffer finito

Suporte a serviços comuns

- Do ponto de vista de aplicação, a rede fornece um canal lógico entre dois processos de aplicação.

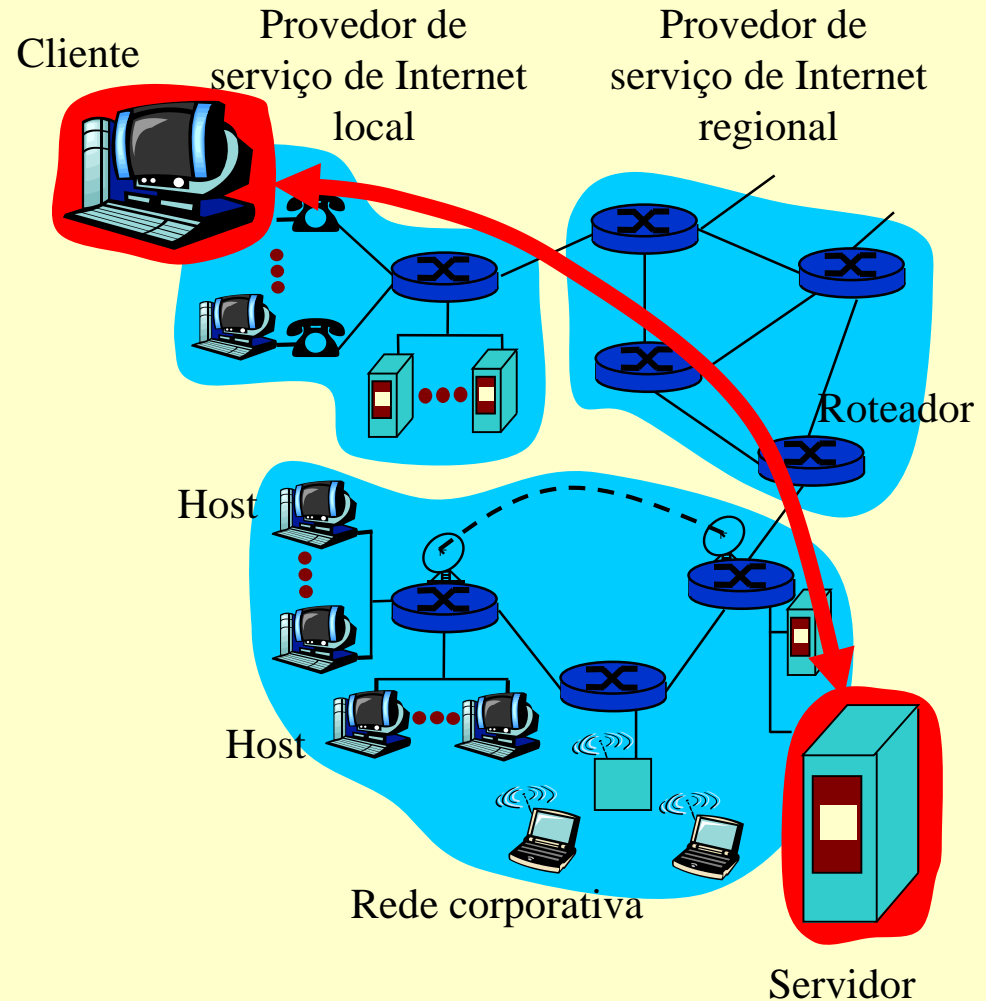


Suporte a serviços comuns

- Os requisitos de aplicação variam:
 - Uma transferência de arquivo através de FTP
 - Uma transferência de webpage através de HTTP
 - Um fluxo de vídeo (video streaming) através de RTP
- Requisitos:
 - Confiabilidade total
 - Restrições de tempo: atraso e jitter
- Conseqüências para IP (Internet Protocol):
 - Proporciona um serviço de melhor esforço (best-effort service) (conectividade).
 - Proporciona um serviço confiável no topo de IP.

Suporte a serviços comuns

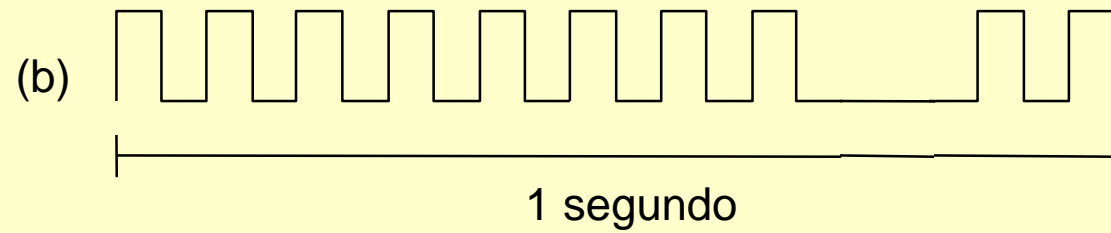
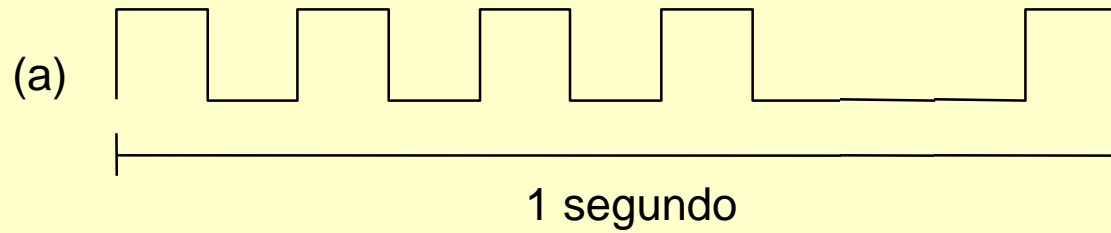
- **Sistemas finais (hospedeiros):**
 - Executam programas de aplicação
 - Ex.: Web, e-mail
 - Localizam-se nas extremidades da rede
- **Modelo cliente/servidor**
 - O cliente toma a iniciativa enviando pedidos que são respondidos por servidores
 - Ex.: Web client (browser)/server; e-mail client/server
- **Modelo peer-to-peer:**
 - Mínimo (ou nenhum) uso de servidores dedicados
 - Ex.: fluxo de video, Skype



Desempenho

- O desempenho da rede pode ser medido de duas formas:
 - Vazão (throughput) - in bits por segundo
 - Latência (ou atraso, em unidades de tempo)
- A vazão é a taxa de bits efetivamente transportada
- Largura de banda é a máxima taxa de bits que um meio físico pode transmitir em uma unidade de tempo
 - Largura de banda ou banda de um canal pode ser dada em Hz ou em bits/segundo.

Desempenho



Desempenho

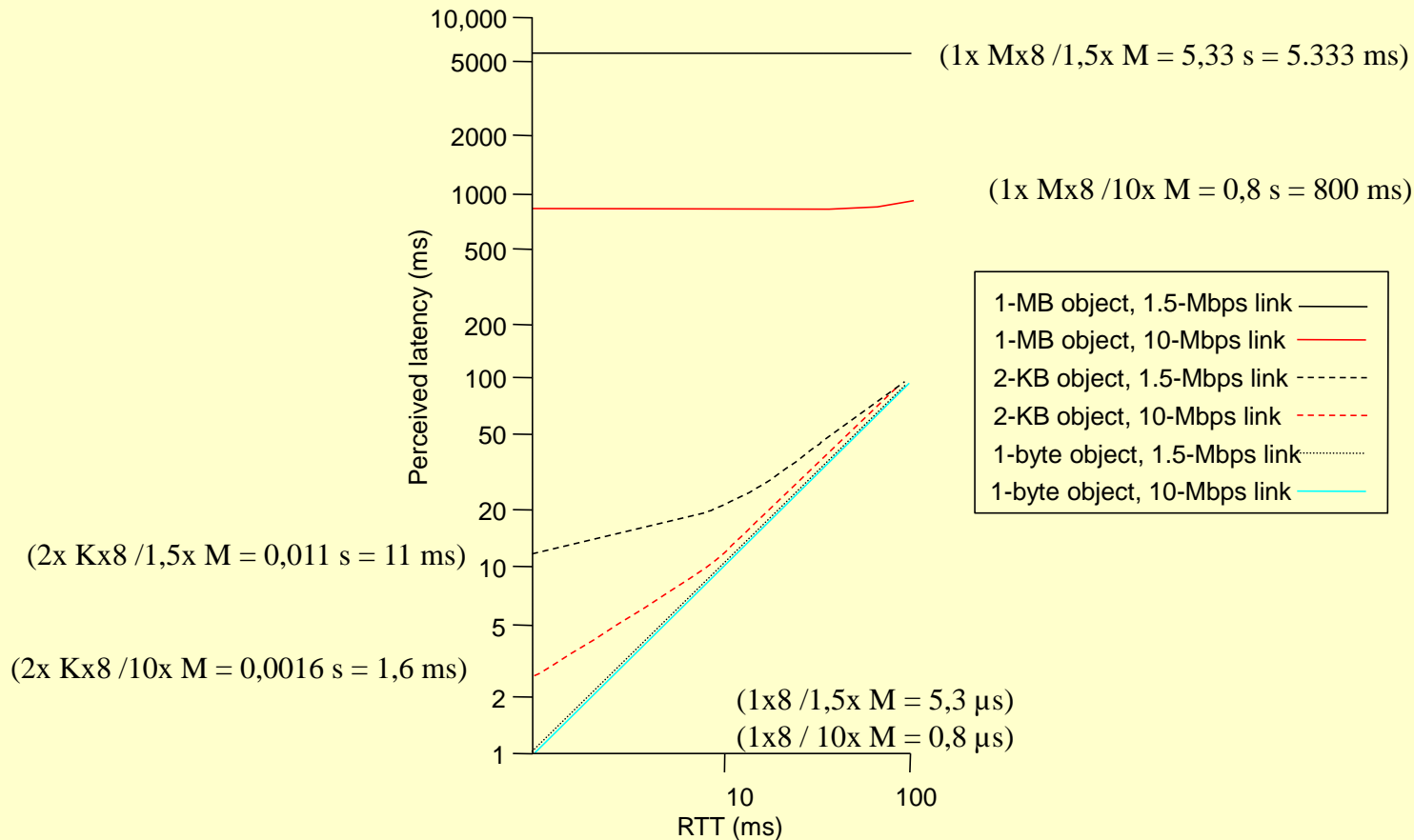
- Latência é a medida de tempo para um pacote (ou mensagem) caminhar de uma fonte até um destino.
 - Tempo de ida e volta (round-trip time - RTT)
- Latência é a soma de:
 - Atrasos de fila: tempo de espera para chegar a sua vez de ser transmitido.
 - Atrasos de transmissão (tempo de transmissão), e
 - Atraso de propagação: tempo para um pacote propagar de uma fonte até um destino.

Desempenho

- Por exemplo, transferência de um arquivo de 1-MB em um enlace de fibra óptica de 10Mbps e a uma distância de 5000 m. Velocidade de propagação em fibra 2×10^8 m/s
 - Ignorando fila de espera e atraso de processamento no nó.
 - Atraso de transmissão: $(2^{10} \times 2^{10} \times 8) / 10 \times 10^6 = 0.839s$
 - Atraso de propagação: $5000 / 2 \times 10^8 = 0.025ms$
 - Latência = 0.839s.
- Mudando agora de 10 Mbps para 10 Gps:
 - Atraso de transmissão: $(1 \times 2^{20} \times 8) / 10 \times 10^9 = 0.839ms$
 - Latência = 0.864ms

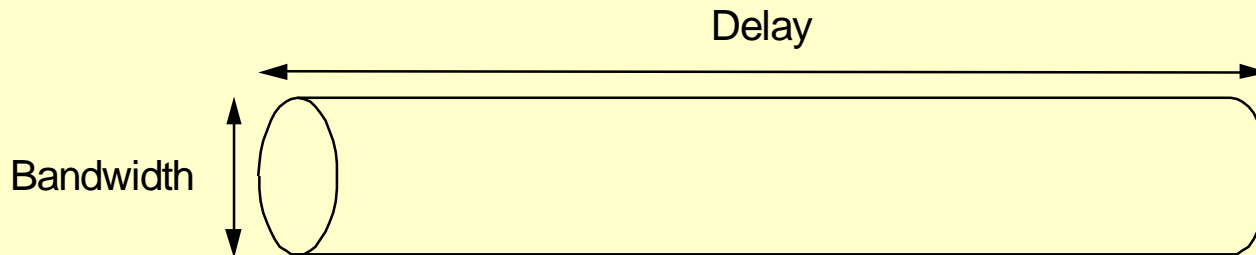
Desempenho

- Combinando tamanho dos dados, largura de banda e atraso de propagação:



Desempenho

- O produto atraso x banda dá o volume do tubo (pipe) – o número máximo de bits que o tubo contém.
- Por exemplo, um canal transcontinental de ida com latência de 50 ms e uma banda de 45 Mbps, o produto é 2.25×10^6 bits (280 KB).



- Tubo gordo e curto, tubo gordo e longo, tubo magro e longo.

Desempenho

- Vazão ou throughput

- $\text{Vazão} = \text{TamanhoTransferência} / \text{TempoTransferência}$

- $\text{TempoTransferência} = \text{RTT} + \text{TamanhoTransferência} /$
 LarguradeBanda

- $\text{TamanhoTransferência} / \text{LarguradeBanda} = \text{Tempo de transmissão}$

- RTT é usado neste caso para considerar uma mensagem de solicitação sendo enviada e os dados sendo enviados na volta.

Exemplo: Usuário solicita um arquivo de 1 MB em um enlace de 1 Gbps. RTT = 100 ms.

$\text{Tempo de transmissão} = 1 \text{ MB} / 1 \text{ Gbps} = 8,3 \text{ ms}$

$\text{TempoTransferência} = 100 + 8,3 = 108,3 \text{ ms}$

$\text{Vazão} = 1 \text{ MB} / 108,3 = 77,46 \text{ Mbps}$

Exercicio

1.1 Seja uma rede com três nós em cascata. A distância entre os nós são iguais e mede 2 km em cada trecho. A velocidade de propagação é 2×10^8 m/s em ambos os trechos. A largura de banda de cada enlace é 10 Mbps e o tamanho de pacote é de 5000 bits.

a) Calcule a latência da rede (do primeiro bit enviado ao ultimo bit recebido), supondo que o nó começa a retransmitir imediatamente depois que terminar de receber o pacote.

b) O mesmo que a), mas com cinco nós.

c) O mesmo que a) mas considere que o nó é capaz de começar a retransmitir o pacote depois que os 200 bits foram recebidos.

Exercício 5 do Cap. 1 (ou 1.3, 5a Edição)

1.2 Calcule o tempo total necessário para transferir um arquivo de 1000 KB nos seguintes casos, considerando um RTT de 100 ms, um tamanho de pacote de 1 KB e um handshaking inicial de $2 \times \text{RTT}$ antes que os dados sejam enviados.

a) A largura de banda é de 1,5 Mbps, e os pacotes de dados podem ser enviados continuamente.

b) A largura de banda é de 1,5 Mbps, mas depois que terminarmos de enviar cada pacote de dados, temos que esperar um RTT antes de enviar o seguinte.

c) A largura de banda é “infinita”, significando que consideramos o tempo de transmissão como zero, e até 20 pacotes podem ser enviados por RTT.

d) A largura de banda é “infinita”, e durante o primeiro RTT, podemos enviar um pacote (2^{1-1}), durante o segundo RTT podemos enviar dois pacotes (2^{2-1}), durante o terceiro podemos enviar quatro (2^{3-1}), e assim por diante.