

Multiplexação

Profa. Débora Christina Muchaluat Saade

debora@midia.com.uff.br

Tipos de Sinal

➔ Sinal Analógico

- *Variação Contínua*



Sinal analógico



Sinal digital

➔ Sinal Digital

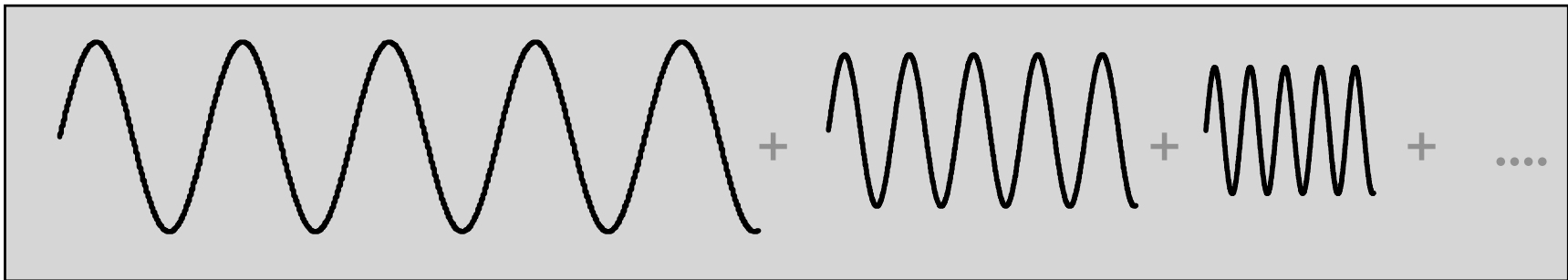
- *Variação Discreta*
- *Intervalo de Sinalização*

Qualquer informação pode ser transmitida através de sinal analógico ou digital

Sinais

➔ Qualquer sinal pode ser entendido como uma soma de ondas de diferentes frequências e amplitudes.

- *Análise de Fourier*



Banda Passante

➔ Banda passante

- *intervalo de frequências componentes de um sinal*
 $[f_{min}, f_{max}]$

➔ Largura de banda

- $f_{max} - f_{min}$

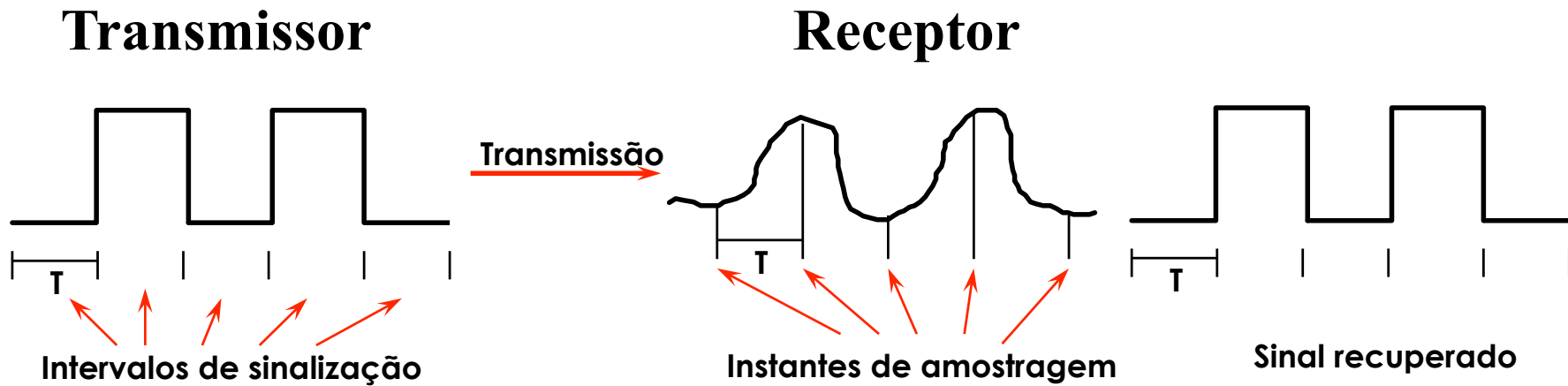
➔ Exemplo:

- *Sinal de Voz*
 - Banda passante: [50Hz, 10KHz]
 - Largura de banda: ~10KHz

Na transmissão através de sinais digitais

não é necessário que se preserve o formato preciso do sinal original para que se possa receber corretamente as informações.

Recuperação do Sinal Digital



Banda Passante Necessária

Sinal Digital

Qual será a banda passante mínima exigida para o meio físico que garanta a recuperação da informação original pelo receptor ?

Ruído

- ➔ A quantidade de ruído presente numa transmissão é medida em termos da razão entre a potência do sinal e a potência do ruído, denominada razão sinal-ruído.
- ➔ Se representarmos a potência do sinal por S e a potência do ruído por N, a razão sinal-ruído é dada por S/N .
- ➔ É muito comum utilizar-se, ao invés desta razão diretamente, o valor $10 \log_{10}(S/N)$. O resultado obtido é uma medida da razão sinal-ruído em uma unidade denominada decibel (dB).
 - *Uma razão de 10 corresponde a 10 dB; uma razão de 100 corresponde 20 dB; uma razão de 1.000 corresponde a 30 dB e assim por diante.*

Taxa Máxima de Transmissão: Lei de Shannon

➔ O principal resultado de Shannon (conhecido como a *Lei de Shannon*) afirma que a capacidade máxima C de um canal (em bps) depende da largura de banda e da razão sinal-ruído

- *Exemplo: Um canal de 3.000 Hz com uma razão sinal-ruído de 30 dB (parâmetros típicos de uma linha telefônica) não poderá, em hipótese alguma, transmitir a uma taxa maior do que aproximadamente 30.000 bps.*

$$C = W \log_2 (1 + S/N)$$

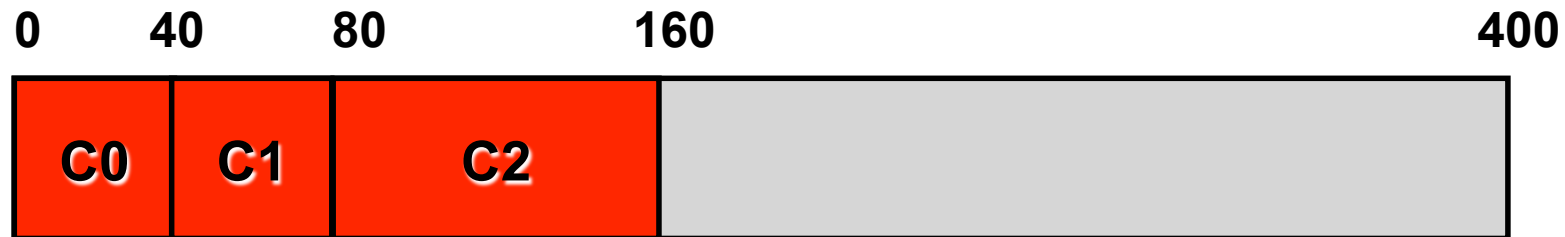
W: largura de banda; S/N: razão sinal-ruído

Utilização da Banda Passante do Meio de Transmissão



- ➔ **Configuração de um único canal por meio de transmissão**
- ➔ **Como melhorar a utilização do meio de transmissão ?**

Utilização da Banda Passante do Meio de Transmissão



➔ **Configuração de múltiplos canais por meio de transmissão**

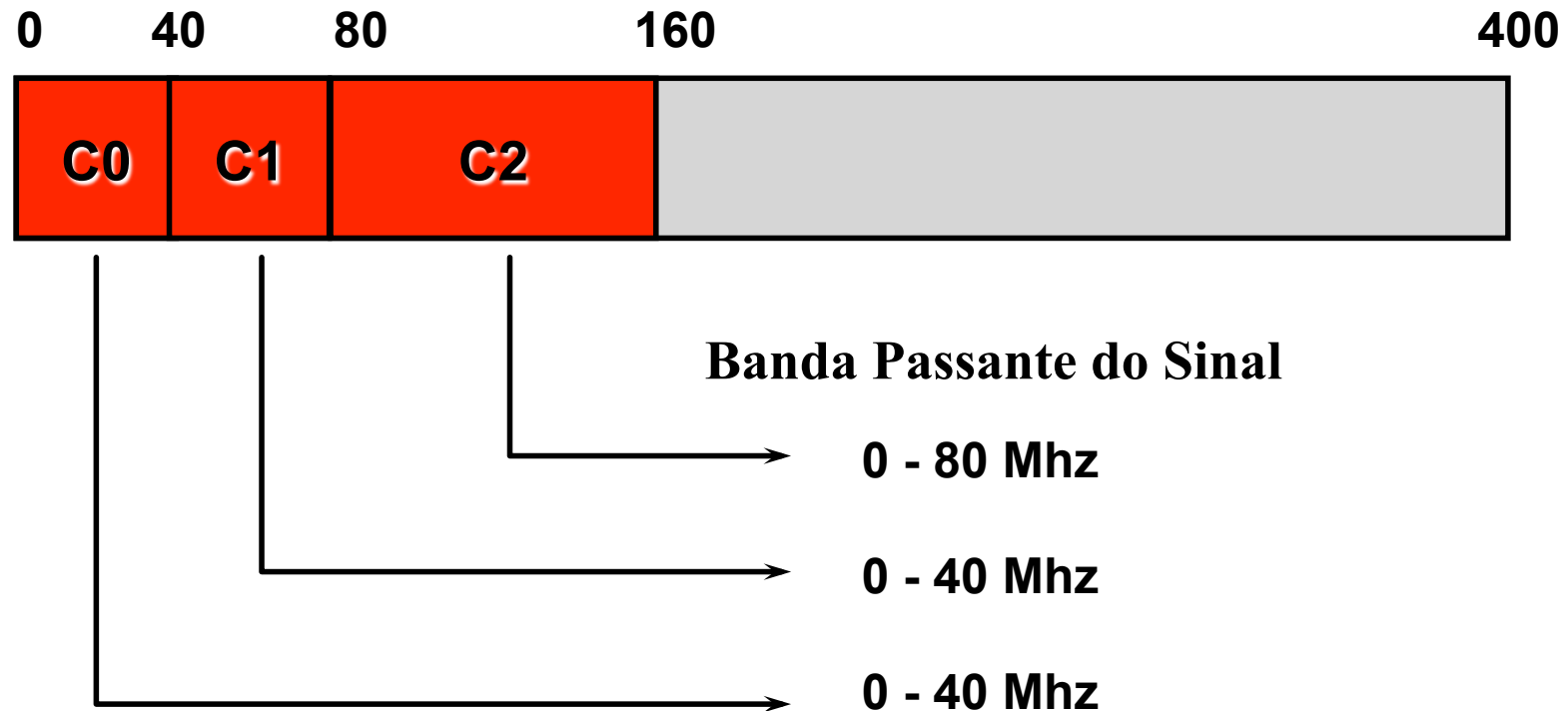
Multiplexação

➔ **Permite que vários sinais de diferentes fontes (canais) possam compartilhar o mesmo meio físico**

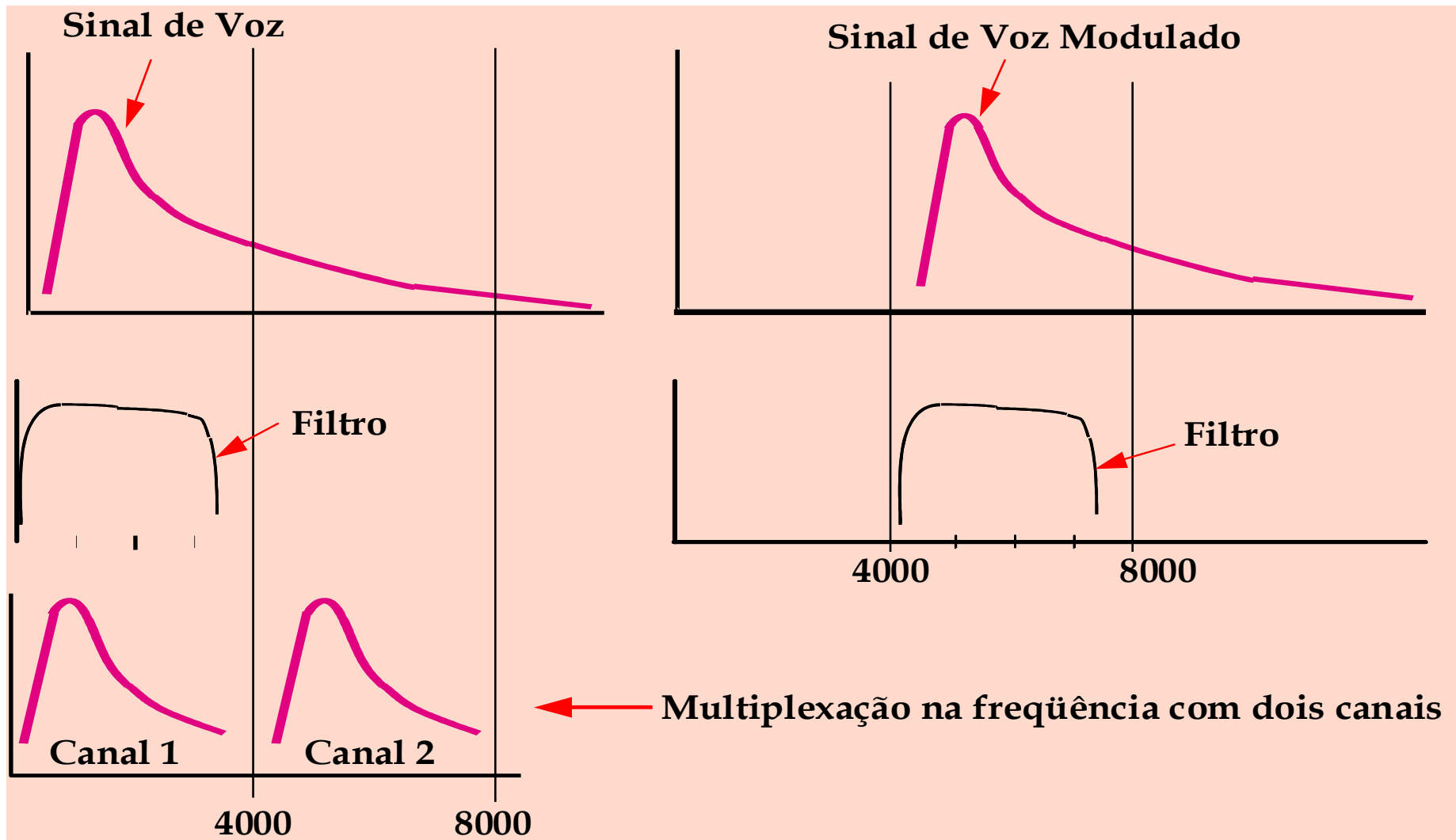
- *Multiplexação por Divisão da Frequência*
 - (Frequency Division Multiplexing - FDM)
- *Multiplexação por Divisão do Tempo*
 - (Time Division Multiplexing - TDM)
- *Multiplexação por Divisão do Comprimento de Onda*
 - (Wavelength Division Multiplexing - WDM)
- *Multiplexação por Divisão de Código*
 - (Code Division Multiplexing)

Multiplexação na Frequência

Utilização da Banda Passante do Meio de Transmissão



Sinal de Voz

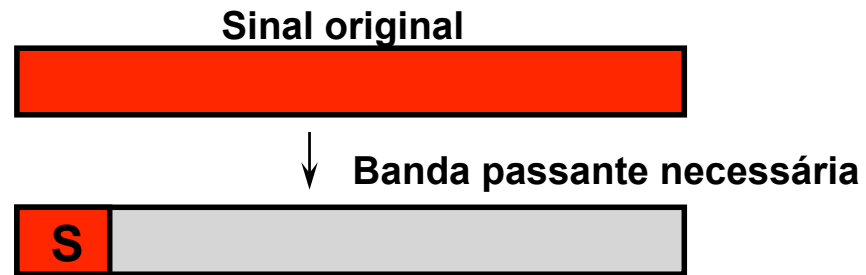


Transmissão FDM

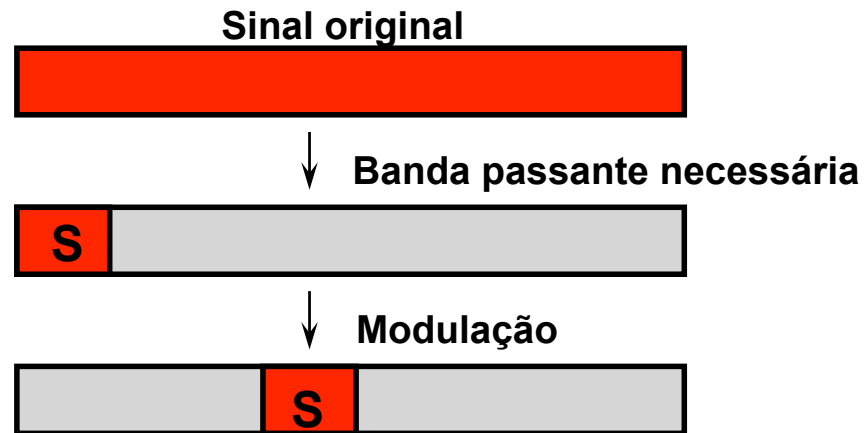
Sinal original



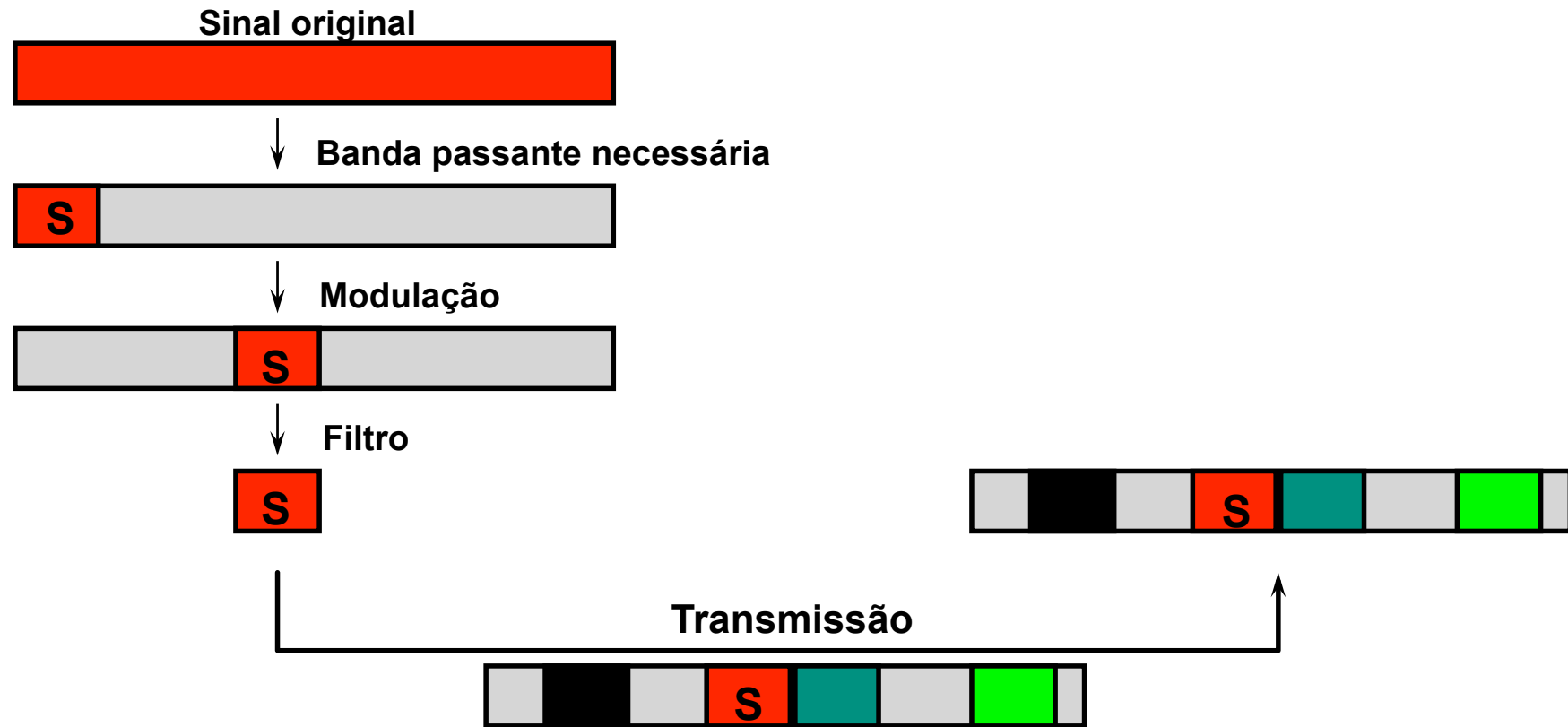
Transmissão FDM



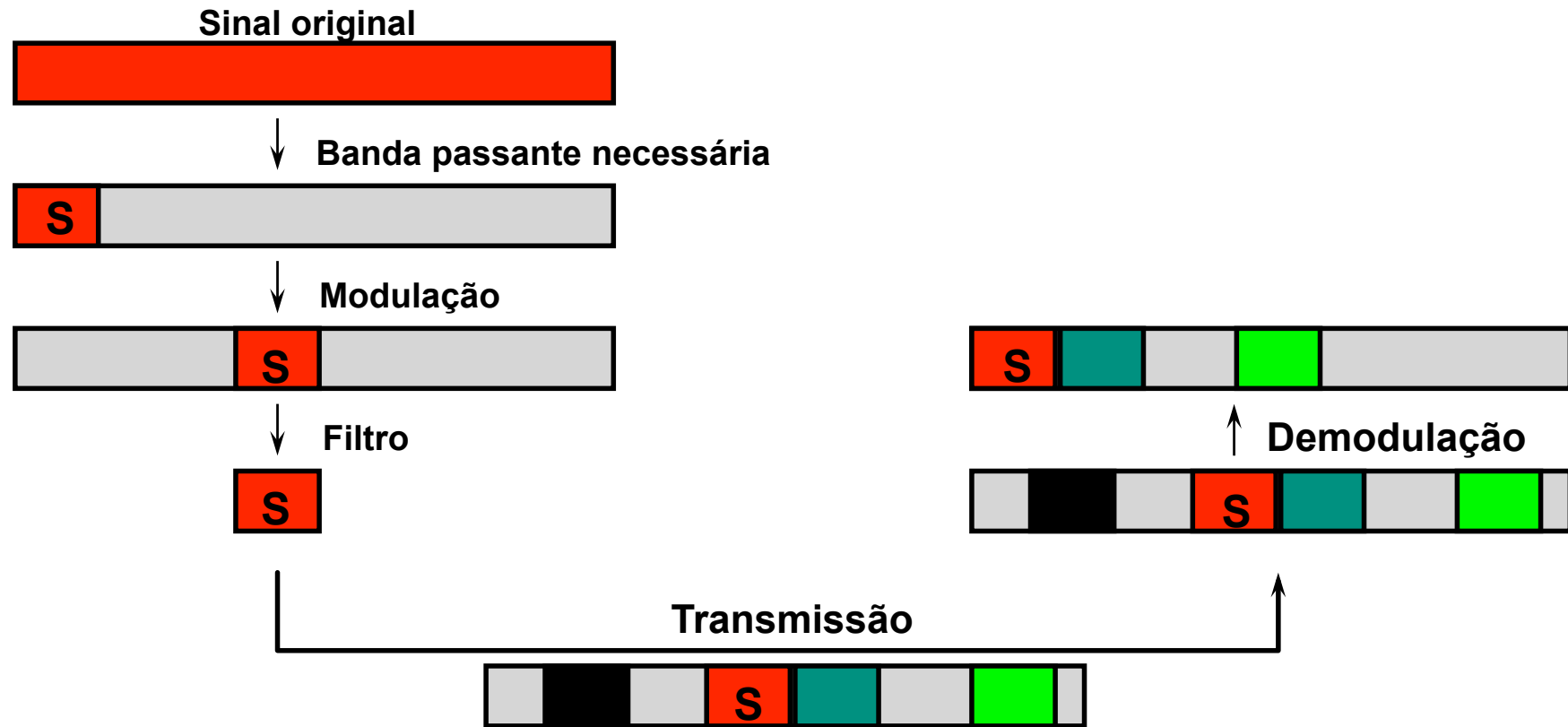
Transmissão FDM



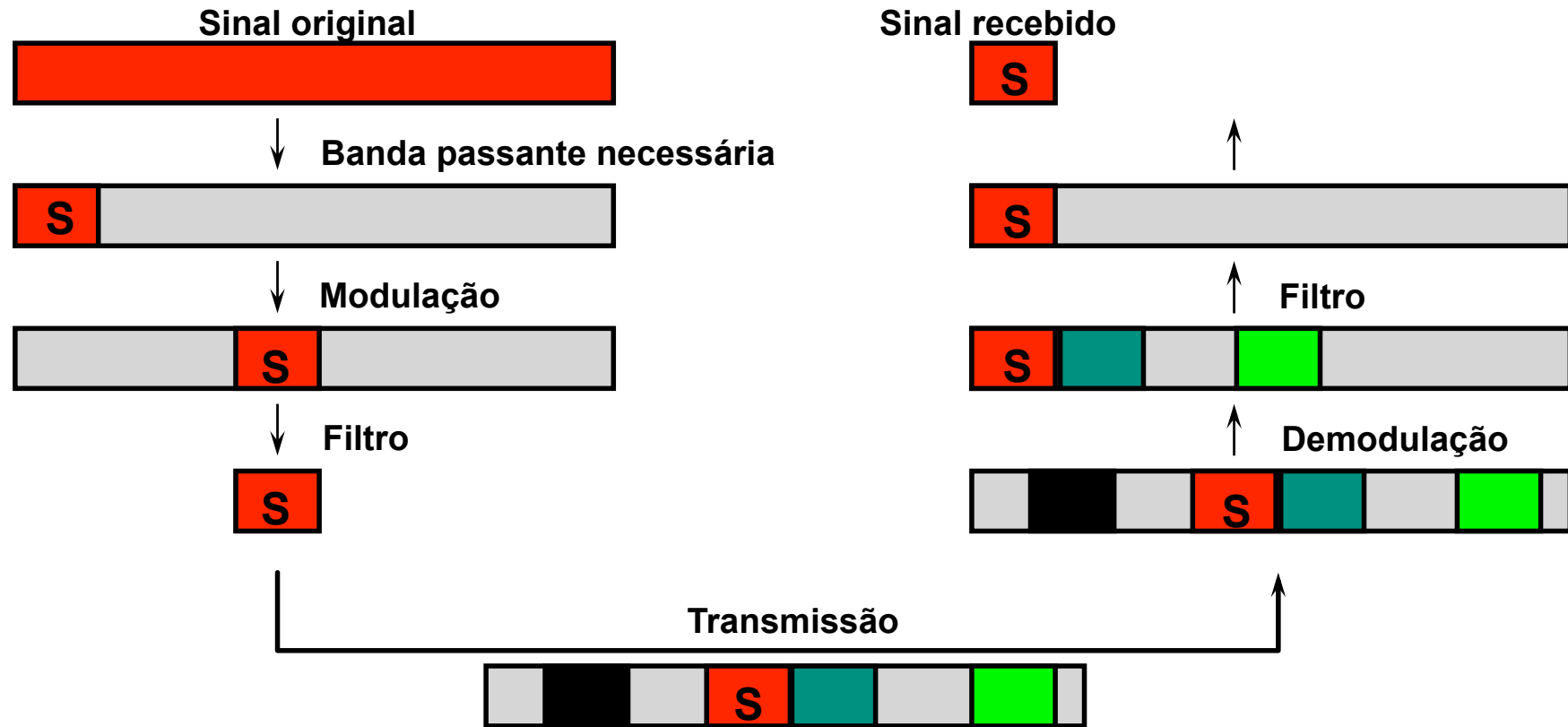
Transmissão FDM



Transmissão FDM



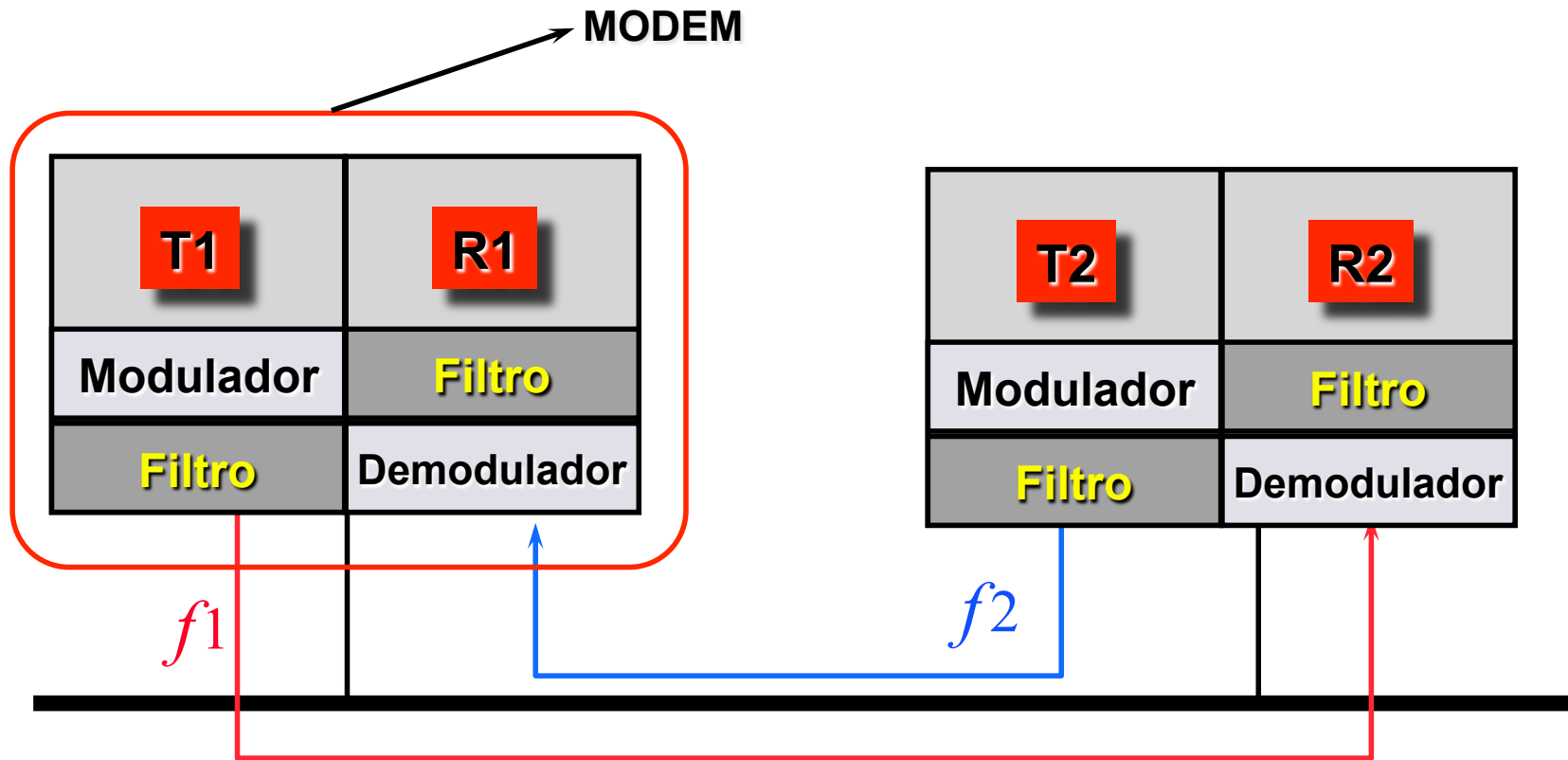
Transmissão FDM



Modulação e Demodulação

- ➔ **A *modulação* é uma transformação aplicada a um sinal que faz com que ele seja deslocado de sua faixa de frequências original para uma outra faixa.**
- ➔ **A *demodulação* é uma transformação que é aplicada a um sinal previamente modulado e que faz com que ele seja deslocado de volta para a sua faixa de frequências original.**
- ➔ **A modulação e demodulação permitem que sinais sejam adaptados para a transmissão em canais com características diferentes daquelas do sinal original.**
 - *Por exemplo, sinais modulados em diferentes regiões do espectro podem ser simultaneamente transmitidos em um mesmo meio físico através da multiplexação por divisão de frequência.*

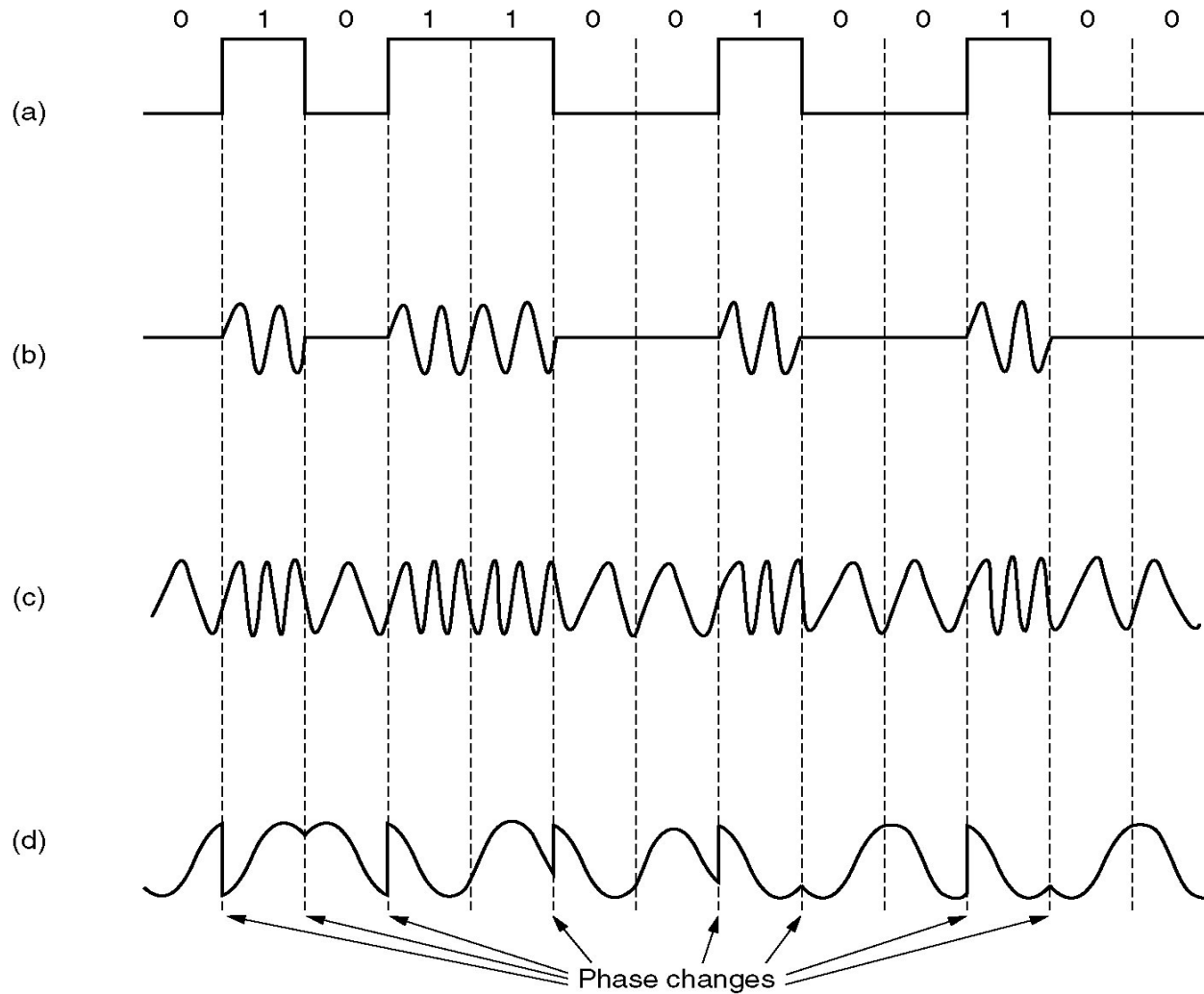
MODEM



Técnicas de Modulação

- ➔ **Todas as técnicas de modulação resultam no deslocamento de um sinal de sua faixa de frequências original para uma outra faixa.**
 - *Todas as componentes do sinal são, uma a uma, deslocadas de um mesmo valor f , fazendo com que o sinal passe a ocupar uma nova região do espectro. Porém, a contribuição de cada componente não é alterada. O valor f é denominado de frequência da onda portadora.*
- ➔ **As três técnicas básicas de modulação são denominadas de:**
 - *Modulação por Amplitude (Amplitude Modulation - AM),*
 - *Modulação por Frequência (Frequency Modulation - FM) e*
 - *Modulação por Fase (Phase Modulation - PM).*
- ➔ **Quando o sinal original é um sinal digital, essas técnicas assumem denominações mais específicas:**
 - *Modulação por Chaveamento da Amplitude (Amplitude Shift Keying - ASK).*
 - *Modulação por Chaveamento da Frequência (Frequency Shift Keying - FSK).*
 - *Modulação por Chaveamento de Fase (Phase Shift Keying - PSK).*

Modems



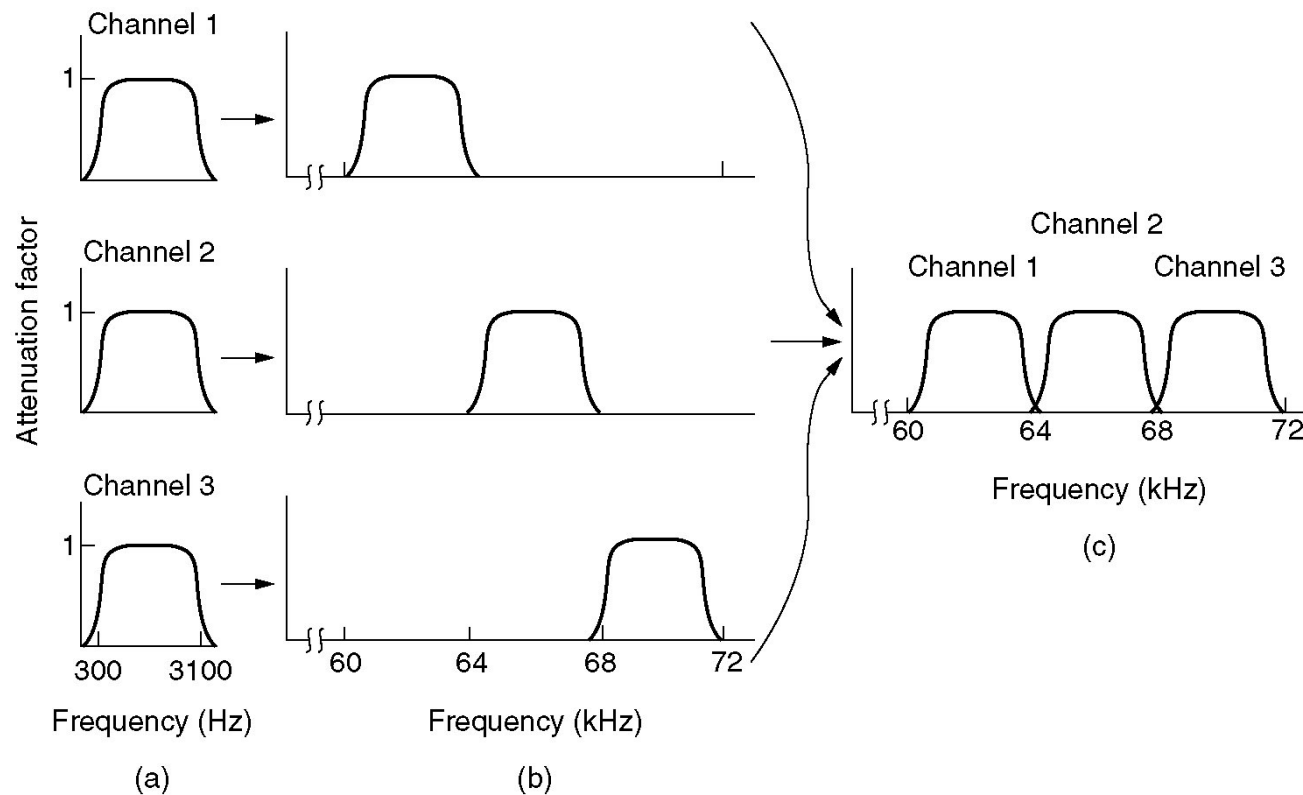
(a) A binary signal

(b) Amplitude modulation

(c) Frequency modulation

(d) Phase modulation

Frequency Division Multiplexing

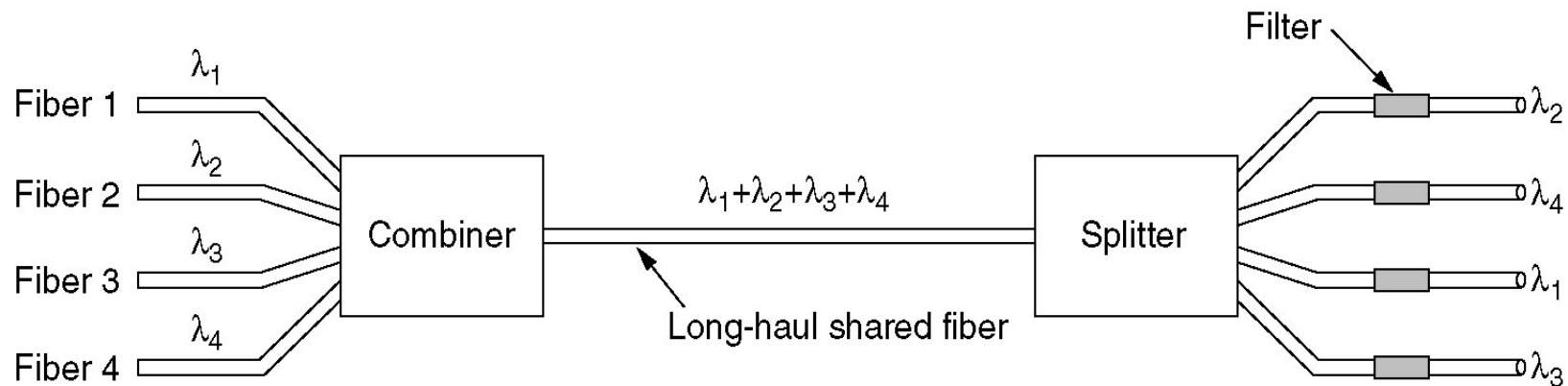
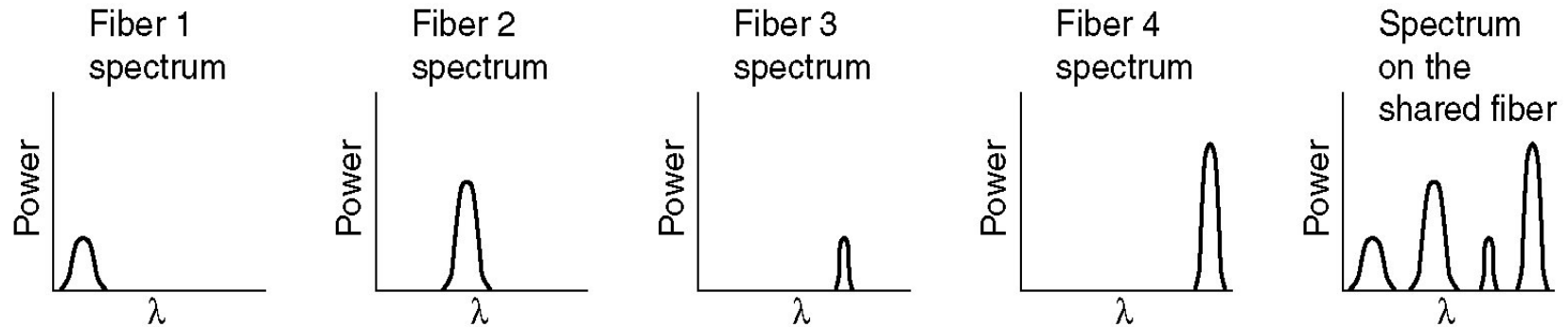


(a) The original bandwidths.

(b) The bandwidths raised in frequency.

(b) The multiplexed channel.

Wavelength Division Multiplexing



Wavelength division multiplexing (WDM)

Multiplexador x Acesso Múltiplo

➔ Multiplexação pode ser realizada

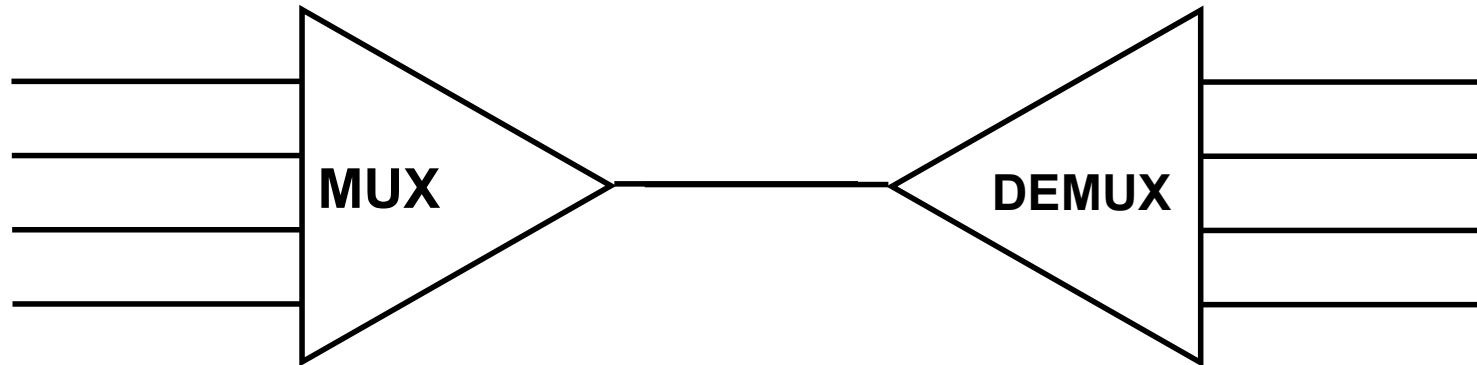
- *de forma centralizada*

- por um equipamento específico denominado de multiplexador (MUX),

- *de forma distribuída*

- onde as várias fontes de sinais encontram-se diretamente conectadas a um meio físico compartilhado.
- nesse caso, a multiplexação é comumente denominada de mecanismo de acesso múltiplo.

Multiplexador e Demultiplexador



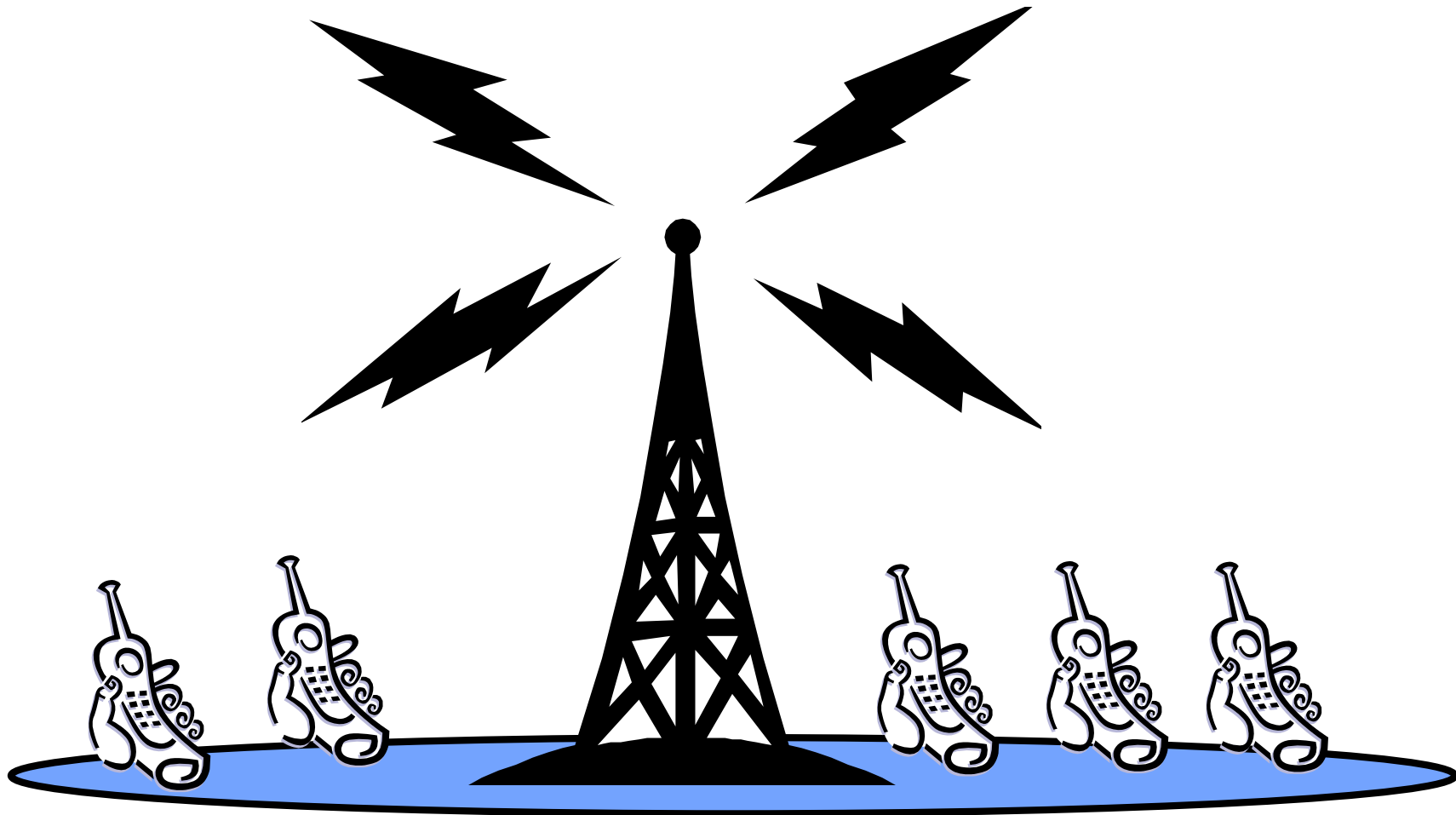
Multiplexadores: equipamentos que centralizam as funções de modulação, filtragem e combinação dos sinais

Exemplo para Comparação entre a Utilização de Multiplexadores e de Multiplexação Realizada por Meio de Acesso Múltiplo

➔ **O FDMA (Frequency Division Multiple Access) é um exemplo de mecanismo de acesso múltiplo no qual o meio físico é multiplexado de forma análoga ao FDM.**

- *Porém, cada uma das fontes é diretamente responsável por requisitar, junto a um controlador do sistema, um canal a ser por ela utilizado, não existindo, portanto, a figura do multiplexador como um elemento centralizador da tarefa de multiplexação.*

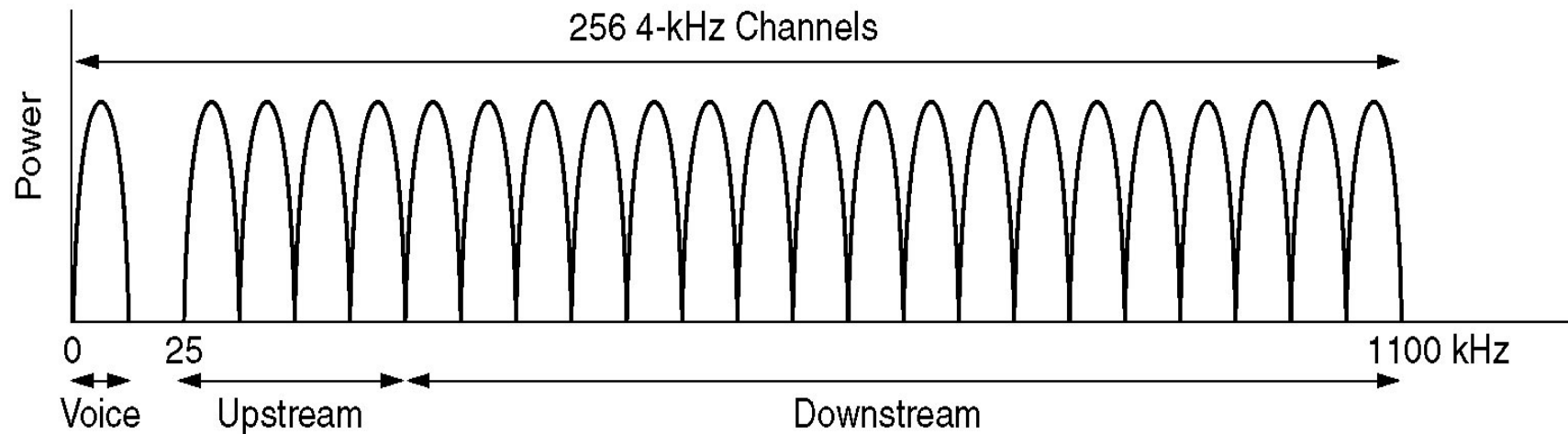
FDMA



**Solução para o Acesso Residencial:
xDSL**

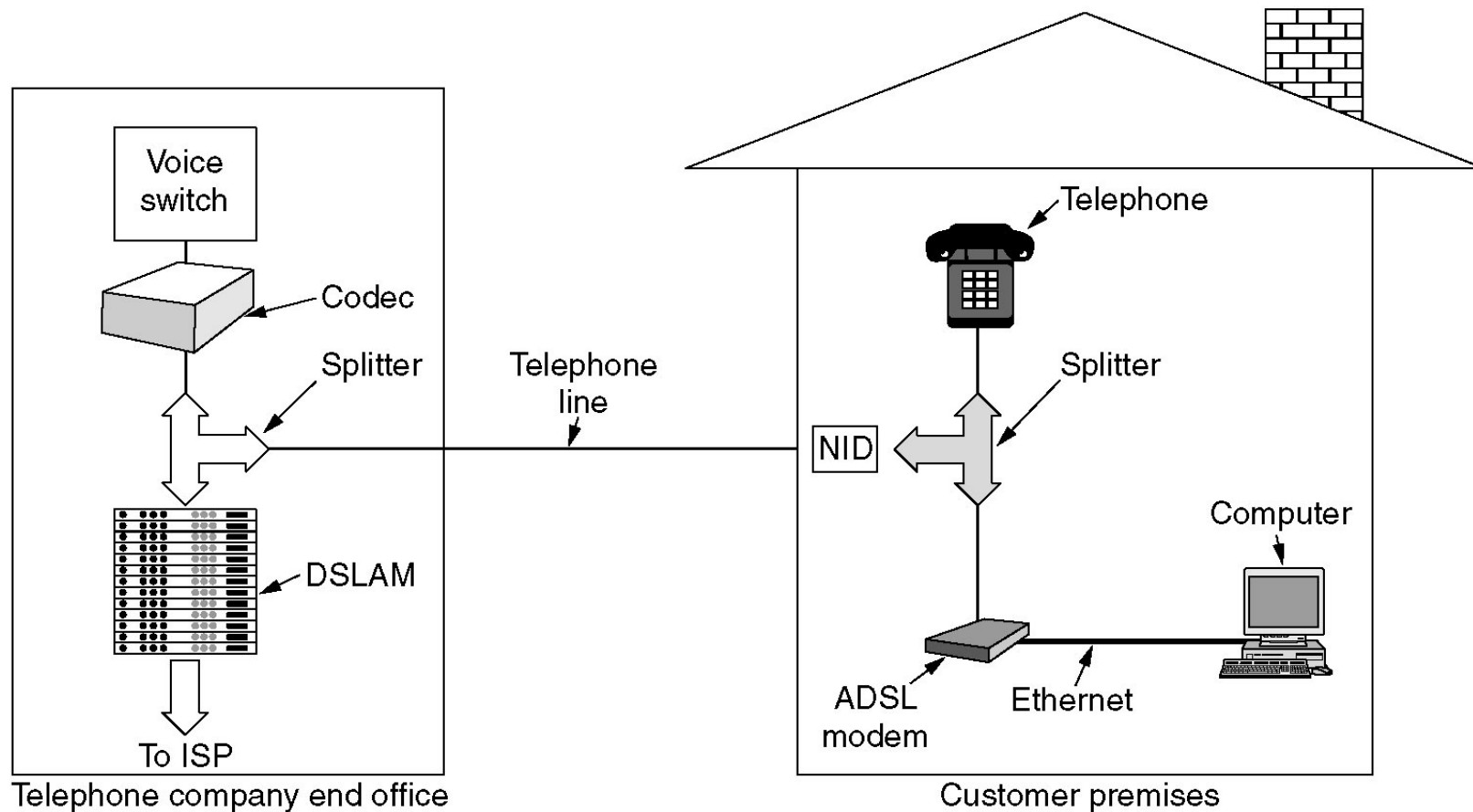
Digital Subscriber Lines (2)

Operation of ADSL using discrete multitone modulation.



Digital Subscriber Lines (3)

A typical ADSL equipment configuration.

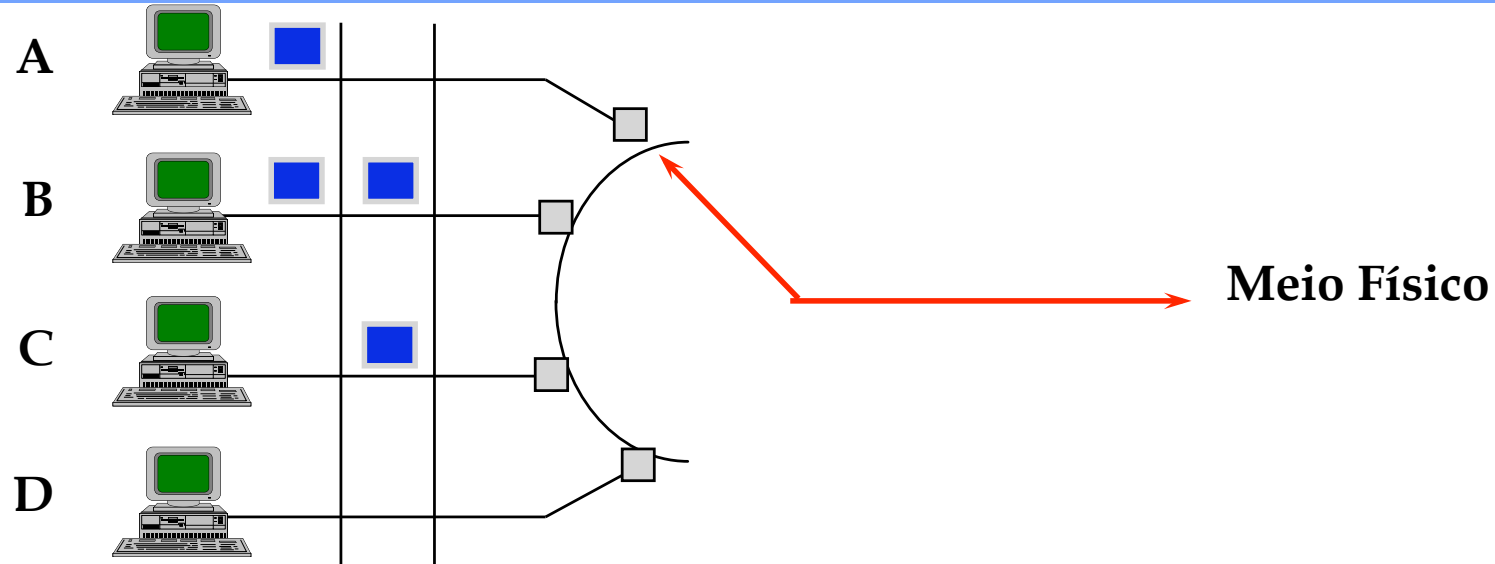


Multiplexação no Tempo

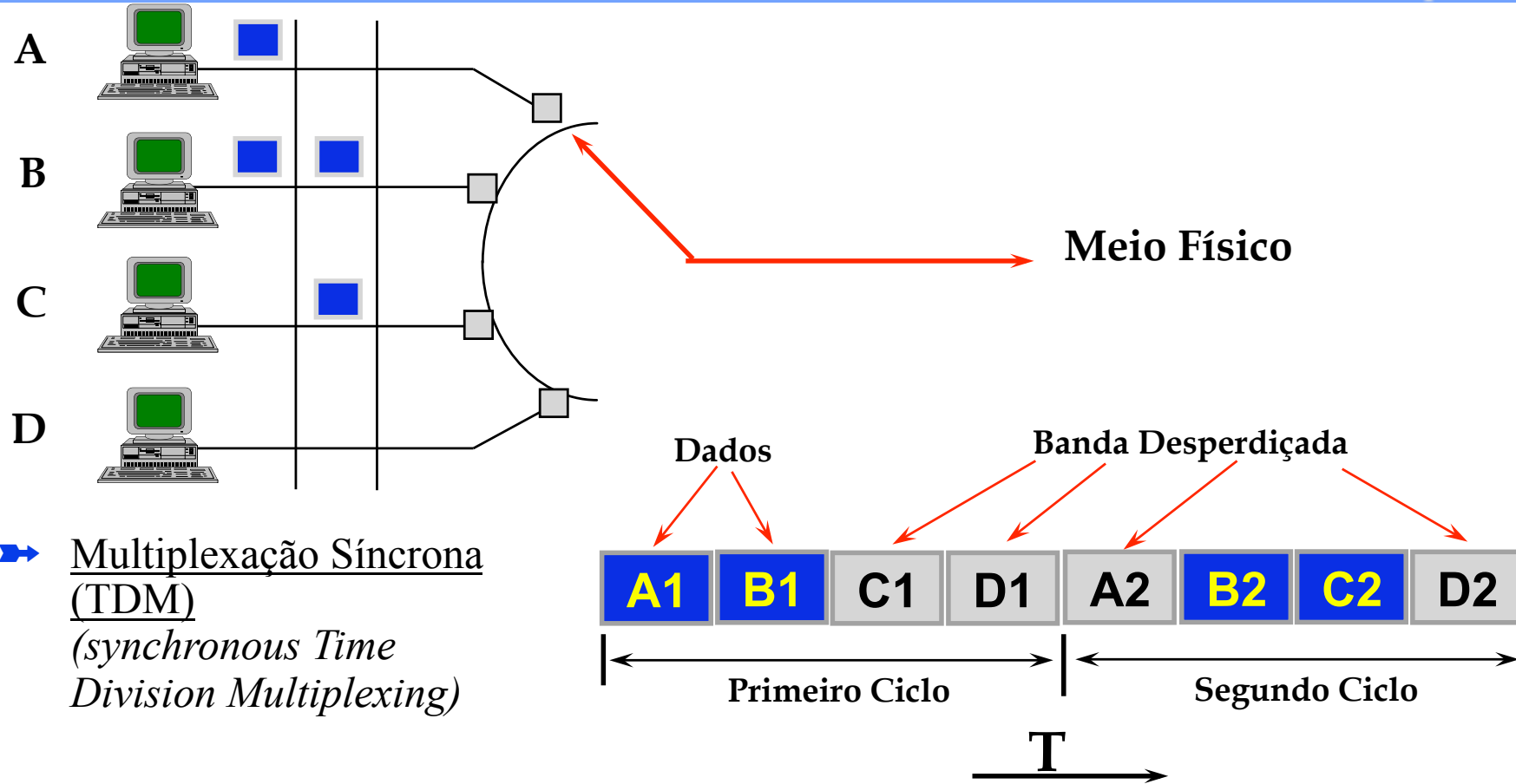
Multiplexação por Divisão de Tempo

- ➔ Ao invés de se utilizar as várias faixas de frequências para separar os sinais a serem transmitidos, utiliza-se o tempo como a grandeza a ser compartilhada.
- *obtém-se o compartilhamento do meio físico intercalando-se porções de cada um dos sinais ao longo do tempo.*
 - *A forma com que o tempo é subdividido dá origem a duas formas de TDM: o **TDM síncrono** e o **TDM assíncrono (ou Estatístico)**.*

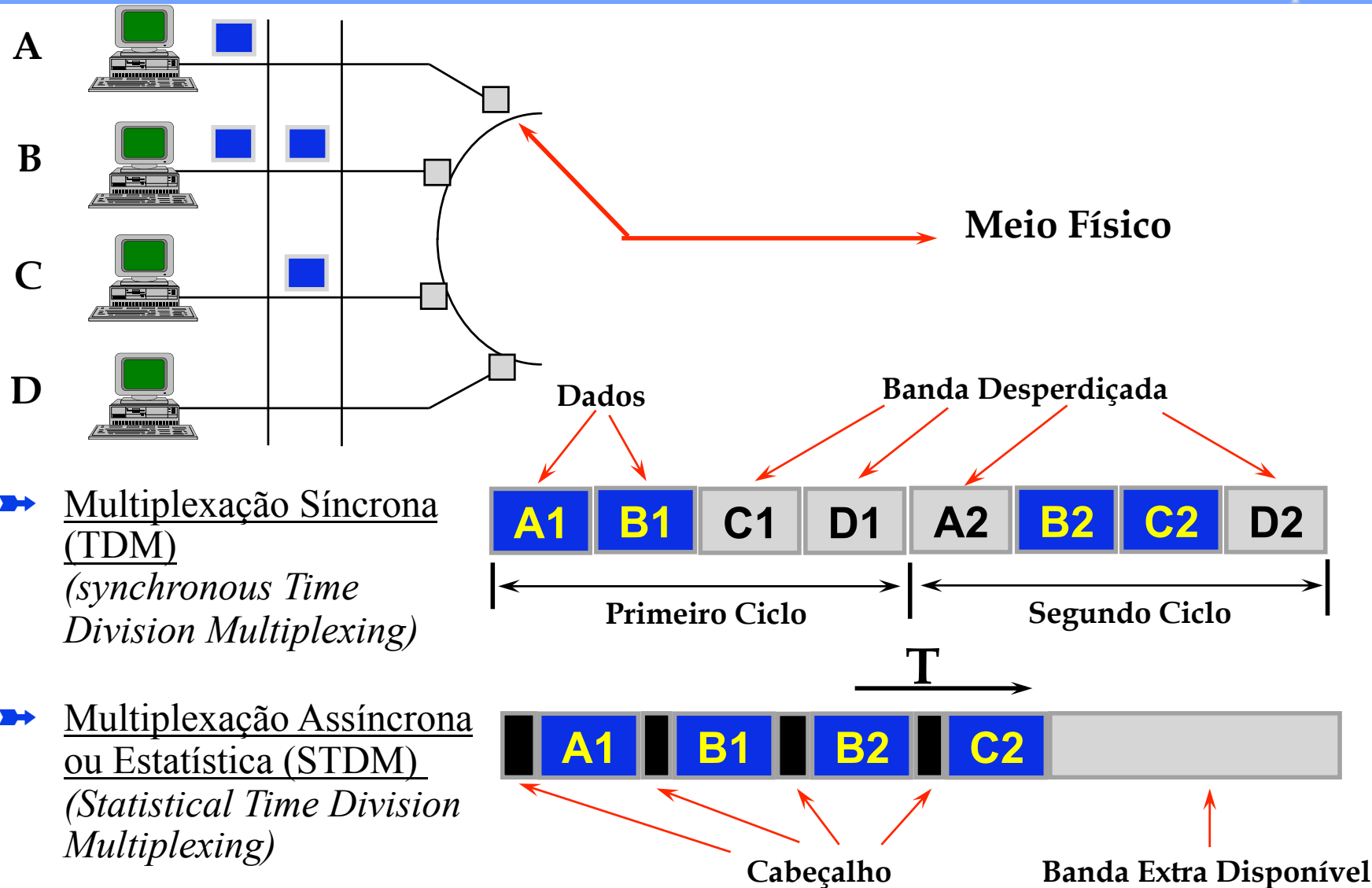
Multiplexação no Tempo



Multiplexação no Tempo



Multiplexação no Tempo



Canal

- ➔ **Representação para uma parcela da utilização do meio físico alocada a transmissão de um sinal.**
- ➔ **A implementação de um canal varia de acordo com a forma de multiplexação. Assim, tem-se um tipo de canal no FDM e um outro tipo de canal no TDM síncrono.**
 - *No FDM, um canal corresponde a uma faixa de frequências*
 - *No TDM síncrono, denomina-se canal o conjunto de todos os slots, um em cada frame, identificados por uma determinada posição fixa dentro desses frames.*
 - Ex.: o canal 3 é formado pelo terceiro slot dentro de cada ciclo.

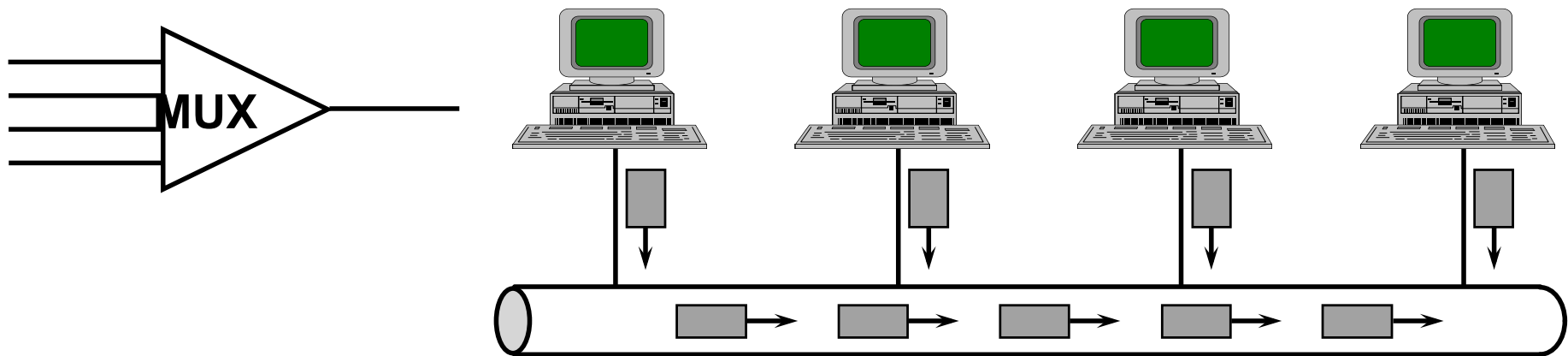
Canais de Comunicação

- ➔ **Dedicado (ou permanente) x Chaveado**
- ➔ **Ponto-a-ponto x Multiponto**

Multiplexador x Acesso Múltiplo

➔ A multiplexação pode ser realizada tanto de forma centralizada, por um equipamento específico denominado de multiplexador (MUX), como de forma distribuída, onde as várias fontes de sinais encontram-se diretamente conectadas a um meio físico compartilhado.

- *Nesse último caso, a multiplexação é comumente denominada de mecanismo de acesso múltiplo.*

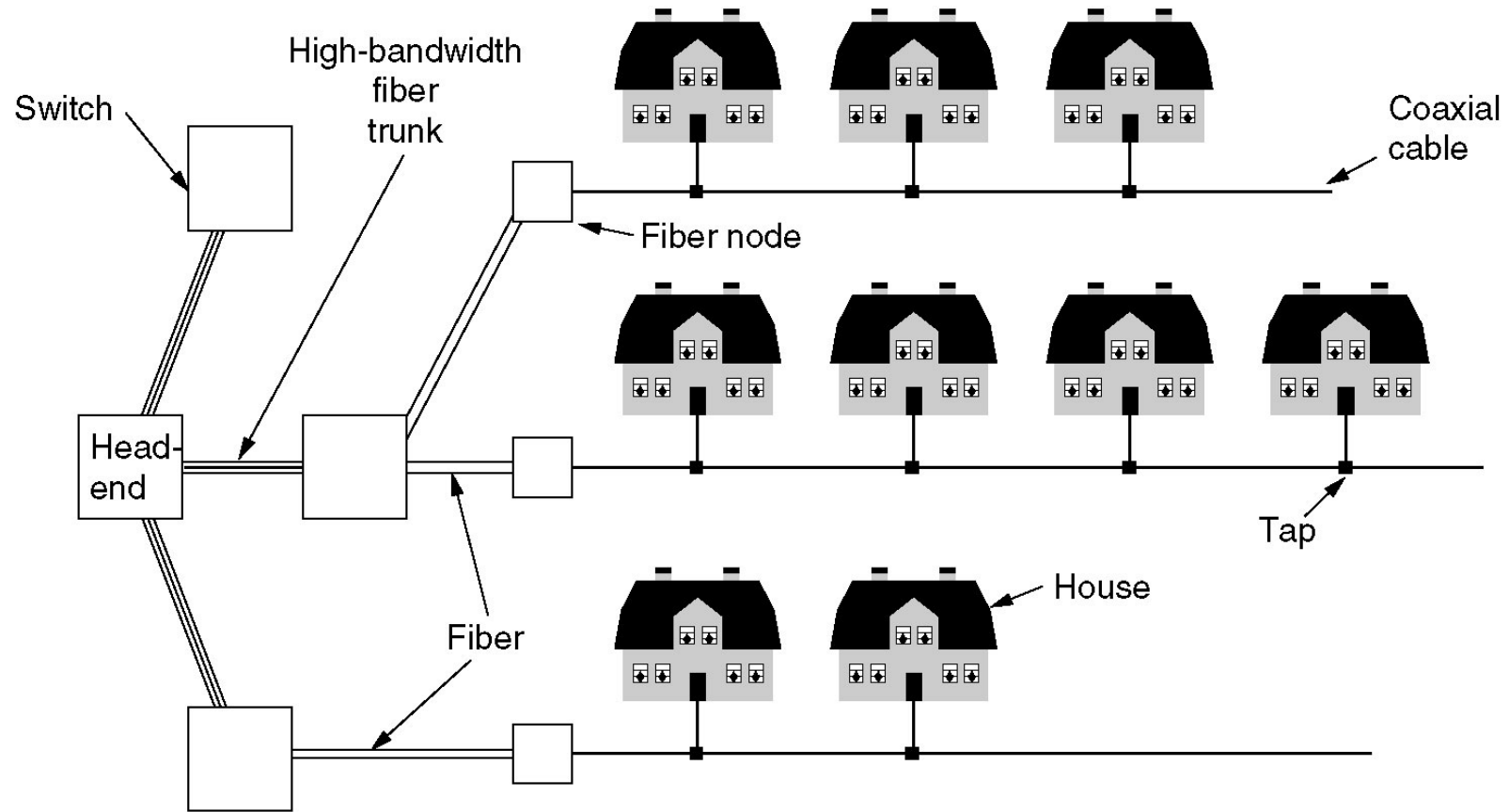


TDMA

Solução para o Acesso Residencial: Cable Modem

Internet over Cable

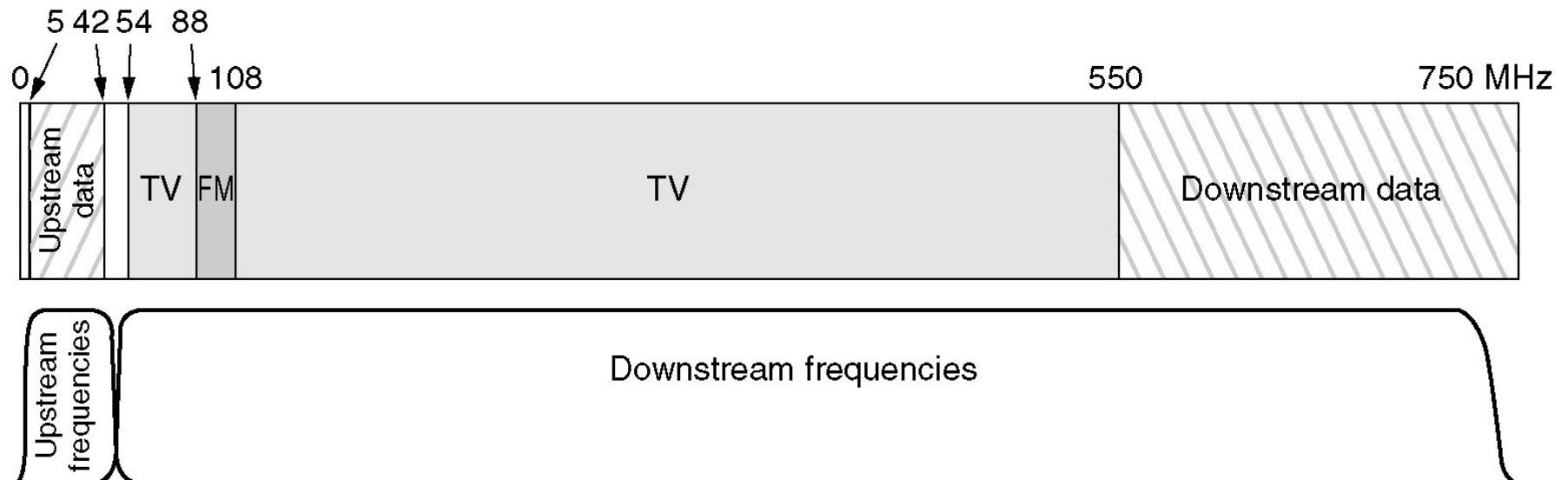
Cable television



(a)

Spectrum Allocation

Frequency allocation in a typical cable TV system used for Internet access



Cable Modems

Typical details of the upstream and downstream channels in North America.

