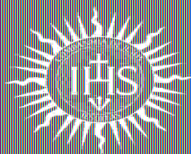


Fundamentos de Redes de Computadores

Aula 04

Prof. Dr. Jéferson Campos Nobre

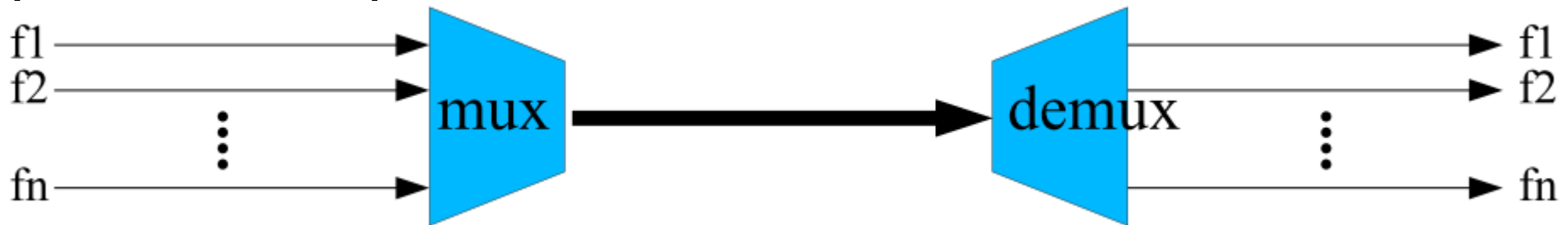


JESUÍTAS BRASIL

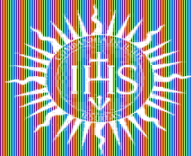


Multiplexação

- Forma de permitir que múltiplas fontes de informação possam compartilhar um mesmo meio de transmissão

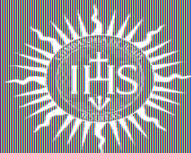


- Torna eficiente o uso de linhas de alta vazão/capacidade
 - Em geral as linhas têm capacidade consideravelmente maior que a exigência dos canais individuais
 - Ex.: linha telefônica → até 1MHz, cada canal precisa de somente 4 kHz



Multiplexação (cont.)

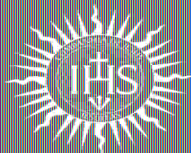
- Necessidade crescente nos últimos anos
 - ♟ Principalmente devido ao acesso à Internet
- Técnica é também economicamente interessante
 - ♟ Quanto maior a capacidade da linha, melhor o custo-benefício do meio de transmissão
 - ♟ Vale tanto para dados quanto para voz
- Duas técnicas principais
 - ♟ FDM (*Frequency Division Multiplexing*)
 - ♟ TDM (*Time Division Multiplexing*)
 - ♟ Síncrono (*Synchronous TDM*)
 - ♟ Estatístico (*Statistical TDM*)



FDM:

Frequency Division Multiplexing

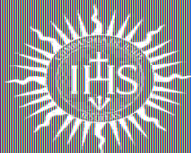
- Multiplexação em frequência
- Um conjunto de sinais pode ser transmitido ao mesmo tempo se cada um é modulado em uma **frequência portadora distinta**
 - ♁ Cada portadora define um **canal**
- Vários sinais modulados podem ser transmitidos pelo mesmo meio se as frequências das portadoras forem diferentes
 - ♁ Filtros são usados no receptor para separar novamente os canais



FDM:

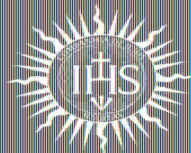
Frequency Division Multiplexing

- Multiplexação em frequência
- Um conjunto de sinais pode ser transmitido ao mesmo tempo se cada um é modulado em uma **frequência portadora distinta**
 - ♁ Cada portadora define um **canal**
- Vários sinais modulados podem ser transmitidos pelo mesmo meio se as frequências das portadoras forem diferentes
 - ♁ Filtros são usados no receptor para separar novamente os canais



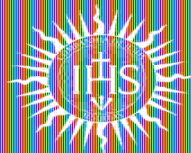
Exemplo de FDM: Rádio AM

- Portadoras variam de 540 kHz a 1610 kHz
- Há um espaçamento de 10 kHz entre uma estação e outra, para evitar interferências
- A técnica é a mesma para as rádios em “onda longa” (frequências abaixo de 500 kHz) e “onda curta” (acima de 2 MHz)
- 🏰 Quanto maior a frequência, maior o alcance devido a reflexões na ionosfera; porém, maior também a atenuação → incidência de ruídos



Exemplo de FDM: Rádio FM

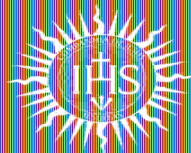
- Frequências entre 88 MHz e 108 MHz
- Cada estação ocupa um total de 200 kHz incluindo:
 - ♠ dois canais de cerca de 15 kHz de largura (FM estéreo)
 - ♠ espaço para transmissão de dados (ex.: nome da emissora e programação)
 - ♠ 50 kHz de guarda em relação à estação anterior e à posterior



TDM:

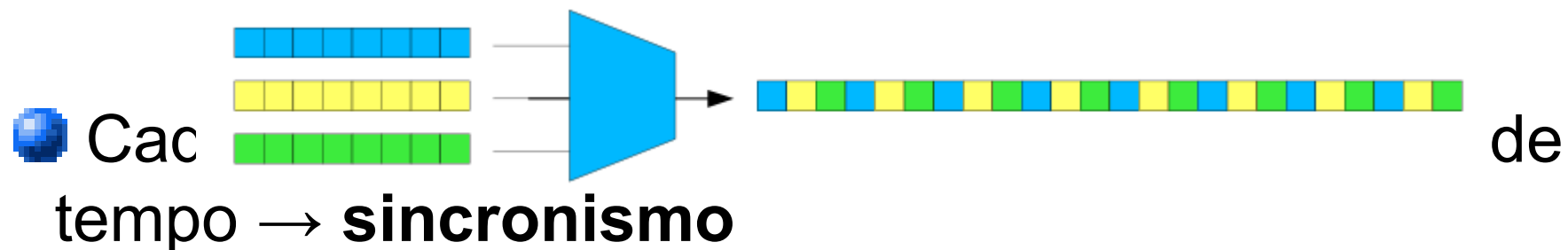
Time Division Multiplexing

- Multiplexação no tempo
- Transmite-se uma parte da informação de cada origem de cada vez, ao longo do tempo
- Duas variações principais:
 - ♣ TDM síncrono
 - ♣ TDM estatístico

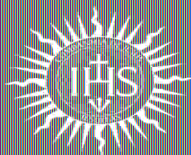


TDM Síncrono

- Multiplexação no tempo, síncrona
- Uma única linha de transmissão transporta vários sinais, um “pedaço” de cada um por vez

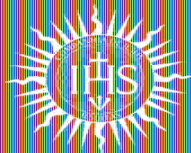


- Mais comum para sinais digitais (pedaços = bits)
- Slots podem ter desde 1 bit até vários bytes
 - ♟ Bastante comum a noção de caracteres (8 bits)



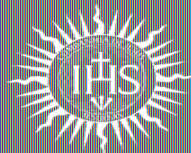
Slots, Quadros e Canais

- Os dados transmitidos são organizados em **quadros** (*frames*)
 - ♟ Cada quadro é um ciclo completo de transmissão
 - ♟ Contém um **slot** de cada fonte de dados
- Uma sequência de slots dedicados a uma mesma fonte de dados é chamada de um **canal**
- A transmissão de cada canal prossegue mesmo se a origem não tem dados a transmitir (slot vazio)
- Permite acomodar fontes com diferentes taxas de transmissão
 - ♟ Ex.: alocar mais de um canal a uma mesma fonte de dados



TDM Estatístico

- ❏ No uso de TDM síncrono, dependendo da fonte de dados, pode haver desperdício de slots
 - ♟ Ex.: chat → digitação é lenta
- ❏ Alternativa: **TDM estatístico** → alocação de slots não é feita de forma fixa, e sim por demanda
 - ♟ Em um dado instante, somente algumas das entradas terão dados a transmitir; transmite então esses dados
 - ♟ Em um próximo instante, outras entradas terão dados a transmitir, enquanto que as anteriores não terão
 - ♟ Necessário transmitir também a identificação da fonte → custo adicional (*overhead*)



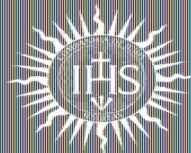
TDM Estatístico

- ❏ No uso de TDM síncrono, dependendo da fonte de dados, pode haver desperdício de slots
 - ♟ Ex.: chat → digitação é lenta
- ❏ Alternativa: **TDM estatístico** → alocação de slots não é feita de forma fixa, e sim por demanda
 - ♟ Em um dado instante, somente algumas das entradas terão dados a transmitir; transmite então esses dados
 - ♟ Em um próximo instante, outras entradas terão dados a transmitir, enquanto que as anteriores não terão
 - ♟ Necessário transmitir também a identificação da fonte → custo adicional (*overhead*)



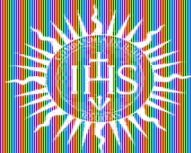
TDM Estatístico (cont.)

- Assim como no TDM síncrono, existe um número n de entradas de dados e a saída do multiplexador é ligada a uma linha de maior capacidade
- Diferentemente do TDM síncrono, a capacidade da linha multiplexada é **menor** do que a soma das capacidades das entradas
 - Se um quadro tem k slots, $k < n$



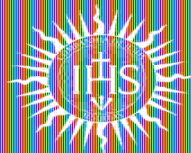
Desempenho

- O fato de k ser menor de que n funciona bem para o caso médio → por isso TDM *estatístico*
- O problema são os momentos de tráfego de pico
 - ♟ Ex.: 10 fontes de dados a 1 kb/s, linha de 5 kb/s → o que fazer se todos têm dados a transmitir?
- Para não haver (ou pelo menos minimizar) o descarte de dados, são usados *buffers*
 - ♟ Dados são armazenados temporariamente em memória RAM até que possam ser transmitidos



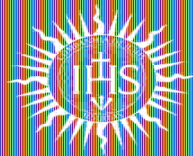
Desempenho (cont.)

- O maior problema do TDM estatístico é a perda de desempenho provocada pelo atraso na transmissão nos momentos de pico
- Exemplo
 - ♟ 10 entradas de 1 kb/s, saída de 5 kb/s
 - ♟ Supondo 6 entradas com dados a transmitir:
 - ♟ Para atender 100% da vazão nominal, saída deveria ter 6 kb/s
 - ♟ Como a saída é só de 5 kb/s, a taxa de cada entrada será $5k / 6k = 83\%$ do valor nominal
 - ♟ Neste caso, 0,83 kb/s



Referências

● Baseado em material dos Professores Rafael Ávila e Márcio Martini



JESUÍTAS BRASIL

