

1 Multiplexação

Técnica que permite compartilhar da capacidade de um único meio de transmissão para duas ou mais transmissões de forma independente e simultânea. A multiplexação é efetuado por dois dispositivos denominados:

- Multiplexador: combina sinais de entrada em um meio;
- Demultiplexador: Separa os sinais novamente para as suas respectivas saídas.

A multiplexação é empregada para fazer uso eficiente de redes de dados de alta velocidade e taxas de dados altas, permitindo a redução do custo de um meio de transmissão uma vez que vários usuários compartilham esse meio. O custo da implementação diminui com o aumento da taxa de dados. São multiplexados dados (informação), voz (redes de telefonia), imagens, vídeos. Dois grandes métodos de multiplexação:

1. FDM – Multiplexação por divisão na frequência;
2. TDM – Multiplexação por divisão no tempo;

1.1 Multiplexação por divisão na frequência – FDM

As seguintes características são próprias da multiplexação por divisão na frequência:

- Largura de banda do meio excede a largura de banda necessária ao canal;
- Cada sinal utiliza uma portadora em frequência diferente;
- Portadoras tem frequências separadas assim os sinais não se sobrepõem (bandas de guarda), por exemplo, radio broadcast;
- Canal é alocado mesmo se não há dados.

Tabela 1: Hierarquia FDM (AT & T)

Nível de Multiplexação	Número de Circuitos de voz	Formação	Banda de frequência (KHz)
Canal de Voz	1		0–4
Grupo	12	12 circuitos de voz	60–108
Super grupo	60	5 grupos	312 – 552
Master grupo	600	10 supergrupos	564 – 3084

1.2 Multiplexação por divisão no tempo síncrona – TDM

A multiplexação por divisão no tempo é caracterizada por:

- Taxa de dados do meio excede a taxa de dados do sinal digital a ser transmitido;

- Múltiplos sinais digitais entrelaçados no tempo;
- Pode ser no nível de bit de blocos;
- Slots de tempo são pré-assinalados a fontes e fixados;
- Slots de tempo são alocados mesmo quando não há dados;
- Slots de tempo não têm que ser uniformemente distribuídos entre fontes.

No TDM as fontes de informação compartilham uma seqüência de bits ocupando slots de tempo diferentes, conforme ilustra a Figura.

Os slots organizados em frames contém um ciclo de alocação de slots de tempo. O ciclo é repetido durante a transmissão, Figura.

Denomina-se canalização ao conjunto de slots dedicados a uma fonte, de um frame para o outro, é também chamado de canal ou tributário.

2 Controle de Enlace TDM

para controlar um enlace TDM não é necessário preâmbulo e pós-âmbulo (*headers and tailers*)

2.1 Controle de fluxo

No TDM:

- Taxa de dados da linha multiplexada é fixa
- Se um canal do receptor não pode receber dados, os outros podem fazê-lo
- A fonte correspondente pode ser interrompido, deixa slots vazios mas a taxa será mantida

2.2 Controle de erro

Os erros são detectados e tratados por canais individuais do sistema.

2.3 Framing

- Nenhum flag ou caracteres de sincronismo bracketing frames TDM;
- Deve prover um mecanismo de sincronismo;
- Adicionado dígito de frame:

- Um bit de controle é adicionado a cada frame TDM;
- Padrão de bit identificável usado no controle do canal, por exemplo, alternando 01010101 improvável em um canal de dados;
- Pode comparar padrões de bits chegando em cada canal com o padrão de sincronismo.

2.4 Pulso de enchimento

Ao sincronizar fontes de dados com clocks diferentes cujas taxa de dados não estão relacionadas emprega-se o *Pulse Stuffing*, nesse caso:

- Taxa de dados de saída (excluding framing bits) mais alta do que a soma da taxa de dados de entrada;
- Enchimento extra dummy bits ou pulsos em cada sinal chegando até casar com o clock local;
- Stuffed pulses inseridos em posições fixas no frame e removidos no demultiplexador.

3 HIERARQUIA TDM - Sistemas de portadoras digitais - USA/Canadá/Japão

- Baseado no formato DS-1;
- Um quadro (frame) DS-1 é formado por 24 canais de 8 bits, isto é, 192 bits por quadro mais um bit de framing, totalizando 193 bits;
- Para voz cada canal contém uma palavra de dados digitalizados (PCM, 8000 samples por segundo);
- Taxa de dados $8000 \times 193 = 1.544 \text{ Mbps}$;
- Mesmo formato para dado digital
 - 23 canais de dados
 - 24^{o} canal é para sincronismo
 - DS-1 pode misturar voz e sinais de dados
 - Pode-se multiplexar canais DS-1

4 Hierarquia do ITU-T – Europa

- Frame E1 32 canais PCM:
 - $32 \times 8 \times 8000$
 - Taxa total 2,048 Mbps
- Hierarquia:
 - 32 canais, 2,048 Mbps
 - 128 canais, 8,848 Mbps
 - 512 canais, 34,304 Mbps
 - 2048 canais, 139,264 Mbps
 - 8.192 canais, 565,148 Mbps