



MIEI - Comunicação de Dados

Ficha de Exercícios – Multiplexagem

Dois aulas

1. O exemplo da multiplexagem TDM/PAM apresentado na Figura 6.1 da sebenta teórica (slide 116) é usualmente utilizado como forma de introduzir alguns conceitos básicos/conceptuais relacionados com o TDM síncrono. Neste contexto considere que oito sinais são amostrados e multiplexados em TDM/PAM. Seis dos sinais têm uma largura de banda de 4 KHz e os restantes de 12 KHz.
 - a) Qual o ritmo de amostras (r_c) no canal de transmissão se todos os canais forem amostrados à mesma frequência?
 - b) Qual o ritmo r_c se os canais forem amostrados à frequência mínima teórica para cada um deles?
 - c) Esquematize um comutador TDM capaz de efetuar a operação indicada em b).

2. Os sistemas TDM digitais multiplexam os canais sob forma digital binária. A Figura 1 ilustra um exemplo simplificado da organização de uma trama resultante de um sistema TDM digital.

Assumindo este exemplo, indique qual seria o ritmo de transmissão (em bps) necessário para suportar a multiplexagem de 64 canais, cada um deles resultante da digitalização de fontes analógicas com uma banda de 8 KHz e quantizadas a 1024 níveis.

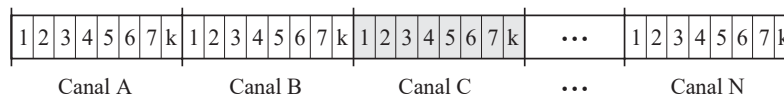


Figura 1: Exemplo de organização de trama TDM.

3. No contexto das hierarquias de multiplexagem PDH e SDH/SONET:
 - a) Quais as principais diferenças entre estas hierarquias de multiplexagem e que razões estão na origem do aparecimento dos sistemas SDH/SONET.
 - b) Considerando a hierarquia de multiplexagem PDH, analise a estrutura de uma trama PCM primária de 2 Mbps e indique qual o ritmo médio de sinalização atribuído a cada canal.
 - c) Considerando a hierarquia de multiplexagem SDH/SONET, explique/deduza os valores (*Bruto*, *SPE*, *Útil*) apresentados na Tabela 6.2 (slide 138) referentes a uma trama SONET STS-1 (slide 137).
4. No contexto dos sistemas de multiplexagem TDM, discuta e compare as abordagens de multiplexagem denominadas por TDM síncrono e TDM estatístico, apresentando exemplos mais apropriados à utilização de cada uma das técnicas.



5.

	Sessenta terminais estão ligados a um multiplexador que pode ser modelado através do modelo M/D/1/K. Metade dos terminais transmite, cada um, em média, uma mensagem a cada 15 segundos e a outra metade dos terminais transmite, cada um, em média, uma mensagem a cada 30 segundos. O comprimento das mensagens é de 80 <i>bits</i> e a linha de saída do multiplexador transmite ao ritmo de 60 <i>bytes/seg</i> .
A1	O atraso médio duma mensagem no multiplexador é de 0.25 segundos.
B2	O número médio de mensagens no multiplexador é de 0.75 mensagens.
C3	Se a linha de saída tivesse o dobro do ritmo de transmissão considerado, então os tempos de atraso das mensagens no multiplexador desceriam para metade.
D4	Considerando que os terminais emitem mensagens com metade do comprimento mas com taxa de emissão dupla poderíamos afirmar que o número médio de mensagens no multiplexador seria o mesmo mas os atrasos médios das mensagens no multiplexador desceriam para metade.

Indique se considera cada uma das afirmações anteriores verdadeira (V) ou Falsa (F):

A1		B2		C3		D4	
-----------	--	-----------	--	-----------	--	-----------	--

6. Um multiplexador estatístico encontra-se ligado a uma saída com débito de um Mbps. Encontram-se ligados às entradas deste multiplexador 500 terminais que emitem cada um 5 mensagens a cada 2 segundos. Além destes, encontram-se ligados mais N terminais que emitem 2 mensagens por segundo. O comprimento das mensagens geradas pelos terminais é de 200 bits.

- Calcule o valor máximo de N por forma a que o multiplexador não tenha uma utilização superior a 70%.
- Considerando um nível de utilização do multiplexador de 70%, indique:
 - O atraso médio das mensagens no multiplexador.
 - O número médio de mensagens em fila de espera.
 - Que comprimento deve ter o *buffer* (em bits) para que não se perca mais do que uma em cada 1000 mensagens.

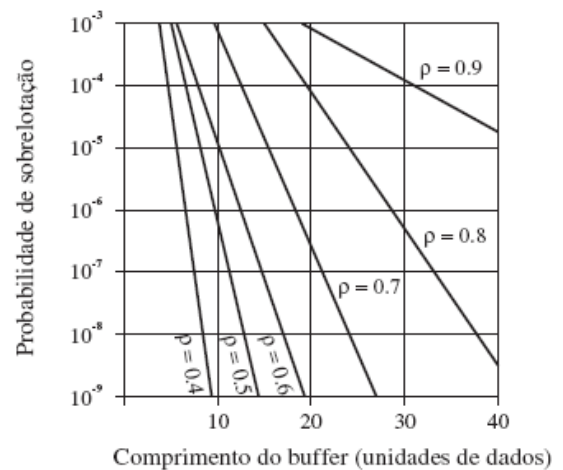
7. Para estudar a multiplexagem estatística podem utilizar-se vários modelos estatísticos, sendo o modelo M/D/1/K o mais usado. Utilizando este modelo especifique uma cascata de multiplexadores em que cada linha de entrada dos multiplexadores tem um ritmo máximo (ritmo nominal) igual ao ritmo nominal da linha de saída e que todos os multiplexadores têm duas linhas de entrada. Assuma que todas as linhas dos multiplexadores de primeira ordem têm uma ocupação média de 1% e que o multiplexador de maior ordem deve ter uma utilização média da linha de saída inferior a 33%.

Nestas condições comente a seguinte afirmação: “Podemos deduzir que, no máximo, teremos cinco níveis de multiplexagem e a ocupação média da linha de saída do último multiplexador é de 32%.”



8. Um multiplexador estatístico possui 10 linhas de entrada a 2 Mbps apresentando um tráfego intermitente que se traduz numa ocupação média de cada linha de 7%. O multiplexador pode ser programado para reservar espaço em *buffer* até 4.25 KBytes.
- Qual deve ser o débito mínimo da linha de saída (bits/s) para que a perda de pacotes no multiplexador, para pacotes de 1400 bits, não exceda um em cem milhões?
 - Qual o tempo médio de atraso de um pacote no multiplexador nestas condições? Que proporção desse tempo é de espera no *buffer* e de transmissão?
 - Para o mesmo cenário descrito qual deveria ser a capacidade mínima da linha de saída se fosse utilizado um multiplexador síncrono e qual seria a sua utilização?
9. Explique de que forma é que a teoria dos modelos de filas de espera pode ser útil para áreas tais como planeamento de infraestruturas de comunicações, estudo de desempenho de equipamentos de rede (*routers, switches, etc.*), análise da qualidade de serviço prestado pela rede às aplicações Internet e outros tópicos associados.

λ – Ritmo médio de chegadas de DU, em DUs/seg
(ou pacotes ou tramas ou mensagens)
 λ_i – λ para a entrada i , em DUs/seg
 r_{be_i} – Ritmo nominal na linha de entrada i , em bits/seg
 α_i – Taxa média de ocupação da entrada i
 K – Tamanho dos DUs, em bits
 N – Número de entradas do multiplexador
 r_{bs} – Ritmo nominal da linha de saída, em bits/seg
 ρ – Utilização/Rendimento da linha de saída
 \bar{S} – Tempo de serviço (tempo de envio dum DU)
 \bar{t}_w – Atraso médio dos DUs no *buffer*/fila de espera
 \bar{t}_q – Atraso médio dos DUs no multiplexador
 \bar{n}_w – Número médio de DUs no *buffer*/fila de espera
 \bar{n}_q – Número médio de DUs no multiplexador



$$\lambda = \frac{1}{K} * \sum_{i=1}^N (\alpha_i * r_{be_i})$$

$$\alpha_i * r_{be_i} = \lambda_i * K$$

$$\bar{S} = \frac{K}{r_{bs}}$$

$$\rho = \lambda * \bar{S} = \frac{1}{r_{bs}} * \sum_{i=1}^N (\alpha_i * r_{be_i})$$

$$\bar{t}_q = \bar{S} + \bar{t}_w$$

$$\bar{t}_w = \frac{\rho * \bar{S}}{2 * (1 - \rho)}$$

$$\bar{n}_q = \rho + \bar{n}_w$$

$$\bar{n}_w = \frac{\rho^2}{2 * (1 - \rho)} = \frac{\rho}{\bar{S}} * \bar{t}_w$$