

Relatório 01

Cristiano Medeiros Dalbem Mauricio Rodrigues Cruz

19 de setembro de 2011

1 Questões

1. Um fabricante fornece um modem segundo o padrão de transmissão V.34 bis do ITU-T (14 bits de dados / símbolo e capacidade de 33.600 bit/s). A transmissão acontece sobre um canal com relação sinal ruído de 40 dB. Considere o canal de voz com uma largura de banda nominal de 3,1 kHz. Determine:

- (a) Em percentual, o quanto este modem se aproxima do limite de Shannon?

$$MCs = B \cdot \log \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

$$dB = 10^{\log \left(\frac{S}{N} \right)}$$

$$10^{\left(\frac{40}{10} \right)} = 10^{\log_{10} \left(\frac{S}{N} \right)} \rightarrow \frac{S}{N} = 10000$$

$$MCs = 3100 * \log_2 10001 \rightarrow MCs = 3100 * \frac{\log_{10} 10001}{\log_{10} 2} = 41192.355 \text{ bit/s}$$

Como a capacidade máxima, por Shannon, é limitada em 41192 bit/s, o fabricante está utilizando 81.56% do total teórico.

- (b) Qual a taxa de baud do sistema?

$$MC = 2B \cdot \log_2 N$$

$$N = 2^{14}$$

$$MC = 33600$$

$$b = \frac{A}{B} \rightarrow B = 1200$$

- (c) O que mudaria em termos de capacidade máxima do canal e utilização do modem se a largura de banda fosse 2,4kHz?

$$MC_s = 2400 \cdot \frac{\log_{10} 10001}{\log_{10} 2} \rightarrow MC_s = 31890$$

O novo limite máximo teórico calculado seria de 31890 bit/s, o que seria menor que o necessário especificado pelo fabricante para o produto.

2. Um sistema de comunicação com modulação QAM usa uma constelação de símbolos com 6 bits/símbolo e uma portadora de 2.400 Hz que associa um símbolo (ou alteração de portadora) a cada período da onda portadora.

- (a) Determine a taxa de símbolos e a taxa de bits/s deste sistema.

Com um símbolo associado por período de onda temos 2400 bauds:

$$F_p = 2400 \text{ Hz}$$

Com 6 bits por símbolo temos a seguinte taxa de bits/s do sistema:

$$V_s = 2400 * 6 = 14400 \text{ bps}$$

- (b) Determine a duração de cada símbolo e de cada bit.

Com a frequência de 2400Hz temos o seguinte período: $P = 1/2400 = 0,4166 \text{ ms}$.

- (c) Sugira uma maneira de dobrar a capacidade do sistema sem alterar a taxa de baud.

Para dobrar a capacidade do sistema basta dobrar o número de bits/símbolos.

3. Obtenha uma curva MCn versus $\log_2 N$ (ou Mmn) para a equação de Nyquist considerando um meio com largura de banda B igual a 3.000 Hz. O que você pode concluir a partir do gráfico resultante? Detalhe sua resposta.

Ver figura 1.

4. Apresente o teorema de Shannon de forma gráfica. Obtenha um gráfico MCs versus B (para B=0, 800Hz, 1600Hz, 2400Hz, 3200Hz e 4000Hz), supondo os seguintes valores para a relação sinal ruído: 70 dB, 50 dB, 30 dB e 10 dB (Nota: $[dB] = 10 \cdot \log_{10} \frac{S}{N}$). O que você pode concluir a partir do gráfico resultante? Detalhe sua resposta.

...

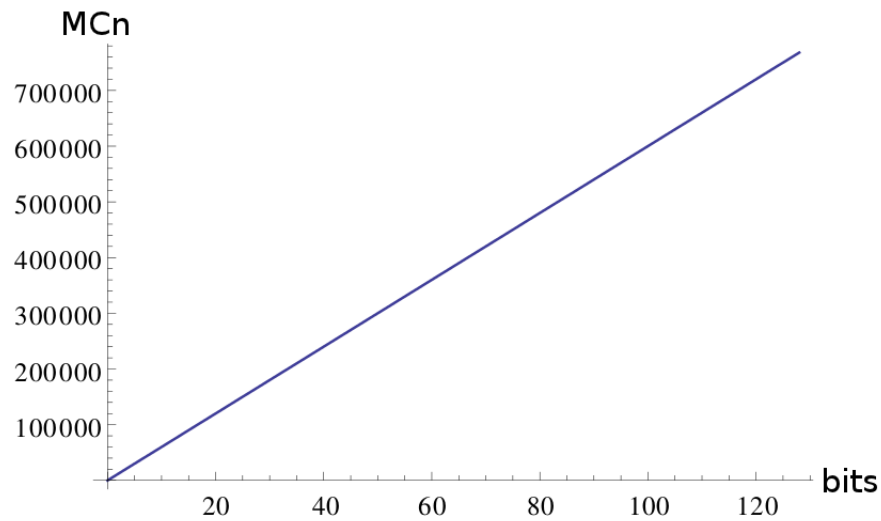


Figura 1: Gráfico da questão 3.

5. Em relação à figura a seguir:

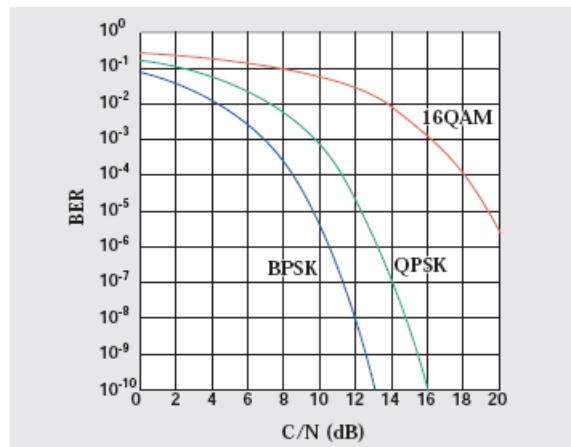


Figure 22: QPSK bit error rate (coherent detection; the noise bandwidth is the Nyquist bandwidth)

- (a) explique seu significado, deixando claro a diferença de eficiência nas transmissões BPSK, QPSK e 16QAM;

O gráfico indica uma relação entre a taxa de de erro de bits e a relação sinal/ruído para os diferentes tipos de transmissão. A

BPSK tem a menor taxa de erros pois transmite menos bits por ciclo de onda. Já a 16QAM tem uma taxa de erros bem maior conforme aumenta a relação sinal/ruído de transmissão pois envia varios bits por ciclo, dificultando a detecção da diferença de nível entre os símbolos transmitidos. A transmissão QPSK é o método intermediário, enviando mais de um bit por ciclo mas mantendo uma taxa de erros aceitável conforme o aumento da relação sinal/ruído.

- (b) Supondo que a estação transmissora possua uma potência que ofereça para a região alvo uma SNR de 18dB, qual a modulação que pode ser utilizada para obter uma taxa de erros de 10^{-10} ?

Uma modulação QPSK seria suficiente.

- (c) O que fazer para utilizar 16QAM com uma taxa de erros de 10^{-10} ?
Aumentar a potência de transmissão

2 Experiência

1. Iniciar o applet deixando na tela uma onda senoidal de 100 Hz aproximadamente. Verificar o som da onda (habilitar “sound”). Alterar a frequência (playing frequency) e explicar o resultado. Teoricamente, qual a faixa de ondas audíveis para o ser humano?

Variar o playing frequency varia a frequência da onda sendo reproduzida. A faixa de ondas audíveis ao ser humano é de 20Hz a 20KHz.

2. Voltar a onda senoidal para 100Hz. Passar para onda quadrada. Explicar a necessidade de largura de banda na onda quadrada e determinar o motivo pelo qual acontece (passar o mouse sobre as componentes de frequência - senos e cossenos) e também alterar o número de termos (number of terms).

Para descrever perfeitamente uma onda quadrada pelas suas componentes harmônicas são necessárias infinitas frequências, o que é demonstrado pelos valores não nulos de senos/cossenos desde a frequência base até o infinito.

3. Desenhar uma onda própria (clicar e arrastar o mouse na onda) e verificar que ela se torna periódica, e pode ser aproximada por senos e

cossenos (teorema de Fourier). Alterar diretamente algumas das componentes de frequência (primeiro baixas e depois altas) e ver o resultado na onda resultante. Inserir uma imagem da onda gerada (prtscreen). Explique os passos seguidos e resultados encontrados.

Iniciei desenhando uma onda que eu chamaria de Onda Pão de Açúcar. Por ser uma onda de grande largura e pouca definição, ela foi formada por senos e cossenos de frequências baixas, criando um som bastante grave. Primeiramente adicionei manualmente a frequência mais alta disponível, que visualmente deu "preenchimento" à linha da onda e sonoramente criou um timbre grave e agudo ao mesmo tempo; partindo daí gradualmente adicionei frequências cada vez menores, que foram mudando o formato geral da onda. Finalmente, chamaria a onda resultante de Onda Mona Lisa (figura 2), pois lembra a silhueta da famosa pintura.

4. Para representar um pulso digital perfeito, seria necessário um número infinito de componentes de frequências crescentes e amplitudes cada vez menores. Quais as implicações desta necessidade para um sistema de transmissão real?

Consumo infinito de banda digital.

5. Qual a diferença em termos de número de componentes e formação (senos e cossenos) para gerar uma onda quadrada (Square), uma onda dente de serra (Sawtooth) e uma onda triângulo (Triangle)? Justifique.

A quadrada e a dente-de-serra necessitam de infinitos senos, enquanto a triângulo necessita de alguns poucos cossenos.

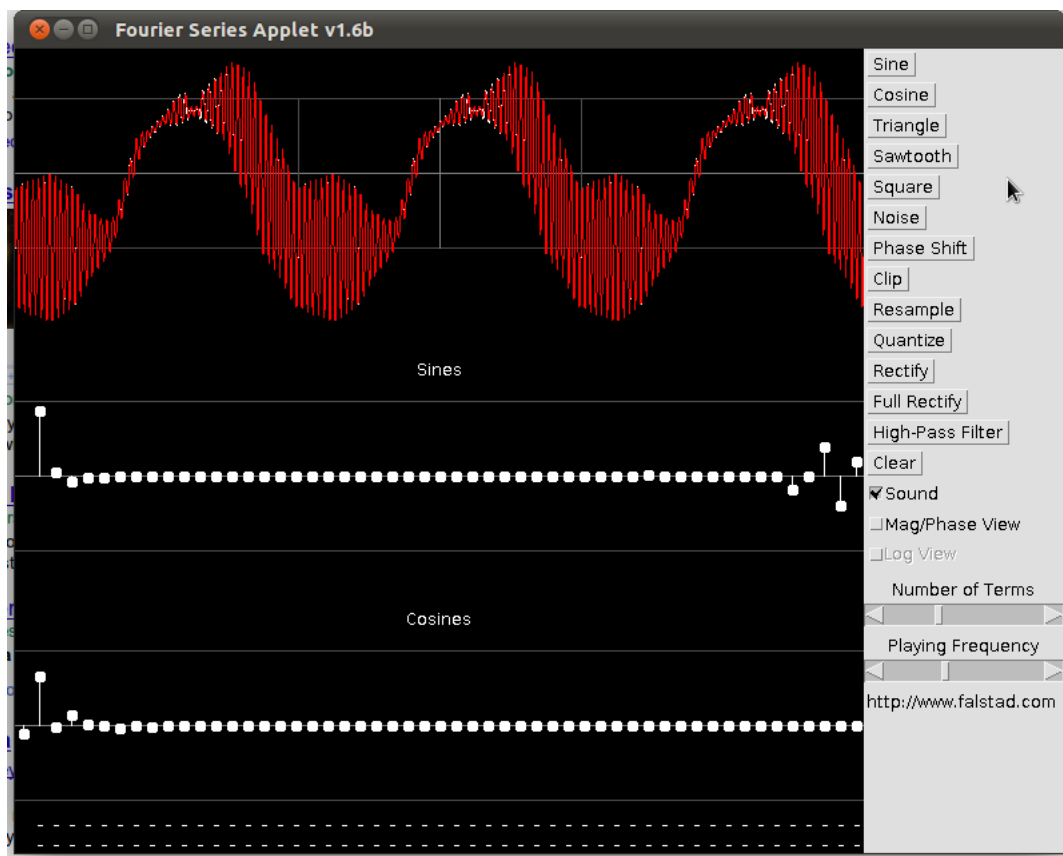


Figura 2: Onda customizada gerada no applet..