

Comunicações Digitais I – Roteiro (Período 2016.2)

Simulação de Esquemas de Modulação Digital (Segundo Roteiro)

Professor: Francisco Müller

Data: 27/09/2016

Datas de Entrega: 05/10/2016

Descrição

Inicialmente, será avaliado o impacto da escolha de um esquema de modulação digital na largura de banda ocupada no canal e na qualidade da voz recebida. Como escolher um esquema onde a voz permaneça inteligível, mas que ocupe o mínimo de largura possível? Na segunda parte deste trabalho, o objetivo é avaliar o impacto da modelagem de pulsos e do filtro casado no desempenho do sistema. O que acontece se a saída do filtro casado é amostrada no momento incorreto? O que acontece se um filtro casado não for utilizado na recepção?

Para ajudar na realização do trabalho, este trabalho inclui roteiros e códigos em Matlab. Os códigos são muito úteis e devem ajudar vocês a permanecer focados nos conceitos de comunicações digitais.

Ao final do trabalho, vocês devem ser capazes de escolher (1) o esquema de modulação que ocupa menor largura de banda, provendo uma qualidade aceitável de voz.

Objetivos

- Entender como a escolha de diferentes esquemas de modulação impactam na largura de banda utilizada. Por que não podemos simplesmente aumentar indefinidamente a ordem do esquema de modulação na presença de ruído? Ao final, o grupo deve ser capaz de escolher o esquema que transmita a voz com qualidade aceitável ocupando a menor largura de banda possível.
- Entender a função da modelagem de pulsos e filtro casado na recepção de sinais.
- Aprimorar a escrita de relatórios técnicos. Este trabalho demanda que os conceitos vistos em classe sejam aplicados e bem compreendidos. É fundamental que isso transpareça para quem estiver lendo o relatório. O leitor precisa entender o que está sendo feito e por qual motivo está sendo feito. Por favor, não simplesmente enumerem uma sequência de passos e coloquem figuras. Expliquem o que está sendo feito, interpretem os gráficos e justifiquem de maneira coerente as escolhas do grupo.

Roteiro – Parte 1

Primeiro, coloque os arquivos em anexo em uma pasta adequada para uso pelo Matlab/Octave. O sinal de voz é o mesmo utilizado no projeto anterior (desconsidere o sinal de música). O sinal deve ser amostrado em 8192 Hz e quantizado com seis bits usando a função Analog2Digital descrita abaixo.

As funções disponíveis são comentadas a seguir:

- `Analog2Digital(x, f_s, bits, companding, mu, f_s_original)` – Esta função converte um sinal “analógico” (na realidade, um sinal com uma taxa de sobreamostragem muito alta e quantizado com um número muito grande de bits). x é o vetor de entrada, f_s é a frequência de amostragem desejada, $bits$ é o número de bits por amostra (níveis de quantização= 2^{bits}), `companding` é um valor binário indicando o uso ou não de companding. Para usar a lei- μ , colocar 1. $f_s_original$ é a taxa de amostragem do sinal “analógico” (assumida ser 65536, caso não especificada).
- `PhaseMod(x, k, GrayCoding)` – Esta função usa um vetor de entrada de dados binários (x) de comprimento N para criar um vetor de símbolos de comprimento N/k , onde $k=\log_2(M)$ é o número de bits por símbolo e M é o número de possíveis símbolos. Os símbolos são representações complexas em banda base dos sinais M -ários modulados em fase. Observe que `GrayCoding` é uma variável binária opcional. Se for especificado e diferente de 0, codificação Gray é utilizada.
- `QAM16_Mod(x)` – Esta função usa um vetor de entrada de dados binários (x) de comprimento N para criar um vetor de símbolos de comprimento $N/4$. Os símbolos são representações complexas em banda base de sinais modulados usando 16-QAM.
- `AddNoise(x, SNRperBit, BitsPerSymbol)` – Esta função adiciona ruído ao vetor x . A SNR de saída é definida pela variável de entrada *SNRperBit*. Note que *SNRperBit* é *linear*, não em dB.
- `PhaseDemod(x, k, GrayCoding)` – Esta função cria um vetor de bits de comprimento $N*k$ (onde $k=\log_2(M)$ é o número de bits por símbolo) a partir de um vetor comprimento N de símbolos modulados em fase. A modulação assumida é M -PSK onde $M=2^k$. Observe que `GrayCoding` é uma variável binária opcional. Se for especificado e diferente de 0, codificação Gray é utilizada.
- `QAM16_Demod(x)` – Esta função cria um vetor de bits de comprimento $4N$ a partir de um vetor de comprimento N com símbolo modulados usando QAM.
- `Digital2Analog(x, NumBits, companding, mu)` - Esta função cria um sinal com valores numéricos a partir de uma sequência de bits, assumindo que *NumBits* por nível de quantização são usados. Além disso, assume-se que os níveis são uniformemente distribuídos em torno de zero. *Companding* e *mu* são os mesmos de `analog2digital`.

Nesta parte do projeto, cada grupo vai analisar 6 esquemas de modulação (BPSK, QPSK, 8-PSK, 16-PSK, 32-PSK, 16-QAM) em termos de eficiência energética e de largura de banda. Esta análise será baseada no uso de esquemas de modulação para a transmissão de um sinal PCM em um canal AWGN com uma SNR por bit (E_b/N_0) de 8 dB. Isto será alcançado primeiramente através da conversão do sinal de voz dado para uma sequência de bits usando a função fornecida. Em seguida, o sinal precisa ser modulado usando as duas funções fornecidas (observe que `PhaseMod` deve ser utilizada para todas as modulações PSK). Depois de adicionar ruído usando `AddNoise` ao sinal, ele deve ser demodulado usando as funções correspondentes. Como mencionado previamente, o objetivo é minimizar a largura de banda do sinal transmitido mantendo uma qualidade de voz aceitável. Assuma que o custo será relacionado à largura de banda. Especificamente, R\$ 0,10 por minuto por kHz. Para os esquemas PSK, compare a performance com e sem codificação Gray. Qual a diferença? Por quê?

O que relatar?

O relatório do grupo deve mostrar os conceitos aprendidos ao longo do projeto. Coisas a serem relatadas:

- Qualidade de voz de cada esquema de modulação. Pode ser uma comparação subjetiva: o sinal demodulado é pior ou igual ao sinal transmitido?
- Taxa de erros de bits (BER) de cada esquema de modulação;
- Gráficos das constelações de sinais dos esquemas de modulação (com e sem ruído) (Dica: para desenhar o diagrama de constelação a partir de um sinal complexo em banda base, use `plot(real(g),imag(g))`). Não plote as linhas, apenas os pontos!
- Largura de banda de cada esquema de modulação (podem ser valores teóricos). Assuma para isso que os dados precisam ser transmitidos em tempo real, ou seja, a taxa de bits por segundo é igual a frequência de amostragem vezes o número de bits por amostra do sinal de voz;
- Gráficos dos sinais de voz no domínio do tempo (sinal amostrado e quantizado antes da transmissão e após a demodulação usando os seis esquemas)

Informações

- Equipes de até 4 alunos.
 - Apresentação em até 15 minutos.
- O grupo deve entregar os arquivos com scripts e arquivos de som utilizados.