

Comunicações Digitais – Roteiro

Simulação de Esquemas de Modulação Digital

Professor: Francisco Müller

Data: 15/09/2016

Datas de Entrega: 27/09/2016

Introdução

Durante o curso de comunicações digitais, estudamos como amostrar/quantizar um sinal e esquemas de modulação que podem ser utilizados para transmitir esses sinais através de um canal de comunicação. Este trabalho visa aplicar esses conhecimentos em prática. Neste trabalho, vocês irão verificar o impacto de diversos parâmetros na qualidade de um sinal de voz. Qual a frequência de amostragem que devo usar? Quantos bits? Como a compressão/expansão do sinal ajuda na qualidade da quantização (comparado com a quantização uniforme)?

Descrição

O trabalho consiste, em um primeiro momento, em analisar o impacto da amostragem e quantização em um sinal de voz, além de mostrar como a técnica de “companding” melhora a qualidade de quantização de um sinal de voz.

Para ajudar na realização do trabalho, este trabalho inclui roteiros e códigos em Octave. 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 a melhor combinação de frequência de amostragem/níveis de quantização e o uso ou não de um compander.

Objetivos

- Mostrar o impacto do uso de diferentes frequências de amostragem e níveis de quantização;
- Avaliar como o uso de um “compander” pode melhorar a qualidade do sinal quantizado em relação ao quantizador uniforme;
- 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 de melhor frequência de amostragem/quantizador e esquema de modulação.

Roteiro

1. Primeiro, coloque os arquivos em anexo em uma pasta adequada para uso pelo Matlab/Octave.

2. O objetivo do projeto é determinar a melhor combinação de amostragem e quantização de modo a minimizar a taxa de dados da versão PCM de um sinal de voz obtendo uma qualidade de voz aceitável.
3. Agora, digitalize um sinal de voz mono (apenas um canal) de curta duração (entre 10 e 20 segundos) com uma frequência de amostragem 48000 Hz e 16 bits para a quantização. Isso pode ser feito fora ou dentro do Octave. Após carregar o arquivo dentro do Octave, reamostre o sinal para 65536 Hz (use o comando `resample` para isso). Salve o arquivo para maior conveniência e possibilidade de repetir o experimento. Tome o cuidado de ouvir o áudio para saber se a gravação foi feita de modo correto antes de continuar! A partir desse ponto, o roteiro assume que o conteúdo de áudio ficará guardado na variável de nome "Original".
4. Para examinar o arquivo original, digite os comandos:
 - a. **`>>sound(Original, 65536);`** %reproduz o arquivo sonoro
 - b. **`>> EnergySpectralDensity(Original, 65536);`** % plot a ESD) Pergunta: Por que usar a ESD e não a PSD?
 - c. **`>> plot(time, Original);`** (plota a forma de onda original)
 - d. Qual a largura de banda do sinal original? Use a função `Bandwidth.m` para determinar a largura de banda que contém 99.9% da energia do sinal.
5. Sobre o impacto da amostragem. Para criar uma versão "amostrada" da forma de onda digite `>> x = sample(Original, f_s);` onde `f_s` é a taxa de amostragem que você pretende usar. Tente varias taxas de amostragem entre `f_s = 2048` e `f_s = 16384`. (Usar potências de 2 facilita os cálculos). Plote o espectro do sinal amostrado usando o comando `>> EnergySpectralDensity(x, f_s)`. Lembre de nomear os eixos das figuras!
6. Ouça cada sinal usando o comando `>> sound(x, f_s);` Note que a voz deve ser reproduzida em velocidade normal. Se não for o caso, algo está errado no uso da função `sound`.
7. Qual foi o impacto da taxa de amostragem na qualidade da voz? A partir de qual taxa de amostragem a qualidade passa a ser sofrível? Como isso se compara com o mínimo teórico? (Considere a largura de 99,9% como a largura de banda absoluta). Calcule a SNR comparando o sinal amostrado com o sinal original usando a função `interp()`.
8. Vamos examinar o impacto da quantização. Para quantizar um sinal crie um novo sinal `y = uniformquantize(x, levels);` onde `x` é o seu sinal amostrado e `levels` é o número de níveis que você deseja usar para quantizar o sinal. Use uma versão amostrada, não o sinal original. Examine vários valores entre 2 e 1024. Ouça cada um dos sinais quantizados. Com que quantidade de níveis a qualidade da voz fica ruim (ou seja, quantos bits são necessários para quantizar o sinal de maneira correta?) Plote o sinal de erro. Calcule a SNR para cada caso e compare com a teoria. (Dica: Encontre a potência do sinal original e a potência do erro ou ruído. É possível encontrar o erro comparando os sinais quantizado e não-quantizado).
9. Agora, examinaremos o efeito do controle de ganho de um amplificador. Defina um sinal amostrado `x = sample(Original, 8192);` Ouça o sinal usando `sound(x, 8192);` Agora quantize o sinal para 16 níveis usando `y = uniformquantize(x, 16)`. Ouça o sinal quantizado. Como ficou? Faça outra vez com `z = 2*uniformquantize(0.5*x, 16);` Ouça o novo sinal. Como ficou comparado ao anterior? Plote o erro entre `x` e `y` e também entre `x` e `z`. Faça novamente usando com `w = 2*uniformquantize(5*x, 16);` Como este sinal soa? Plote o erro em relação a `x`. Calcule a SNR nos três casos. Descreva diferença entre os erros de `y`, `w` e `z`. O que isso indica sobre (a) o impacto de controle de erro incorreto e (b) a importância das diferentes partes da forma de onda?

10. Até agora foi utilizado um quantizador uniforme. Agora será examinado o impacto de um quantizador não-linear. Crie um sinal $x = \text{sample}(\text{Original}, 8192)$; Também crie um segundo sinal $y = \text{compress}(x, 255)$; Esta função aplica a lei μ de compressão característica em x com $\mu=255$. Quantize x e y com um quantizador uniforme e 16 níveis (x_q, y_q). Agora expanda o sinal y_q (versão quantizada de y) usando $z = \text{expand}(y_q, 255)$; Escute z e x_q . Plote o erro para ambos. Qual soa melhor? Explique. Calcule a SNR nos dois casos. Como os erros se comparam?
11. Suponha que este sinal de voz tem que ser transmitido por através de um canal de comunicações e que o custo é de 1 centavo/minuto/kbps. Ou seja, um sistema que transmita a 32 kbps custa ao consumidor 32 centavos/minuto. Qual o projeto neste caso? Ou seja, qual a melhor combinação de frequência de amostragem, níveis de quantização e uso de compressão ou não na quantização na sua opinião? Justifique a sua resposta. É fundamental responder estas perguntas no relatório!
12. Repita os passos anteriores para um sinal de música com as mesmas características do sinal de voz do item 3 (mono, curta duração).

Informações

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