

AULA PRÁTICA – COERÊNCIA E *ALIASING* TEMPORAL

G. P. Calais, M. V. R. Campos

UFV, Viçosa, Brasil

E-mails: gabriel.calais@ufv.br, marciovonrondow96@gmail.com

Resumo: O presente relatório trata de uma aula prática sobre coerência entre sinais e *aliasing* temporal no *software MATLAB*. O objetivo da aula foi aprender sobre estes conceitos e suas finalidades. Para tanto, foram mostradas algumas aplicações dos mesmos, além da proposição de exercícios. Com os exercícios foi possível o aprendizado sobre o assunto.

Palavras-chave: *MATLAB*, coerência, áudio, *aliasing*, frequência.

Introdução

A função de coerência é uma ferramenta matemática muito usada na quantificação de similaridade entre sinais, já que a estimativa do quanto dois sinais são parecidos tem muitas aplicações em processamento de sinais. Enquanto o coeficiente de correlação fornece uma medida global para esta quantificação, a coerência é discriminada em frequência, com o benefício de que sua magnitude é independente de qualquer atraso entre os sinais.

Já o *aliasing* é um efeito que faz com que sinais diferentes se tornem indistinguíveis quando amostrados. Também se refere frequentemente à distorção existente quando um sinal reconstruído a partir de amostras torna-se diferente do sinal contínuo original. Este efeito pode ocorrer, por exemplo, em sinais amostrados no tempo, como áudios digitais, nesse caso sendo conhecido como *aliasing* temporal.

Sendo assim, a décima aula prática da disciplina de Processamento Digital de Sinais consistiu na apresentação e aplicação de conceitos sobre coerência entre sinais e *aliasing* temporal no *software MATLAB*.

Materiais e métodos

Para a realização do trabalho em questão foi utilizado o *software MATLAB* com a finalidade de aprender sobre as aplicações da coerência e dos efeitos do *aliasing* temporal no processamento de sinais de áudio.

Alguns dos comandos mais importantes utilizados na aula prática constam na tabela 1.

Tabela 1: Alguns comandos da aula prática.

Comando	Função
<i>subplot</i>	Divide uma figura em vários gráficos.

<i>plot</i>	Plota um gráfico bidimensional em uma figura.
<i>mscohere</i>	Calcula a coerência entre dois sinais.
<i>audioread</i>	Carrega um arquivo de som para a <i>workspace</i> .
<i>sound</i>	Reproduz um arquivo de som da <i>workspace</i> .
<i>imread</i>	Carrega um arquivo de imagem para a <i>workspace</i> .
<i>imrotate</i>	Gira uma matriz imagem.
<i>imshow</i>	Plota uma imagem em uma figura.
<i>movie2avi</i>	Cria um vídeo a partir de uma imagem.

A função de coerência quantifica o nível de similaridade entre dois sinais em termos de suas frequências. A função implementada possui uma resposta unitária indicando a relação de coerência dada por cada componente de frequência dos sinais discretos estudados.

A coerência entre os sinais $x[n]$ e $y[n]$ é obtida através da equação:

$$\gamma_{xy}^2(f) = \frac{|\sum_{i=1}^M X_i^*(f) Y_i(f)|^2}{\sum_{i=1}^M |X_i(f)|^2 \sum_{i=1}^M |Y_i(f)|^2} \quad (1)$$

onde M é o número de janelas em que os sinais são divididos $X_i(f)$ e $Y_i(f)$ são transformadas de Fourier das i -ésimas janelas de cada sinal.

O comando da função de coerência implementada no *software MATLAB* é dado da seguinte forma:

$$[cxy, f] = \text{mscohere}(x, y, \text{window}, \text{noverlap}, f, fs) \quad (2)$$

onde cxy é a magnitude da coerência, f as frequências, x e y os sinais comparados, *window* é o janelamento utilizado para dividir os sinais em segmentos, *noverlap* é o número de amostras sobrepostas e fs é a taxa de amostragem.

Para o estudo da função de coerência foi realizado dois exercícios propostos. O primeiro exercício consistiu em criar dois sinais contaminados por ruído, um com a soma de duas senóides com frequências diferentes e outro com a soma das mesmas defasadas de 90° . Após a criação dos sinais foi analisado a coerência entre elas.

No segundo exercício proposto, obteve-se dois arquivos de áudio, um com o formato .WAV original e o

outro com o mesmo áudio, porém convertido para formato MP3 e depois para .WAV novamente. Foi realizado a coerência entre os dois sinais de áudio a fim de observar a diferença nas magnitudes encontrada em sua resposta e analisar o que foi perdido após a realização das conversões.

Em seguida foi estudado o efeito de *aliasing*, que ocorre no evento de sub-amostragem do sinal, quando a frequência de amostragem é menor que a frequência mínima (Frequência de Nyquist). Esse efeito é devido à sobreposição dos sinais e consequentemente ocorre a perda de informação em termos de magnitude do mesmo.

O intervalo de amostragem de um sinal é dado por:

$$T < \frac{1}{2B} \quad (3)$$

onde B é a largura de faixa do sinal em hertz.

Desde que a frequência de amostragem seja maior que a frequência de Nyquist, a qual é o dobro da maior frequência fundamental do sinal, haverá ocorrências de repetições não sobrepostas, caso contrário, ocorrerão sobreposições e não preservar-se-á as informações.

Realizou-se dois exercícios propostos para o estudo do efeito *aliasing*. No primeiro exercício gerou-se um sinal cossenoidal de 1 KHz de frequência e realizou-se a reamostragem do mesmo a fim de analisar o efeito em três versões: sub-amostrada, criticamente-amostrada e sobre-amostrada.

O efeito *aliasing* temporal é também causado pela taxa de amostragem de uma cena pequena comparado com a velocidade de transformação dos objetos dentro dela. Para evitar esses efeitos a taxa de amostragem da cena deve ser duas vezes maior que a do objeto em movimento.

Para o segundo exercício, foi obtido um arquivo de vídeo de uma roda girando em uma taxa de $12^\circ/\text{frame}$ durante três segundos a fim de analisar o efeito de *aliasing* temporal. Foi modificado através do *software* MATLAB a velocidade aumentando a taxa de graus por *frame* observando as alterações ocorridas durante a ocorrência do vídeo.

Resultados

Após os testes feitos implementou-se o código de programação com suas devidas finalidades. Nas figuras constam os resultados da resolução dos problemas propostos.

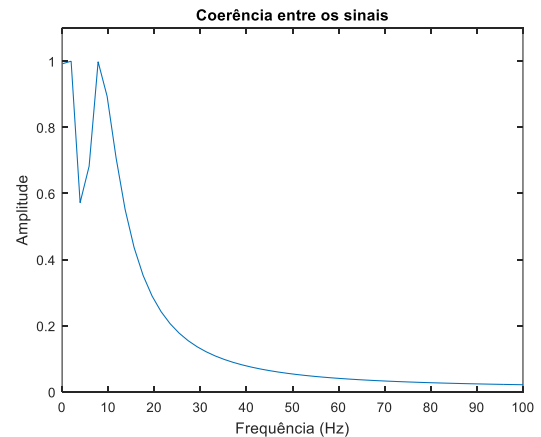


Figura 1: Coerência entre os sinais senoidais com defasados e com diferentes ruídos.

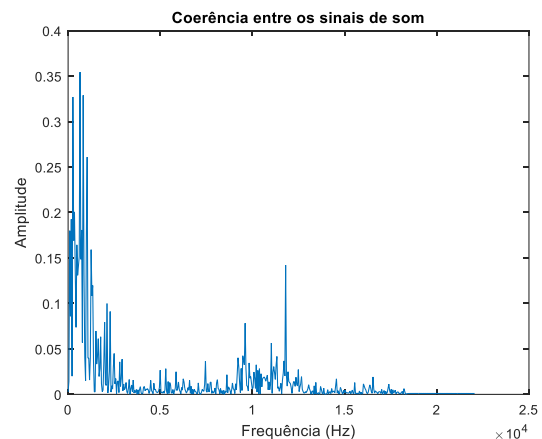


Figura 2: Coerência entre os sinais sonoros em formato “.wav” antes e após a conversão para “.mp3”.

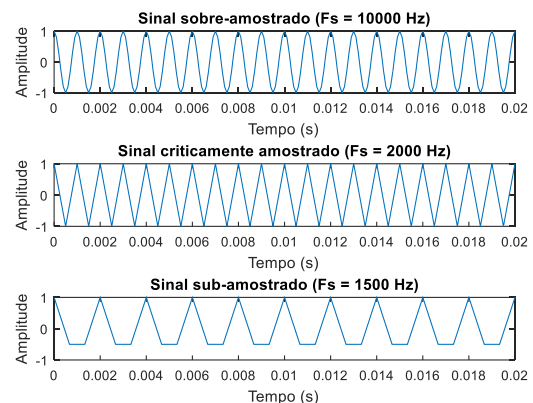


Figura 3: Sinal cossenoidal para diferentes frequências de amostragem.

A apresentação dos resultados de verificação do efeito de *aliasing* em filmes é inviável, pois o efeito foi observado em uma imagem sendo rotacionada em diferentes velocidades. Sendo assim, consta a seguir a imagem utilizada nesse processo.



Figura 4: Imagem utilizada para verificar o efeito de *aliasing* em filmes.

Discussão

No primeiro exercício observou-se a eficiência da função de coerência na quantificação da similaridade entre os sinais senoidais nas frequências de 2 e de 8 Hz mesmo contaminados por sinais ruidosos. Como observa-se na figura 1, as magnitudes das respectivas frequências apresentam valor unitário indicando 100% a similaridade entre os dois sinais nesses pontos. Verificou-se também que a função não é afetada pela defasagem dos sinais, em contraste com a função de correlação incluída no *software*.

No segundo exercício, observa-se como a conversão para MP3 do áudio afetou os seus dados nas componentes simples. O baixo nível de similaridade entre elas verifica-se pela magnitude da sua coerência, a qual alcançou um resultado máximo em torno de 35% do valor unitário em uma faixa de frequência como mostrado na figura 2.

A perda de informações após a conversão do áudio para MP3 é devido à retirada de componentes nas extremidades as quais são inaudíveis ao ouvido humano, os quais ficam abaixo de 20 Hz e acima de 20 kHz. Existe também a compressão para fazer com que alguns sons mascarados na sobreposição sejam excluídos.

Apesar da perda de dados do áudio, a percepção sonora é semelhante ao ouvido após escutar os dois áudios comparando o áudio original com o convertido.

No exercício seguinte, com o objetivo de analisar o efeito *aliasing* de três versões de reamostragem de um sinal cossenoidal, observou-se através da figura 3, as diferenças entre as três versões. A versão sobre-amostrada se mostrou mais coerente à função trigonométrica gerada, pois a frequência de amostragem utilizada foi bem acima da taxa mínima, o que favoreceu a construção quase contínua do sinal.

Na versão criticamente-amostrada verificou-se a deformação da onda em um formato triangular no limiar da sobreposição das amplitudes, notou-se também como as informações do sinal foram perdidas devido ao maior tempo utilizado nas amostras.

A última versão, sub-amostrada, mostrou-se a aparência do efeito *aliasing* indicando a sobreposição das amplitudes do sinal em suas faixas extremas no tempo. Com a menor frequência, maior o tempo de

coleta das amostras, e com isso houve as distorções causadas pela perda de informação nas regiões de sobreposição como mostra a figura 3.

Por fim, o último exercício proposto, consistiu na análise através da percepção visual do vídeo obtido. Analisando o vídeo original, observou-se que a roda girou no sentido horário. Aumentando a velocidade aplicando 30°/frame na cena a roda girou no sentido horário mais rapidamente.

Após a mudança da velocidade para 90°/frame, a roda apresentou leves movimentos com a percepção de que estava parada, e para 120°/frame percebeu-se a roda girando no sentido anti-horário. Verificou-se que a taxa de frequência da cena passou a ser inferior a duas vezes a taxa em graus por frame a qual a roda se movimentou, ocasionando o efeito de *aliasing*.

Conclusão

Dado o exposto, torna-se evidente que a prática em questão focou nos conceitos de coerência e *aliasing* temporal como ferramentas para análise e processamento de sinais. De acordo com os resultados obtidos e discutidos, foi possível observar a importância do conhecimento destes conceitos, bem como, no caso do *aliasing*, o motivo de sua existência e suas consequências. Assim, pode-se concluir que o recurso matemático apresentado e são indispensáveis no processamento e na análise do comportamento de diferentes tipos de sinais.

Referências

- [1] LATHI, B.P. Sinais e Sistemas Lineares. 2ª edição. Porto Alegre, Bookman, 2007.
- [2] Mathworks. Disponível em: <<https://www.mathworks.com/help/matlab/>>. Acessado em 24/11/2019