ELT 355 - Laboratório de sinais e sistemas

Aula Prática 9: Análise tempo-frequência

Departamento de Engenharia Elétrica
Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal de Viçosa

1 Introdução

Os métodos de Fourier estudados até o momento limitam-se a análises de sinais cujo espectro é constante ao longo do tempo, isto é, qualquer sinal submetido à análise de Fourier precisa ser estacionário. Este é um conceito estatístico que significa que a dinâmica do sinal é a mesma desde o início até o fim da série temporal. Esta propriedade é importante pois garante que a transformada inversa de um espectro resultará exatamente no sinal original. Todavia, existem inúmeros sinais na natureza que não se encaixam nesta restrição; por exemplo: sinais de voz, sinais biomédicos etc. Assim, é interessante que existam métodos para a análise tempo X frequência, de forma que se possa verificar a evolução do conteúdo espectral de um sinal mesmo numa situação não-estacionária.

2 Roteiro

2.1 Transformada de Fourier de curta duração

Para ver um sinal no tempo e na frequência ao mesmo tempo é preciso construir um espectrograma, o qual também é chamado de transformada de Fourier de curta duração. O espectrograma divide o sinal em janelas, realiza a transformada de Fourier de cada janela e plota o módulo das transformadas. Dessa forma, é possível ver como o conteúdo espectral de um sinal muda em função do tempo.

1. O sinal `x` é dividido em janelas de tamanho `nwindow` com `noverlap` amostras de sobreposição entre as janelas adjacentes. Em cada janela é aplicada uma fft de `nfft` pontos.
2. A função `espectrograma`, disponibilizada no PVANet, calcula o espectrograma de um sinal de um sinal e ainda retorna os vetores relativo ao tempo e frequência. [1].

```
[S,F,T] = espectrograma(y,nwindow,noverlap,nfft,fs);
```

Exemplo:
⇒*Comente todas as linhas de código!*

```
fs = 1000;
t = 0:1/fs:3;
f0 = 150;
t1 = 3;
f1 = 450;
B = (f1-f0)/t1;
```

[1] O Matlab possui uma função própria que faz o mesmo: `spectrogram`

```
y = cos(2*pi*(f0*t+B/2*t.^2));
Y = abs(fft(y));
F = linspace(0,fs/2,round(length(y)/2));
plot(F,Y(1:round(length(y)/2)))
xlabel('Frequencia (Hz)')
ylabel('Magnitude')
```

A transformada de Fourier indica que o sinal possui um conteúdo espectral entre 150 e 450 Hz. Porém, não é possível depreender a informação temporal de aumento da frequência, como se pode conferir com a reprodução do som. Vejamos agora uma análise tempo X frequência do mesmo sinal.

```
[S,F,T] = espectrograma(y,256,20,256,fs);
figure
surf(T,F,10*log10(abs(S)),'EdgeColor','none');
axis xy; axis tight; view(0,90);
xlabel('Tempo (s)');
ylabel('Frequencia (Hz)');
```

Quais as vantagens do espectrograma? E as desvantagens?

3 Espectrografias ou "Ouvindo imagens ..."

Como visto, o espectrograma é uma representação gráfica, um figura, que carrega as informações temporais das frequências que compõem o sinal. Isto indica que cada pixel tem uma amplitude e uma frequência associadas. Assim, é possível que a análise tempo X frequência mostre informações escondidas em sinais de áudio[2]; informações estas talvez não óbvias no domínio do tempo apenas.

1. Carregue o arquivo *lena.wav* usando o comando `audioread`.
2. Aplique o espectrograma ao sinal. Para obter a melhor representação em termos de visualização: dica 1- varie os parâmetros `nwindow, noverlap e nfft`; dica 2- use `colormap(gray)`.
3. Descreva o espectrograma obtido em termos de conteúdo espectral e tente explicar como o som *lena.wav* foi gerado. Explique como o que se ouve corresponde com a imagem obtida pelo espectrograma. Quais aplicações você poderia descrever para esta técnica?

4 Canto das baleias

Os cetáceos de grande porte, como golfinhos e baleias, são capazes de produzir padrões de som muito distintos, usando um aparato comparável ao humano em termos de complexidade. Existem indícios que estes chamados são a base de uma comunicação entre estes animais. Use seus conhecimentos sobre análise tempo X frequência para analisar os padrões de sons produzidos por este animais.

[2] Richard David James, mais conhecido como Aphex Twin, é um artista reconhecido pela sua inventividade em músicas eletrônicas e pelo gosto por processamento de sinais. Em 1999, ele lançou um EP chamado *windowlicker*. A segunda faixa deste CD contém a música $\Delta M_i^{-1} = -\alpha \Sigma_{n=1}^{N} D_i[n][\Sigma_{j \in C\{i\}} F_{ij}[n-1] + Fext_i[n^{-1}]]$. Após terminar o exercício 1, analise esta música do instante 5:27 até 5:37 (aproximadamente) e relate o resultado dos espectrogramas obtidos. Dica: use escala logarítmica no eixo das freqüências

1. Carregue o arquivo *whalecalls.mat* usando o comando `load`. Este arquivo contém três variáveis: $X1$, $X2$ e fs. A variável fs é a frequência de amostragem. As variáveis $X1$ e $X2$ são matrizes onde cada linha é um chamado.

2. Ouça alguns trechos de cada matriz e descreva as diferenças entre ouvir os sons de $X1$ e $X2$.

3. Veja os espectrogramas dos sons das matrizes $X1$ e $X2$ (não se esqueça de variar os parâmetros da função `espectrograma`). Explique como o que se ouve corresponde com a imagem obtida pelo espectrograma. É possível enxergar algum padrão?