Reconstrução de Fragmentos de um Sinal de Áudio usando o Modelo Linear Preditivo.

Mateus Sangalli*, Marcos Eduardo R.V. Mesquita

Resumo

Processamento de sinais é uma área do conhecimento com muitas aplicações, incluindo, entre outras, o processamento de áudio e vídeo, telecomunicação, sistemas de radar e medicina. Nesse trabalho de iniciação científica, estudamos o problema de reconstrução de um fragmento de um sinal de áudio discreto no tempo. A principal ferramenta utilizada para a reconstrução do fragmento foi o modelo linear preditivo, combinado com o método dos quadrados mínimos e técnicas de otimização não-linear. Para avaliar a eficiência dos métodos desenvolvidos, efetuamos alguns experimentos computacionais utilizando dados sintéticos e reais.

Palavras-chave:

Processamento de sinais, modelo linear preditivo, métodos de otimização

Introdução

Processamento de sinais é uma área que se desenvolveu rapidamente nas últimas décadas, principalmente devido ao avanço dos computadores digitais¹. Aplicações dessa área, incluem, entre muitas outras, processamento de áudio, processamento de vídeo, telecomunicação, sistemas de radar e medicina². Nesse projeto de iniciação científica, estudamos o problema de reconstrução de um fragmento perdido de um sinal². Esse problema surge, por exemplo, na restauração de áudios corrompidos, falha no sistema de captura do sinal ou devido à perda em canais de telecomunicação. A Figura 1 ilustra um sinal no qual um fragmento foi perdido.

Figura 1. Gráfico de um sinal com um fragmento perdido e as estimativas obtidas utilizando três abordagens.

Resultados e Discussão

No modelo linear preditivo, a amostra $x(t)$ de um sinal discreto no tempo é dada pela combinação linear das p amostras anteriores somada um erro $e(t)$, ou seja,

$$x(t) = \sum_{k=1}^p h_k x(t-k) + e(t), \quad (1)$$

em que $h_1, h_2, \dots, h_p$ são parâmetros do modelo. Tanto os parâmetros $h_1, \dots, h_p$ como as amostras perdidas foram estimados minimizando o erro quadrático

$$E = \sum_{t \in T} \left[x(t) - \sum_{k=1}^p h_k x(t-k) \right]^2, \quad (2)$$

utilizando diferentes abordagens:

1. Minimização Separada. Primeiro determina-se os parâmetros $h_1, \dots, h_p$ utilizando somente as amostras conhecidas. Depois o fragmento perdido é estimado usando (1). Ambos estágios são formulados como um problema de quadrados mínimos linear².

2. Minimização Separada Iterativa. Conhecendo uma estimativa para fragmento perdido, calcula-se novamente os parâmetros $h_1, \dots, h_p$. Posteriormente, (1) é utilizado novamente para obter melhores estimativas do fragmento perdido. Repete-se o processo até não haver mudanças significativas nas estimativas.

3. Método de Newton. Utilizamos o método de Newton para minimizar (2) como função de ambas amostras perdidas e dos parâmetros $h_1, \dots, h_p$.

Implementamos no software *GNU Octave* as três abordagens e realizamos experimentos computacionais com sinais sintéticos e reais. A Figura 1 ilustra o resultado obtido pelas três abordagens.

Conclusão

Nesse projeto vimos como um fragmento perdido de um sinal discreto no tempo pode ser reconstruído minimizando o erro quadrático do modelo linear preditivo. De um modo geral, a minimização separada proposta por Vaseghi tem baixo custo computacional mas apresentou os piores resultados. Em contraste, o método de Newton apresentou resultados melhores, mas também apresentou um elevado custo computacional.

Agradecimentos

Agradecemos ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) e ao Serviço de Apoio ao Estudante (SAE) da Unicamp.

¹ Proakis, J.G. e Manolakis, D.G. *Digital Signal Processing*. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey – USA. 4th edition, 2007.

² Vaseghi, S. *Advanced Digital Signal Processing and Noise Reduction*. John Wiley and Sons, Chichester, West Sussex – UK. 4th edition. 2009.