Modelagem AR de Sinais EEG Multicanal Usando o TMS320C30

J. F. Carneiro Jr.; M. Cagy; D. M. Simpson; A. F. C. Infantosi

Programa de Engenharia Biomédica - UFRJ
Cx. Postal: 68510 - CEP: 21945-970 - Rio de Janeiro - RJ
e-mail: afci@serv.peb.ufrj.br

Resumo - Uma placa processadora digital de sinais (DSP), com o TMS320C30, em conjunto com um PC foi empregada na modelagem autoregressiva (AR) de sinais EEG. O sistema PC-DSP mostrou-se capaz de realizar a análise espectral destes sinais com tempo de processamento compatível com monitoração em tempo real do espectro de 16 canais EEG.

Abstract - A DSP card for a PC, containing the TMS320C30 processor, was used in autoregressive modelling of EEG signals. The PC-DSP system proved to be able to carry out spectral estimates within a time-period compatible with real time spectral analysis of 16 channel EEGs.

Introdução

A análise quantitativa de sinais EEG tem sido utilizada na identificação e extração de parâmetros, oferecendo vantagens em relação à análise qualitativa (subjetiva). Dentre as inúmeras técnicas, destaca-se a análise espectral, aplicada não só ao EEG experimental mas também ao clínico. Na análise no domínio da freqüência, métodos não-paramétricos, destacando-se a FFT (Transformada Rápida de Fourier), ou paramétricos, como a modelagem AR (Auto-Regressiva), têm sido empregados[1,2]. Comparativamente, este último implica em melhor resolução espectral para segmentos curtos de sinal com um número reduzido de parâmetros determinando o espectro do sinal. Estes parâmetros podem também ser usados diretamente na análise estatística dos sinais[2].

Entretanto, o modelo AR demanda maior tempo de processamento em PC, limitação esta que poderia ser solucionada com o uso de um processador numérico eficiente (DSP – Digital Signal Processor) quando se deseja a monitoração em tempo real[3] – i. e., durante cirurgia e anestesia, onde alterações devem ser detectadas precocemente (permitindo ação imediata), de modo a evitar danos ao tecido cerebral[4].

Materiais e Métodos

Entre as técnicas mais usuais de estimação dos parâmetros AR, métodos de Yule-Walker e de Burg, foi escolhida esta última por resultar em melhor resolução espectral. Baseado em estudos anteriores[1], foram utilizadas as ordens 10 e 40 para a modelagem do EEG, amostrado a 128 Hz, de 5 adultos jovens, normais, em repouso e de olhos fechados.

O sistema PC-DSP – microcomputador 486DX2-66 e DSP TMS320C30 (LOUGHBOROUGH SOUND IMAGES LTD., Inglaterra), com ciclo de instrução de 60 ns e números de ponto flutuante de 32 bits – foi utilizado para a implementação da modelagem AR, sendo os parâmetros e a densidade espectral de potência calculados via DSP.

As principais características do TMS utilizadas na implementação destes algoritmos foram: *vias de programa e de dados separadas* (permite acesso simultâneo às memórias correspondentes); *endereçamento circular* (possibilita a construção de uma tabela de senos de fácil acesso pelo programa de estimação do espectro); *multiplicador interno* (permite instruções tipo multiplique-acumule, em apenas um ciclo de instrução); *"loops" de gasto zero*

(não necessitam de contador interno de controle).

Resultados e Discussão

A densidade espectral de potência estimada pelo DSP foi comparada com os resultados de um programa escrito em Pascal para o PC, resultando em máximo do valor absoluto do erro percentual de 0,06% na banda alfa (8 a 13 Hz), ritmo dominante decorrente do protocolo experimental.

Da Tabela 1a, nota-se que, ao se quadruplicar o número de amostras do sinal (n) ou a ordem do modelo (m), o tempo para cálculo dos parâmetros cresce na mesma proporção, enquanto que, na estimação espectral (Tabela 1b), para um mesmo número de pontos do espectro (n_f), o aumento da ordem implica em acréscimo no tempo, porém em menor proporção (aproximadamente 2,5).

Tabela 1 - Tempo de execução da modelagem AR de trechos de 1 (128 amostras) e 4 s, para ordens m=10 e 40.

a) Cálculo dos Parâmetros:

n	m	Tempo(C30)
128 (1 s)	10	3,2 ms
512 (4 s)	10	12,9 ms
128 (1 s)	40	12,1 ms
512 (4 s)	40	51.4 ms

b) Estimação do Espectro:

n_f	m	Tempo(C30)
128	10	1,8 ms
512	10	7,2 ms
128	40	4,5 ms
512	40	18,5 ms

Tomando-se o pior caso (ordem 40 para trecho de 4s), tem-se tempo de processamento de (51,4 + 18,5)ms = 69,9ms. Logo, para um EEG multicanal (por exemplo 16), o tempo gasto no processamento de trechos de 4s será de aproximadamente 1,12s, podendo o restante do tempo ser utilizado na realização de outras tarefas pelo sistema PC-DSP.

Conclusão

O TMS mostrou-se capaz de executar a modelagem AR de sinais EEG com erro percentual desprezível e tempo de processamento substancialmente inferior a duração do sinal, indicando ser adequado à análise espectral "on-line".Mesmo com sinais EEG multicanal, este objetivo é alcançado, permitindo que o sistema PC-DSP possa realizar outras tarefas, tais como executar rotinas de serviço de interrupção, transferência interna de dados, apresentação gráfica e, em particular, o cálculo de parâmetros espectrais (potência na banda alfa, freqüência de pico na banda alfa etc.), de interesse na monitoração em tempo real.

Referências

1 BOKEHI, J. R., SIMPSON, D. M., e INFANTOSI, A.F.C. "Análise Espectral de Sinais EEG Utilizando Modelagem Auto-Regressiva". *Rev. Bras. Eng., Cad. Eng. Biomédica*, v. 9, n. 2, p. 05-22, 1993.

2 KAY, S. M., e MARPLE, S. L., JR. "Spectrum Analysis – a Modern Perspective". *Proceedings of the IEEE*, v. 69, n. 11, p. 1380-1419, 1981.

3 SCHLINDWEIN, F. S., e EVANS, D. H. "Processadores de Sinais Digitais–Descrição de um Laboratório de Proces-samento de Sinais Equipado com DSPs para Aplicações em Engenharia Biomédica". *Rev. Bras. Eng., Cad. Eng. Biomédica*, v. 7, n. 1, p. 79-85, 1990.

4 PRONK, R. A. F. "Peri-Operative Monitoring, in Computer Applications of Computer Analysis of EEG and other Neurophysiologycal Signals". In: *Handbook of Electroencephalography and Clinical Neuro-physiology*, Eds.: F.H. Lopes da Silva, W.S.van Leeuwen and A. Rémond, Amsterndam: Elsevier Sci. Publ., v. 2, p. 67-91, 1986.

Agradecimentos

Ao CEPG/UFRJ e CNPq pelo apoio financeiro.