

Implementação de um Banco de Dados para Sinais de EEG

Miguel Angel Velilla Mulá, Heitor S. Lopes

Laboratório de Bioinformática / CPGEI
Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET-PR)
Av 7 de setembro, 3165 – 80230-901, Curitiba (PR), Brasil
Fone (0**41) 310-4694, Fax (0**41) 310-4187
mig@cpgei.cefetpr.br, hslopes@cpgei.cefetpr.br

Resumo - Este artigo descreve o banco de dados DBSIG para sinais de EEG, desenvolvido no laboratório de Bioinformática do CEFET-PR. O banco de dados armazena segmentos de sinais EEG com atributos predefinidos e permite uma pesquisa integrada das informações relevantes ao sinal, como, por exemplo, os dados do paciente e sua história clínica. Através de uma interface gráfica, o usuário pode visualizar o traçado de EEG em qualquer combinação de eletrodos ou montagens e pode manipular trechos interessantes do sinal. O DBSIG é uma ferramenta de grande utilidade tanto para a área de pesquisa, quanto para o uso rotineiro em clínicas neurológicas que trabalham diariamente com uma grande quantidade de exames de rotina.

Palavras-chave: Banco de dados, Eletroencefalograma, EEG, Biosinais, Informática médica.

Abstract – This paper describes a database system for EEG signals named DBSIG, which was developed at the Bioinformatics Laboratory of CEFET-PR. This database stores EEG segments using predefined attributes and allows full search capabilities over relevant information about the signal, for instance, data related to clinical history of the patient. Through its user-friendly graphic interface, users can browse the EEG trace related to any combination of electrodes or standard references, manipulating interesting segments of the signal. The DBSIG system is a tool of great utility for both researcher laboratories and daily routine use in the clinical environment.

Key-words: Database, Electroencephalogram, EEG, Biosignal, Medical informatics.

Introdução

Nos últimos anos, vários centros de pesquisa em Engenharia Biomédica tem se dedicado a trabalhos na área de processamento de sinais eletroencefalográficos. Por exemplo, no Laboratório de Bioinformática do CEFET-PR já foram desenvolvidas pesquisas para detecção de eventos epiléticos [1], detecção de padrões [2], simulação de sinais de EEG [3] e outros. Trabalhos desta natureza demandam o apoio de uma ferramenta gráfica que permita não só a catalogação de segmentos de sinal num banco de dados para sua posterior pesquisa, como também ofereça facilidades de manipulação dos sinais. O presente trabalho descreve o desenvolvimento de tal ferramenta.

Sinais de EEG são variações de voltagem (da ordem de microvolts) que ocorrem no cérebro, medidas e coletadas por eletrodos situados no escalpo. Estas flutuações são geralmente desenhadas num plano cartesiano na forma de amplitude versus tempo para cada um dos pares de eletrodos, resultando assim nos gráficos utilizados normalmente nas clínicas neurológicas.

O advento da eletroencefalografia digital na década de 70 significou um salto exponencial tanto no armazenamento quanto no tratamento destes sinais, ao permitir preprocessar e guardar os sinais de forma praticamente ilimitada [4].

As vantagens da digitalização são inúmeras, dentre as quais destacam-se a filtragem e remontagem

do sinal, a possibilidade de interagir com outras tecnologias (MEG, MRI, PET) e a aplicação de novos paradigmas matemáticos como *wavelets*, fractais, e análise caótica [5].

A base de dados utilizada no desenvolvimento e testes iniciais é constituída de 55 arquivos obtidos de pacientes reais, em exames clínicos de rotina. Cada exame tem duração de 20 ou 60 minutos e utiliza o sistema 10-20 de posicionamento de eletrodos (conforme a Federação Internacional de Eletroencefalografia)[6].

Metodologia

O presente sistema foi desenvolvido levando-se em conta as seguintes premissas: facilidade na utilização da interface gráfica, modularidade nas rotinas e integração das informações. A facilidade na utilização da interface gráfica, fundamental neste caso, consiste na possibilidade do usuário marcar com o *mouse* segmentos de sinal, cataloga-los no banco de dados e manipula-los adequadamente. A modularidade permite que sejam adicionadas rotinas externas para calcular valores ou executar tarefas de filtragem sobre os segmentos dos sinais. Ao mesmo tempo, tanto as informações do paciente (sexo, idade, história clínica ou quaisquer outras características) quanto do exame originador dos sinais (laudo, resultado etc.) devem ser armazenados e serem objetos de pesquisa de forma integrada e flexível.

O objetivo final é um sistema onde seja possível realizar buscas dentro de um banco de dados de maneira simples para o usuário. Como exemplo, suponha-se que se deseja “mostrar segmentos de sinal com média de amplitude maior que 10 no par de eletrodos Fp1-F7 obtidos em exames com resultado normal realizados em pacientes masculinos maiores de 30 anos”. O sistema deve apresentar uma lista de segmentos que satisfaçam a pesquisa, e uma vez escolhido um deles, deve trazê-lo imediatamente à tela na forma gráfica.

A complexidade da interface exige um sistema operacional GUI (*Graphical User Interface*) e metodologia de desenvolvimento OOP (*Object Oriented Programming*), integrados num ambiente de banco de dados relacional. Esta combinação de requisitos levou à escolha do ambiente *Windows 95/98*® como sistema operacional, e o *C++ Builder*® da Borland como linguagem integrada de desenvolvimento.

Especificação do sistema DBSIG

O modelo relacional (ER) [7] proposto para o banco de dados tenta ser simples e ao mesmo tempo flexível o suficiente para satisfazer as necessidades de um laboratório de pesquisa ou de uma clínica interessada em armazenar segmentos de sinal para posterior pesquisa e consulta (figura 1). O modelo atual identifica os pacientes por um código, porém nenhuma informação pessoal (nome, endereço ou documentação) é armazenada.

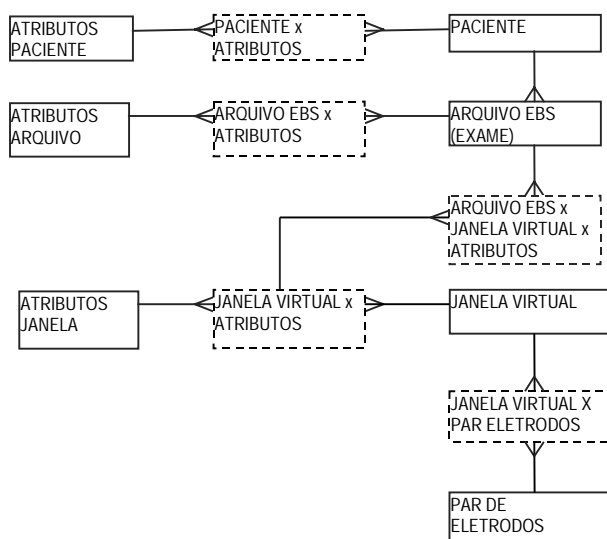


Figura 1 – Modelo Entidade-Relação do sistema.

No modelo ER, a entidade ‘janela virtual’ é um objeto com início, fim e uma lista de atributos, representando o segmento de sinal a ser catalogado e armazenado no banco de dados (figura 2). Uma janela virtual se sobrepõe inúmeras vezes sobre um ou vários sinais EEG, armazenando em cada caso as características desejadas para aquela janela. Exemplos de janelas virtuais podem ser ‘hiperventilação’, ‘fotoestimulação’, ‘sonolência’ etc., eventos estes

identificados e registrados freqüentemente nos exames clínicos de rotina nas clínicas de neurologia. Cada janela pode ter inúmeros atributos e cada atributo pode ter um valor alfanumérico associado.

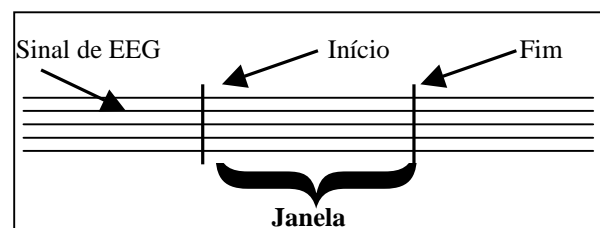


Figura 2 – Janela virtual

A operação do sistema se divide em duas partes: visualização e banco de dados (figura 3). As rotinas de visualização se encarregam de mostrar o sinal de EEG na tela, modificar parâmetros tais como amplitude, velocidade da fita do desenho, selecionar eletrodos, marcar segmentos de sinal, imprimir, exportar dados, executar rotinas externas de filtro e outras. As rotinas de gerenciamento de banco de dados se ocupam do armazenamento das informações relevantes sobre pacientes, exames, janelas virtuais e segmentos gráficos, ao mesmo tempo em que disponibilizam rotinas de pesquisa. As duas partes se complementam formando uma ferramenta relativamente simples de operar.

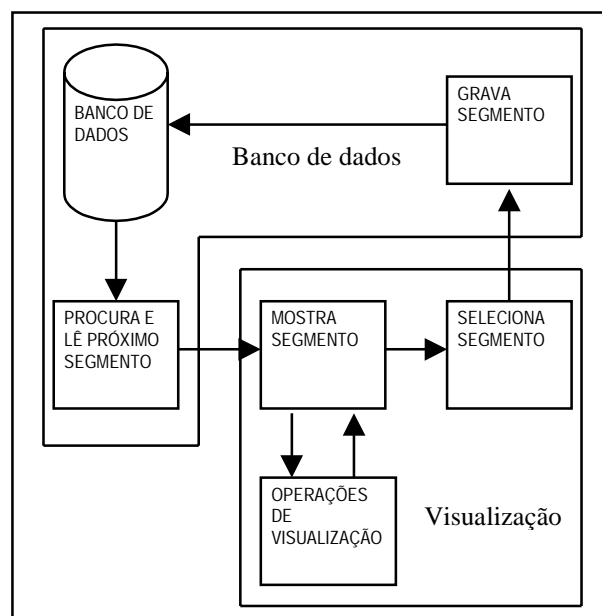


Figura 3 – Diagrama esquemático do fluxo de dados no sistema DBSIG.

No ambiente da encefalografia digital há uma grande quantidade de elementos que podem ser parametrizados, calculados, medidos ou limitados de alguma forma. Exemplos disto são: a quantidade de eletrodos usados, formas de se remontar o sinal, tamanho da janela a ser utilizada, cálculos de médias, alturas, ângulos, inclinações, curvaturas e cruzamentos, realizados tanto sobre o sinal original quanto sobre suas derivadas de qualquer ordem. Uma das diretrizes

estabelecidas para o sistema DBSIG é a de evitar limitações sobre a quantidade e qualidade das informações que se desejam armazenar no sinal EEG.

Formato de gravação dos sinais de EEG

Existem muitos formatos para armazenamento de sinais biomédicos [8], como o EDF [9] e o EBS [10], além de tentativas de padronização de formatos [11]. Praticamente cada instituição de pesquisa importante, ou fabricante de equipamento, possui seu formato proprietário. O formato escolhido para este projeto é o EBS (*Extensivel BioSignal data format*), desenvolvido em 1993 pelo Instituto de Fisiopatologia da Universidade de Erlangen (Alemanha), que se mostrou conveniente por ser aberto, flexível, bem documentado e com rotinas de acesso de domínio público disponíveis na Internet.

Deve-se notar que o sistema DBSIG não grava os segmentos 'recortados' de sinal sob a forma gráfica no banco de dados. Porém, apenas a informação de início e fim dos mesmos dentro do arquivo gráfico em formato EBS. A informação de início e fim é suficiente para mostrar graficamente o segmento requisitado na tela do computador a partir do arquivo EBS original.

O banco de dados de sinais

Os sinais EEG, originalmente coletados numa clínica neurológica utilizando equipamento proprietário, são convertidos para o formato EBS através de rotinas de domínio público. Posteriormente são armazenados em arquivos padrão MS-DOS. Um arquivo para cada exame é utilizado, contendo amostras (em microvolts) coletadas a cada 0.005 segundo. Cada valor numérico utiliza dois bytes de tamanho. A quantidade de eletrodos empregada nos exames pode variar, sendo os mais comuns aqueles com 16 e 31 eletrodos pelo sistema internacional 10-20 de posicionamento. Os arquivos tem tamanho entre 8 e 20 MB segundo o tempo do exame (20 ou 60 min.) e segundo a quantidade de eletrodos usados. Nenhum método de compressão é utilizado neste estágio do projeto.

Para cada exame coletado, um especialista em eletroencefalografia aponta as características marcantes presentes no sinal, (início e fim de eventos, tais como hiperventilação, fotoestímulo, sonolência ou nos casos de epilepsia, ponta-onda ou lentificação), os quais estão sendo atualmente catalogados como 'janelas virtuais' e armazenados no banco de dados.

A flexibilidade do sistema DBSIG permite que no futuro possam ser acrescentadas ao banco de dados outras definições de janelas virtuais, tais como medidas de ângulos, inclinações, médias e outros parâmetros susceptíveis de medição e consulta posterior.

O programa DBSIG fornece um grau razoável de expansibilidade ao permitir a associação de programas executáveis a determinados atributos de janelas. Isto permite que, ao marcar um segmento de

sinal na tela, a rotina executável automaticamente calcule os valores desejados (por exemplo, a média de inclinações no par de eletrodos F1-Fp7) e o associe àquele atributo. Ao mesmo tempo as rotinas externas podem modificar o segmento marcado para executar algoritmos de filtragem e vê-los imediatamente na tela. Atualmente a comunicação entre rotinas externas e o DBSIG é realizada através da transferência de dados por arquivos temporários em formato ASCII.

As facilidades disponíveis para o banco de dados são:

- Cadastro e manutenção dos dados do paciente
- Cadastro e manutenção dos atributos do paciente.
- Cadastro e manutenção dos dados do exame (EBS)
- Cadastro e manutenção dos atributos do exame.
- Cadastro e manutenção de janelas virtuais.
- Cadastro e manutenção dos atributos de janelas.
- Marcação e gravação de segmentos de sinal.
- Consulta simples de segmentos de sinal.
- Consulta avançada de segmentos de sinal.
- Emissão de relatórios sobre pacientes.
- Emissão de relatórios sobre exames.
- Emissão de relatórios sobre janelas virtuais.

Sistema de visualização de sinais de EEG

A versão atual do sistema roda em ambiente *Windows*, podendo mostrar duas janelas paralelas com o mesmo sinal EEG em dois formatos, o original de Referência com relação ao eletrodo Cz, e a janela inferior (variável) com uma montagem que pode ser a Transversal ou Dupla Banana (Figura 4). Como todo sinal de EEG gerado é a diferença entre o potencial de dois eletrodos quaisquer, é possível criar inúmeras combinações de sinais, conhecidas como 'montagens'. No sistema de Referência todos os eletrodos são subtraídos do eletrodo que é posicionado no centro da cabeça (Cz), enquanto que nas outras montagens os eletrodos são subtraídos em forma agrupada para diferenciar sinais dos hemisférios direito e esquerdo. O usuário pode facilmente passar no formato de tela inteira qualquer uma das montagens (superior ou inferior) presentes da tela. Na atual fase de desenvolvimento não está contemplada a confecção de montagens personalizadas.

As facilidades disponíveis para visualização na versão atual do DBSIG são:

- Aumento ou diminuição da amplitude do sinal.
- Aumento ou diminuição da velocidade da fita.
- Posicionamento imediato em qualquer ponto do sinal.
- Escolha de subconjunto de canais.
- Marcação de janela ou segmento no sinal.
- Exportação dos dados da janela em arquivo ASCII.
- Exportação dos dados já janela em arquivo binário.
- Gravação da tela gráfica em arquivo gráfico.
- Impressão da tela em formato gráfico.
- Adição de rotinas e programas externos (.EXE)

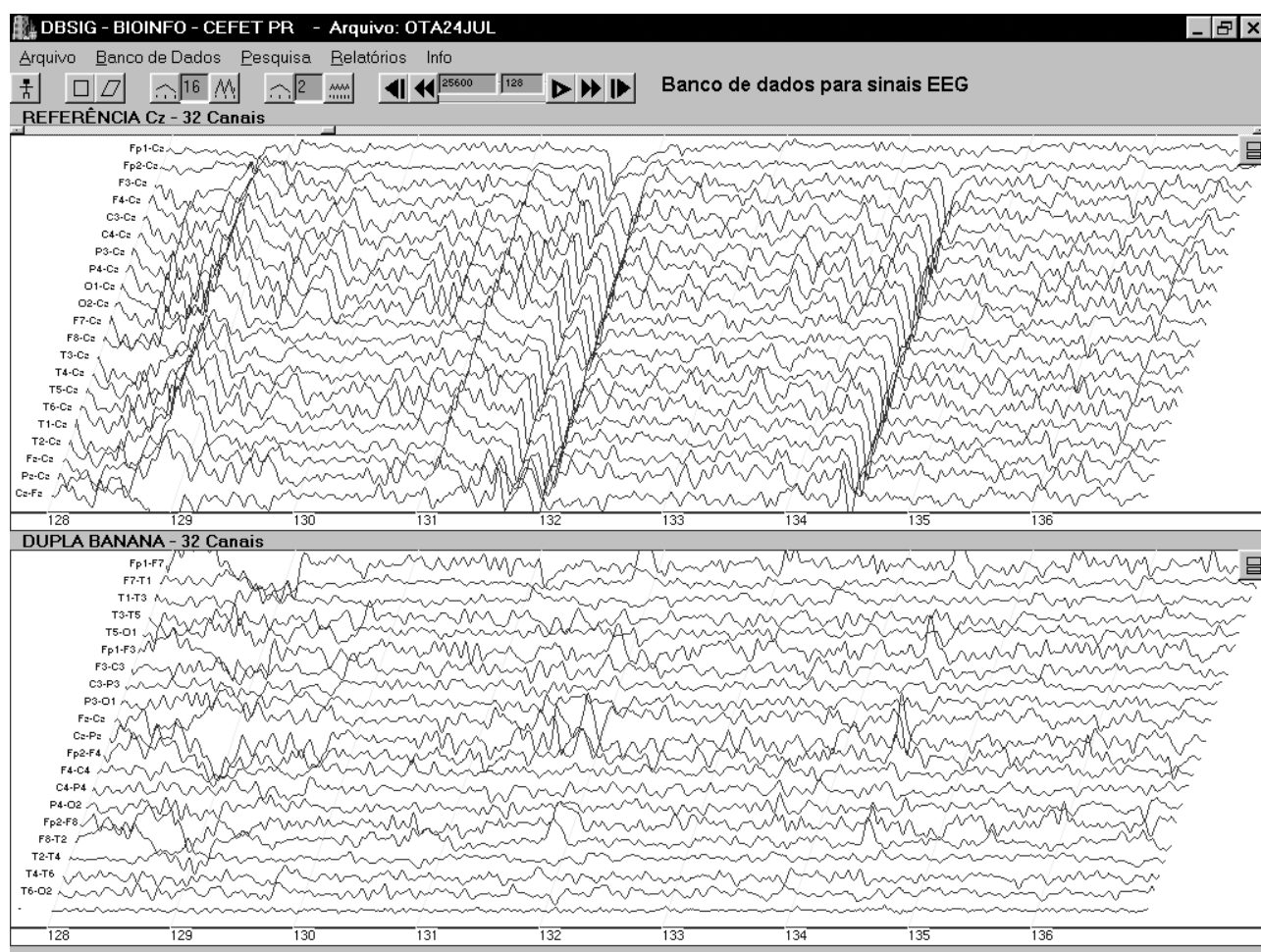


Figura 4 - Tela de apresentação inicial do programa DBSIG

Sistema de pesquisas

A pesquisa simples é realizada através de uma seleção hierárquica, onde o sistema apresenta todos os exames em formato EBS disponíveis, e logo que um exame determinado é selecionado, são apresentados todos os segmentos atualmente marcados para este exame na forma tabular (hiperventilação, sonolência, etc). Ao escolher um determinado segmento, o arquivo é requisitado, aberto e posicionado o gráfico no atributo selecionado.

A consulta avançada consiste na apresentação de uma janela com todos os atributos disponíveis para pacientes, exames e segmentos armazenados no sistema em formato de menus *pull-down*, associados a operadores relacionais de maior, menor, igual, maior ou igual, menor ou igual e diferente, assim como também a operadores lógicos do tipo *E* e *OU*, de forma que possam ser realizadas pesquisas combinadas do tipo 'selecionar todas as janelas que contém média de amplitude maior que 10 em pacientes masculinos para exames que tenham sido realizados com 16 eletrodos'. Novamente uma lista tabular de segmentos disponíveis é fornecida ao usuário e, ao escolher uma delas, o arquivo correspondente é aberto e o gráfico posicionado na tela no lugar do segmento.

Discussão e Conclusões

Vários sistemas de visualização e banco de dados para sinais EEG, tanto comerciais quanto acadêmicos, foram analisados durante o desenvolvimento do DBSIG, muitos deles com algoritmos de visualização avançados (mapas topográficos, mapas tridimensionais com localização da fonte, análise de espectro etc.). Todas estas rotinas de visualização (e outras novas) podem ser futuramente adicionadas ao DBSIG já que a linguagem utilizada (C++) é essencialmente científica e bem conhecida no meio acadêmico.

Uma sofisticação útil e necessária para médicos e clínicos é a possibilidade de realizar montagens personalizadas de eletrodos, uma área em que o DBSIG pode se estender de forma ilimitada, assim como a interface cada vez mais sofisticada com rotinas externas para calcular parâmetros e filtros.

Uma outra possibilidade de desenvolvimento futuro diz respeito à integração com sistemas de gestão hospitalar, onde informações sobre os pacientes e exames podem ser complementadas para a emissão de laudos, receitas e outros trâmites burocráticos.

Por estar ainda em fase final de implantação e início de avaliação, não se pode concluir que o DBSIG está sendo utilizado em todo o seu potencial, mas

espera-se que ao longo do tempo se mostre uma ferramenta útil.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao pessoal técnico do Centro de Neurologia Clínica do Hospital Nossa Senhora das Graças, de Curitiba (PR), e ao Dr. Marcos Sandmann pela ajuda e o tempo fornecidos a este projeto.

Referências

- [1] B. Marchesi, A.L. Stelle, H.S. Lopes, "Detection of epileptic events using genetic programming", *Proc. 19th. International Conference IEEE/EMBS*, Chicago, USA, pp. 1198-1201, 1997.
- [2] V. Pilla Júnior, H.S. Lopes, "Pattern recognition in electroencephalographic signals using LVQ neural networks", *Artificial Neural Networks in Engineering*, 2000 [a ser publicado].
- [3] C. Janeczko, H.S. Lopes, "A genetic approach to ARMA filter synthesis for EEG signal simulation", 2000 [manuscrito submetido para publicação].
- [4] T.F. Collura, "History and evolution of computerized electroencephalography", *Journal of Clinical Neurophysiology*, vol. 12, pp. 214-229, 1995.
- [5] J.E. Arle, R.H. Simon, "An application of fractal dimension to the detection of transients in the electroencephalogram.", *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, vol. 75, pp. 296-305, 1990.
- [6] L.A. Geddes, L.E. Baker, "Electroencephalography". In: L.A. Geddes, L.E. Baker (Eds.) *Principles of applied biomedical instrumentation*. New York: J. Wiley & Sons, pp. 717-743, 1989.
- [7] P. Chen, "*Gerenciando Banco de Dados, a Abordagem Entidade-Relacionamento para Projeto Lógico*", São Paulo: McGraw-Hill, 1990.
- [8] Comité Européen de Normalisation, CEN/TC251/WG5/N95-3, "Vital sign information representation", 1995.
- [9] B. Kemp, A. Värri, A.C. Rosa et al, "A simple format for exchange of digitized polygraphic recordings", *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, vol. 92, pp. 391-313, 1992.
- [10] G. Hellmann, M. Khun, M. Prosch, M. Spreng, "Extensible biosignal (EBS) file format: simple method for EEG data exchange, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, vol. 99, pp. 426-431, 1996.
- [11] E.C. Jacobs, T.D. Lagerlund, T.F. Collura, R.C. Burgess, "Data interchange for clinical neurophysiology". In: G.J.E. De Moor et al (Eds.), *Progress in Standardization in Health Care Informatics*. Amsterdam: IOS Press, pp. 195-202, 1993.