

Algoritmos em Java para Análise Não-Linear de Biosinais Cardíacos

Carlos Alexandre dos Santos¹, Cristina Carlos Santos da Silva², Daniel Sá dos Santos Gomes³, Ellen Leite Vilas Boas⁴, Polyana Pêgo Fiebig⁵, Rafael Domingues⁶, Raphael C. Guerreiro⁷ e Lineu Fernando Stege Mialaret⁸

^{1,2,3,4,5,6,7} UNIVAP / FCC, Av. Shishima Hifumi, 2911, CEP 12444-000, Urbanova, São José dos Campos – SP, carlos.a.sjc@gmail.com, cristininhacss@yahoo.com.br, danielsasg@yahoo.com.br, nelly_chann@yahoo.com.br, polyfiebig@gmail.com, rafael.domingues@mult-e.com.br, raphael_cg@uol.com.br, lineu@univap.br

Resumo: Este artigo enfoca uma abordagem utilizada para realizar o desenvolvimento de algoritmos de análise não linear de biosinais cardíacos, baseados nos algoritmos da Entropia Aproximada (*Approximate Entropy* - ApEn), da Entropia Amostral (*Sample Entropy* - SampEn) e na Análise de Flutuação Destendenciadas (*Detrended Fluctuation Analysis* - DFA).

Palavras-chave: Orientação a Objetos, Algoritmos, Biosinais Cardíacos.

Área do Conhecimento: Ciências Exatas e da Terra.

Introdução

O sistema operacional Linux está consolidado como sistema operacional em servidores e acessórios de redes nas empresas. Lentamente o Linux vai chegando às estações de trabalho e ao ambiente desktop. Mas, em substituição às clássicas máquinas com Windows, alguns aspectos devem ser considerados, muitos deles positivos e outros nem tanto (JERRY, 2004).

O Linux não exige hardware tão poderoso e pode aproveitar máquinas que se tornariam obsoletas para executar versões mais recentes do Windows. Ele é mais seguro contra ataques externos. Um ponto bastante positivo é o fator custo, que infinitamente menor se comparado com software proprietários.

O uso de Linux em estações de trabalho ainda é inibido pela dificuldade de encontrar programas específicos para determinados fins, como editoração eletrônica, contabilidade, etc. Existe software que satisfaz essas necessidades, mas inferiores ou não tão “maduros” quanto aqueles para Windows (JERRY, 2004)..

O presente artigo descreve o versionamento necessário para transformar programas de processamento de sinais cardíacos desenvolvidos em plataforma Linux para ambiente Windows.

O versionamento deve seguir os seguintes requisitos:

- 1) Converter para a linguagem Java, os seguintes algoritmos de análise não linear de biosinais cardíacos, disponíveis no portal PhysioNet (PhysioNet, 2007)
 - a. *Approximate Entropy* (ApEn),
 - b. *Sample Entropy* (SampEn)
 - c. *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA)

- 2) Os programas a serem desenvolvidos devem aceitar como input o padrão de dados definido pelo portal PhysioNet

Metodologia

Ao realizar uma análise desse domínio de conhecimento, decidiu-se pelo estudo dos assuntos abordados no portal PhysioNet, de onde se originaria as estruturas para o desenvolvimento dos algoritmos em Java para análise não-linear de biosinais cardíacos, bem como o padrão dos dados de entrada para tais algoritmos.

Para a implementação dos algoritmos utilizou-se o conceito de orientação a objetos: um paradigma de programação onde as características de objetos de software existentes em um programa são tratadas como abstrações de entidades do mundo real (PRESMANN, 1998).

Para viabilizar a integração deste conceito, foram também as seguintes ferramentas e tecnologias:

- JDK (Java Development Toolkit) versão 1.5.06 [SUN MICROSYSTEMS, 2007].
- Eclipse-SDK - 3.2.2, software livre para desenvolvimento na linguagem Java (ECLIPSE, 2007).
- NetBeans 5.5.1 – utilizado para desenvolver a parte gráfica do programa (NETBEANS, 2007).

A atividade inicial foi concentrada em estudar e aprender as seguintes características:

- Funcionamento e estrutura do algoritmo de Entropia Aproximada (*Approximate Entropy* - ApEn);
- Funcionamento e estrutura do algoritmo de Entropia Amostral (*Sample Entropy* - SampEn);

- Funcionamento e estrutura do algoritmo de Análise de Flutuação Destendenciadas (*Detrended Fluctuation Analysis* - DFA);
- Criação, manipulação, utilização e integração dos dados de entrada para os algoritmos desenvolvidos.

Entropia Aproximada (Approximate Entropy - ApEn)

A medida de entropia aproximada (ApEn), é uma estatística que pode ser usada como uma forma de quantificar a complexidade (ou irregularidade) de um sinal, inicialmente motivada pela aplicação a conjuntos de dados relativamente curtos e com ruído (PINCUS, 2000).

A definição da ApEn, em concordância com a sua formulação matemática, pode ser descrita por um conjunto de passos, que permitem facilmente a sua implementação num computador (GONÇALVES et al., 2004).

Entropia Amostral (Sample Entropy - SampEn)

A entropia amostral deriva da entropia aproximada (PINCUS, 2000) m que se introduziu aperfeiçoamento para análise de amostras finitas (GRASSBERGER, 1988) (RICHMAN et al., 2000).

A entropia amostral é uma família infinita de estatística cujo valor depende da escolha de valores de seus parâmetros m , r e N , explicados a seguir. Qualitativamente a entropia amostral é um método que avalia a similaridade temporal de uma série de N pontos.

Assim, quanto maior a similaridade dentro da série temporal entre seqüências de comprimento m , menor será o valor de entropia amostral.

O parâmetro r corresponde à fração do desvio padrão (dp) do segmento da série temporal em análise que será usado como medida de similaridade, isto é, se a diferença máxima entre cada um dos m elementos de pares de seqüências em comparação for menor que r versus dp , consideram-se as duas seqüências similares (SAMESHIMA et al., 1988).

Por fim, $EnAm(m, r, N)$ é o negativo do logaritmo natural da probabilidade condicional que duas seqüências similares por m pontos permaneçam similares no ponto seguinte, em que a autocomparação não é incluída no cálculo da probabilidade (RICHMAN et al., 2000).

Análise de Flutuação Destendenciadas (Detrended Fluctuation Analysis - DFA)

Técnicas como a Análise de Flutuações Destendenciadas (PENG et al., 1995) tem como objetivo o cálculo de uma flutuação estatística $F(n)$, onde n representa o tamanho de uma janela para mapear o conjunto de medidas.

Variando o tamanho de n , as flutuações podem ser caracterizadas através de um expoente de escala obtido a partir da curva ajustada ao gráfico $\log F(n)$ versus $\log n$.

Para obtenção de resultados robustos é necessário variar o tamanho da janela envolvendo desde um número pequeno até um número grande de pontos cobrindo todo conjunto que representa a série temporal.

Dessa maneira, quando as séries são extensas, é possível, por meio do expoente de escala, caracterizar a série, de forma mais robusta, através de suas correlações de longo alcance (BARBOSA, 2007).

Após a execução das atividades mencionadas, e depois da operacionalização do ambiente de desenvolvimento, o protótipo de desenvolvimento foi iniciado.

Resultados

Foi possível desenvolver um programa para simulação dos algoritmos em funcionamento, chamado de Sistema de Análises da Variação de Freqüência Cardíaca (SAVFC).

Este recebe como entrada um arquivo em formato *.rr que contém dados para análise do comportamento não-linear de biosinais cardíacos baseados nas análises de Entropia Aproximada, Entropia Amostral e Flutuação Destendenciadas.

A seguir, nas figuras 1, 2 e 3, são apresentadas algumas das telas funcionais do protótipo, caracterizando as funcionalidades desenvolvidas.

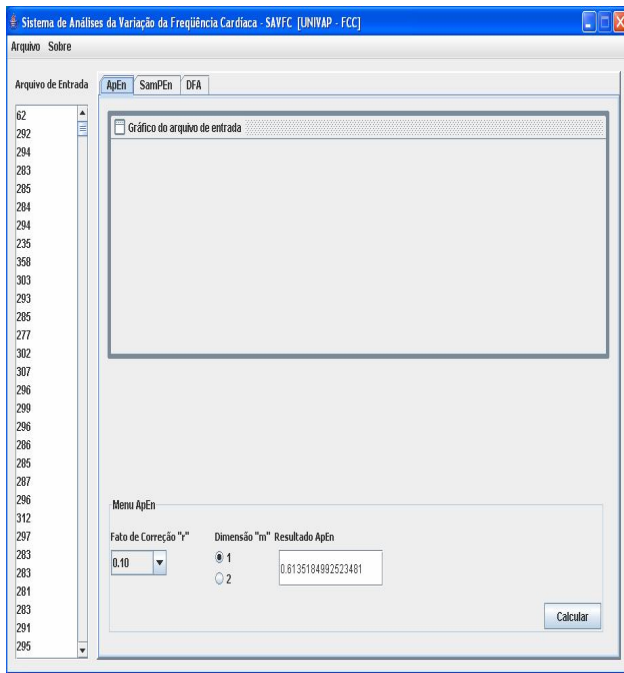


Figura 1 - Tela do Programa Desenvolvido para Análise da Entropia Aproximada.

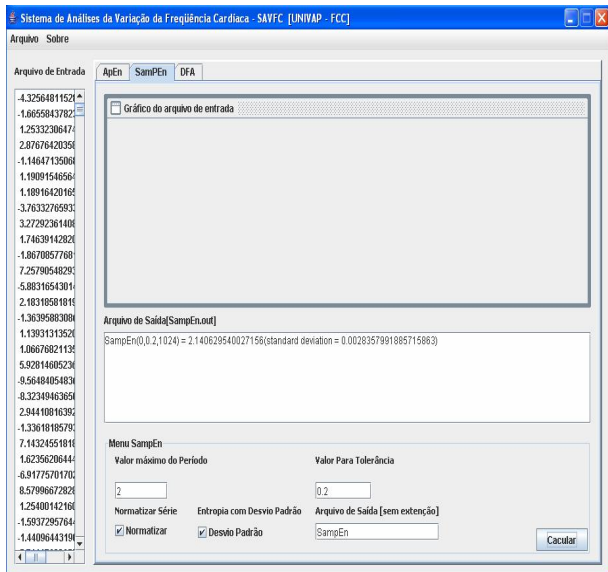


Figura 2 – Tela do Programa Desenvolvido para Análise da Entropia Amostral.

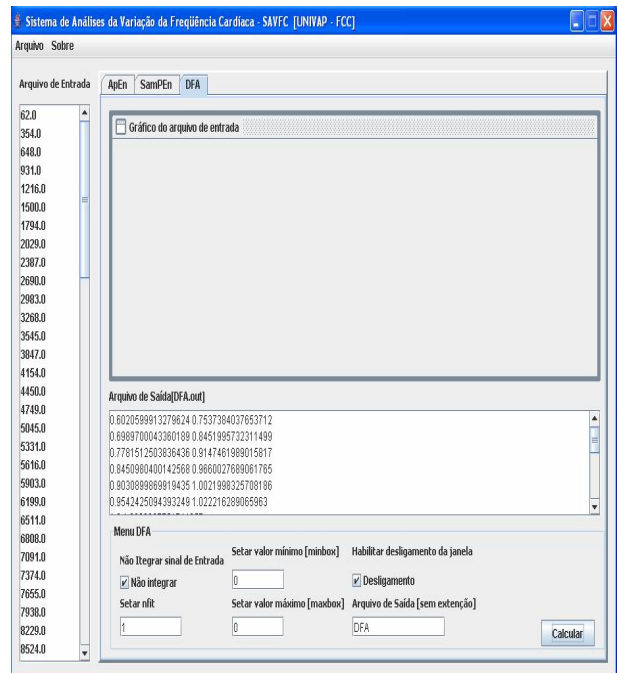


Figura 3 – Tela do Programa Desenvolvido para Análise de Flutuação Destendenciadas.

Conclusão

Este artigo teve como objetivo apresentar uma abordagem para implementação de um versionamento de programa, da plataforma Linux para o ambiente Windows.

A abordagem foi implementada por meio da realização de um estudo de caso, envolvendo os algoritmos *Approximate Entropy* (ApEn), *Sample Entropy* (SampEn) e *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA).

Referências

- BARBOSA, E. B. M. Estudo da Variabilidade de Séries Temporais Ambientais Através de Espectros de Assimetria Implementados em Software Científico Livre INPE-14670-TDI/1223

- Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Computação Aplicada Disponível em <http://mtc-m13.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/MTC-m13%4080/2006/08.03.14.12/doc/publicacao.pdf> Acessado em 1º de junho de 2007.

- ECLIPSE, Disponível em <http://www.eclipse.org/downloads/>. Acessado em 05 de maio de 2007.

- GONÇALVES, H. M. L. S. M Tese Mestrado em Métodos Computacionais em Ciências e Engenharia - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto - Julho de 2004 Disponível em <http://paginas.fe.up.pt/mmce/old/2003->

2004/2003/Hernani_Goncalves_Relatorio.pdf.
Acessado em 17 de maio de 2007.

- GRASSBERGER P. Finite sample corrections to entropy and dimension estimates. Phys Lett A 1988;128:369-73.

- JERRY M. Portabilidade do Linux e Viabilidade em Desktop. Trabalho de Conclusão, Universidade Federal de Lavras, 2004.

- PENG C-K., HAVLIN S., STANLEY H.E., GOLDBERGER A.L. Quantification of scaling exponents and crossover phenomena in nonstationary heartbeat time series. Chaos 1995;5:82-87.

- PINCUS, S. - Approximated entropy in cardiology. Herzschr Elektrophys. 11 (2000) 139-150.

- PRESMANN, R. S. Engenharia de Software. São Paulo: Makron Books, 1998.

- RICHMAN J, MOORMAN JR. Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. Am J Physio. 2000;278:H2039-49.

- SAMESHIMA, K.; TAKAHASHI, D. Y.; BACCALÁ, L. A. Evaluating cardiovascular dynamic complexity using sample entropy In: Revista Brasileira de Hipertensão ARTIGO ORIGINAL 27. ISSN 1519-7522 Disponível em [http://departamentos.cardiol.br/dha/revista/Vol%2012%20\(1\)%202005.pdf](http://departamentos.cardiol.br/dha/revista/Vol%2012%20(1)%202005.pdf) Acessado em 17 de maio de 2007.

- SUN MICROSYSTEMS, Disponível em <http://java.sun.br/> Acessado em 05 de maio de 2007.

- NETBEANS, Disponível em <http://www.netbeans.info/downloads/index.php?rs=22> Acessado em 05 de maio de 2007.