

SISTEMA DETECTOR DE CÂNCER DE MAMA E DOENÇAS INTRACRANIANAS

SIDNEY MARLON LOPES DE LIMA
ORIENTADOR: SÉRGIO CAMPELLO OLIVEIRA

Recife, fevereiro 2009

1. Caracterização do Problema

Segundo o INCA (Instituto Nacional de Câncer), o câncer de mama é a principal causa de morte entre as mulheres no Brasil [1]. Essa neoplasia, alteração celular, é bastante temida, devido, sobretudo, as suas altas taxas de incidência e as suas seqüelas, as quais afetam a percepção da sexualidade da mulher e a sua própria imagem como pessoa. Estima-se que o período entre o início do tumor e o seu crescimento até atingir aproximadamente 1 cm de diâmetro, quando ele torna-se palpável, seja de aproximadamente 10 anos. Nessa fase, o imageamento da mama é de fundamental importância para o acompanhamento do tumor, e quando detectado, seu tamanho determinará a indicação da realização da cirurgia de biópsia [2]. Portanto, a correta avaliação do tamanho tumoral assume importante papel no planejamento do tratamento do câncer de mama, evitando cirurgias mutilantes [3].

Outro tipo de enfermidade que, assim como o câncer de mama, causa grande impacto sobre a população brasileira, devido as suas seqüelas e altas taxas de mortes, são as doenças cerebrovasculares. Elas ocupam entre a primeira e terceira causa de morte no Brasil, dependendo do ano e estado do país [4]. Pesquisas revelam que 8,2% das internações e 19% dos custos hospitalares do Sistema de Saúde do Brasil se devem a doenças cerebrovasculares [5]. A organização Mundial de Saúde estima que o AVC (Acidente Vascular Cerebral), popularmente conhecido como derrame, ocupe a segunda posição de incidência entre as doenças cerebrovasculares [6]. Cerca de 40% dos pacientes acometidos por esta anomalia tornam-se inaptos a retornar ao trabalho, necessitando de algum tipo de amparo para desenvolver as suas atividades diárias, como realizar as necessidades fisiológicas, ler e escrever [7]. Esses tipos de limitações levam, com freqüência, o paciente a um estado de profunda depressão, principalmente naqueles com distúrbios de comunicação [8]. Em geral, encontra-se dificuldade de inserção social pela perda da autonomia decorrente das incapacidades que o AVC acarreta [9].

O diagnóstico de doenças intracranianas é complexo uma vez que os sintomas são bastante variáveis. A análise do procedimento de imageamento do crânio é o principal método na investigação desses tumores, no entanto, os resultados são de difícil interpretação. Muitos casos vistos na prática clínica não se encaixam, com precisão, nas imagens e descrições clássicas. É bastante comum existirem dúvidas a respeito do correto quadro patológico do paciente, ou até mesmo, diferentes radiologistas fornecerem diferentes diagnósticos para um mesmo caso. Apesar de difícil, o diagnóstico deve ser acurado, uma interpretação errada do quadro clínico do paciente pode diminuir as suas chances de recuperação, que em muitos casos, já são escassas. Outra consequência é o aumento dos gastos com a sua hospitalização, a qual se torna mais onerosa a cada dia **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Acrescido a isso está a necessidade da elaboração do diagnóstico em um curto espaço de tempo. A NINDS (*National Institute of Neurological Disorders and Stroke*) recomenda que o

tempo entre a admissão do paciente com AVC e a sua avaliação médica seja de aproximadamente 10 minutos [11].

O imageamento é a mais promissora técnica não só no estudo de doenças intracranianas, mas também nas pesquisas biológicas e médicas [12]. Apesar dos modernos dispositivos de imagens proverem excepcionais resoluções da anatomia interna, o diagnóstico de doenças anatômicas é difícil. Com isso técnicas de segmentação de imagens são utilizadas com o intuito de automatizar o processo moroso de manipulação dessas imagens.

Técnicas tradicionais de segmentação de imagens, como detecção de bordas, crescimento de regiões e análise de textura consideram apenas as informações locais, podendo levar a suposições incorretas durante o processo de integração ou até mesmo gerarem estruturas inviáveis [13]. Essas técnicas baseadas em modelos livres geralmente requerem quantidades consideráveis de intervenções.

Contornos Ativos é uma técnica de segmentação a qual é guiada com base na borda da imagem. Esta técnica geralmente é utilizada para detectar a forma de um objeto. Contornos Ativos vêm sendo cada vez mais utilizados como detector de tumores [13]-[16]. O trabalho exposto propõe a identificação de tumores de mama e doenças intracranianas através de um contorno ativo discretizado no espaço dinamicamente.

2. Objetivos e Metas

Este trabalho tem como objetivo principal a criação de um algoritmo computacional para segmentação de imagens médicas a partir da adaptação de técnicas conhecidas como Contornos Ativos.

Especificamente o projeto pretende:

- investigar o uso de contornos ativos em imagens médicas;
- propor adaptações para tornar o algoritmo mais rápido e preciso;
- realizar simulações do algoritmo proposto em computadores pessoais;
- embarcar o processamento de imagens em FPGAs para, fazendo uso de sua capacidade de processamento paralelo, reduzir o tempo gasto para o processamento.

3. Metodologia e Estratégia de ação

Pretende-se construir a versão inicial baseada em computadores *Desktops* utilizando as linguagens C e C++. A criação de uma biblioteca a qual realize a conversão de pixels para números inteiros deverá ser o primeiro passo. Após isso, ocorrerá a etapa de pré-processamento, correspondente as operações de binarização da imagem e utilização do algoritmo Prewitt para extração da borda dos objetos. O pré-processamento proposto contará com mais uma etapa que será a criação do gradiente da imagem.

O modelo tradicional de Contornos Ativos [14] gera excelentes resultados quando o contorno tem posição inicial suficientemente próxima à estrutura desejada, porém quando o ele é iniciado distante do objeto alvo, geralmente o algoritmo não obtém êxito. Esta é uma questão delicada, onde novas implementações e tentativas podem não resolver a questão e gerar novos problemas.

O campo de força da imagem será calculado, gerando o gradiente do fluxo de vetores. O GFV é calculado através da transformada direta de *fourrier*, aplicada ao resultado do algoritmo de Prewitt. O GFV é utilizado para conduzir o contorno em direção à borda da estrutura. Neste momento, o contorno funcionará como uma espécie de objeto físico, oferecendo resistência ao ser atraído pelo campo gerado. O campo de forças fará com que o contorno possa ser atraído pelo objeto mesmo sendo iniciado distante da borda da estrutura

Após a etapa de pré-processamento, ocorrerá o início da construção do modelo de Contornos Ativos, através da implementação das forças de curvatura, elástica, imagem e *ballon*. A força da curvatura garante rigidez ao contorno, já a força elástica torna-o suave, elástico. Essas forças em geral são chamadas de forças internas.

A força da imagem corresponde à força externa, ela é incumbida de aproximar o contorno da borda da imagem. Por fim a força *ballon* terá o papel de garantir a coesão do contorno. Também se fará necessário a criação das funções auxiliares no sentido de integrar todas as forças e fazer com que todas elas trabalhem em conjunto. De acordo com trabalhos expostos anteriormente [13] é possível que pontos do contorno fiquem presos em ruídos da imagem ou até mesmo que a estrutura final não gere resultados convincentes. O uso de *Shell Script* para construção de um fluxo automático para determinação dos pesos ideais para cada força do algoritmo poderá ser aplicado..

O contorno possuirá N pontos. Eles determinarão a posição inicial e o formato do contorno. O algoritmo realizará escolhas locais ótimas para cada ponto do contorno, com o intuito de reduzir a energia global. Cada ponto P_i , onde $i = 1, 2, 3, \dots, N$, será movido para a célula de menor energia funcional, dentro da sua matriz de vizinhança.

O trabalho exposto propõe uma discretização espacial dinâmica, não sendo necessária, então, uma quantidade mínima de pontos. Esse tratamento também é necessário como forma de evitar que dois pontos do contorno se aproximem

demasiadamente. Um contorno inicial dinâmico, mesmo que afastado da borda, consegue ser atraído pelo gradiente da imagem.

Na segunda parte do fluxo do projeto será construída a arquitetura do sistema, em linguagem VHDL, utilizando a ferramenta SOPC Builder [20]. A arquitetura será composta pelo processador NIOS II, um co-processador, uma memória DDR2 SDRAM, uma memória SRAM, três módulos de DMA (*Direct Memory Access*), um conector VGA (*Video Graphics Array*) e por fim um avaliador de desempenho.

O co-processador será responsável pela detecção da borda da imagem, com o intuito de acelerar, através do *hardware*, a operação de convolução entre o filtro e a imagem armazenada na DDR2 SDRAM. Essa memória também receberá os dados tratados após a execução do co-processador. Por fim a imagem será disponibilizada no conector VGA. O processador NIOS II controlará o fluxo dos dados, já os módulos DMAs determinarão a transferência de dados entre as memórias interna e externa, DDR2 SDRAM e SRAM respectivamente. A arquitetura sugerida neste trabalho será composta por um núcleo de processador NIOS II com frequência de 50 MHz e tensão de alimentação de 1.2 Volts. A família e o dispositivo alvo do sistema serão Cyclone II e EP2C35F672C6 respectivamente.

Na etapa 3, a aplicação desenvolvida na parte 1 será adaptada compilada, através da ferramenta NIOSII IDE [20]. A aplicação contará com os seguintes *softwares*:

- main.c: Programa responsável por controlar os módulos DMAs. Além de garantir a transferência para o conector VGA dos resultados dos Contornos Ativos.
- read_bmp.c: Software responsável pela leitura da imagem armazenada na memória.
- image.h: Biblioteca responsável pela definição dos parâmetros da imagem, prototipação e informações de mapeamento.
- input_bmp.h: Biblioteca incumbida de armazenar tanto os bitmaps RGB quanto os tons de cinza.

Por fim, a arquitetura será compilada, neste momento com a aplicação carregada na memória DDR2 SDRAM. No quarto estágio, a ferramenta ModelSim-Altera [20] será utilizada para a obtenção do número de ciclos necessários à execução da aplicação no sistema gerado. A última tarefa desta pesquisa será a comparação entre os tempos gerados pelo sistema embarcado e pelo sistema *Desktop*.

4. Resultados e Impactos esperados

Ao final do trabalho um algoritmo computacional de busca de contornos será adaptado para a extração correta de parâmetros dimensionais de tumores presentes em imagens médicas auxiliando os médicos no seu diagnóstico.

Espera-se que o sistema proposto passe a ser utilizado na rede hospitalar e sirva como parâmetro na identificação e na interpretação do tamanho tumoral do câncer. Fazendo com que a eficiência e a precisão do exame de mama seja menos dependente da experiência do profissional examinador.

Em relação ao estudo das doenças intracranianas, espera-se que o FPGA aumente, em média, o desempenho do sistema cerca de 10 vezes em relação a um computador *Desktop* Pentium Dual Core, com 1.60 GHz e 512MByte de memória RAM. Além do rápido tempo de resposta, o sistema deverá prover resultados os quais auxiliem a interpretação do correto procedimento cirúrgico e ajudem a estimar o tempo de formação do tumor.

5. Conclusões

Caso os resultados sejam alcançados, espera-se que o trabalho proposto contribua para aumentar as chances de recuperação de pacientes acometidos por câncer de mama e doenças intracranianas. Colaborando, assim, para que essas anomalias deixem de ocupar as primeiras posições nos índices de mortes da população brasileira.

Se a arquitetura funcionar de forma adequada, essa poderá funcionar como modelo para várias soluções as quais contemplem a área de processamento de imagens em questões médicas. Garantindo assim a portabilidade do sistema, uma característica inerente ao FPGA. Com essa vantagem, o sistema poderá ser estendido para outros requisitos além dos propostos neste trabalho, como a tolerância a falhas e o diagnóstico a distância.

Mesmo não havendo qualquer tipo de expansão no sistema proposto, a sua vida-útil e aplicabilidade deverão ser altas. Já que apesar de haverem pesquisas no sentido de evitar a cirurgia de extração tumoral [21][22], devido ao fato dela ser extremamente delicada e perigosa, a perspectiva, no entanto, é que por um longo tempo ela continue sendo utilizada em quase 100% dos casos indicados. Já que pesquisas em áreas médicas necessitam de um grande período de testes clínicos.

6. Referências Bibliográficas

- [1] Dados estatísticos sobre o câncer de mama do INCA(Instituto Nacional do Câncer). Disponível em <http://www.inca.gov.br/estimativa/2008/>. Acesso em 12 de janeiro de 2009.
- [2] ZURRIDA, S., GALIMBERT, V. e LEUINI, A. A disseção axilar no carcinoma de mama. Mastologia oncológica. Rio de Janeiro, pág. 11-302, 2002.
- [3] SIQUEIRA, F. M. P., REZENDE, C. A. L. e BARRA, A. A. Correlação entre o exame clínico, a mamografia e a ultra-sonografia com exame anatomopatológico na determinação do tamanho tumoral no câncer de mama. Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia. Volume 30, número 3, Rio de Janeiro, 2008.
- [4] LESSA, I. Epidemiologia das doenças cerebrovasculares no Brasil. Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo, São Paulo. Volume 9, número 4, pág. 509-518, 1999.
- [5] GOMES, M. M. Doenças do cérebro: prioridade de política de saúde pública no Brasil? Revista Brasileira de Neurologia. Volume 28, pág. 11-16, 1992.
- [6] THOM, T.J. e EPSTEIN, F.H. Heart disease, cancer and stroke mortality trends and their interrelations. An international perspective. Volume 90, número 1, pág. 574-582, 1994.
- [7] FALCÃO, I. V. et al. Acidente vascular cerebral precoce: implicações para adultos em idade produtiva atendidos pelo Sistema Único de Saúde. Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil, Recife. Volume 4, número 1, pág. 95-102, 2004.
- [8] ROCHA, F. L., CUNHA, U. G. V. e GIACOMIN, K. C. Depressão pós-acidente vascular cerebral (AVC). Jornal Brasileiro de Psiquiatria, Rio de Janeiro. Volume 42, número 4, pág. 203-208, 1993.
- [9] AZEVEDO, R. V. M, MORETÃO, D. I. C. e MORETÃO, V. J. Prevenção de Acidente Vascular Cerebral em Pacientes Portadores de Cardiopatia. Revista Interseção, Belo Horizonte. Volume 1, número 2, pág. 82-90, 2008.
- [10] RADANOVIC, M. Características do Atendimento de Pacientes com Acidente Vascular Cerebral em Hospital Secundário. Volume 58, número 1, pág. 99-106, 2000.
- [11] Informações sobre a NINDS(*National Institute of Neurological Disorders and Stroke*). Disponível em: <http://www.ninds.nih.gov/>. Acesso em 29 de janeiro de 2008
- [12] HENDEE, W.R. e RITENOUR, E.R. Medical Imaging Physics. Quarta Edição. Editora Wiley-Liss, 2002.
- [13] Souza, A., Geus, K. Identificação de Tumores Cerebrais por Meio do Modelo de Contornos Ativos e Algoritmos Genéticos. Dissertação do curso

- de pós-graduação em Informática do Setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná, 2003.
- [14] Mcinerney, T., Terzopoulos, D. “Deformable Models in Medical Images Analysis: A survey”. *Medical Image Analysis*. Volume 1, número 2, pág. 91-108. 1996.
 - [15] Mcinerney, T., Terzopoulos, D. “Medical Image Segmentation Using Topologically Adaptable Surfaces”. *CVRMed’97*, Grenoble, France, March, 1997.
 - [16] Mcinerney, T., Terzopoulos, D. “T-snakes: Topology adaptive snakes”. *Medical Image Analysis*. pág. 73-91. 2000.
 - [17] GEORGE, V., ZHANG, H. e RABAEY, J. The Design of a Low Energy FPGA. *International Symposium on Low Power Electronics and Design*, pág. 188-193, 1999
 - [18] SILVA-FILHO, A. G. e LIMA, S. M. L. Mecanismo de Otimização de Consumo de Energia e Desempenho com Base na Variação de Parâmetros de Memória Cache e do Processador NIOSII. *Nono Workshop em Sistemas Computacionais de Alto Desempenho WSCAD-SSC*, 2008.
 - [19] DRAPER, B. A., BEVERIDGE, J. R., BOHM, A. P. W, ROSS, C. e CHAWATHE, M. Accelerated Image Processing on FPGAs. *Image Processing, IEEE Transactions on* Volume 12, número 12, pág. 1543-1551, 2003.
 - [20] Ferramentas SOPC Builder, NIOSII-IDE e ModelSim-Altera. Disponível em www.altera.com. Acesso em 11 de janeiro de 2009.
 - [21] Informações sobre a prescrição do remédio *Avastin*, do laboratório *Roche*. Disponível em: <http://www.gene.com/gene/products/information/oncology/avastin/insert.jsp>. Acesso em 29 de Dezembro de 2008.
 - [22] Informações sobre a vacina *CDX-110*, do laboratório *Pfizer*. Disponível em: http://www.celldextherapeutics.com/wt/page/cdx_110 Acesso em 30 de Dezembro de 2008.

PROJETO DE FINAL DE CURSO

De acordo:

Assinatura do Discente

Assinatura do(a) Orientador(a)

Recife: ____ / ____ / ____