

# SIGUS - Plataforma de Apoio ao Desenvolvimento de Sistemas para Inclusão Digital de Pessoas com Necessidades Especiais

Hemerson Pistori<sup>1</sup>, Priscila Silva Martins<sup>1</sup>, Mauro Conti Pereira<sup>1,2</sup>, Amaury Antonio de Castro Jr<sup>1</sup>, João Jose Neto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Pesquisa em Engenharia e Computação – GPEC – Universidade Católica Dom Bosco (UCDB)  
Av. Tamandaré 6000, Campo Grande, MS – Brasil CEP 79117-900

<sup>2</sup>LAC – Laboratório de Automação e Controle, Depto de Engenharia de Telecomunicações e Controle, EPUSP

<sup>3</sup>LTA – Lab.de Linguagens e Tecnologias Adaptativas, Depto de Computação e Sistemas Digitais, EPUSP  
Avenida Prof. Luciano Gualberto, travessa3 nº 158 - CEP - 05508-900 - São Paulo, SP - Brasil

Email: {pistori, martins, mauro, amaury}@ec.ucdb.br, joão.jose@poli.usp.br

**Palavras-chave:** software livre, pessoas com necessidades especiais, aprendizagem de máquina, processamento digital de imagens

## Resumo

A contínua diminuição dos custos dos dispositivos de captura de imagens, juntamente com o aumento significativo na capacidade de processamento dos computadores pessoais, tem possibilitado cada vez mais o desenvolvimento de novos tipos de interfaces homem-máquina. O objetivo principal desse projeto é aumentar a quantidade de programas de computador que possam ser utilizados por pessoas com necessidades especiais. Para isso, está sendo criada uma ferramenta para simplificar o desenvolvimento e os testes de programas capazes, por exemplo, de seguir o movimento do olhar de um tetraplégico e utilizar essa informação na interação com um computador, ou até mesmo acionar uma cadeira de rodas. A plataforma SIGUS foi construída baseada nos princípios do software livre fazendo uso de diversos aplicativos, tais como JMF, ImageJ e WEKA, que serão descritas no decorrer do artigo. Ao final do trabalho os resultados serão disponibilizados gratuitamente, através da Internet. São dados detalhes também das diversas atividades envolvidas no projeto para a criação de uma ferramenta integrada que seja capaz de unir técnicas de processamento de imagens e de aprendizagem de máquina que permita fácil utilização para auxiliar o desenvolvimento de sistemas deste tipo.

## 1. Introdução

A partir da década de 90, em função dos avanços tecnológicos e também da *World Wide Web* - WWW, as pessoas com necessidades especiais passaram a se beneficiar de novos sistemas, mais adaptados às suas necessidades.

Apesar da inserção de grande parte das pessoas com necessidades especiais, algumas ainda têm dificuldade em ter acesso a esses recursos, como os tetraplégicos, ou pessoas com deficiência auditiva.

Dessa forma surge uma nova classe de aplicativos, através dos quais se torna possível manter contato com

outras pessoas, obter acesso às informações e ao conhecimento. Entretanto, para que isto seja viável, faz-se necessário um conjunto de aparatos tecnológicos, que permitam a interação destas pessoas com um computador, por exemplo, por meio de óculos especiais, capacetes e emissores infravermelhos. Contudo, mesmo estando apto à utilizar um destes meios adaptados, existe uma outra barreira a ser superada, a questão financeira, pois o acesso a esses meios adaptados, em geral demandam um custo elevado.

A substituição dos tradicionais teclados e mouses por sinais visuais, capturados através de dispositivos de captura de imagens, mais baratos, associado ao maior poder de processamento dos computadores pessoais, permite a criação de aplicativos baseados no processamento dessas imagens, o que contribui no aumento do grau de adaptabilidade desses sistemas.

Para tetraplégicos, por exemplo, pode-se desenvolver editores de texto ou navegadores para Internet, que sejam acionados através dos movimentos do globo ocular. Já os deficientes auditivos, também poderiam se beneficiar deste tipo de sistema, com a introdução de programas de computador capazes de interpretar línguas de sinais.

Embora existam algumas ferramentas livres de apoio ao desenvolvimento de diferentes módulos de um sistema guiado por sinais visuais, não se tem conhecimento da existência de uma ferramenta integrada, especializada, e de fácil utilização, para auxílio ao desenvolvimento deste tipo de sistema.

Por esta razão, visando diminuir este abismo digital, onde essas pessoas encontram-se inseridas, surgiu o projeto SIGUS [1], uma plataforma que reúne vários softwares de apoio à construção de sistemas baseados no processamento de imagens, e que visa facilitar e incentivar a criação de ferramentas computacionais que possibilitem a inserção de pessoas com necessidades especiais no mundo real.

## 2. Trabalhos Correlatos

O desenvolvimento de áreas como robótica, controle automático e visão computacional, dentre outras, tem proporcionado o surgimento de diversos equipamentos capazes de tornar mais simples e autônoma a vida de pessoas que dependem de algum tipo de dispositivo auxiliar para locomoção.

No caso dos tetraplégicos, a cadeira de rodas convencional os coloca na dependência de uma outra pessoa, para conduzi-la. Para contornar esse problema, pesquisas estão sendo realizadas visando a construção de dispositivos que permitam que uma cadeira de rodas motorizada possa ser controlada por outros meios, como, por exemplo, comandos de voz [7]. No entanto, a utilização desses mecanismos, em situações reais, pode ser muito complicada e frustrante para os usuários, por exemplo, uso de aparelhos de amplificação sonora individual [11].

Stiefelagen [8] relata ter obtido uma precisão entre 1.3 e 1.9 graus em um sistema que permite o controle do ponteiro do mouse através do olhar, para isto ele utilizou uma rede neural artificial do tipo *feed-forward* com 3 níveis, utilizando a técnica de *backpropagation* para treinamento. Embora precisões de até 0.75 graus possam ser obtidas usando outros métodos [9], as técnicas que utilizam redes neurais, além de não dependerem de dispositivos especiais, podem ser utilizadas em diversos tipos de ambiente e iluminação, o que em geral não ocorre com as outras técnicas.

## 3. Plataforma SIGUS

A plataforma SIGUS é um ambiente computacional de apoio ao desenvolvimento de sistemas para inclusão digital de pessoas com necessidades especiais, que tem como objetivo aumentar o número de programas computacionais destinados a essas pessoas, fornecendo em um único ambiente gráfico, um conjunto de ferramentas de processamento digital de imagens e aprendizagem automática já existentes, tais como WEKA, para a aprendizagem automática, e o ImageJ, para o processamento digital de imagens e o AdapTools [3], para o reconhecimento de padrões através da tecnologia adaptativa.

Através da integração destes componentes a plataforma SIGUS é construída, e segue os princípios da filosofia do software livre, e dessa forma será futuramente disponibilizada à comunidade para a sua melhoria, através da licença de utilização *GPL*.

A seguir são apresentadas as ferramentas que formam o núcleo do SIGUS, e como elas se integram.

### 3.1. WEKA

WEKA (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*) [10] é uma ferramenta escrita em JAVA, com código fonte aberto sob os termos da *General Public License (GPL)*. Esta ferramenta apresenta uma coleção de algoritmos de aprendizagem de máquina visando o reconhecimento de padrões. Estes algoritmos podem ser

aplicados diretamente em um conjunto de treinamento, ou podem ser invocados por outro programa.

Também fazem parte do WEKA ferramentas para pré-processamento, classificação, regressão, regras de associações e visualizações de dados, que possibilitam a obtenção de resultados estatísticos, por meio da comparação dos resultados, apresentados em execuções simultâneas de diversos programas, e de diversos tipos de classificadores.

### 3.2. ImageJ

O ImageJ<sup>1</sup>, idealizado por Wayne Rasband, trata-se de um programa para processamento de imagens, com código aberto, implementado em JAVA. Foi inspirado no programa NIH Image, desenvolvido para Macintosh. Este programa pode ser executado de várias maneiras, on-line, através de um *applet* ou como uma aplicação local.

Com este pacote é possível analisar, processar, editar, imprimir e salvar imagens de 8, 16 e 32 bits. Através deste pacote, entre outras opções também é possível a geração de histogramas dos espaços de cores das imagens, detecção de bordas, realizar transformações geométricas com alteração de escala, rotação e translação. O ImageJ permite que novos recursos sejam incorporados na forma de *plugins* escritos na linguagem JAVA.

### 3.3. Java Media Framework

O JMF (*Java Media Framework*)<sup>2</sup> é um pacote utilizado para capturar imagens em tempo real, que permite que programas escritos em linguagem Java possam acessar, por exemplo, imagens capturadas através de uma *webcam* acoplada a um computador pessoal. Sua grande vantagem é a portabilidade conferida aos sistemas que utilizam a *webcam* em diferentes plataformas de hardware e software, pois ela abstrai detalhes de arquiteturas e interface dos dispositivos.

### 3.4. Adaptools

Um autômato adaptativo [13] é um tipo de dispositivo guiado por regras capaz de modificar a sua própria estrutura durante a sua operação. Ele é composto por um dispositivo subjacente, o autômato de pilha estruturado [14], que corresponde à parte não-adaptativa e pela camada adaptativa, definida por um conjunto de ações adaptativas capazes de modificar a estrutura do dispositivo subjacente. Estes dispositivos têm um enorme potencial para o reconhecimento de padrões e linguagens, incluindo-se as linguagens naturais, podendo ser treinados para reconhecer cadeias de caracteres geradas pelos parâmetros discretos extraídos de uma imagem.

O Adaptools [3], é um ambiente computacional que permite a implementação, depuração e testes de autômatos adaptativos. O núcleo deste sistema é composto por uma máquina virtual que executa uma

<sup>1</sup> Disponível em <http://rsb.info.nih.gov/ij>

<sup>2</sup> Disponível em <http://java.sun.com/products/java-media/jmf>

versão levemente modificada de um autômato adaptativo.

As técnicas de aprendizagem de máquina presentes na plataforma SIGUS, a princípio eram desenvolvidas apenas através da ferramenta WEKA, através da qual se gerava um conjunto de treinamento, o qual era usado na classificação da imagem capturada. Um conjunto de treinamento pode consistir de uma cadeia de caracteres, extraída da imagem, seguida de seu significado. Dessa forma, este conjunto pode ser modelado através de um autômato adaptativo e a ferramenta AdapTools pode substituir a ferramenta WEKA, na etapa de aprendizagem, fazendo assim a classificação da imagem. Esse potencial foi empregado para o reconhecimento de sinais visuais na plataforma SIGUS, através de uma integração com o software AdapTools [5].

A Figura 1 demonstra como foi realizada a integração das ferramentas acima citadas. As linhas pontilhadas resumem o fluxo de informações relacionado ao treinamento do sistema. O treinamento do sistema ocorre da seguinte maneira, primeiro uma imagem do sinal a ser aprendido é capturada por uma *webcam*, com o auxílio do JMF, juntamente com a classificação deste sinal (fornecida via teclado ou mouse). Após ser convertida, a imagem é transmitida para o módulo de processamento digital de imagens (ImageJ). Nesse módulo são realizadas algumas transformações na imagem e, se necessário, são aplicados filtros adicionais à ela. O resultado dessas transformações é passado ao módulo de aprendizagem (WEKA/AdapTools), juntamente com a classificação do sinal, que aciona o algoritmo de aprendizagem.

Depois que os sinais são aprendidos, o sistema entra no modo de funcionamento representado pelas linhas cheias da Figura 1. Nesse modo, a entrada consiste apenas das imagens capturadas pela *webcam* (sem as informações de treinamento). As imagens são processadas através dos mesmos filtros utilizados no treinamento e as informações resultantes são passadas para o módulo de aprendizagem. O módulo de aprendizagem deve agora oferecer uma resposta à entrada, com base no modelo abstraído a partir dos exemplos fornecidos anteriormente. Esta resposta é apresentada ao usuário através de algum dispositivo de saída, como por exemplo, o monitor do computador.

Na Figura 1, as elipses representam módulos de software que não existiam e precisaram ser criados dentro do SIGUS, enquanto que os retângulos destacam pacotes de software de terceiros que estão sendo adaptados para utilização neste projeto. A integração destes pacotes pré-existentes não foi uma tarefa trivial, uma vez que, além de complexos, estes pacotes não foram projetados para trabalhar em conjunto.

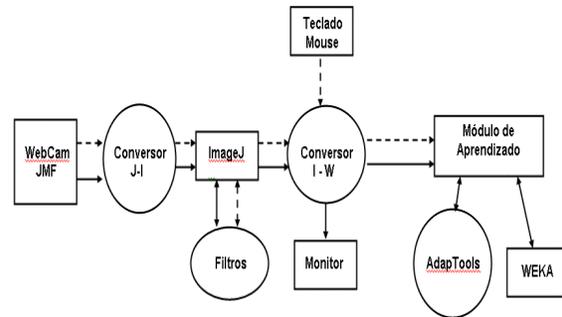


Figura 1 - Arquitetura da Plataforma SIGUS

#### 4. Aplicações Desenvolvidas

Alguns protótipos foram desenvolvidos utilizando a plataforma SIGUS. A princípio podemos citar o TTT (*Tic Tac Toe*) [2], um jogo da velha, em que a captura da direção do olhar do jogador é que irá conduzir à posição que o jogador deseja jogar. A captura é realizada através de uma câmera posicionada acima do monitor.

O LIBRAS é um sistema que quando treinado pode reconhecer as letras, números e símbolos da linguagem brasileira de sinais (LIBRAS) a partir de imagens capturadas por uma *webcam* e iniciar a edição de um texto, somente a partir dos sinais manuais [12].

Em Fernandes *et. al.*[4] é descrito um simulador de um ambiente, o qual também utiliza a plataforma SIGUS, visando realizar o controle de cadeiras de rodas motorizadas, utilizando expressões faciais capturadas por uma *webcam*, a Figura 2 mostra exemplos destes tipos de expressões, por exemplo, se o usuário olhasse para cima, a cadeira seguiria em frente, para baixo, a cadeira pararia e para esquerda ou direita faria curvas.



Figura 2 - Exemplos de expressões capazes de gerar comandos para uma cadeira de rodas

O protótipo é composto de sete botões e uma seta, conforme ilustrado na Figura 3. A seta representa a cadeira de rodas e os botões são utilizados para movimentar a seta por meio das diferentes configurações da face. Os botões para movimentar a cadeira são: RIGHT, LEFT, TOP e STOP. Os outros três botões estão relacionados com as fases de calibração do segmentador de pele humana (*Start/Stop Calibration*), e de aprendizagem supervisionada (*Stop Training e Clear Previous Examples*), as quais visam fornecer os parâmetros necessários para a adaptação do sistema ao usuário.



**Figura 3 - Tela principal do protótipo**

Um banco de imagens de linguagem brasileira de sinais encontra-se em desenvolvimento. As imagens com os surdos já foram gravadas, e encontram-se agora na fase de classificação, por um especialista. Como resultado final espera-se a disponibilização do primeiro banco de imagens de sinais LIBRAS, especialmente criado para a realização de experimentos com algoritmos de reconhecimento de padrões, visão computacional e aprendizagem de máquina. Estas imagens servirão de entrada na plataforma SIGUS para, por exemplo, a criação de uma sistema que acione eletrodomésticos, a partir de uma seqüência de comandos com as mãos.

## 5. Conclusão

Espera-se que com a plataforma SIGUS o número de aplicativos voltados para pessoas com necessidades especiais venha aumentar, pois com os módulos existentes no SIGUS o processo de desenvolvimento destes fica menos complexo. E a partir de agora, os resultados das pesquisas desenvolvidas tem maiores possibilidades de tornarem-se produto, por exemplo, criar uma cadeira de rodas que se movimenta através da direção do olhar.

Uma outra contribuição direta para a sociedade, e um dos principais objetivos do projeto poderá ser alcançado rapidamente, pois, com o aumento do interesse da comunidade científica por esta área, as chances do aumento da inclusão digital de pessoas portadoras de necessidades especiais são acrescidas.

## Agradecimentos

Este trabalho recebeu apoio financeiro da Universidade Católica Dom Bosco, UCDB, da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul, FUNDECT, da Agência Financiadora de Estudos e Projetos, FINEP e do Conselho Nacional de Pesquisa, CNPq, através de bolsas PIBIC. Um agradecimento especial a todos os acadêmicos do curso de Engenharia de Computação que colaboraram com o desenvolvimento deste projeto.

## Referências

- [1] H. Pistori e M.C. Pereira, "Integração dos ambientes livres weka e Imagej na construção de interfaces guiadas por sinais visuais", Anais do V Workshop de Software Livre – WSL, Porto Alegre, RS, Junho/2004.

- [2] J. J. Neto, E.R. Costa e H. Pistori, "Utilização de tecnologia adaptativa na detecção da direção do olhar", SPC Magazine, 2, 2003.
- [3] J.J. Neto e H. Pistori, "Adapttools: Aspectos de implementação e utilização", Boletim técnico PCS - USP, 2003.
- [4] B.P. Fernandes, V. A. S. Silva e H. Pistori, "Protótipo de um Simulador para Cadeiras de Rodas Guiadas por Expressões Faciais: Estudos Preliminares", Solisc, 2005.
- [5] D.G. Santos, H. Pistori, A.A. Castro Jr. e J.J. Neto, "Integração da Plataforma SIGUS com a Ferramenta de Apoio a Aplicação de Tecnologia Adaptativa AdapTools", SIMS, 2005.
- [6] H. Pistori, "Tecnologia Adaptativa em Engenharia de Computação: Estado da Arte e Aplicações", PhD thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2003.
- [7] N. L. Katevas, N. M. Sgouros, S. G. Tzafestas, G. Papakonstantinou, P. Beattie, J. M. Bishop, P. Tsanakas, D. Koutsouris, "The autonomous mobile robot senario: A sensor-aided intelligent navigation system for powered wheelchairs", IEEE Robotics and Automation, 4:60–70.
- [8] R. Stiefelhagen, J. Yang, Waibel, "A. Tracking eyes and monitoring eye gaze", Proceedings of the Workshop on Perceptual User Interfaces (PUI'97), p. 98-100, 1997.
- [9] S. Baluja, D. Pomerleau, "Non-intrusive gaze tracking using artificial neural networks." In: COWAN, J. D.; TESAURO, G.; ALSPECTOR, J. (Ed.). Advances in Neural Information Processing Systems. Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1994. v. 6, p. 753-760.
- [10] I.H. Witten, E. Frank, "Data Mining: Practical machine learning tools and techniques", 2nd Edition, Morgan Kaufmann, San Francisco, 2005.
- [11] K. Almeida, "Avaliação objetiva e subjetiva do benefício de próteses auditiva em adultos", [Tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 1998.
- [12] K. P. Souza, H. Pistori, "Implementação de um Extrator de Características baseado em Momentos da Imagem", XVIII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing - SIBGRAP, III Workshop de Trabalhos de Iniciação Científica em Computação Gráfica e Processamento de Imagens - WICCGPI, Natal, Outubro 9-12, 2005.
- [13] J. J. Neto, "Contribuições à metodologia de construção de compiladores", Tese de Livre Docência, USP, São Paulo, 1993.
- [14] J. J. Neto, "Introdução à Compilação", 1. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC - Livros Técnicos e Científicos, 1987. 222 p.