

# RoboFEI Small Size Team Description 2008

ANDRÉ DE O. SANTOS, GABRIEL FRANCISCHINI, FELIPE ZANATTO, FERNANDO P. TAVARES, JOSÉ A. GURZONI JR, LEONARDO A. FERREIRA, MILTON P. CORTEZ JR, RONALDO K. SATOMI, FLAVIO TONIDANDEL, REINALDO A. C. BIANCHI

**Abstract**— Este artigo descreve a nova equipe do Centro Universitário da FEI pertencente à categoria Small Size. São descritas as características do hardware do robô, sistema de visão e estratégia

## I. INTRODUÇÃO

A equipe RoboFEI pertencente ao Centro Universitário da FEI tem conseguido ótimos resultados ao longo dos anos, desde que foi criado em 2003, competindo desde então na categoria Very Small [1]. Baseado nestes resultados, que agregaram valor e reconhecimento à instituição, surgiu o interesse em desenvolver um projeto ligado à categoria Small Size [2]. Aqui serão apresentados os resultados de todo o processo de desenvolvimento, que contou com a participação de diversos alunos..

## II. ARQUITETURA DO HARDWARE

Uma foto do robô desenvolvido pode ser vista na Figura 1.

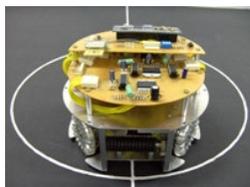


Figura 1 – O robô desenvolvido

### A. ESTRUTURA MECÂNICA

O robô desenvolvido segue a tendência das principais equipes que participam deste categoria no mundo. Ele apresenta um sistema de deslocamento omnidirecional, ou seja, ele é capaz de se deslocar combinando movimento linear e angular, com isso é possível que ele se movimente em qualquer direção, sem ter que girar antes. O movimento resultante do robô é obtido através da soma vetorial das velocidade de cada uma das quatro rodas, que estão representadas na Figura 2.

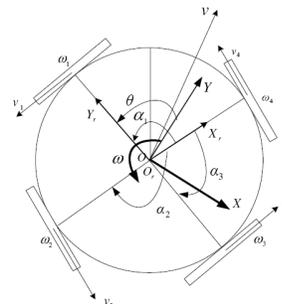


Figura 2 – Modelo Omnidirecional

Além do sistema de deslocamento, este robô também apresenta dispositivos com funções específicas, como o dispositivo de dribble, que consistem em um motor acoplado a um eixo emborrachado, que ao girar prende a bola junto ao robô através de atrito permitindo que o mesmo se desloque sem perder o controle sobre a bola. Também existe um sistema de chute, composto por um solenóide, que ao ser acionado permite que o robô “chute” a bola.

### B. Projeto Eletrônico

O projeto eletrônico foi concebido para permitir que o robô seja o mais modular possível. O circuito foi separado em três placas, uma para alimentação e dispositivo de chute, uma para o controle dos motores e a última para o controle central e comunicação. A Figura 3 demonstra um diagrama de blocos que demonstra a relação entre estes diversos módulos de maneira simplificada.

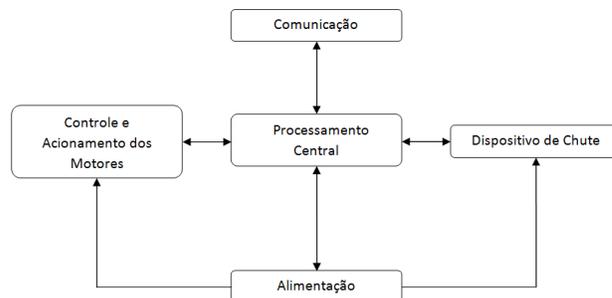


Figura 3 – Diagrama de blocos dos circuitos

Manuscript received October 17, 2008.

Authors are with the Robotics and Artificial Intelligence Laboratory, Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, Brazil. (e-mail: flaviot@fei.edu.br, rbianchi@fei.edu.br).

A placa de alimentação é responsável por receber a tensão de 7,4V vindas de quatro baterias de polímero de

lítio, e gerar as diferentes tensões utilizadas pelos demais circuitos. O sistema de chute é composto por um conversor DC-DC boost, que eleva as tensões da bateria para aproximadamente 200V, e armazena em um capacitor. Com o controle da descarga deste capacitor sobre o solenóide é possível controlar a intensidade do chute.

O controle de cada um dos motores é feita por um microcontrolador MC9S08QG8, que recebe o sinal do encoder e realiza uma rotina PID para o controle de velocidade, garantindo que o movimento do robô seja o mais próximo do ideal possível.

O controle central do robô é realizado por um microcontrolador LPC2148, um microcontrolador de 32-bit com núcleo ARM7, que é utilizado em PDA's, videogames, e sistemas embarcados em geral, onde é necessária grande capacidade de processamento e baixo consumo de energia. Este microcontrolador é responsável por receber as informações vindas do módulo de rádio, as interpreta e envia para os motores, além disso controla o dispositivo de chute e dribble.

### III. COMPUTER VISION SYSTEM

Na categoria Small Size [2], os times são diferenciados por círculos de 50 mm de diâmetro posicionados nos centros dos robôs. Como a priori sabemos a forma do objeto a ser detectado, usamos o Filtro de Canny e a Transformada de Hough para obter os centros dos círculos, e com isso as posições dos robôs.

Em 2008, o sistema de visão, baseado na implementação feita pra os anos anteriores [3], foi modificada para se adaptar à categoria Small Size. Foram implementadas regiões de interesse (ROIs) para reduzir o tempo de processamento, uma vez que o tamanho dos robôs e bola somados ainda é consideravelmente menor do que o tamanho do campo. O sistema foi também adequado para uso de duas câmeras, já que o campo da categoria mede aproximadamente 6x4 metros e a câmera deve estar posicionada à 4 metros de altura, condições acima do limite ótico da grande maioria das câmeras.

As regiões de interesse, que possuem tamanhos de 100x100 pixels para os robôs e 200x200 pixels para a bola, reduzem o tamanho total de pixels analisados em cerca de 78%.

O sistema possui oito estágios, que são captura da imagem, separação por regiões de interesse, subtração do fundo (*background*), conversão para escala de cinza, filtro de bordas Canny, geração do espaço de Hough, determinação de pontos que possuem grande probabilidade de serem centros de círculos e classificação por cores dos objetos (robôs e bola).

A captura da imagem é feita com uma placa de captura ou via interface firewire, com resolução de 640x480 e a 30 frames por segundo.

A segunda fase do sistema cria onze regiões de interesse (ROIs) para os dez robôs e bola, e mantém registro da

posição dos objetos, para a movimentação dessas regiões. Embora essas regiões cresçam sempre que um objeto é perdido, ainda assim representam uma grande redução do tempo computacional gasto no sistema, uma vez que no máximo 22% da área da imagem é manipulada de alguma maneira, e uma área total bem menor efetivamente passa por todos os estágios.

Deste ponto em diante, todos os estágios ocorrem apenas dentro das áreas de interesse, e o processamento das áreas ocorre em paralelo, tirando vantagem do processador Intel Core 2 Duo do PC.

Depois da subtração de fundo (*background*), a imagem é convertida para escala de cinza, um filtro gaussiano alivia os ruídos da imagem e o filtro de Canny é aplicado, seguido por uma transformação para o espaço de Hough. Detalhes da implementação podem ser vistos em [3]

A última parte do sistema de visão, que também foi modificada em relação aos anos anteriores, é a responsável pela classificação da cor para que os objetos possam ser detectados. Nesta fase, foi implementada uma rede neural artificial (RNA) para o reconhecimento de cores. A rede, usando o já conhecido multi-layer back propagation algorithm (MLP) recebe os valores HSV da cor e retorna o objeto ao qual ela pertence. O uso da rede neural aumenta de maneira significativa a robustez para variações de luminância e elimina o processo de calibração manual. Porém, os robôs da categoria Small Size possuem sistemas de chute, e somente o uso de detecção de círculos não é suficiente para encontrar a bola, que deixa de ser um círculo para a câmera quando ganha grandes velocidades. A solução para o problema da detecção da bola, um sistema de blob coloring, é efetivo mas conflitaria diretamente com o uso da rede neural, já que blobs acarretam em um aumento significativo no número de pixels a serem classificados. Para contornar essa limitação e manter a eficaz rede neural, a solução é, visto que o espaço HSV é espaço relativamente pequeno para computadores atuais (360x100x100), criar uma tabela previamente carregada (*lookup table*) com as respostas da rede neural para todas as combinações de cor, fazendo com que apenas uma pesquisa na tabela seja suficiente para a classificação.

Para identificação dos robôs, é utilizado o padrão borboleta, adaptado do padrão descrito em [4]. O padrão borboleta nos permite a montagem de 4<sup>n</sup> robôs diferentes, onde n é o número de cores disponíveis, reduzindo assim a necessidade do uso de várias cores, uma vez que apenas duas são suficientes para a identificação de todos os robôs.

Para a categoria Small Size, as câmeras devem ser posicionadas a 4 metros de altura. Como a área de captura é grande e a altura da câmera também, a imagem capturada acaba sendo ovalada. Para resolver esse problema, utilizou-se o método de Tsai descrito em [5] e [6], que consiste no uso de um objeto de geometria conhecida, como um tabuleiro de xadrez, para estimar matrizes de parâmetros externos e internos da câmera que servem para realizar a

correção da deformação.

A matriz de parâmetros internos é formada pelo ponto principal da imagem, normalmente o centro dela, e pelo foco da lente. A matriz dos parâmetros externos é a matriz de rotação/translação da câmera.

Tabela 1. Tempos de execução (todas as ROIs)

<b>Function</b>	<b>Execution Time</b>
<i>Image Undistortion</i>	<i>6ms</i>
<i>Background extraction</i>	<i>2ms</i>
<i>Gray Scale + Canny</i>	<i>5ms</i>
<i>Hough Space</i>	<i>7ms</i>
<i>Determine Objects</i>	<i>&lt;0.5ms</i>
<i>Classify Color</i>	<i>1.5ms</i>
<b>Total</b>	

#### REFERÊNCIAS

- [1] - "Robo Soccer Mirobot". Disponível em: <<http://www.fira.net/soccer/mirobot/overview.html>>. Acesso em: 10 Set. 2008.
- [2] - "Small Size Robot League". Disponível em: <<http://small-size.informatik.unibremen.de/>>. Acesso em: 10 Set. 2008.
- [3] - Martins, M. F.; Tonidandel, F.; Bianchi, R. A. C. (2006). A Fast Model Based Vision System for a Robot Soccer Team. Lecture Notes in Computer Science, 2006.
- [4] - Veloso, Manuela. Bruce, James (2003). "Fast and Accurate Vision-Based Pattern Detection and Identification". Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on Robotics and Automation
- [5] - "An Efficient and Accurate Camera Calibration Technique for 3D Machine Vision", Roger Y. Tsai, Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Miami Beach, FL, 1986, pages 364-374,
- [6] - A versatile Camera Calibration Technique for High-Accuracy 3D Machine Vision Metrology Using Off-the-Shelf TV Cameras and Lenses", Roger Y. Tsai, IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol. RA-3, No. 4, August 1987, pages 323-344.