
ROBOFEI: EQUIPE DE ROBÔS DA FEI DE 2004

**Ronaldo K. Satomi, Valquiria Fenelon Pereira, José Angelo G. Junior, Murilo Fernandes Martins,
Renato Valezin, Flavio Tonidandel, Reinaldo A.C. Bianchi**

Centro Universitário da FEI – UniFEI
Av. Humberto de A. Castelo Branco, 3972
09850-901 - São Bernardo do Campo - SP - Brazil
{flaviot, rbianchi}@fei.edu.br

RESUMO

Este artigo descreve a estratégia e controle aplicado na equipe de futebol de robôs da FEI. A estratégia e o controle usado nos robôs são simples e o sistema de visão pode continuar operando mesmo sob pequenas variações de luz. Todas essas características permitem uma perfeita integração dos componentes de software e resulta em um sistema confiável de futebol de robôs.

ABSTRACT

This paper describes the FEI 2004 Robot Soccer Team strategies and control. The strategy and the control applied to robots are simple and the vision software can continue to operate under some light changes. All these features allow a perfect integration of the software components and result in a reliable system for robot soccer.

1 INTRODUÇÃO

Uma equipe de futebol de robôs, antes de mais nada, deve possuir um sistema de estratégia compatível com o controle aplicado aos robôs e com a confiabilidade das informações vindas do sistema de visão computacional que detecta as posições e direções dos robôs e bola.

O controle deve permitir que a estratégia execute todas as ações necessárias e o sistema de visão deve garantir que as informações estejam corretas para que a estratégia funcione adequadamente. Todas essas peças, integradas, devem ser confiáveis o suficiente para manter os robôs operando corretamente mesmo sob algumas condições adversas, como variações de luz ou interferências.

A equipe de futebol de robôs da FEI de 2004, consagrada campeã da II IEEE Competição Brasileira de robôs, categoria Very Small, possui um sistema de estratégia e controle simples que facilitam a integração mas que ainda sim permitem raciocinar sobre a direção de movimentação dos robôs. O sistema de visão utilizado também possui uma certa confiabilidade sob pequenas variações de

luminosidade o que permite que o sistema como um todo tenha a robustez necessária para a disputa de partidas de futebol de robôs.

Neste artigo, iremos expor alguns detalhes do sistema de controle, do sistema de estratégias dos jogadores e do goleiro, além de apresentar o sistema de filtro de cores usado e os trabalhos futuros.

2 ESTRATÉGIA DE 2004

2.1 Movimentação e Estratégia dos jogadores

Os robôs do time de 2004 podem se movimentar em 8 direções. Considerando que o robô só anda reto e gira no seu próprio eixo, essa condição restrita de direções se mostrou efetiva na movimentação dos robôs.

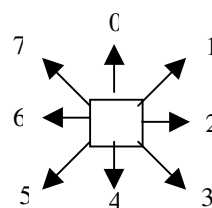


Figura 1 – Direções dos robôs

Entretanto, tais condições limitam, obviamente, a movimentação do robô. Desse modo, a estratégia foi definida sob apenas duas condições:

- 1 – Bola atrás do jogador
- 2 – Bola na frente do jogador

Bola atrás e na frente significa, em termos computacionais, que o eixo x da bola está mais próximo ou mais distante com relação ao gol adversário do que o jogador. Na programação, foi usado o multiplicador (-1) para quando o

time ataca para a esquerda e o multiplicador (1) para quando ataca para a direita. Assim, muitos códigos se mantinham o mesmo, bastando multiplicar o valor por esse multiplicador, o que facilitou e muito a programação da estratégia.

A estratégia se baseia ainda na seguinte condição: decidir qual das 8 direções seguir. Com isso decidido, bastava ver se o robô deveria girar ou andar reto. Para andar reto, o ângulo do robô deveria ser algo como ± 20 graus de erro com a direção desejada, podendo andar de ré ou de frente. Isso era decidido por uma função de controle bem simples.

O problema da estratégia, então, é decidir qual direção seguir. Isso é feito eliminando-se as direções que não podiam ocorrer.

O programa vê se o robô está perto da parede e o quanto está perto da parede. Se o robô estiver, por exemplo, perto da parede superior, ele elimina a direção 0. Se o robô estiver muito perto da parede, então as direções 7, 0 e 1 são eliminadas.

Outra coisa que faz o robô eliminar uma direção é a proximidade com o adversário. Cada ângulo entre o ponto do robô e os demais pontos considerados (robôs adversários, bola, etc) são transformados nas 8 direções. Assim, a direção correspondente do robô jogador até seus adversários é determinada, e se a distância for pequena, então tal direção é eliminada.

Se o robô estiver atrás da bola, então a direção relativa ao ponto do robô até a bola é também eliminada (senão o jogador irá chutar contra o gol). Se o robô estiver atrás da bola, o sistema ainda decide por qual lado do campo o robô irá voltar, eliminando direções do lado oposto.

Se bola estiver na frente, determina-se um ponto anterior a bola para que o robô possa se posicionar. Esse ponto, chamado de ponto de chute (pdc), faz uma reta com o ponto central da bola de modo que esta reta passa no centro do gol adversário. Este ponto é usado pela estratégia para traçar qual a direção que o robô deve ir. Se essa direção tiver sido eliminada por qualquer condição anterior, então esse robô não pode chutar a bola. Se os dois robôs estiverem atrás da bola, então precisa-se decidir quem irá até a posição pdc. Primeiro verifica-se se os dois podem mesmo ir até o ponto, i.e., se a direção não foi eliminada. Se só apenas um puder ir, então toma-se a decisão deste robô ir até o ponto pdc. Caso contrário, se os dois puderem ir na bola, então decide-se pelo o robô mais próximo.

O outro robô, que não foi escolhido para ir na bola, irá para um ponto do quadrante diagonal anterior. Isto é, com o campo dividido em 9 quadrantes, se o pdc estiver no quadrante do meio do campo, então o robô não escolhido para ir na bola irá para um quadrante anterior esquerdo ou direito ao pdc. Isso para deixar tal robô próximo ao eventual rebote de bola.

Ao chegar no ponto pdc, o robô deverá chutar a bola, i.e., se direcionar para o centro da bola com velocidade máxima.

Por fim, com tudo isso, espera-se que cada robô tenha pelo menos uma direção escolhida. Caso contrário, se tiver mais

de uma, escolhe a de número menor ou, se não tiver nenhuma, o robô deve ficar parado.

2.2 Restrições Incorporadas

Uma restrição que teve de ser imposta ao sistema ocorre quando a bola se encontra no canto e o pdc não pode ser definido dentro do campo. Assim, ao determinar o pdc de uma bola no canto, se esse pdc der fora do campo ou muito próximo a parede, então o pdc vai ser o próprio ponto da bola, fazendo o robô chutar a bola para a parede.

2.3 Implementação

O implementação da estratégia do time de 2004 está dividida em diversas funções. Diversas delas são para calcular ângulo, distância e direção entre dois pontos. A direção é decidida pela proximidade do ângulo, ou seja, considerando que cada direção é aproximadamente 45 graus da outra, há um erro de pouco mais de 20 graus ao transformar um ângulo em uma das 8 direções definidas.

O controle aplicado faz com que o robô execute a ação de virar ou andar, além de parar o robô após cada ação. Vale ressaltar, que embora seja um código de controle bem simples, ele controla a velocidade do robô para que ele consiga parar no ponto estabelecido, i.e., um controle proporcional simples, baseado na distância, foi implementado.

2.4 Movimentação e Estratégia do Goleiro

O goleiro é um caso a parte. Primeiro, ele é o único que utiliza, no time de 2004, a trajetória prevista para a bolinha. Obviamente, ele a usa para determinar onde ele deve ir antes da bola chegar perto do gol. Ele usa, no entanto, o mesmo esquema de direção dos demais jogadores.

Na verdade, a única direção dele é para um ponto, chamado de ponto de defesa (pdd). Se esse ponto de defesa não existir, o goleiro deverá voltar ao ponto central do gol e ficar virado 90 graus.

A determinação do ponto pdd é simples. Se a trajetória da bola apontar que a bola irá atingir o gol, o pdd é o ponto de interseção da trajetória com uma linha imaginária que corta o meio da área do goleiro.

O cálculo da trajetória da bola é feito com base na posição atual da bola e a posição anterior, calculando até 3 rebatidas elásticas da bola nas laterais do campo.

Outras condições são impostas. Se a bola estiver perto do goleiro, ele irá virar para bola e chutar. Se a bola estiver dentro da área, o pdd é exatamente o ponto da bola, fazendo com que o robô retire a bola da área o mais rápido possível.

Caso a trajetória da bola não chegar próximo ao gol, o goleiro deve voltar ao ponto central e em 90°, esteja onde ele estiver.

3 SISTEMA DE VISÃO COMPUTACIONAL

Baseado no artigo de PENHARBEL et al (2004), o sistema de visão computacional usado na equipe de 2004 considera uma matriz de $256 \times 256 \times 256$, onde cada eixo é o valor de cor RGB (*Red, Green, Blue*) e cada valor dessa matriz corresponde a um objeto, como robô, bola e adversário. O sistema de visão tem o esquema geral apresentado na figura 2 a seguir:

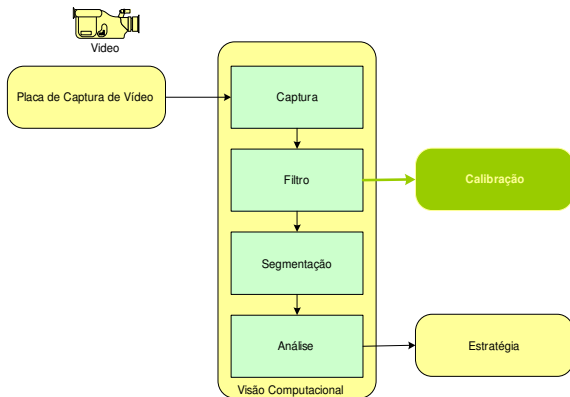


Figura 2 - Diagrama em blocos do sistema de visão computacional para o futebol de robôs (extraído de (PENHARBEL et al 2004))

O sistema de filtro desenvolvido necessita da definição de cores-padrão, realizada na fase de calibração. Cada uma dessas cores-padrão deve ter a definição do intervalo de Matiz, Saturação e Luminância que identifica o objeto ou a cor na imagem de forma nítida e sem interferências. Um sistema GUI (*Graphical User Interface*) simples de calibração foi desenvolvido para ambiente LINUX permitindo a definição dessas cores-padrão – Figura 3.

Uma cor ou um conjunto de cores-padrão permite a definição de um objeto, como bola, cor primária ou cores secundárias do jogador adversário, bem como as cores primária e secundária de seu jogador. A matriz RGB dará a cor-padrão para os valores de R, G e B do pixel da imagem, basta o sistema de visão classificá-lo como o objeto definido.

A matriz RGB implementa o cubo RGB com conteúdo limitado ao das cores-padrão e não ao espectro de pouco mais de 16 milhões de cores. Isso significa, que a matriz classifica as possíveis 16 milhões de cores em no máximo 256 cores-padrão. Usualmente, menos de 10 cores-padrão são necessárias para identificar todos os objetos de um jogo de futebol de robôs do tipo Mirobot da FIRA (FIRA, 2004) e, considerando o jogo de futebol de robôs com 11 jogadores cada time de cores secundárias diferentes, existiriam no máximo 25 cores. Assim, um cubo que identificaria 16 milhões de cores diferentes, passará a identificar menos de 25 cores, o que permitirá uma eficiência e precisão maior ao filtro de imagem.

Cabe ressaltar que as cores-padrão não são apenas cores, mas um conjunto de faixas de Matiz, de Saturação e de Luminância, no espaço de cores HSI, que engloba todo espectro de uma cor com suas possíveis variâncias de saturação e intensidade luminosa

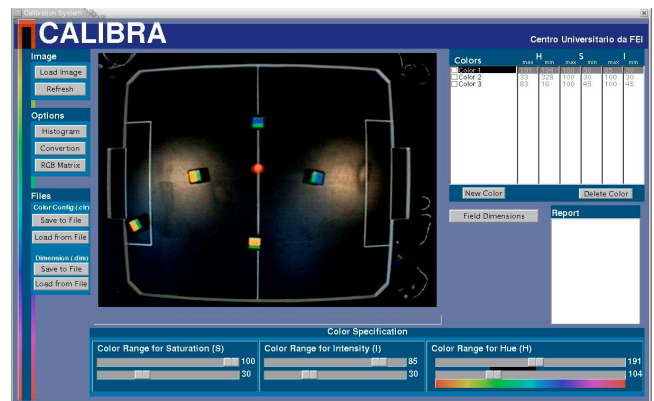


Figura 3 - Ambiente de calibração

4 CONCLUSÃO

A equipe de futebol de robôs de 2004 do Centro Universitário da FEI apresentou um bom rendimento e uma boa robustez na competição de 2004. Isso foi resultado de uma estratégia e de um controle simples, além de um sistema de visão que operava sob pequenas variações de luminosidade, que permitiram uma fácil integração dos componentes do sistema e um tempo de processamento baixo.

Como trabalhos futuros, estamos trabalhando em uma nova equipe de futebol de robôs, com novos robôs e um novo e mais sofisticado sistema que tem como base um gerador de trajetórias e um controle PD (proporcional e derivativo).

BIBLIOGRAFIA

- CARDANI, D. **Adventures in HSV Space**. Disponível em: <http://www.buena.com/articles/hsvspace.pdf> (acessado em abril/2004).
- FIRA **Small League Mirobot Game Rules**. Disponível em: <http://www.fira.net/soccer/mirobot/overview.html>. (acessado em janeiro/2004)
- PENHARBEL, E.; TONIDANDEL, F.; DESTRO, R.; BIANCHI, R. Filtro de Imagem Baseado em MatrizRGB de Cores-Padrão para o Futebol de Robôs. In: I JORNADA DE ROBÓTICA INTELIGENTE 2004, Salvador – BA. Anais do XXIV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. 2004.