

O Sistema do Time de Futebol de Robôs USPDroids SSL

Cassiano S. Tavares, Helder Luiz, Shamir K. Afuso, Marcelo O. Silva, Roseli A. F. Romero

Abstract—Este trabalho descreve a primeira versão do time de futebol de robôs USPDroids, categoria RoboCup Small Size, proposto e desenvolvido no Laboratório de Aprendizado de Robôs, no Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo. Este integra sistemas mecânicos, microeletrônica, eletrônica de potência, e estratégia baseada em campos potenciais orientados.

I. INTRODUÇÃO

Para desenvolver um time de robôs móveis autônomos capazes de disputar partidas de futebol robótico, é necessário uma abordagem multidisciplinar, combinando o conhecimento de diversas áreas, como mecânica, eletrônica, controle, visão computacional, fusão de sensores em tempo real, sistemas multi-agentes, decisão estratégica e outras.

Dessa forma, a Equipe USPDroids inicia aqui seu desenvolvimento na categoria *RoboCup Small Size*, utilizando dos 5 anos de experiências obtidos em outras categorias, pelo LAR-ICMC-USP. O time é composto por quatro módulos:

- Visão: responsável pela localização dos robôs aliados e adversários;
- Estratégia: responsável pelas tomadas de decisão e pela definição de trajetórias para os robôs;
- Eletrônica: responsável por transformar as mensagens recebidas via rádio em acionamento controlado dos motores;
- Mecânica: responsável pela parte física do robô (rodas, engrenagens, *dribbler*).

Este artigo é organizado como segue. Na Seção I é dada uma abordagem geral do sistema. Nas Seções II até V são descritos os módulos de Visão, Estratégia, Eletrônica e Mecânica, respectivamente. Na Seção VI são apresentadas conclusões sobre o estado atual do sistema.

II. VISÃO

O sistema de visão utilizado na *RoboCup Small Size League - SSL* é o *SSL-Vision*, desenvolvido pela *Canergie-Melon University*. O trabalho do time USPDroids consiste em realizar a interface entre este software e o sistema de estratégia por nós desenvolvido.

III. ESTRATÉGIA

Nesta seção, será descrita a estratégia utilizada pela equipe USPDroids. Esta estratégia é construída sobre um Sistema para Formação de Robôs (Sub-Seção III-A) e uma técnica para Planejamento de Caminhos (Sub-Seção III-B), que serão

Laboratório de Aprendizado de Robôs – LAR Universidade de São Paulo, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, SP, Brasil cassiano_engenharia@yahoo.com.br, helder@grad.icmc.usp.br, japa.tiger@gmail.com, msilva@icmc.usp.br, rafrance@icmc.usp.br

descritos adiante. Em seguida, será esboçado uma breve explicação sobre a utilização destes métodos e sobre a estrutura geral da estratégia.

A. Sistema de Formação utilizando Otimização por Enxame de Partículas

O time USPDroids utiliza formação de robôs para melhorar a qualidade do time, visando uma melhor performance em um jogo.

A formação de robôs impõe severas dificuldades quanto à utilização de modelos tradicionais matemáticos (e estáticos) para técnicas de controle de múltiplos robôs devido à grande quantidade de informação para encontrar uma solução. Estratégias de controle baseadas em abordagens bio-inspiradas tem sido uma alternativa viável, como sistemas evolutivos e inteligência coletiva (*swarm intelligence*).

O Sistema de Formação de robôs utilizado nesta estratégia [8] [9] faz uso do método de Otimização por Enxame de Partículas para encontrar a posição (x,y) e o ângulo desejado para estabelecer e manter a formação. Além disto, este método pode ser adaptado para analisar outros fatores (como posição da bola e dos outros robôs), já que o ambiente do futebol de robôs é muito dinâmico.

B. Planejamento de Caminhos

O algoritmo de planejamento de caminho foi baseado no trabalho de [10]. Para gerar as velocidades linear e angular, os robôs usam como entrada dados que incluem a distância e ângulo entre os obstáculos. A estratégia do time USPDroids utiliza os seguintes valores de entrada:

- A distância à meta;
- A distância ao obstáculo mais próximo;
- O ângulo entre a orientação do robô e a direção da meta;
- O ângulo entre a orientação do robô e a direção do obstáculo mais próximo.

O desenvolvimento das funções de movimentação incluem como os robôs devem evitar os obstáculos ao seu redor. Para isto, os seguintes passos de execução do algoritmo são necessárias:

- Coletar os dados das imagens da câmera;
- Calcular as distâncias da posição do robô para todo adversário;
- Se a distancia for menor que um limiar (*threshold*), o robô vai virar e desviar do adversário.
- Aplicar ganho proporcional para calcular a velocidade;
- Enviar ordem para o robô pelo rádio.

C. Sistema de defesa utilizando Formação de Robôs

Para melhorar o sistema de defesa da estratégia, robôs serão posicionados na formação de triângulo e serão posicionados perto do gol (Fig. III-C). O primeiro deste será o goleiro, que será o robô mais próximo ao gol e estará dentro da área do goleiro. Já os outros dois robôs possuirão o comportamento de zagueiros (defensores), no qual um se posicionará um pouco afrente e do lado direito do goleiro, e o outro um pouco afrente e à esquerda. Na maioria das situações de jogo, estes robôs ficarão posicionados desta forma, visando fechar o gol para possíveis chutes.

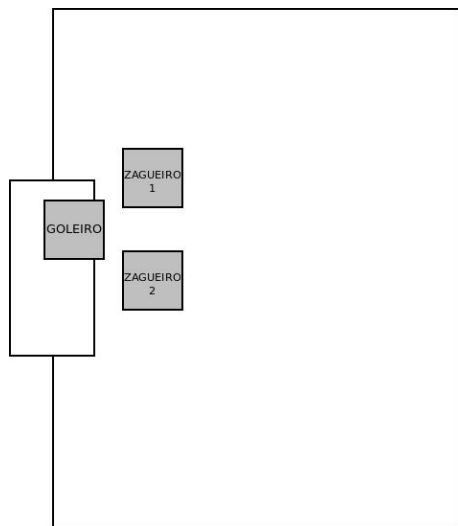


Fig. 1. Robôs com formação em triângulo defendendo o gol

Este método foi utilizado pois visa-se melhorar a defesa do time, fazendo com que outros jogadores, além do goleiro, possam interceptar a bola em situações de chute ao gol.

Porém, em algumas situações de jogo, a alteração deste esquema de defesa se faz necessária. Por exemplo, quando um robô se aproximar muito do gol e não tiver nenhum outro jogador (tirando os três citados) perto deste, um dos zagueiros (de preferência o mais próximo da bola) poderá ir em direção ao robô para tentar tirar o domínio da bola do time adversário. Pode-se citar também a situação no qual a bola está no campo de defesa do time USPDroids e nenhum jogador está próximo da bola (tanto do time como adversário), ou seja, a solução mais viável é tirar a bola da defesa e repassar ao ataque, que poderá ser feito por um dos zagueiros que estará em formação.

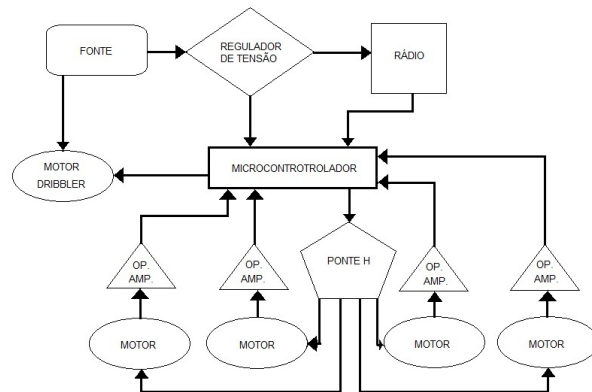
IV. ELETRÔNICA

Em um robô desta categoria existem dois sistemas eletrônicos bastante diversos. Um tem por finalidade a comunicação entre o robô e o computador, para obter dados da visão e estratégia, funcionando como centro de comando dentro do robô, controla todos os motores e monitora as condições de cada componente do robô. O outro tem por objetivo controlar o sistema de chute, controlando os capacitores e indutores.

Sendo esta uma versão inicial, não será implementado o sistema de chute, portanto, apenas o primeiro sistema eletrônico será apresentado.

Com isso, sua função dentro de um robô omnidirecional resume-se a realizar a comunicação através de um rádio entre um computador e o robô, acionamento de motores e fazer o controle da velocidade das rodas. O diagrama esquemático dos principais blocos necessários para o funcionamento do robô pode ser visto na figura 2.

Fig. 2. Esquemático do robô USPDroids SSL



Para executar os comandos enviados por um computador remoto é utilizado um rádio operando como receptor de módulo Xbee (Zigbee IEEE 802.15.4) que realiza uma conexão serial (RS232) com o microcontrolador. As informações são interpretadas e assim cada um dos quatro motores ligados a correspondente roda é acionado pela ponte H encapsulada no chip (L298), que recebe sinais do PWM para controle de velocidade e sinais digitais para inversão de sentido dos motores. E como os motores utilizados neste robô não possuem encoders para a medição da velocidade instantânea necessária para realimentar o laço de controle, decidiu-se por medir a FEM (Força Eletromotriz) gerada pelo motor quando desligado, ou seja, quando está se comportando como gerador. Desliga-se o motor durante um pequeno intervalo de tempo e então mede-se a tensão gerada que é proporcional à velocidade em que o "motor" está girando. Para a medição da FEM foram utilizados amplificadores operacionais para tratar o sinal para ser lido pelas portas A/D do microcontrolador. O quinto motor responsável pelo dribbler é acionado e controlado separadamente para manter a bola próxima ao robô.

Assim tem-se todo o processamento digital embarcado (leitura do rádio, controle PID, PWM do motores, leitura da FEM, sistema de dribbler) realizado por um único microcontrolador configurado para trabalhar com um clock de 40Mhz, programado via linguagem C através do software(MPLAB) do próprio fabricante (Microchip). Nessa linha, optou-se em projetar um controlador PID digital [1], para que o robô desenvolva velocidades bem específicas durante o jogo.

A alimentação de todos os circuitos eletrônicos é feita através de baterias de 4 células de tipo Lipo(Lithium Polímero) que, em conjunto, fornecem uma tensão de até 14,8V.

TABLE I
DADOS DOS MOTORES E DA REDUÇÃO

	PM105-S4	PM080-AU
Voltagem[V]	12	12
Torque[mN . m]	24.6	3.2
RPM	12900	23096
Potência[W]	27.9	6.2
Rendimento[%]	66.1	51.2
Redução	21.5:1	1.25:1
Torque Ampliado[mN . m]	528.9	4
RPM Reduzida	600	18477

É importante que tensão e corrente sejam monitoradas para a proteção e bom aproveitamento das baterias, cujas vantagens são o baixo peso e a capacidade de fornecer altas correntes de descarga [2]. Com isso, foi necessário o uso de regulador de tensão fornecendo uma tensão de 3,3V(LD33V) para alimentar o microcontrolador e o rádio. Sendo a maior parte dos componentes utilizados na montagem da placa eletrônica do tipo SMD o que permitiu reduzir drasticamente as dimensões da placa eletrônica.

V. MECÂNICA

O sistema mecânico de robô desta categoria deve comportar, dentro de um cilindro de 180mm de diâmetro e 150mm de altura, todo o grupo propulsor, formado por motores, caixas de redução e rodas, um sistema de chute, um sistema de domínio de bola (*dribbler*), baterias, e sistemas eletrônicos.

Sendo o robô omnidirecional, é aconselhável que possua 4 rodas ordenadas simetricamente, facilitando o tratamento matemático usado nos sistemas inteligentes.

Os quatro motores estão localizados nas laterais do robô, de forma a ocuparem o mínimo de espaço central, que é necessário para a confecção, futura, de um sistema de chute. Acoplado aos motores está a caixa de redução, com relação de 21.5:1, e esta diretamente ligada à roda, com 55mm de diâmetro.

Foi escolhido utilizar os motores Action Technology PM105-S4 [3], pela sua elevada potência e baixo custo, e por ser facilmente encontrado no mercado nacional. Os dados do motor, com e sem redução, estão na Tabela I.

Para o *dribbler* foi escolhido usar outro motor da Action Technology, PM080-AU [4], por sua pequena dimensão e elevada potência, aliados às características já citadas desta empresa. Os dados deste motor também se encontram na Tabela I. Foi adotado ainda um sistema de amortecimento, evitando que algum incidente possa vir a danificá-lo. Para ajustar corretamente a velocidade ótima do sistema, uma redução de 1.25:1 foi adicionada.

VI. CONCLUSÃO

A adoção do *SSL-Vision* nivela as equipes quanto ao desenvolvimento do software de visão, dado que será o mesmo para todas as equipes. Entretanto, isto acarretou problemas para a nossa equipe, entre outros, o fato de nossa câmera não ser do mesmo tipo que é utilizada pelos desenvolvedores do

software. Com isto, pretendemos adaptar trechos do software para que possamos realizar ensaios mais realistas do sistema de visão.

Os componentes do robô foram fabricados em náilon e ABS, usando tecnologia de prototipagem rápida, já bem desenvolvida neste grupo [5], [6], [7]. Com a utilização desta técnica, o espaço interno pôde ser melhor utilizado, visto as limitações de fabricação serem muito menores.

VII. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao suporte financeiro dado pela FAPESP, pelo CNPq e pelo ICMC/USP e pelo apoio da Divisão de Tecnologias Tridimensionais (DT3D) do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer – CTI/Campinas – na fabricação dos modelos.

REFERENCES

- [1] Microchip, *Implementing a PID Controller Using a PIC18MCU*, 2004.
- [2] Amamg, *LIPO*, 2010
- [3] Action Technology, *DC Motors PM105-S4*, 2010.
- [4] Action Technology, *DC Motors PM080-AU*, 2010.
- [5] Marcos V. F. Ribeiro e Marcelo O. Silva e Roseli A. F. Romero, *Desenvolvimento de uma Arquitetura Mecânica para o Time de Futebol de Robôs USPDroids - versão 2009*, RT/ICMC/USP no. 358, 2010, ISSN: 0103-2569.
- [6] Marcos V. F. Ribeiro e Marcelo O. Silva e Roseli A. F. Romero e Marcelo F. Oliveira e Jorge V. L. da Silva, *Development Of Functional Micro Mobile Robots Using Rapid Manufacturing Techniques With Application In Soccer Robots*, Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Automática (CBA'10), 2010.
- [7] Marcelo O. Silva e Marcos V. F. Ribeiro e Leandro S. Gaspar e Willian C. Silva e Rafael Montanari e Roseli A. F. Romero, *O Sistema do Time de Futebol de Robôs USPDroids*, 2009, Team Description Paper on CBR2009.
- [8] D. T. Doi, R. Calvo, R. A. F. Romero, "Sistema de Formação Inteligente de Robôs baseado em PSO Aplicado em Futebol de Robôs", *Congresso Brasileiro de Automação*, Bonito, MS, Brasil, 2010. (aceito para publicação)
- [9] D. T. Doi, R. Calvo, R. A. F. Romero, "Trajectory of robots by using PSO combined to leader/follower Strategy", *III Workshop on Computational Intelligence*, São Bernardo dos Campos, SP, Brasil, 2010. (aceito para publicação)
- [10] Pratomo, A. H., Prabuwo, A. S., Zakaria M. S., Khairuddin Omar, Nordin, M. J., Sahran, S., Abdullah, S. N. H. S., Heryanto, A.; "Position and Obstacle avoidance algorithm in Robot Soccer"; *Journal of Computer Science* 6 (2): 173-179, 2010; ISSN 1549-3636.