

UMA ARQUITETURA DE HARDWARE E SOFTWARE PARA COMPETIÇÕES EM ROBÓTICA MÓVEL COOPERATIVA

DIEGO FELIX DE ALMEIDA*, THIAGO NAVARRO ARRUDA DO AMARAL[†], ERBENE DE CASTRO MAIA JÚNIOR*, CARLOS YBERÊ ARAÚJO CAMPELO RODRIGUES[‡], ANNA GREACE ALMEIDA TORRES[§], LIDIA BRIGIDO SANTIAGO MELO[‡], FELIPE MUNDY CONDÉ MARLIÉRE[¶], JAN LUCAS DE LIMA SEGRE^{||}, RENAN GEMIGNANI*, VICTOR BRAMIGK^{††}, LUIZ RENAULT LEITE RODRIGUES^{‡‡}, BRUNO EDUARDO MADEIRA, RONAN ALVES DA PAIXÃO, PAULO FERNANO FERREIRA ROSA

Emails: diegobill@gmail.com, navarro.ime@gmail.com, erbenecmj@gmail.com, carlos_jbe@hotmail.com, annaalmeidat@gmail.com, lidiabrs@gmail.com, felipemundy@gmail.com, jan.lukaz@gmail.com, renangemignani@gmail.com, victorbramigk@gmail.com, luizrenault@terra.com.br, madeira@ime.eb.br, ronanpaixao@gmail.com, rpauloime@gmail.com

Resumo— Serão apresentados as principais implementações realizadas pela equipe RoboIME nas seguintes áreas: projeto eletrônico e de controle, projeto computacional e projeto mecânico.

Keywords— Robótica, Small Size Robot League, F180.

1 Introdução

Baseado no princípio da cooperação, onde se dividem tarefas entre os envolvidos, podendo ser especialistas em determinadas tarefas, as pesquisas de robótica costumam ter como premissa que projetar, construir e usar diversos robôs simples pode ser mais fácil do que projetar, construir e usar um único robô complexo. Dependendo da quantidade de robôs utilizados, o custo também poderá ser otimizado. Completamente, um grupo de robôs é mais flexível e tolerante a falhas, uma vez que um ou mais robôs podem falhar sem afetar a conclusão da tarefa. Em aplicações de sociedades robóticas, o comportamento social surge porque um robô faz parte do ambiente e, assim, é importante para outro(s) robô(s). A aplicação escolhida para ser investigada é o futebol de robôs, RoboCup Small Size League f-180. Este artigo apresenta o projeto computacional e a implementação mecânica, eletrônica e de controle da equipe. Esta é a segunda participação da equipe RoboIME em competições. A maior parte das pessoas envolvidas no projeto são integrantes do Laboratório de Robótica e Inteligência Computacional do Instituto Militar de Engenharia (IME).

2 Projeto Computacional

O software é dividido basicamente nos seguintes módulos: Inteligência, Simulação de Suporte, Mundo Simulado e Comunicação. Os módulos foram implementados com a utilização da IDE Visual Studio 2008 que permite em uma única solução a integração de projetos em diversas linguagens de programação (CSharp, C++ e Basic) tornando o projeto mais flexível para que outros programadores dêem continuidade à implementação. Optou-se por adotar a fragmentação do projeto de software em módulos para facilitar a

implementação em equipe, além disso foi adotado um interfaceamento via socket UDP entre a maioria dos módulos dando uma independência entre os mesmos. Na figura 1 está representado o diagrama de comunicação entre os módulos do software.

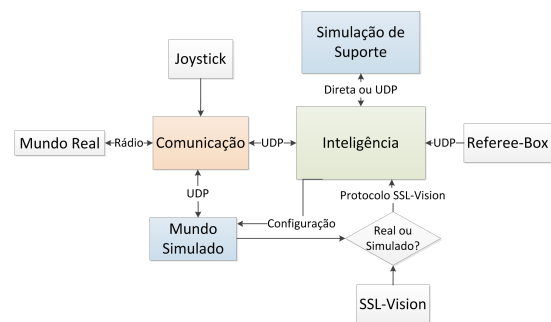


Figura 1: Diagrama de comunicação entre os módulos do software.

2.1 Inteligência

Esse é o principal e mais complexo módulo do software. Ele é responsável pelas seguintes funcionalidades:

A inteligência é baseada em heurísticas que são escolhidas através de planejamento por simulação física. Os agentes jogadores são baseados por objetivo (avaliados segundo uma função objetivo) e é utilizado o algoritmo minimax para definir qual heurística utilizar. A função objetivo leva em consideração inúmeros fatores: distância da bola ao gol adversário, distância da bola ao gol aliado, distância da bola aos jogadores oponentes, entre outros. Foram utilizados também algoritmos de planejamento de trajetória como o Campo Potencial Artificial e o A* para compor as heurísticas.

2.2 Simulação de Suporte

Esse módulo faz parte do simulador desenvolvido para o ambiente da F180. Ele simula a física dos corpos presentes em uma partida da *Small Size Robot League*, desde os robôs até o gol. É possível também realizar o controle dos atuadores do robô (motor, chutador e driblador). O simulador foi desenvolvido utilizando a *engine* PhysX que permite um alto desempenho de processamento por efetuar os cálculos físicos em GPU. Na Figura 2 está representado o robô no simulador.

Esse módulo é responsável por se conectar diretamente (uma instância desse módulo) ou via socket UDP com o módulo de inteligência de forma a auxiliar o mesmo na tomada de decisão, dando uma previsão longa de futuro do ambiente de simulação para o planejamento.



Figura 2: Robô Simulado.

2.3 Mundo Simulado

Esse módulo também faz parte do simulador desenvolvido para o ambiente da F180. Porém esse módulo não tem a função de dar suporte a inteligência, simplesmente, ele substitui o Mundo Real, quando o mesmo não for utilizado. Dessa forma esse módulo recebe via socket UDP do módulo de Comunicação as velocidades que os atuadores do robô devem atingir.

Esse módulo permite a configuração do ambiente de simulação via socket onde é passado um arquivo XML que possui dados geométricos e físicos dos corpos existentes na simulação (campo, robôs e bola). O Mundo Simulado também substitui o SSL-Vision quando o mesmo não for utilizado, funcionando com protocolo idêntico.

2.4 Comunicação

Esse módulo é responsável por enviar as velocidades que se desejam atingir para os atuadores dos robôs, via rádio para o Mundo Real ou via

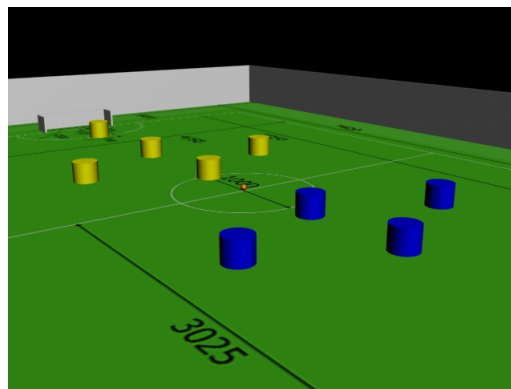


Figura 3: Ambiente de simulação da F180.

socket UDP para o Mundo Simulado. A Comunicação permite um interfaceamento com um Joystick para que tanto o robô real quando o simulado possam ser controlados por uma única pessoa.

3 Projeto Eletrônico e de Controle

A eletrônica embarcada da plataforma é responsável pelo controle de todos os atuadores e pela comunicação entre a estação base e os robôs. O firmware foi feito para um microcontrolador STM32F103 trabalhando a 72MHz, programado na linguagem C, utilizando o ambiente de desenvolvimento CoIDE. Foi implementado o controle em malha fechada de quatro motores de corrente contínua de 7.2V e modularizado em cinco bibliotecas:

- A biblioteca Encoder, que é responsável por capturar os sinais provenientes dos encoders e por transformar esses sinais em valores de velocidade;
- A biblioteca Controle, que é responsável por gerar um sinal de controle para o módulo PWM baseado no erro calculado entre o valor de referência e o valor real dos motores, provenientes do módulo de comunicação e de encoders, respectivamente.
- A biblioteca PWM, que é responsável por transformar esse sinal de controle em pulsos PWM para os atuadores;
- A biblioteca Comunicação, responsável por receber todas as ações que são transmitidas da estação base via USB-Serial e recebidas por um transceptor acoplado à eletrônica das plataformas.
- A biblioteca Robô, que é responsável por modelar todas as possíveis ações e os estados dos robôs

Já o hardware é composto por uma placa mãe, onde está acoplado quatro módulos para controle de motor DC, um transceptor RFM12B operando

na faixa de 433MHz e um módulo stamp, onde o microcontrolador está localizado.

4 Projeto Mecânico

Com auxílio de softwares CAD (Computer Aided Design) e CAM (Computer Aided Manufacturing) foi desenvolvido um novo robô para a equipe baseado no projeto da equipe RoboFEI, outra ativa participante da competição, com algumas adaptações e mudanças. Em relação à plataforma que vinha sendo utilizada, essa possibilita o movimento omnidirecional e um maior torque já que acopla 4 motores (um para cada roda) destinados ao movimento. As modificações proporcionaram um menor peso ao robô, tais como: troca do eixo de aço por um eixo de alumínio de alta resistência e troca das rodas de alumínio por rodas de plástico Polytec 1000. Esse novo projeto possibilita ainda que mais dispositivos possam ser embarcados, pois apresenta 175 mm de diâmetro e uma base superior com furos que conferem grande versatilidade para o acoplamento. A carenagem do robô foi confeccionada com placas de polivinil.

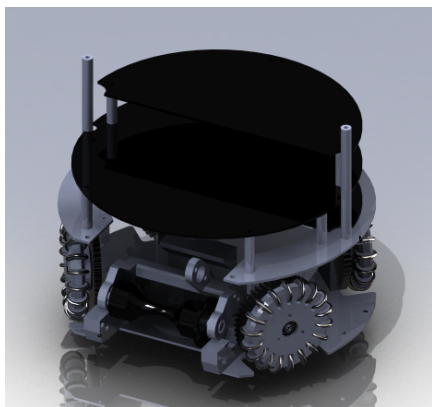


Figura 4: Imagem do robô feita no CAD.

5 Conclusões

O futebol de robôs se mostrou uma excelente plataforma experimental para desenvolvimento de aplicações voltadas a diversas engenharias. Possibilita a aplicação e validação imediata de técnicas de várias áreas do conhecimento humano, tais como inteligência-computacional, visão computacional, aprendizado de máquina e controle. Sobre tudo, para implantar um ambiente robótico para este fim, diversos são os sistemas fundamentais ao funcionamento de uma equipe de futebol de robôs para atuar especificamente na *Small Size League* da RoboCup, desde a implementação de softwares complexos até a construção física de robôs.

Agradecimentos

Esta pesquisa recebeu o apoio parcial do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI-CNPq/IME), do PBIP/FRF e da Fundação Ricardo Franco. A equipe RoboIME agradece a José Angelo Gurzoni Jr. e a toda equipe RoboFEI pelo apoio e suporte oferecidos. Agradecimentos também a Backheuser da IMBEL pela colaboração para confecção dos robôs.

Referências

- da Silva, A. T. R. (2006). *Comportamento social cooperativo na realização de tarefas em ambientes dinâmicos e competitivos*, Master's thesis, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.
- de Sousa, M. A. F. (2008). *Uma plataforma para cooperação autônoma de múltiplos robôs*, Master's thesis, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.
- e Forster A. G., R. R. (2006). Holonomic control of a robot with an omni-directional drive.
- Mellon, C. (2011). Control tutorial for matlab, <http://www.engin.umich.edu/group/ctm/>. Visitada em 25 de março de 2011.
- Robocup (2010). Laws of the robocup small size league 2010, http://small-size.informatik.uni-bremen.de/_media/rules:ssl-rules-2010.pdf. Visitada em 10 de agosto de 2010.
- Rosa, P. F. F. (2010). Uma arquitetura de hardware e software para competições em robótica móvel cooperativa, *The Latin American Robotics Competition 2010* 1: 1–4. São Bernardo do Campo, SP.
- Small Size Robot League* (2010). <http://small-size.informatik.uni-bremen.de/start/>. Visitada em 10 de março de 2011.
- Zickler, S. (2010). *Physics-Based Robot Motion Planning in Dynamic Multi-Body Environments*, PhD thesis, Carnegie Mellon University.