

EQUIPE JERIMUM DE FUTEBOL DE ROBÔS - IFRN / UFRN - 2013

LUIZ MATHEUS TEIXEIRA RODRIGUES*, MATHEUS HUGO DA SILVA CARDOSO*, ISAAC KENNEDY DINIZ GOMES*, MATHEUS MIGUEL SOARES DE MEDEIROS LIMA*, FABRÍCIO BEZERRA GONDIM[†], JOÃO MARCOS SILVA LINS[†], GUTEMBERG SANTOS SANTIAGO[†], JOÃO PAULO FERREIRA GUIMARÃES*, FILIPE OLIVEIRA QUINTAES*, DIOGO PINHEIRO FERNANDES PEDROSA[†], PABLO JAVIER ALSINA[†], ADELARDO ADELINO DANTAS DE MEDEIROS[†]

**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Campus Parnamirim
Parnamirim, RN, Brasil*

*[†]Departamento de Engenharia de Computação e Automação
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal, RN, Brasil*

Emails: luiz.matheus@academico.ifrn.edu.br, matheus.cardoso@academico.ifrn.edu.br, isaac.kennedy@academico.ifrn.edu.br, matheus.miguel@academico.ifrn.edu.br, fabricio.gnd@gmail.com, joao.mslins@bct.ect.ufrn.br, gutemberg@dca.ufrn.br, jp@dca.ufrn.br, filipe.quintaes@ifrn.edu.br, diogo@dca.ufrn.br, pablo@dca.ufrn.br, adelardo@dca.ufrn.br

Abstract— This document describes the system used by Jerimum Robot Soccer Team. It's described the development of the mechanical structure, the embedded electronics, the image processing system and the strategy used by the team.

Keywords— Robot Soccer, IEEE Very Small Size

Resumo— Este documento descreve o sistema utilizado pela Equipe Jerimum de Futebol de Robôs. Aqui é descrito o desenvolvimento da estrutura mecânica, eletrônica embarcada, o sistema de processamento de imagem e a estratégia utilizada pela equipe.

Palavras-chave— Futebol de Robôs, IEEE Very Small Size

1 Introdução

A equipe Jerimum representa a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Departamento de Engenharia de Computação e Automação) e o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (Campus Parnamirim) nas competições da categoria IEEE Very Small de Futebol de Robôs.

Nesta categoria robôs atuam de forma cooperativa com o objetivo de jogar futebol (Figura 1). A equipe é composta por 3 robôs, onde cada robô é representado por uma tarja colorida (azul ou amarela) para indicar a que time pertence, e uma tarja com cor diferenciada para identificação individual de cada robô.

Para que os robôs sejam capazes de jogar é necessário uma estrutura de vários componentes de hardware e software (Figura 2). A estrutura envolve um sistema de visão, um sistema de localização dos robôs, o processamento de uma estratégia, o controle do robô, e a transmissão via rádio. O sistema de visão consiste em uma câmera que capta uma imagem do campo com os robôs e a bola. O sistema de localização fornece a posição dos robôs e da bola através das tarjas coloridas colocadas nos robôs. O sistema de estratégia gera a posição futura dos robôs através das posições

atuais adquiridas e do comportamento desejado. O sistema de controle irá gerar o sinal com as posições que os robôs deverão se deslocar, depois o sistema de transmissão envia as informações para os robôs, que executarão as informações que lhes foram enviadas.



Figura 1: Jogadores da equipe Jerimum de futebol de robôs

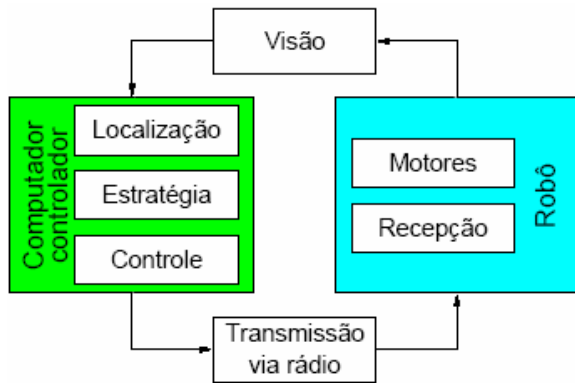


Figura 2: Arquitetura do sistema de futebol de robôs

2 Estrutura dos Robôs

Os robôs possuem acionamento diferencial através de dois motores GM18 da Solarbotics, com redução 30:1. Os motores são encaixados em rodas de tecnol de 3cm de diâmetro com pneus de borracha para aumentar o atrito com o chão e reduzir o deslizamento. Foram colocados dois parafusos arredondados na parte de baixo do robô com o intuito de reduzir a trepidação do robô. A bateria do robô consiste em pilhas de 1.2V ligadas em série que juntas somam 7.2V.

A eletrônica embarcada consiste em um microcontrolador PIC16F876A, um transceiver TRW-24G, uma ponte-H L298HN, um regulador de tensão LM317T, além de outros componentes como resistores, capacitores e conectores (Figura 3). A eletrônica foi dividida em duas placas de circuito impresso: uma com os componentes lógicos e outra com os componentes de acionamento.

É importante notar que o regulador de tensão provoca uma queda nos 7.2V de entrada para 3.3V, que é a tensão máxima aceita pelo transceiver. Como os demais componentes Lógicos são da Família TTL, o uso desta tensão ao invés do padrão 5V não gerou problemas.

Todos os componentes foram condicionados em um cubo de PVC expandido com 7.5cm de aresta. Pequenas esferas foram acopladas à face inferior do robô para que sua face inferior fique paralela ao plano do campo, evitando que o robô se incline ao se movimentar. Isso é importante, pois tais inclinações geram um atraso ao movimento que prejudica o sistema de controle.

3 Localização

O sistema de localização tem como objetivo extrair a posição dos robôs e da bola em campo a partir de uma imagem adquirida de uma câmera (Figura 4) (Mendes and Medeiros, 2008). No nosso sistema, foram utilizadas câmeras Firewire 400 (IEEE 1394a) da The Imaging Source,

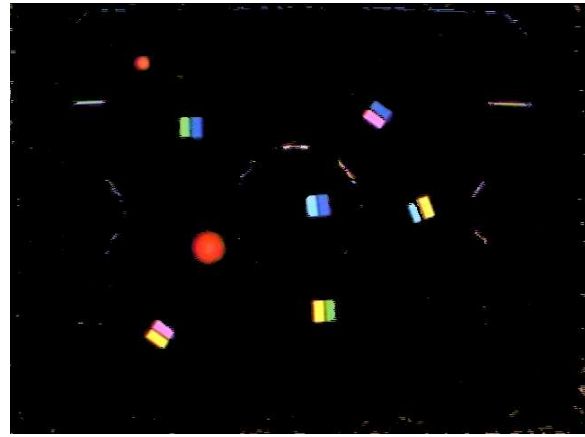


Figura 4: Funcionamento do sistema de cores.

Modelos DBK 21AF04 (640 x 480, 60fps) e DFK 41BF02 (1280 x 960, 15fps).

3.1 Calibração

Antes de cada jogo é necessário realizar a calibração do sistema. Uma das etapas da calibração é definir os limiares dos componentes do espaço de cores que definem cada uma das cores que definem cada uma das cores utilizadas no jogo. No nosso sistema, cada pixel tem suas componentes RGB transformadas em componentes HPG (Hue, Puriry and Grayness), espaço de cores desenvolvido pelo grupo de robótica da UFRN e que apresenta um bom desempenho quando se deseja segmentar regiões coloridas de fundos em tom de cinza. As cores que se deseja identificar são definidas em limiares de componentes HPG e usadas para definir se determinado pixel pertence a determinada cor durante a execução do programa.

A outra etapa da calibração é definir as coordenadas dos pixels relativos aos pontos notáveis do campo se encontram. Como a posição real destes pontos é conhecida, podemos calcular uma matriz de homografia que é usada para transformar uma coordenada de um pixel na imagem na coordenada do campo que aquele pixel representa. As coordenadas dos pixels relativos aos pontos notáveis também são utilizados para determinar os parâmetros utilizados na função de correção de distorção radial. A calibração deve ser realizada imediatamente antes de um jogo, pois variações na iluminação do ambiente e possíveis movimentos do campo ou da estrutura de suporte da câmera alteram os valores previamente calibrados e utilizar os valores desatualizados degrada o desempenho do sistema.

3.2 Processamento de Imagem

Quando uma nova imagem é recebida, o sistema de localização faz uma varredura procurando pixels azuis, amarelos ou laranjas, que são as cores

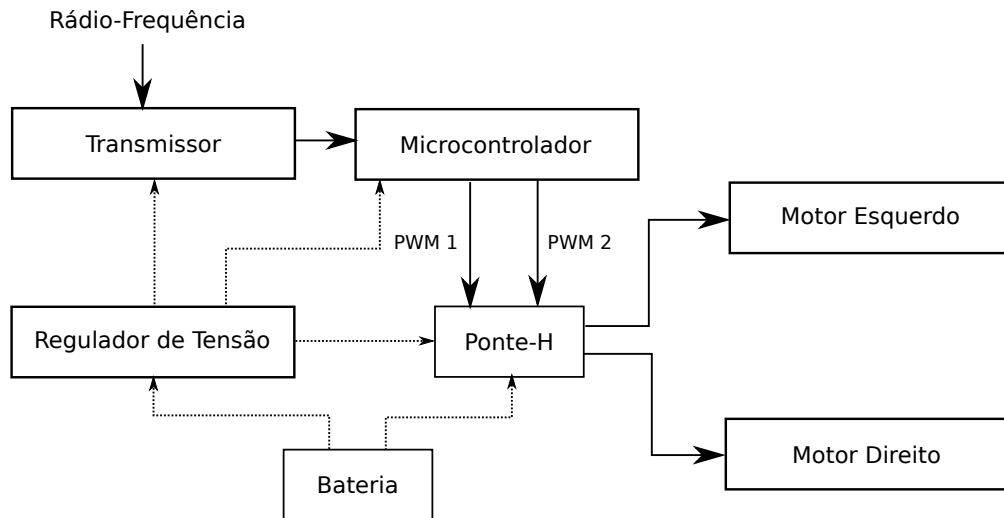


Figura 3: Eletrônica embarcada do robô

obrigatórias das duas equipes e da bola. Como os objetos têm tamanho mínimo em pixels conhecido, a busca é feita apenas em alguns pixels, a cada N Linhas e Colunas (no caso, $N=5$).

Quando um pixel de uma das cores principais é encontrado, buscam-se todos os pixel vizinhos da mesma cor, usando uma versão otimizada do algoritmo seedfill. É feita então uma média das coordenadas dos pixels encontrados pelo seedfill, definindo o centro da região. Caso se trate de uma região azul ou amarela, é feita uma varredura nas proximidades para localizar regiões de cores correspondentes aos rótulos auxiliares. Caso encontrado um pixel pertencente a uma cor de rótulo auxiliar, executa-se o seedfill partindo deste pixel e calcula-se o centro da nova região. O centro do robô é calculado a partir da média formada pelos centros da região principal e auxiliar, enquanto a sua orientação é calculada pelo ângulo formado pelos centros destes mesmos rótulos.

Uma vez calculados o centro da região que corresponde à bola e os centros dos robôs, estas informações expressas em unidades de pixels são convertidas para metros, através da correção de distorção radial e da transformação pela matriz de homografia previamente calculada.

4 Estratégia

A estratégia tem como objetivo definir uma referência para onde o robô deve se deslocar baseado em uma posição para onde o robô deve se deslocar baseado em sua posição atual, posição dos adversários e da bola (Silva, 2010). Ela se baseia na atribuição de papéis pré-determinados aos robôs e em ações que cada um pode assumir baseado nestes papéis. Os papéis disponíveis são Goleiro, Atacante e Defensor.

As ações do goleiro são:

- **Esperar:** Espera dentro da área e no centro

do Gol com orientação paralela ao fundo do campo caso a bola esteja no campo adversário.

- **Defender:** Desloca-se paralelamente ao fundo do campo procurando interceptar a bola, caso ela esteja em seu campo de defesa. Deve-se garantir que o goleiro permaneça na área do gol e evitar que ele fique preso nas quinas e lados da trave.
- **Tirar do Gol:** Caso a bola esteja próximo à área e os robôs adversários estejam distantes, o goleiro chuta a bola para longe da área, e logo volta para a sua posição inicial.

As ações para o Atacante são:

- **Contornar:** Caso o Atacante esteja na frente da bola, ele se desloca para trás da bola, contornando-a para evitar conduzi-la no sentido do seu próprio gol. Leva em conta a proximidade da bola com as laterais do campo para decidir contornar a bola por cima ou por baixo
- **Posicionar:** O robô procura se posicionar na linha formada pelo centro do gol adversário e a posição futura da bola, de forma que ele fique a uma certa distância de chute atrás da bola em relação ao gol adversário. Cuidados devem ser tomados para posicionar o robô em uma posição válida quando a bola estiver próxima dos limites do campo.
- **Alinhar:** Ação tomada caso o robô esteja posicionado, porém com a orientação errada. Faz com que o robô gire sua orientação ser a mesma da linha formada pelo centro do gol adversário e a sua posição atual.
- **Chutar:** Quando Posicionado e Alinhado, o Robô se desloca em direção ao gol adversário,

levando consigo a bola e tentando marcar o gol.

- **Descolar da Parede:** Esta é uma ação especial que acontece quando a bola em algum dos limites do campo e o robô está em distância de chute. Nesse caso o robô empurra a bola pela lateral do campo em direção do gol adversário.

O Defensor se posiciona na defesa, esperando por uma chance de se tornar atacante.

Outras ações mais específicas foram implementadas em função das diversas situações de jogo, como cobrança de pênalti, falta, bola-livre e de tiros de meta. Estas ações basicamente reposicionam os jogadores em campo em uma das funções acima, e são logo substituídas por uma das ações padrão quando o jogo é reiniciado.

O papel do goleiro é fixo, mas o atacante e o defensor podem mudar de papel caso o atacante esteja preso de alguma forma (nas laterais do campo ou em algum robô adversário) e esteja longe da bola. A posição futura da bola é estimada através da velocidade e do ângulo de deslocamento obtidos pela diferença de posição da bola em sucessivas imagens e do tempo transcorrido entre cada captura de imagem.

5 Controle

A partir das referências geradas pelo módulo de estratégia, o controle calcula as tensões a serem enviadas aos motores. A estratégia adotada se baseia em uma modelagem linear dos robôs, o que permite a adoção de técnicas clássicas de controle (Vieira et al., 2004) (Vieira et al., 2003).

De forma resumida, a abordagem adotada se baseia na separação do controle de posição em dois controladores independentes: um controlador angular e um controlador linear (Figura 5). O controlador angular se preocupa em apontar o robô para a referência desejada, enquanto o controlador linear procura posicioná-lo, ao longo da reta que coincide com a sua referência atual, no ponto R mais próximo da referência desejada.

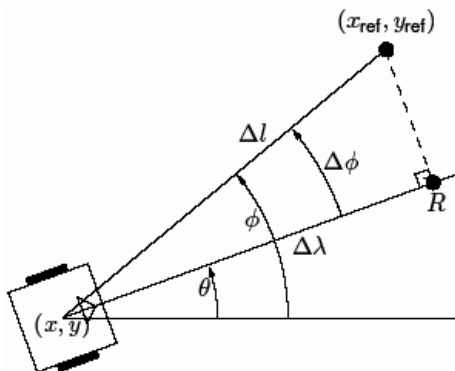


Figura 5: Controladores Angular e Linear do Robô

6 Transmissão

Os módulos transmissores possuem um transceiver TRW-24G, um conversor USB-serial DLP-USB232M e um PIC16F870A e é alimentada pela USB. O Conversor USB-Serial possui um conversor de tensão que fornece 3.3V necessários para acionar o transmissor. Assim como no robô, o PIC também está utilizando os 3.3V como alimentação. A Figura 6 descreve o processamento realizado para transmitir os dados. São enviados oito bytes de dados, sendo um start-byte, seis valores indicando as velocidades das rodas esquerda e direita de cada robô, com o primeiro bit indicando o sentido de giro das rodas e os sete restantes indicando a velocidade, e um end-byte. O pacote é recebido por todos os robôs, mas cada robô só considera os dois bytes relativos a ele.

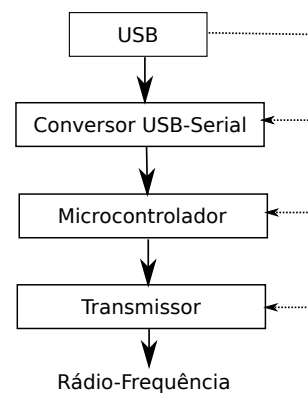


Figura 6: Processamento no Transmissor

Referências

- Mendes, E. P. and Medeiros, A. A. D. (2008). Sistema de localização visual da equipe de futebol de robôs poti-ufrr (versão 2008) na categoria very small size. Team Description Paper, *Competição Brasileira de Robótica*, Salvador, Bahia, Brasil.
- Silva, L. H. R. (2010). Estruturação e desenvolvimento de estratégia para futebol de robôs. Trabalho de conclusão de curso.
- Vieira, F. C., Medeiros, A. A. D. and Alsina, P. J. (2003). Dynamic stabilization of a two-wheeled differentially driven nonholonomic mobile robot, *SBAI - Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente*, Bauru, SP, Brazil.
- Vieira, F. C., Medeiros, A. A. D., Alsina, P. J. and Jr., A. P. A. (2004). Position and orientation control of a two-wheeled differentially driven nonholonomic mobile robot, *ICINCO - International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics*.