

Descrição da Equipe SirSoccerVSS-A para a Categoria IEEE Very Small Size Soccer

Oscar Neiva¹, Lucas Borsatto², Hebert Luiz³, Johnathan Fercher⁴
Alberto Angonese⁵, Eduardo Krempser⁶

Abstract—Neste artigo são apresentados os resultados do trabalho realizado em 2015 pela equipe SirSoccerVSS-A de futebol de robôs, categoria *Very Small Size Soccer - VSSS*, para participação na XIII Competição Brasileira de Robótica - CBR e na XIV Competição Latino Americana de Robótica - LARC. Aqui estão descritos os trabalhos de todas as etapas de construção do time de futebol. Uma descrição mais detalhada é apresentada nas seções: Sistema e Controle e Sistema Eletrônico, uma vez que essas foram as partes com maior evolução desde a participação na LARC de 2014. Além disso, ao final deste trabalho é descrito um pouco do simulador usado para os testes da estratégia.

I. INTRODUÇÃO

A Faculdade de Educação Tecnológica do Estado do Rio de Janeiro - FAETERJ/Petrópolis, possui o curso superior de Tecnologia da Informação e de Comunicação, em que além das disciplinas tecnológicas previstas no currículo, os alunos também participam de outras atividades, de forma a contribuir para a formação acadêmica. O Laboratório de Sistemas Inteligentes e Robótica - SIRLab, surge com a ideia de proporcionar um ambiente para prática e estudo em computação, robótica e inteligência computacional.

A IEEE *Very Small Size Soccer - VSSS* é uma categoria de futebol de robôs [11] que proporciona o estudo em diversas áreas. O time de robôs que jogam futebol trata-se de um sistema autônomo com um servidor e três agentes que executam

*Este trabalho é apoiado pelo Laboratório de Sistemas Inteligentes e Robótica - SIRLab e pela Faculdade de Educação Tecnológica do Estado do Rio de Janeiro - FAETERJ

¹ Oscar Neiva é aluno do curso de Tecnologia da Informação e da Comunicação na Faculdade de Educação Tecnológica do Estado do Rio de Janeiro - FAETERJ Petrópolis (RJ). oscarneivaeneto@gmail.com

² Lucas Borsatto é aluno do curso de Tecnologia da Informação e da Comunicação na Faculdade de Educação Tecnológica do Estado do Rio de Janeiro - FAETERJ Petrópolis (RJ). lucasborsattosimao@gmail.com

³ Hebert Luiz é aluno do curso de Tecnologia da Informação e da Comunicação na Faculdade de Educação Tecnológica do Estado do Rio de Janeiro - FAETERJ Petrópolis (RJ). hebert.luiz.hb@gmail.com

⁴ Johnathan Fercher é aluno do curso de Tecnologia da Informação e da Comunicação na Faculdade de Educação Tecnológica do Estado do Rio de Janeiro - FAETERJ Petrópolis (RJ). johnathanfercher22@gmail.com

⁵ Alberto Angonese é orientador dos projetos do SIRLab, professor do curso de Tecnologia da Informação e da Comunicação na Faculdade de Educação Tecnológica do Estado do Rio de Janeiro - FAETERJ Petrópolis (RJ), e doutorando em Engenharia de Defesa pelo Instituto Militar de Engenharia - IME. angonesealberto@gmail.com

⁶ Eduardo Krempser é orientador dos projetos do SIRLab e professor do curso de Tecnologia da Informação e da Comunicação na Faculdade de Educação Tecnológica do Estado do Rio de Janeiro - FAETERJ Petrópolis (RJ), e pesquisador da Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ (RJ). krempser@gmail.com

ações determinadas por este servidor. As informações de jogo chegam ao servidor por meio de imagens, estas fornecidas por uma câmera que fica instalada a 2m ou mais da base do campo. As informações são processadas pelo servidor e em seguida um comando é enviado aos robôs por rádio frequência.

O sistema de um time de futebol de robôs IEEE VSSS é cooperativo e atua em um ambiente altamente dinâmico, o que faz do seu desenvolvimento algo muito complexo. As seções deste artigo estão divididas conforme as linhas de estudo necessárias para o desenvolvimento do trabalho. No desenvolvimento do projeto foram necessários estudos em visão computacional, sistemas e controle, redes e eletrônica.

O trabalho feito será apresentado partindo da visão computacional até o *hardware* do robô. Uma descrição um pouco mais detalhada pode ser encontrada nas seções III (Sistemas e Controle) e V (Sistema Eletrônico), devido aos avanços que foram obtidos este ano no desenvolvimento dessas partes do projeto. Ao final (seção VI) descreve-se também o simulador criado pela equipe para testes de técnicas de movimentação e estratégia.

II. VISÃO COMPUTACIONAL

Um das partes fundamentais no desenvolvimento de um sistema autônomo de um time de futebol de robôs é a visão computacional [2], pois é a responsável pelo sensoriamento de todos os objetos de interesse. A visão computacional é talvez a parte mais importante para o funcionamento de todo o sistema, por ser o início de toda uma cadeia de processos que devem estar bem integrados.

O sistema de visão computacional da SirSoccerVSS-A utiliza a biblioteca OpenCV [13] e faz uso do padrão de cores HSV para captação e filtragem de imagens. A OpenCV é uma biblioteca livre, sob a licença de código aberto BSD (*Berkeley Software Distribution*). A biblioteca pode ser implementada em Python, C++ e outras linguagens, porém, dado que todo o restante do sistema está implementado em C++, optou-se por essa linguagem [1].

O programa localiza na imagem as cores desejadas (Figura 1), e faz a distinção dos objetos do jogo. E para o tratamento das imagens captadas são usados alguns filtros da biblioteca [3]. O sistema obteve avanços em relação ao ano de 2014, uma vez que com o uso do HSV ao invés do RGB, os problemas relacionados ao gradiente de luminosidade foram resolvidos. Pode ser visto em [12], um estudo comparativo de diversos sistemas de cores aplicados à segmentação por cor, onde o modelo HSV apresentou

informações de cor e luminância mais descorrelacionadas que no modelo RGB. Com isso, o modelo HSV mostra-se mais adequado para segmentação baseada em cores. E após a mudança no programa, o sistema está mais robusto a variações luminosas.

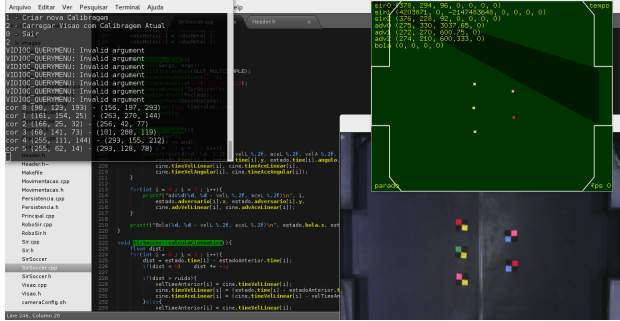


Fig. 1. Visão computacional em execução

Quanto ao equipamento usado para captação de imagens, a equipe faz uso de uma câmera Life Cam HD5000 da Microsoft, com retorno de 30 quadros por segundo.

III. SISTEMA E CONTROLE

O robô da categoria IEEE *Very Small Size Soccer* (VSSS) é do tipo não holonômico e seu modelo é conhecido como *Differential Driver* (Figura V). Ser não holonômico significa que o sistema não pode ser expresso por um número finito de equações, e o termo *Differential Driver* faz referência ao modelo de robôs com duas rodas [7]. Feita a descrição do modelo do sistema, foi implementado um controle proporcional, integral e derivativo - PID, sendo a implementação dessa técnica necessária devido a existência de ruídos no sistema. A seguir é descrito o modelo matemático do sistema, e o modelo matemático do controle.

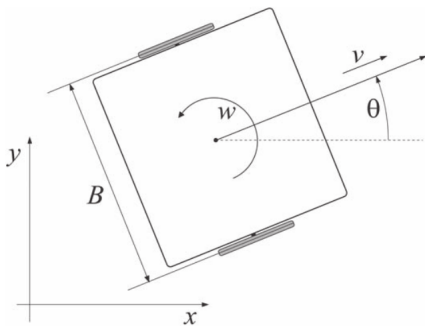


Fig. 2. Modelo *Differential Driver*

As equações cinemáticas de um robô da categoria VSSS são equivalentes ao modelo de um uni ciclo. Robôs com tal arquitetura tem uma descrição não holonômica e cinemática de forma [6]:

$$q' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ \theta' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & 0 \\ \sin\theta & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v \\ \omega \end{pmatrix} \quad (1)$$

Sendo q' a pose atual do sistema, x' e y' as componentes da velocidade tangencial em x e y , θ a angulação do robô e v e ω as velocidades tangencial e angular, respectivamente. Através da velocidade tangencial calculada no modelo (1), é feita a estimação das velocidades tangenciais para cada uma das rodas pelas equações (2,3).

$$v_e = v - \frac{\omega B}{2} \quad (2)$$

$$v_d = v + \frac{\omega B}{2} \quad (3)$$

Para concluir-se que o sistema se comporta como deveria é necessário que este alcance a chamada referência. Sendo assim, enquanto uma ou mais variáveis de saída não conseguem alcançar a referência, ao longo do tempo, um controlador manipula as entradas do sistema para obter o efeito desejado nas saídas. Esse controlador é aqui representado por $u(t)$, e o erro a ser corrigido para chegar-se convergência do sistema por $e(t)$. O controle PID é dado então pela equação (4).

$$u(t) = k_p \cdot e(t) + k_d \cdot \frac{de(t)}{dt} + k_i \cdot \int_0^t e(t) dt \quad (4)$$

Sendo k_p , k_d e k_i parâmetros de ajuste do controle.

IV. REDE DE TRANSMISSÃO

A topologia de rede de um time de futebol de robôs da *Very Small Size Soccer* é uma topologia do tipo estrela. Sendo o coordenador configurado em modo broadcast, e os pacotes transmitidos em massa para os três robôs, que fazem a interpretação do pacote e executam apenas o trecho da mensagem destinado a cada um deles.

Devido a equipe deixar de usar o *shield* de Xbee [10] na nova plataforma, mudança essa discutida na seção Sistema Eletrônico (seção V), o controle da transmissão passa a ser feito diretamente no microcontrolador. Para isso, foram necessárias mudanças na principal biblioteca de transmissão serial do Arduino, a *Hardware Serial*.

A rede atual consiste de três receptores configurados como *end-point*, e um transmissor principal configurado como coordenador [19]. A frequência utilizada pelos rádios podem ser definidas de 902Mhz (IEEE 802.15.4) até 928Mhz (IEEE 802.15.4) (Figura 3), diferente da versão anterior que utiliza 2.4Ghz (IEEE 802.11.x) como frequência padrão.

V. SISTEMA ELETRÔNICO

Dentre os trabalhos realizados este ano, a equipe construiu um novo robô. Uma nova plataforma foi desenvolvida visando adaptá-la ao novo *hardware* criado, além disso, com a criação de uma nova arquitetura robótica, foi possível criar uma ergonomia aprimorada (Figura 4) para que o robô tivesse mais posse de bola.

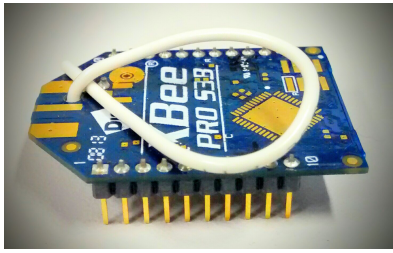


Fig. 3. Xbee Pro S3B

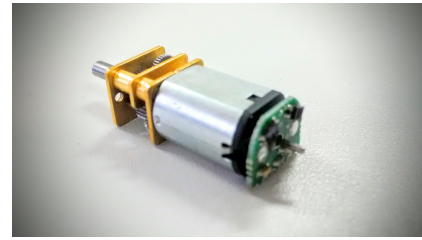


Fig. 6. Motor de relação 1:50 com encoder

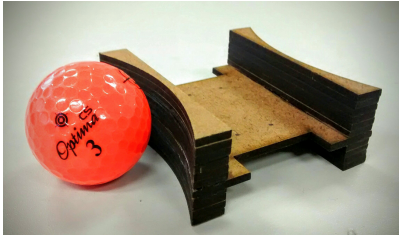


Fig. 4. Protótipo da estrutura do robô

Os componentes base para o desenvolvimento da nova plataforma foram o rádio Digi Xbee S3B [10], o microcontrolador Arduino Micro [4], o circuito integrado da Toshiba TB6612FNG [18], os micro-motores da pololu [17] e seus *encoders* [15] ópticos para micro motores. Foi então projetada uma placa (Figura 5) dedicada a interconexão dos componentes básicos da plataforma, de modo a poupar espaço e a proporcionar melhor aproveitamento de baterias evitando que componentes que não estão sendo usados promovam gastos excessivos no sistema eletrônico.

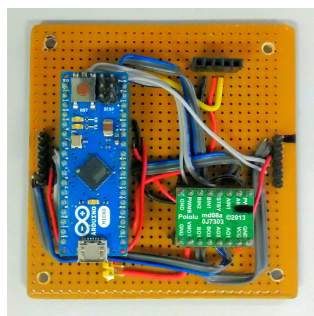


Fig. 5. Protótipo do *hardware* do robô

Para receber as informações do servidor, o sistema robótico dispõe de um rádio RF Xbee S3B, circuito este responsável por transpor a comunicação de baixo nível lógico do Xbee para o nível lógico do microcontrolador. A decodificação da informação recebida é feita pelo microcontrolador Arduino Micro, que vai enviar os comandos de movimentação para uma ponte-h [16] dupla da Toshiba, modelo TB6612FNG. Por fim, esta será responsável por transformar os comandos básicos de movimentação em pulsos para os motores [5].

Assim, com o espaço poupado pela utilização de uma placa única, foi possível a expansão das baterias, que agora somam um total de 2000mAh, mas continuam operando em uma voltagem de 7,4V como na plataforma anterior. E ainda foi possível utilizar *encoders* (Figura 6) nos micro motores para que através das leituras de velocidade de rotação fossem melhoradas questões de controle.

A motivação para criação desta placa advém de experiências da equipe em competições anteriores. O uso de *shields* [9] pré-moldados com pinagens de fácil integração entre *drivers* de motor, dispositivos de rádio frequência e microcontroladores foram essenciais para que a equipe pudesse em um primeiro momento ter outras preocupações. No entanto, com o desenvolver do projeto, a busca por uma melhor desempenho dos robôs tem se mostrado essencial, e por isso, foi construída essa nova plataforma (Figura 7). Mais detalhes sobre a placa e seus componentes encontram-se no Apêndice.

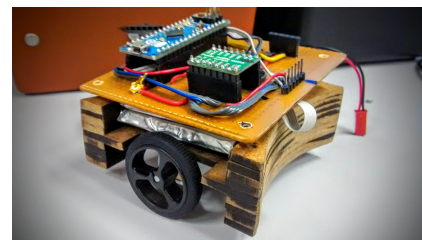


Fig. 7. Robô SirSoccerVSS-A

VI. SIMULADOR VERY SMALL SIZE SOCCER

O simulador criado pela equipe do laboratório SIRLab para a categoria VSSS tem o objetivo de facilitar a criação de estratégias que podem ser implementadas pelos robôs. O padrão de projeto utilizado garante que, mesmo que o código seja feito pelo simulador, ele irá funcionar também para a plataforma física da categoria, de forma que é possível que os integrantes realizem seus progressos na estratégia e apenas tenham que migrar o código para que possa ser executado nos robôs.

Isso é possível devido a modulação do projeto, que é dividido em partes físicas, gráficas e de estratégia. A parte física fornece os mesmos dados que a plataforma com a câmera, de modo que, garantido que os dados vão abastecer as outras partes da mesma maneira, é possível o desenvolvimento independente.

O simulador é desenvolvido com o apoio das bibliotecas de OpenGL[14], responsáveis pela parte gráfica, e com a versão 2.83 da Bullet Physics [8], que tem a função de simular toda a física da plataforma.

A Bullet funciona com base nos intervalos de tempo que um ciclo do OpenGL leva para poder ser processado, fazendo com que o processamento físico seja sincronizado com o processamento gráfico, sendo realizado logo depois.

Os robôs são criados via Bullet, que então fica responsável pela sua movimentação. Essa parte é executada com base nos dados que a estratégia do simulador define, determinando a velocidade que as rodas do robô devem atingir para que possa alcançar o ponto de destino desejado, de forma que fica a critério do desenvolvedor determinar qual a rota que o robô irá adotar.

O desenvolvimento da plataforma de simulação requer alguns cuidados, pois a própria Bullet possui um sistema de veículos próprios, mas que teve que ser modificado pela equipe para que pudesse ser compatível ao modelo da categoria VSSS.

Um exemplo técnico disso é o sistema de movimentação dos veículos dentro da biblioteca, que ocorre com base em um sistema de coordenadas relativa ao sistema cartesiano externo, e não relativo ao próprio veículo. Como a velocidade do veículo é sempre incrementada de um valor baseado em um determinado impulso (proveniente dos intervalos do ciclo), isso causa alguns problemas, como quando se acrescenta velocidade ao veículo, mas o vetor unitário que determina sua parte frontal tem as suas duas componentes X e Y negativas, fazendo com que, ao invés de a velocidade seja incrementada, ela acabe diminuindo.

Assim, testes vêm sendo feitos na parte da estratégia. Comparações são feitas entre os resultados obtidos no simulador e no sistema físico e, logo em seguida, são feitas modificações no sistema físico, ou um novo método é testado no simulador.

CONCLUSÃO

Durante os trabalhos em 2015, a equipe SirSoccerVSS-A estudou técnicas e modelos para aperfeiçoar seu time de futebol de robôs *Very Small Size Soccer*. Dentre os avanços obtidos este ano, destaca-se o início de estudos mais aprofundados em sistemas e controle, a criação de uma placa e término do desenvolvimento do simulador. Planos já estão sendo traçados para as futuras participações da equipe na LARC, e este ano espera-se obter resultados ainda mais satisfatórios que nas edições anteriores.

APÊNDICE

A. Placa Eletrônica

A placa eletrônica do SirSoccerVSS-A e seus componentes possuem a pinagem apresentada em (Figura 8), e os componentes estão intercalados pela trilha em (Figura 9).

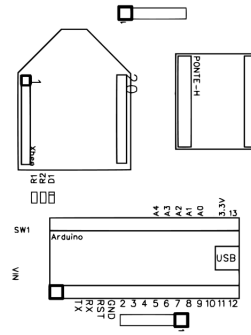


Fig. 8. Pinagem dos componentes da placa

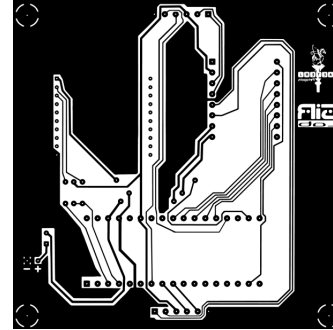


Fig. 9. Trilhas da placa

AGRADECIMENTOS

A equipe SirSoccerVSS-A agradece a Faculdade de Educação Tecnológica do Estado do Rio de Janeiro (FAETERJ - Petrópolis) pelo apoio.

REFERENCES

- [1] Stroustrup, b. why c++ is not just an object-oriented programming language. disponível em: <http://www.stroustrup.com/oopsla.pdf>.
- [2] Machine vision fundamentals: How to make robots see. 2011.
- [3] Construção de um time de futebol de robôs para a categoria ieev very small size soccer. 2015.
- [4] ARDUINO: Arduino HomePage. Disponível em: "http://www.arduino.cc". acessado em: 20 de maio de 2013.
- [5] ARDUINO: Arduino Learning. <http://arduino.cc/en/Tutorial/PWM>.
- [6] Saso Blasic. On periodic control laws for mobile robots. *IEEE Transaction on Industrial Eletronics*, 61, 2014.
- [7] Frans Groen Bruno Siciliano, Oussama Khatib. Springer tracts in advanced robotics. In *Soccer Robotics*, pages 138–161. Springer, 2004.
- [8] Bullet. <http://bulletphysics.org/wordpress/>.
- [9] DFRobots HomePage. Disponível em: <http://www.dfrobot.com/index.php>. acessado em: 22 de junho de 2013.
- [10] Digi. *XBee/XBee-PRO RF Modules*, 2011.
- [11] E. B. Ferreira Filho. Desenvolvimento de um time de futebol de robôs categoria ieev very small size. 2013.
- [12] Minami Miyauchi Hajime Takata Akira Sonoda Hiroki Ohta, Shinji Ozawa and Hisami Iri. Computer classification of rosette-forming cells from microscope images. 2011.
- [13] OpenCV. <http://docs.opencv.org/>.
- [14] OpenGL. <https://www.opengl.org/>.
- [15] Pololu HomePage. Disponível em: <https://www.pololu.com/product/2591>. acessado em: 13 de abril de 2015.
- [16] Pololu HomePage. Disponível em: <https://www.pololu.com/product/713>. acessado em: 13 de abril de 2015.

- [17] Pololu: Robotics & Eletronics. Disponivel em:
<http://www.pololu.com/catalog/product/2361>. acessado em: 22
de junho de 2013.
- [18] Toshiba. *Toshiba Bi-CD Integrated Circuit*, 2012.
- [19] ZigBee Alliance. www.zigbee.org.