

# Projeto SSolé - Previsão da Bola no Campo Virtual GrSim

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

<sup>1</sup>XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

{XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX}

{XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX}

**Abstract.** *The RoboCup Small Size League (SSL) is a robotic soccer competition in which teams design autonomous robots for tasks such as localization, navigation, and soccer strategies. The Laboratory of Robotics xxxxxxxxxxxxxx has initiated a team that is developing a trigonometry-based system to predict trajectories and control SSL robots using the grSim simulator as a testing environment.*

**Resumo.** *A RoboCup Small Size League (SSL) é uma competição de futebol robótico em que equipes projetam robôs autônomos para tarefas como localização, navegação e estratégias de futebol. O Laboratório de Robótica xxxxxxxxxxxxxx iniciou uma equipe que desenvolve um sistema baseado em trigonometria para prever trajetórias e controlar robôs SSL utilizando o simulador grSim como ambiente de testes.*

## 1. Introdução

A RoboCup planeja promover avanços na inteligência artificial e visão computacional com robótica autônoma, proporcionando um ambiente desafiador para testar a capacidade dos robôs em tomar decisões em tempo real sem a intervenção humana, movimentar-se em um ambiente dinâmico e colaborar em equipe para alcançar metas específicas. Na competição, existe a categoria Small Size League [SSL], que concerne de um torneio de futebol robótico na qual as equipes projetam robôs autônomos para operar em um campo de 12x9m. Esses robôs têm como objetivo de realizar tarefas como execução de estratégias, tais como dribles, passes, marcação e gols, que são semelhantes às dos jogadores de futebol. A RoboCup disponibiliza o software GrSIM [MONAJEMI et al. 2019], no qual, simula a competição em um ambiente virtual e compartilha o código utilizado no simulador, contendo informações sobre os cálculos direcionados à movimentação do robô, que também, auxiliam no desenvolvimento do sistema, que engloba estratégia e arbitragem computacional.

O Laboratório de Robótica xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx constituiu uma equipe de discentes, no ano de 2023, que desenvolveu um sistema de estratégia para a RoboCup Small Size League utilizando os padrões de comunicação estabelecidos pela própria liga, fundamentados no protocolo protobuf [Google 2023]. Em linhas gerais, o sistema estabelece uma conexão com o GrSim [MONAJEMI et al. 2019] para trocar informações referentes à bola e ao robô, o que possibilita ao sistema identificá-los e calcular a distância entre ambos, e posteriormente, o robô é direcionado à bola. Atualmente, a equipe definiu um novo objetivo para o ano de 2024, que consiste em prever a posição da bola no ambiente virtual, usando o sistema desenvolvido pela equipe anterior.

## **1.1. Objetivos**

O objetivo geral da equipe visa, antecipar a posição da bola no campo virtual, possibilitando que o robô tome decisões mais eficientes e execute suas tarefas com maior precisão. Para alcançar esse objetivo geral, a equipe definiu objetivos específicos que orientam suas atividades:

1. Calcular com trigonometria a posição futura da bola: esse cálculo é feito utilizando os frames anteriores recebidos pelo sistema de comunicação com o GrSim, e isso permite que o robô identifique e se posicione na posição prevista, desta forma, o robô recebe a bola.

2. Direcionar o robô através do controle simultâneo das rodas omnidirecionais utilizando velocidades lineares e angulares.

## **2. Trabalho Proposto**

Devido às limitações materiais, optou-se pelo desenvolvimento de uma estrutura padrão que conecta o sistema de visão da competição [SSL-VISION 2023] ao método do usuário por meio do protocolo protobuf. O sistema de visão da competição fornece dados sobre a localização dos objetos no campo, como robôs e bola, possibilitando cálculos estratégicos para orientar o movimento do robô em direção ao objetivo. Os resultados desses cálculos são transmitidos em tempo real ao robô para sua movimentação. Além disso, os testes são realizados através do simulador GrSim [MONAJJEMI et al. 2019], assegurando a integração entre a transferência de dados e a estratégia de movimento fundamentada em princípios matemáticos da RoboCup Small Size League.

Para implementar a Teoria da Trigonometria na previsão da bola, realizou-se um estudo teórico sobre o Filtro de Kalman e a Teoria da Trigonometria ([VAZ 2023]). Após avaliação, foi concluído que ambas as técnicas são úteis; no entanto, devido às restrições de tempo para a conclusão do projeto e à complexidade do Filtro de Kalman, optou-se por empregar a Teoria da Trigonometria. Esta abordagem permite realizar os cálculos de previsão da posição da bola com base nos frames disponibilizados, e assim, calcular uma nova posição para o robô utilizando fórmulas trigonométricas.

## **3. Materiais e Métodos**

### **3.1. Materiais**

O projeto utilizou de alguns materiais para o desenvolvimento do sistema proposto. Estes materiais foram selecionados com base na sua capacidade de atender aos requisitos técnicos e funcionais estabelecidos pela competição. A seguir, encontra-se em Tabela 1 detalhando cada um desses materiais, destacando suas características e contribuições para o projeto.

**Tabela 1. Materiais**

Nome	Versão	Localização	Descrição
SSL-Vision	–	<a href="https://github.com/RoboCup-SSL/ssl-vision.git">https://github.com/RoboCup-SSL/ssl-vision.git</a>	Visão virtual da posição dos robôs; criação de simulações.
SSL-go-tools	–	<a href="https://github.com/RoboCup-SSL/ssl-go-tools">https://github.com/RoboCup-SSL/ssl-go-tools</a>	Gravação, manipulação e reprodução de logs.
grSim	–	<a href="https://github.com/RoboCup-SSL/grSim.git">https://github.com/RoboCup-SSL/grSim.git</a>	Representação virtual em 3D dos robôs.
Protobuf	3	<a href="https://protobuf.dev/">https://protobuf.dev/</a>	Recebimento e envio dos dados.
C++	3.10.6	<a href="https://www.jetbrains.com/cpp/">https://www.jetbrains.com/cpp/</a>	Programação do sistema.

### 3.2. Métodos

Inicialmente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre a competição RoboCup, focando na divisão B da Small Size League (SSL). A investigação concentrou-se nos artigos da seção "Team Description Papers" (TDP, 2023) de equipes como RoboDragons [ITO 2023], RoboFEi [NETO 2023], ZJUNlict [HUANG 2023] e Immortals [SALEHI 2023], além do "League Software" [SSL 2023]. Essa pesquisa explorou metodologias, softwares, hardwares e táticas utilizadas no desenvolvimento dos robôs relacionados à competição SSL.

O sistema de movimentação do robô é inicialmente calculado com base nos eixos X e Y, os quais são posteriormente convertidos para radianos devido ao uso de rodas omnidirecionais, que permitem movimentos em todas as direções. Embora, deve-se calcular com precisão a velocidade angular e linear de cada roda para garantir o movimento autônomo do robô em direção ao objetivo. Essa precisão é fundamental para o sistema de estratégia, entretanto, ainda não foi implementado esse ajuste no código.

Com base nessas análises, foi estabelecido que: em primeira situação é ajustar o movimento do robô para que as quatro rodas recebam seu ângulo e velocidade corretamente, em radianos, para o deslocamento até a bola; e logo após este ajuste, desenvolver a previsão da posição futura da bola utilizando os frames anteriores armazenados no sistema da equipe, e com isso, calcula essa antecipação com base nos frames anteriores usando a teoria da trigonometria. Uma vez determinada a posição futura da bola, essas coordenadas são enviadas ao robô do GrSim [MONAJJEMI et al. 2019] por meio de mensagens protocolo protobuf [Google 2023]. Assim, o robô no simulador, ao receber essa informação, se desloca até o ponto e fica preparado para receber a bola.

## 4. Resultados e Discussões

Durante os experimentos de movimentação, dentro do GrSim [MONAJJEMI et al. 2019] identificou-se um problema com o robô, especificamente

com duas rodas que não estavam em contato adequado com o solo virtual do simulador, no qual, ao enviar as velocidades para cada roda, o robô não se deslocava conforme o esperado. Além disso, surgiram dificuldades relacionadas ao cálculo da velocidade linear e angular para cada roda, o que resultou na incapacidade do robô em seguir até o ponto desejado. Para solucionar esses problemas, foi necessário reconfigurar no simulador os ângulos de posicionamento das rodas no robô virtual, e também, planejar e desenvolver um cálculo que enviasse corretamente as velocidades para cada roda do robô.

## 5. Conclusão

Atualmente, embora o sistema já consiga trocar informações e permitir o movimento do robô utilizando as quatro rodas no campo virtual, o cálculo preciso para cada roda sobre as velocidades angulares e lineares ainda não foram implementados. Paralelamente, está conduzindo pesquisas e testes em Python, utilizando conceitos de trigonometria para prever a trajetória da bola e coordenar o movimento do robô em direção a ela. Em relação à conclusão do projeto, espera-se que até o final de 2024, o cálculo das rodas e a previsão do posicionamento da bola sejam finalizados e integrados ao sistema do usuário, permitindo o envio de informações ao robô do grSim e movimentação autônoma até o objetivo especificado.

Sobre o projeto SSolé, a ideia é que a equipe de discentes da robótica da xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx continue se dedicando ao desenvolvimento de um sistema estratégico para a SSL, ou até mesmo construir um protótipo físico de robô para ser utilizado na competição da RoboCup Small Size League.

## Referências

- Google, P. (2023). Protocol buffers documentation.
- HUANG, Zheyuan e HAN, C. e. S. N. e. Y. J. e. Y. J. e. Z. A. e. C. Z. e. D. H. e. W. L. e. W. Y. e. G. D. e. X. R. (2023). Zjunliet extended team description paper.
- ITO, Masahide e SHIBATA, M. e. A. S. e. A. Y. (2023). Robodragons 2023 extend team description.
- MONAJJEMI, V., KOOCHAKZADEH, A., and GHIDARY, S. S. (2019). Grsim - robocup small size robot soccer simulator.
- NETO, Álvaro D. e MARQUES, A. L. e. C. B. B. e. M. F. E. C. e. K. G. M. R. e. C. G. W. e. S. H. B. e. A. J. V. L. e. C. L. d. S. C. e. S. N. V. e. C. R. M. e. A. T. O. e. T. F. e. J. P. A. e. B. R. A. C. (2023). Robofei 2023 team description paper.
- SALEHI, Ali e TABASI, M. e. N. O. e. N. A. A. e. F. M. H. e. G. M. A. e. N. M. R. e. T. M. (2023). Immortals 2023 extend team description paper.
- SSL, R.
- SSL, R. (2023). League software.
- SSL-VISION (2023). Robocup small size league shared vision system.
- VAZ, Lara W. e DA SILVA, G. M. (2023). Trigonometria vs filtro de kalman.