



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



Sistema de controle e visualização para enxame de robôs móveis, uma abordagem através da teoria de campos potenciais

Robot swarm simulation and control, an approach through potential field theory

Luís Felipe da Silva Messias^{*}, Prof. MSc. Ronnier Frates Rohrich[†],
Prof. Dr. André Scheneider de Oliveira[‡]

18 de outubro de 2021

RESUMO

O presente trabalho tem por contexto o problema de controle de enxame de robôs móveis. O objetivo principal do trabalho é simular o comportamento de um enxame de robôs móveis dentro de um ambiente virtual e realizar seu controle. Para isso foram desenvolvidos pacotes de visualização e controle de enxame de robôs móveis para o ROS (Robot Operating System). O pacote de visualização gera os dados necessário para a correta simulação do enxame e o pacote de controle faz o gerenciamento de cada robô, esse tem por objetivo ser facilmente adaptado a diferentes contextos de simulação dentro do ROS e facilmente integrado para o contexto de robôs reais. O controle de cada robô móvel foi feito usando a teoria de campos potenciais. Os pacotes desenvolvidos são capazes de representar enxames de robôs dentro do ambiente virtual e realizar seu gerenciamento. Os pacotes desenvolvidos servirão de base para outros trabalhos e pesquisa com enxame de robôs móveis em ambientes simulados dentro do ROS.

Palavras-chave: Robótica. Enxame. Campos potenciais.

ABSTRACT

The present work has for context the problem of swarm control of mobile robots. The objective of the work is to simulate the behavior of a swarm of mobile robots within a virtual environment and to control it. For this purpose, mobile robot swarm visualization and control packages were developed for the ROS (Robot Operating System). The visualization package generates the data necessary for the correct simulation of the swarm and the control package manages each robot, this one is intended to be easily adapted to different simulation contexts within ROS and easily integrated to the context of real robots. The control of each mobile robot was done using potential field theory. The developed packages are able to represent robot swarms within the virtual environment and manage them. The developed packages will serve as a basis for further work and research with mobile robots swarm in simulated environments within ROS.

Keywords: Robotics. Swarm. Potential fields.

1 INTRODUÇÃO

O problema de navegação e controle de enxame de robôs tem grande relevância teórica. Sistemas de enxames de robôs têm uma vantagem potencial, sobre abordagem mais tradicionais, exigindo menos intervenção manual devido a sua robustez, escalabilidade e flexibilidade (BRAMBILLA et al., 2013). Este trabalho tem por objetivo

* Engenharia Mecatrônica; luisfelipe_messias@hotmail.com.

† DAELN; rohrich@utfpr.edu.br.

‡ CPGEI; andreoliveira@utfpr.edu.br.



geral desenvolver uma estratégia de controle de um enxame de robôs baseando-se na teoria de campos potenciais em ambiente simulado. O problema de comunicação entre os robôs, desvio de obstáculos dinâmicos e localização de enxame de robôs no ambiente não serão abordado neste trabalho. O problema a ser abordado é como fazer o controle de velocidade de um enxame de robôs móveis.

A ideia dos campos potenciais vem do conceito de campos potenciais na física, onde o movimento é guiado por dois tipos de forças (ZHANG; LIN; CHEN, 2018). O robô navegando no espaço é sujeito a atração gravitacional do ponto de destino e uma força de repulsão dos obstáculos (ZHANG; LIN; CHEN, 2018). Desta forma, o conjunto de robôs será capaz de navegar para o ponto de destino, desviar dos outros robôs do enxame e desviar das paredes do ambiente simultaneamente.

2 MÉTODO

O trabalho foi desenvolvido no framework ROS (Robot Operating System), juntamente com o pacote RVIZ para a visualização do enxame simulado. Para simulação dos robôs foi criado um pacote para a visualização e integração do conjunto de robôs móveis com o ambiente de visualização. O pacote será composto por um nó que representa o conjunto dos robôs. Cada robô terá uma entrada de comando de velocidade e sua saída será a posição representada como um objeto de 3 dimensões plotado na tela. Os dados de posição e orientação também poderão ser acessados pela infraestrutura do ROS. A posição e orientação de cada robô será aproximada por uma integração numérica das velocidades linear e angular impostas pelo controle.

Para o controle de velocidade do enxame de robôs, será utilizada a teoria de campos potenciais. Desta maneira, os robôs poderão navegar no ambiente sem que haja colisões entre si. O conjunto de equações 1 modela o campo de atração dos robôs para o objetivo. Onde α é o angulo entre a posição do robô e a posição do objetivo e d é a distância. As demais constantes r , s e β são os parâmetros para ajuste do raio do robô, raio de atração e constante de atração do campo, respectivamente.

$$\text{se } d < r: \tag{1}$$

$$FG_x = 0$$

$$FG_y = 0$$

$$\text{se } d \leq s+r:$$

$$FG_x = \beta * (d - r) * \cos(\alpha)$$

$$FG_y = \beta * (d - r) * \sin(\alpha)$$

$$\text{se } d > s+r:$$

$$FG_x = \beta * s * \cos(\alpha)$$

$$FG_y = \beta * s * \sin(\alpha)$$

Analogamente o campo de repulsão entre um robô i e outro j é dado pelo conjunto de equações 2. Onde $\alpha_{i,j}$ é o angulo e $d_{i,j}$ é a distância entre os robôs i e j . As demais constantes r , s e β são os parâmetros para ajuste do raio do robô, raio de atração e constante de repulsão do campo, respectivamente.



se $d < r$: (2)

$$F_{x_{i,j}}=0$$

$$F_{y_{i,j}}=0$$

se $d \leq s+r$:

$$F_{x_{i,j}}=-beta*(s+r-d_{i,j})*\cos(\alpha_{i,j})$$

$$F_{y_{i,j}}=-beta*(s+r-d_{i,j})*\sin(\alpha_{i,j})$$

se $d > s+r$:

$$FG_x = 0$$

$$FG_y = 0$$

Por fim as velocidades V_i e ω_i são dadas pelo conjunto de relações 3. Onde V_i é dado pelo módulo do vetor resultante do campo projetado na direção da orientação do robô e ω_i é obtido por um controle proporcional ao erro angular entre a direção do campo e a orientação do robô.

$$FTx_i = FG_x + \sum_j F_{x_{i,j}} \quad (3)$$

$$FTy_i = FG_y + \sum_j F_{y_{i,j}}$$

$$V_i = \sqrt{FTx_i^2 + FTy_i^2} * \cos(\arctan 2(FTx_i, FTy_i) - \theta_i)$$

$$\omega_i = k_\theta * (\arctan 2(FTx_i, FTy_i) - \theta_i)$$

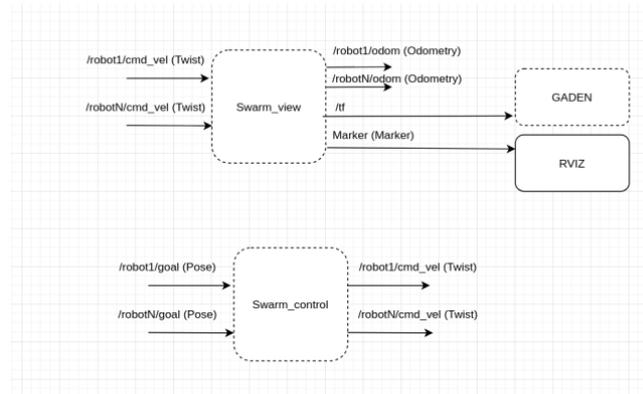
O problema de localização dos robôs não será abordada neste trabalho, assim, a localização será obtida diretamente do ambiente simulado.

3 RESULTADOS

Foram desenvolvidos dois pacotes ROS, uma para a visualização e outro para o controle do enxame. Na Figura 1 podemos observar a estrutura de comunicação entre os pacotes desenvolvidos. O pacote de visualização recebe os comandos de velocidade em um tópico do tipo *Twist*, publica a posição, orientação e velocidade de cada robô em um tópico do tipo *Odometry*, publica as transformações rígidas que representam a posição e orientação de cada robô e por fim publica um tópico do tipo *Marker* para gerar a visualização no RVIZ. O pacote de controle recebe a posição de cada robô e a posição de destino desejada para efetuar a movimentação, além de publicar as velocidades necessárias para tal.

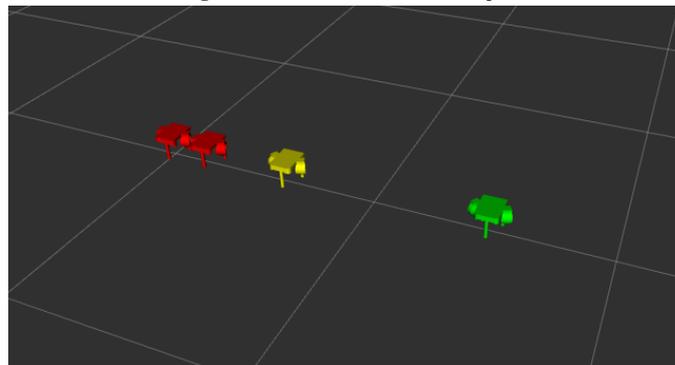
O pacote de visualização possui a tarefa de simular o comportamento de um enxame de robôs em ambiente simulado, ele possui um sistema de indicação de proximidade e colisões entre os robôs. Na Figura 2, podemos ver dois robôs com alto risco de colisão em vermelho, um robô com risco médio em amarelo e por fim em verde um robô sem risco de colisão.

Figura 1 – Diagrama em blocos dos pacotes



Fonte: Autoria própria (2021).

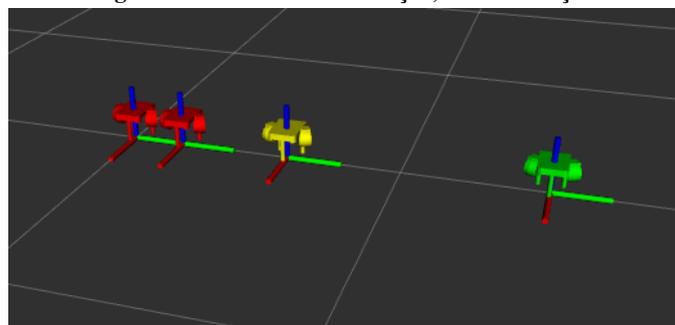
Figura 2 – Pacote de visualização



Fonte: Autoria própria (2021).

Na Figura 3, pode-se observar a Figura 2 sobreposta com as transformações rígidas que representam a posição e orientação de cada robô.

Figura 3 – Pacote de visualização, transformações

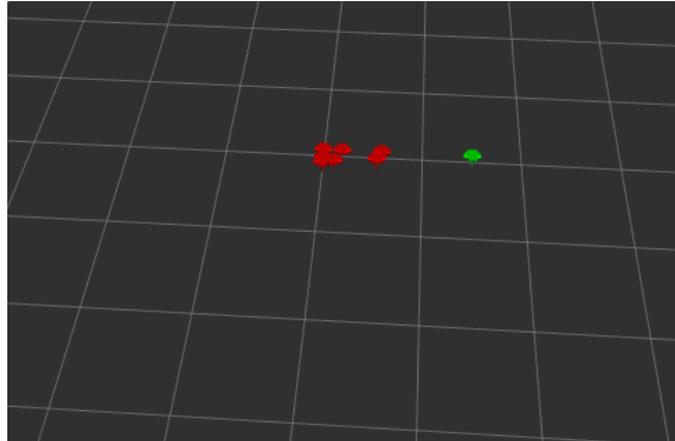


Fonte: Autoria própria (2021).

O pacote de controle possui a tarefa de guiar os robôs pelo ambiente impedindo a colisão mútua entre si. A Figura 4 mostra a posição inicial dos robôs antes do controlador está ativo, pode-se observar que os robôs foram iniciados bastante próximos e alguns sobrepostos para avaliar o desempenho do controlador nessa situação.

A Figura 5 mostra a posição dos robôs após o controlador ser ativado, pode-se observar que ele tem a

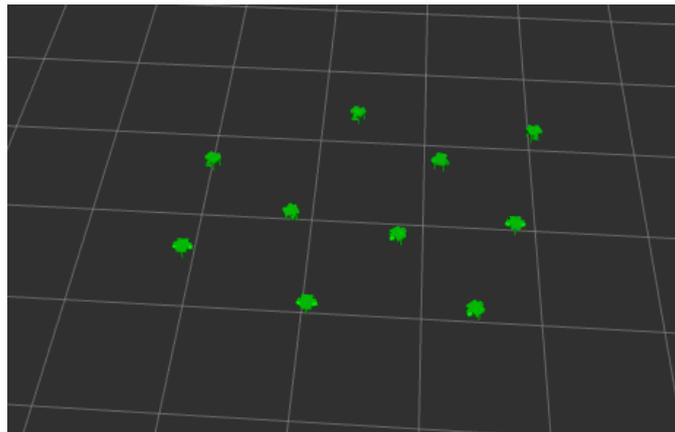
Figura 4 – Inicialização dos robôs



Fonte: Autoria própria (2021).

capacidade de afastar os elementos do enxame para que eles saiam do estado de colisão.

Figura 5 – Robôs com controle ativo



Fonte: Autoria própria (2021).

A Figura 6 mostra a configuração final do enxame após o controlador envia-los para um mesmo ponto no ambiente, pode-se observar que eles se agrupam de forma ordenada em torno do ponto final de objetivo do enxame.

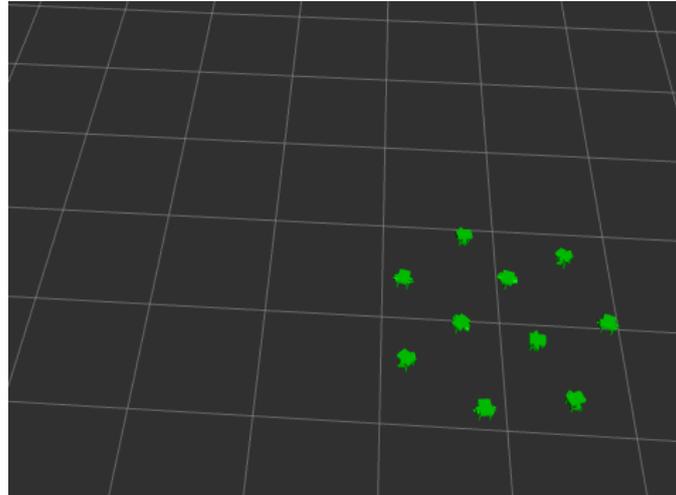
Desta maneira pode-se verificar que a metodologia utilizada é suficiente para fazer o controle de posição do enxame ao mesmo tempo que impede a colisão de cada um dos seus membros. Além disto, é possível observar que a teoria de campos potenciais fornece uma ferramenta eficaz para o controle de enxame de robôs.

4 CONCLUSÕES

A uso de enxame de robôs tem importância significativa em diversas aplicações na área de robótica móvel. O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de duas ferramentas úteis para o estudo de comportamento de enxame de robôs. Além disto, os pacotes desenvolvidos poderão ser integrados com outros pacotes do ROS, a exemplo do GADEN desenvolvido pelo MAPIR (Machine Perception and Intelligent Robotics research group) para simulação realística da dispersão de gás no ambiente (MONROY et al., 2017) e outros pacotes de simulação de sensores virtuais. Nesse sentido, as ferramentas aqui desenvolvidas reforçam e relacionam conhecimentos



Figura 6 – Robôs enviados para um mesmo ponto



Fonte: A autoria própria (2021).

importantes na área e apresentam uma possível solução ao problema investigado. Desta forma, o trabalho poderá servir de base para o desenvolvimento de pesquisas relevantes na área.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento aos professores Ronnier Frates Rohrich e André Scheneider de Oliveira pela oportunidade de realizar o presente trabalho e por toda orientação durante o processo. Agradecimento a UTFPR pela estrutura fornecida.

REFERÊNCIAS

- BRAMBILLA, Manuele et al. Swarm robotics: a review from the swarm engineering perspective. **Swarm Intelligence**, v. 7, n. 1, p. 1–41, mar. 2013. ISSN 1935-3820. DOI: [10.1007/s11721-012-0075-2](https://doi.org/10.1007/s11721-012-0075-2). Disponível em: [↗](#).
- MONROY, Javier et al. GADEN: A 3D Gas Dispersion Simulator for Mobile Robot Olfaction in Realistic Environments. **Sensors**, v. 17, n. 7, 2017. ISSN 1424-8220. DOI: [10.3390/s17071479](https://doi.org/10.3390/s17071479). Disponível em: [↗](#).
- ZHANG, Han-ye; LIN, Wei-ming; CHEN, Ai-xia. Path Planning for the Mobile Robot: A Review. **Symmetry**, v. 10, n. 10, 2018. ISSN 2073-8994. DOI: [10.3390/sym10100450](https://doi.org/10.3390/sym10100450). Disponível em: [↗](#).