

## Controle de formação de robôs móveis com desvio de obstáculos baseado em ciclo limite

Natália dos S. Andrade<sup>1</sup>, Mauricio E. Naka<sup>2</sup>, Marco H. Terra<sup>2</sup>, Roberto S. Inoue<sup>3</sup>

1. Estudante da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar; \*[nat.andrade@terra.com.br](mailto:nat.andrade@terra.com.br)

2. Pesquisador do Depto.de Engenharia Elétrica, USP, São Carlos/SP

3. Pesquisador do Depto.de Engenharia Elétrica, UFSCar, São Carlos/SP

Palavras Chave: *Robótica, Desvio de Obstáculo, Controle de Formação*

### Introdução

A coordenação e o controle de múltiplos robôs móveis é um assunto que tem sido fortemente estudado nos últimos anos, devido a crescente utilização deste tipo de robôs em tarefas que exijam cooperação.

Uma das principais estratégias para a coordenação de múltiplos robôs é o controle de formação, [1]. Para robôs autônomos uma formação significa um conjunto de robôs distribuídos espacialmente os quais possuem a dinâmica de estado acoplada a partir de uma lei de controle comum.

Para se ter uma formação algumas necessidades básicas precisam ser respeitadas: a separação entre os robôs, para que não ocorra colisões entre eles, o alinhamento, os robôs precisam estar no mesmo sentido e é necessário que exista coesão entre eles.

Um dos problemas quando se trata de manter uma formação são os possíveis obstáculos que podem estar pelo caminho. Métodos para desvio de obstáculos se tornam importantes principalmente quando o controle de formação é utilizado em locais desconhecidos.

Em [2] e [3], é proposto o uso do método do ciclo limite, no qual é traçado uma reta entre o robô e o seu objetivo e considera-se um círculo em torno do robô e dos obstáculos, cada obstáculo é tratado como uma variável podendo ser perturbadora ou não perturbadora caso a distância entre a reta traçada e o obstáculo seja menor que um raio pré-estabelecido, assim ajusta-se a trajetória ao longo do tempo de modo que o robô contorne o obstáculo.

Dessa forma, neste trabalho é apresentado um sistema de controle de formação de robôs móveis com desvio de obstáculos baseado em ciclo limite baseado nos trabalhos [1], [2], [3].

### Resultados e Discussão

No sistema de controle dos robôs móveis a comunicação entre eles foi realizada utilizando a teoria dos grafos considerando um dos robôs como o líder da formação. Um dígrafo de comunicação captura a conectividade entre os robôs, sendo que o líder não recebe informação de nenhum outro o que faz com que os outros robôs definam sua posição de acordo com a do líder, Figura 1a. E para que os robôs da formação não colidam, foi implementado um sistema de desvio de obstáculo baseado em ciclo limite para o robô líder, Figura 1b. Ou seja, quando o robô líder desviar de um impedimento os demais robôs da formação irão se desviar também, pois necessitam manter a rigidez da formação.

Na Figura 2 é apresentado o resultado da simulação do sistema proposto para uma formação com três robôs. Três obstáculos são considerados durante o percurso da formação.

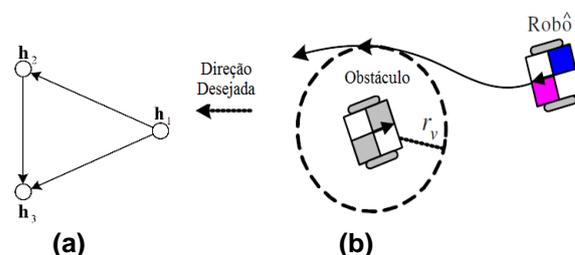


Figura 1. Dígrafo sendo o robô 1 líder e ciclo limite aplicado ao desvio de obstáculos.

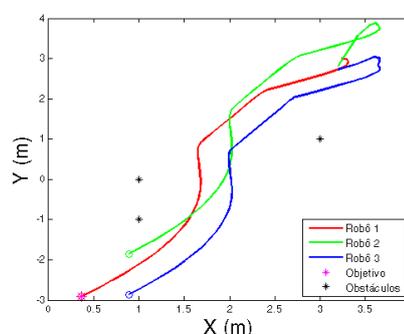


Figura 2. Simulação do controle de formação com desvio de obstáculos.

### Conclusões

Nesse trabalho utilizou-se o controle de formação com estratégia líder seguidor e o método de ciclo limite para desvio de obstáculo de forma a garantir que os robôs em formação atinjam o objetivo sem que haja colisões. A estratégia de desvio de obstáculo foi implementada no robô líder da formação, de forma que os demais robôs desviassem dos obstáculos a partir dos desvios realizados pelo robô líder. Resultados simulados foram apresentados para demonstrar a eficiência da estratégia proposta.

Em trabalhos futuros, pretende-se expandir a implementação do desvio de obstáculo para os demais robôs da formação. E a realização de simulação da formação utilizando obstáculos móveis e estáticos.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e a FAPESP pelo suporte financeiro desse trabalho.

[1] M. H. Terra, A. A. G. Siqueira, and T. B. R. Francisco. Controle robusto de robôs móveis em formação sujeitos a falhas. *Controle & Automação*, 1(1):29-42, Jan/Fev 2010.

[2] A. Benzerrouk, L. Adouane and P. Martinet. Dynamic Obstacle Avoidance Strategies using Limit Cycle for the Navigation of Multi-Robot System. In *Proceedings IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2012.

[3] Jong-Hwan Kim, Dong-Han Kim, Yong-Jae Kim, and Kiam-Tian Seow. Soccer Robotics, volume 11 of *Springer Tracts in Advanced Robotics*. Springer, 2004.