

Enxame de Robôs Baseado em Colônia de Formigas

Alvaro Santana Santos, Marco Vinícius Muniz Ferreira*

*Manufacturing Automated Planning Lab, marcomuniz@outlook.com

Palavras-chave

enxame de robôs, robótica móvel, colônia de formigas

1. INTRODUÇÃO

Os enxames de robôs possuem uma grande aplicabilidade em situações tais que um único robô não é capaz de executar uma tarefa ou há uma necessidade de agilizar um processo industrial. Tais tarefas vão desde transpor um obstáculo que seria uma tarefa impossível para um robô sozinho até modificar dinamicamente um estoque de produtos de uma empresa. Há também cooperação de robôs nos problemas de mapeamento, sendo que o mapa final é a unificação das regiões mapeadas por cada robô.

A classificação dos enxames de robôs foi proposta por Dudek et al. (1996) e distingue os robôs de acordo com a quantidade de robôs utilizados, a forma como eles se comportam, o tipo de comunicação entre eles, dentre outros.

No ambiente acadêmico o termo enxame de robôs é bastante difundido como mostra o projeto *Swarmanoid* apresentado por Dorigo et al. (2013), que concretiza o fim de um projeto iniciado em 2006 e finalizado em 2010 envolvendo entidade acadêmicas da Bélgica, Suíça e Itália. O projeto chegou ao fim com três diferentes tipos de robôs sendo um deles, um robô aéreo e os outros dois terrestres com funções distintas. Além disso, há projetos envolvendo universidade alemã (Stuttgart e Karlsruhe) cujo enxame é composto por micro robôs.

Grande parte dos enxames de robôs são modelados de acordo com o comportamento observado na natureza. Tais comportamentos são baseados em colônia de formigas, colméias, alcatéias, entre outros. Segundo Burd et al. (202) uma colônia de formigas pode ter mais de um milhão de indivíduos, por isso o termo enxame de robôs busca sempre por aplicações com um número muito grande de robôs.

Um dos grandes desafios relacionados aos enxames de robôs está no algoritmo de controle e nas estratégias de cooperação entre eles, sem que haja colisão dos mesmos. Há uma busca por novos modelos de comportamento e inovações/ampliações aos já estudados.

Segundo Herianto and Kurabayashi (2009) para ambientes que colocam em risco a vida e a saúde humana, áreas em que ocorreram desastres recentes onde o ambiente é completamente comprometido, precisa-se de um sistema robótico que trabalhe de forma autônoma e cooperada entre os demais robôs. Existe uma dificuldade em projetar um sistema de enxame de robôs devido a dificuldade de análises da estabilidade ou convergência de todo o sistema de modelagem baseado no comportamento biológico. Exige-se uma computação significativa e um esforço para otimização de parâmetros.

2. ARTIGOS RELACIONADOS

De acordo com Dudek et al. (1996) existem três tipos de robôs segundo com suas composições, sendo *cmp-ident* totalmente idênticos ao que diz respeito a *hardware* e *software*, *cmp-home* robôs fisicamente idênticos, porém com software distintos e, *cmp-het* robôs com características físicas diferentes com distintas respostas e comportamentos.

Segundo Herianto et al. (2007) o sistema de navegação baseado no comportamento animal tem ganhando muita atenção no cenário atual. O comportamento de um sistema de enxame de robôs depende do número de robôs e da força de interação entre eles. Em uma colônia de formigas o feromônio permite transmitir informações para manter a gestão do local em questão, um único agente pode deixar várias mensagens no ambiente.

Um enxame de robôs necessita de um algoritmo de controle onde exista colaboração e sinergia entre os mesmos possibilitando uma ordem de respostas adequadas (Chaimowicz et al. (2004)). Sendo assim foram propostas três formas para troca de função durante a execução de uma tarefa onde exista colaboração, são elas:

- **Alocação:** em que o robô assume uma nova função após finalizar a execução de uma função;
- **Realocação:** em que o robô interrompe a execução de uma função e começa ou continua outra função;
- **Troca:** em que dois ou mais robôs sincronizados entre si trocam suas funções, cada um assumindo a função do outro robô.

Para Soriano Marcolino and Chaimowicz (2009), existem dois tipos de conflitos onde se pode congestionar as vias de deslocamento, o conflito de grupos onde estes grupos se movimentam em direções opostas, e o conflito de alvo que acontece quando todos os robôs se movimentam para o mesmo local de objetivo. Para solucionar esses conflitos os autores propuseram soluções, no caso do conflito de grupos é extremamente necessário que os robôs consigam perceber o risco, e enviar uma mensagem aos seus vizinhos executando um desvio na rota de robôs, no caso do conflito de alvo é necessário obrigar a parada de alguns robôs, enquanto outros mantenham seu movimento até que libere espaço na rota para aqueles que estão parados retornarem o movimento a fim de chegar a seu objetivo.

Segundo Brutschy et al. (2012) os robôs em um enxame não tem conhecimento do ambiente, e também não possuem um controlador central, as decisões de um enxame são tomadas de forma distribuída com base na interação com o ambiente. Seguindo este princípio um enxame de robôs terá dificuldades em tomada de decisão, considerando falhas no Robô e também o numero de unidades pertencentes à colônia. Quando houver conflito de decisões, será necessário um critério de qual a melhor decisão. Deverá ser seguida a premissa de escolher o caminho mais curto entre o ninho e o local de exploração, e colocando em segundo plano a distância mais longa entre o ninho e o local de exploração de recursos. Cada Robô executa sua ação independente considerando qual caminho é mais rápido. Se em algum momento a maioria do enxame ter uma decisão diferente de algum membro do próprio enxame, será necessário que este robô mude de decisão levando em consideração a quantidade de robôs que definiram outra decisão como a mais eficaz.

Segundo Ramaithitima et. al (2015) para que o enxame consiga mapear um ambiente desconhecido, é necessário que esses robôs visitem todos os pontos deste ambiente para mapeá-lo e ter uma maior cobertura sensorial.

3. PROJETO DO ROBÔ MÓVEL

Para o projeto de um robô móvel capaz de simular a movimentação de uma formiga é necessário analisar as possíveis direções de movimentação. Para tanto, observa-se que em um enxame de formigas, as mesmas podem realizar movimentos em conjunto (quando transportam um alimento) ou sozinhas. Em ambas as situações a formiga tem a capacidade de exercer um movimento em qualquer direção. Sendo assim, entende-se que um robô capaz de simular tal comportamento deve ser composto de rodas omnidirecionais.

O robô móvel apresentado na Fig. 1 é capaz de seguir em qualquer direção de acordo com a somatória das forças em cada roda (Eq. 1). Para que o robô se movimente no sentido norte, por exemplo, é necessário que os motores A e B girem nos sentidos horário e anti-horário respectivamente, enquanto que o motor C fique parado. Assim será gerada uma força resultante no motor que fará com que ele se movimente no sentido requerido.

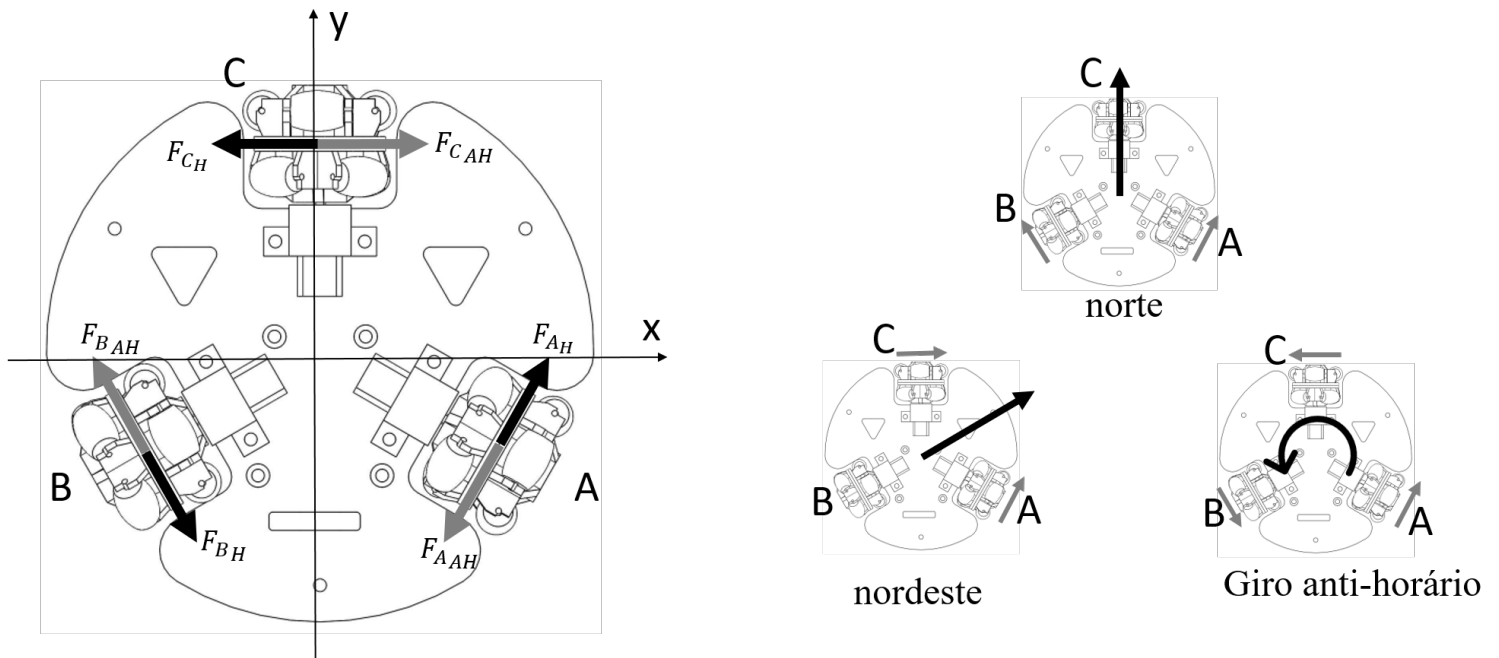


Figura 1: Indicação das forças em cada roda do robô.

$$\vec{F} = \vec{F}_A + \vec{F}_B + \vec{F}_C \quad (1)$$

O projeto do robô consiste no desenvolvimento do modelo do robô em *software* de modelagem 3D, impressão da carcaça do mesmo em impressora 3D, placa de controle do tipo Arduino Mega, motores DC e *drivers* do tipo LN298N e baterias de li-ion.

4. CONCLUSÃO

Em um enxame de robôs coordenação e trajetória são alguns dos elementos mais importantes a se considerar. Este trabalho demonstra como é possível simular a trajetória de movimento de um enxame de formigas, e a partir desse princípio, investigar situações mais complexas, nas quais há a necessidade da cooperação entre vários robôs para transpor obstáculos e a partir disto adaptar um algoritmo de controle para lidar com um número maior de elementos presentes em um grupo. Pode-se dizer que o método proposto é uma excelente solução de movimentação de um enxame, uma vez que o custo final de produção de um robô não excede o valor de R\$ 500,00. Além disso, tem-se com este tipo de robôs um maior grau de liberdade em uma movimentação, visto que as rodas são omnidirecionais.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à CAPES, CNPQ, FAPEMIG e FEMEC pelo apoio.

6. REFERÊNCIAS

- Brutschy, A., Scheidler, A., Ferrante, E., Dorigo, M., and Birattari, M. Can ants inspire robots?; self-organized decision making in robotic swarms. In *2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pages 4272–4273, Oct 2012. doi: 10.1109/IROS.2012.6386273.
- Burd, M., Archer, D., Aranwela, N., and Stradling, D. Traffic dynamics of the leaf-cutting ant, *Atta cephalotes*. *The American Naturalist*, 159(3):283–293, 202. doi: 10.1086/338541.
- Chaimowicz, L., Kumar, V., and Campos, M. F. M. A paradigm for dynamic coordination of multiple robots. *Autonomous Robots*, 17(1):7–21, Jul 2004. ISSN 1573-7527. doi: 10.1023/B:AURO.0000032935.30271.a5. URL <https://doi.org/10.1023/B:AURO.0000032935.30271.a5>.
- Dorigo, M., Floreano, D., Gambardella, L., Mondada, F., Nolfi, S., Baaboura, T., Birattari, M., Bonani, M., Brambilla, M., Brutschy, A., Burnier, D., Campo, A., Christensen, A., Decugniere, A., Di Caro, G., Ducatelle, F., Ferrante, E., Forster, A., Martinez Gonzales, J., Guzzi, J., Longchamp, V., Magnenat, S., Mathews, N., Montes de Oca, M., O’Grady, R., Pinciroli, C., Pini, G., Retornaz, P., Roberts, J., Sperati, V., Stirling, T., Stranieri, A., Stutzle, T., Trianni, V., Tuci, E., Turgut, A., and Vaussard, F. Swarmanoid: A Novel Concept for the Study of Heterogeneous Robotic Swarms. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, (20), 2013. doi: 10.1109/MRA.2013.2252996.
- Dudek, G., Jenkins, M., Milios, E., and Wilkes, D. A Taxonomy for Multi-Agent Robotics. *Autonomous Robots*, pages 375–397, 1996.
- Herianto and Kurabayashi, D. Realization of an artificial pheromone system in random data carriers using rfid tags for autonomous navigation. In *2009 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pages 2288–2293, May 2009. doi: 10.1109/ROBOT.2009.5152405.
- Herianto, Sakakibara, T., and Kurabayashi, D. Artificial pheromone system using rfid for navigation of autonomous robots. *Journal of Bionic Engineering*, 4(4):245 – 253, 2007. ISSN 1672-6529. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1672-6529\(07\)60038-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1672-6529(07)60038-9). URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1672652907600389>.
- Soriano Marcolino, L. and Chaimowicz, L. Algoritmos de coordenação para enxames de robôs. *Revista Eletrônica de Iniciação Científica*, 9(3), 2009.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído neste trabalho.