



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

ESTUDO DE ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE FORMAÇÃO DE ROBÔS COM FOCO EM TOLERÂNCIA A FALHAS

MARIANA ATHAYDE GARCIA

Orientador: Prof. Tales Argolo Jesus
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG

Coorientador: Prof. Anolan Yamilé Milanés Barrientos
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG

BELO HORIZONTE
MARÇO DE 2015

Sumário

1 – Introdução	1
1.1 Relevância do tema	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Infraestrutura Necessária	2
2 – Metodologia	4
2.1 Revisão Bibliográfica	4
2.2 Modelagem matemática	4
2.3 Simulações computacionais	5
2.4 Implementação na plataforma experimental	5
2.5 Análise de Resultados	5
2.6 Conclusão do trabalho	5
3 – Cronograma	6
4 – Resultados Esperados	7
Referências	8

1 Introdução

Atualmente, é cada vez mais frequente a participação de robôs na nossa sociedade, desde em seguimentos da indústria, onde esses robôs vêm se mostrando uma solução tanto econômica quanto eficiente, como também em salas cirúrgicas e no nosso cotidiano, na busca de facilitar ainda mais as tarefas ([CHEN et al., 2002](#); [CARLES; HERMOSILLA, 2008](#)). Entretanto, existem situações em que a utilização de um único robô é uma solução um tanto quanto lenta e muitas vezes inviável. Como exemplo de uma dessas situações pode-se citar o problema de patrulhamento de fronteira ([CORRÊA; JÚNIOR, 2008](#)) : Para proteção das fronteiras de um país, manter diversas patrulhas de policiais circundando a área se torna muitas vezes caro e ineficiente. Uma alternativa é alocar um veículo aéreo não tripulado (VANT) vigiando essas fronteiras, entretanto, apenas um VANT como vigia deixará uma grande área da fronteira desprotegida por um longo período de tempo. E é por isso que a aplicação de um conjunto de robôs, cooperando entre si, se mostra muitas vezes interessante.

Dentro deste panorama, surge o interesse cada vez mais crescente pelo estudo, não só da robótica, mas também de um segmento mais específico da área da inteligência artificial distribuída, que é o estudo de sistemas multiagentes, que consiste em agentes autônomos que percebem a ação do ambiente e agem de acordo com a percepção da rede de agentes. Ou, segundo os autores [Ramchurn et al. \(2004, p. 1\)](#), "[...]sistemas multiagente são sistemas compostos de agentes autônomos que interagem entre si usando determinados mecanismos e protocolos".

De acordo com ([SECCHI, 2008](#)) , "a robótica sempre ofereceu ao setor industrial um excelente compromisso entre produtividade e flexibilidade, uma qualidade uniforme dos produtos e uma sistematização dos processos". Mas, mais importante que maximizar a lucratividade das indústrias, a qualidade dos produtos e facilitar cada vez mais as tarefas cotidianas, os robôs permitem resguardar a vida humana, substituindo seres humanos em situações de risco. Exemplos de aplicação incluem: exploração e mapeamento de áreas desconhecidas, situações de incêndio, onde grupos de pessoas precisam apagar o fogo expondo suas vidas a um risco ou até mesmo em missões de resgate em terrenos perigosos. Daí a importância de que o sistema seja tolerante à falha de um ou mais agentes. Afinal, é de extrema importância que o objetivo seja cumprido.

1.1 Relevância do tema

Hoje em dia, há tarefas que são realizadas em diversas áreas nas quais a presença ou o envolvimento direto de pessoas é algo perigoso, ou até mesmo inviável. Sendo

assim, é crescente a necessidade de se estudar outros meios de acesso a essas situações de risco, sem que isso signifique um risco à vida humana. Diante dessa problemática, o estudo de estratégias de controle de robôs móveis vêm aumentando consideravelmente. Não só para problemas que colocam em risco a vida humana, mas também problemas onde a aplicação dos robôs móveis otimizaria o tempo e eficiência da resolução destes problemas. Dentre estes problemas mencionados pode-se citar ([GIRARD et al., 2004](#); [JESUS, 2013](#); [MARJOVI et al., 2009](#)) : o patrulhamento de fronteiras, o controle de incêndio, mapeamento de áreas desconhecidas, busca de pessoas perdidas ou detecção e monitoramento de problemas em determinado alvo, dentre outros.

Como é possível perceber são inúmeras as possibilidades de aplicação dos robôs móveis. Entretanto, devido muitas vezes à urgência e/ou à extensão da cobertura do problema é necessário modular o mesmo e redistribuí-lo entre um sistema multiagente de robôs móveis. Sendo assim, surge aí mais uma demanda por estudos relativos a estratégias de controle de sistemas multiagente constituídos de robôs móveis. Um dos desafios destes sistemas multiagentes não é só o controle de cada agente por si só, mas também como a frota irá se comportar como um todo, para viabilizar a resolução do problema e/ou também maximizar a eficiência na resolução do mesmo. É necessário que se garanta que os robôs não colidam entre si, e trabalhem em um sistema cooperativo de fato, e não atuando individualmente, anulando a vantagem da frota, como se essa fosse constituída de apenas um robô.

Outra questão importante, que inclusive é o foco do tema deste trabalho, é a tolerância a falhas do sistema, isto é, como o sistema irá se comportar, se reestruturar e reorganizar diante da perda de um ou mais robôs, visto que além de ser um ambiente hostil (muitas vezes desconhecido ou até dinâmico), existem outros fatores críticos, dentre eles: falha de comunicação, ou desligamento de um dos agentes devido ao esgotamento de bateria.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo o estudo de estratégias de controle de formação de uma frota de robôs e seu comportamento em relação à sua estrutura e ao problema, ao se deparar com falhas de um ou mais robôs, bem como a implementação deste sistema multiagente em uma plataforma experimental.

1.3 Infraestrutura Necessária

Para a realização deste trabalho foi utilizado quatro kits da plataforma da *LEGO: Lego Mindstorms*, disponível do DECOM (Departamento de Computação do Centro

Federal Tecnológico de Minas Gerais). Cada kit consiste em um microcomputador NXT de 32 bits, três motores, alguns sensores e peças de lego para montagem da estrutura do robô. Além disto, também será utilizado um computador pessoal, com a seguinte configuração: processador *intel core i7*, 8GB de memória *RAM*, 1GB de memória dedicada e 14", com o *software MATLAB* e a *IDE Bricx Command Center* ([SOURCEFORGE, 2001](#)) que é uma plataforma de desenvolvimento para robôs *LEGO Mindstorms* que permite utilizar a linguagem *NXC (Not eXactly C)* para programar os robôs.

2 Metodologia

Para a realização deste trabalho, pretende-se primeiramente estudar estratégias de controle de formação de robôs móveis, as possibilidades de implementação dessas estratégias na plataforma a ser utilizada (no caso, o *LEGO Mindstorms*), a viabilidade de modelar e implementar o sistema como um sistema distribuído descentralizado e uma montagem do problema que viabilize a correção de erros de sensoramento que se acumulam a cada iteração.

Após realizados os estudos, deve-se fazer uma modelagem matemática do problema, na qual serão definidas as restrições da modelagem, bem como as limitações da plataforma, tendo em vista um levantamento das dificuldades que certamente surgirão somente na implementação do sistema no mundo real.

Em seguida, serão realizadas diversas simulações via *software* (provavelmente será utilizado o *software MATLAB* para a realização das simulações) e então será realizada a implementação do sistema na plataforma de baixo custo disponível, o *LEGO Mindstorms*, para que se possa analisar a viabilidade de implementação dessas estratégias no meio acadêmico e se realizar um estudo comparativo das estratégias utilizadas.

2.1 Revisão Bibliográfica

Será feito um levantamento das diversas estratégias de controle de formação, e das diversas formas de se planejar a rede. Será analisada a viabilidade de implementação dessas estratégias na plataforma *LEGO Mindstorms*, visto que esta se trata de uma ferramenta de baixo custo usada para fins didáticos, por isso, apresenta muitas limitações.

2.2 Modelagem matemática

De acordo com a abordagem escolhida na etapa anterior será feita a modelagem matemática do problema, onde serão considerados, dentre outros fatores: as variáveis existentes no mundo real e principalmente as restrições do problema.

Na modelagem matemática será definida a abordagem do problema, se a estrutura da rede será centralizada ou não, como será implementado o *feedback* (realimentação) para correção de erros que ocorrerão devido à imprecisão dos encoders óticos acoplados aos motores do kit *LEGO Mindstorms*, que é da ordem de ± 1 grau por rotação. É nesta etapa que também será definido o melhor formato de posicionamento dos robôs

e se será possível implementar mais de um formato.

Outro fator importante desta etapa é que o sistema será modelado de acordo com os devidos parâmetros, para que o mesmo seja tolerante a falhas e para que sua estrutura varie, otimizando a resolução do problema, de acordo com as falhas que possam vir a surgir em um ou mais pontos da rede.

2.3 Simulações computacionais

Antes de se implementar o sistema na plataforma, serão realizadas simulações para validar a eficácia da estratégia de controle escolhida. Para tanto, deverá ser utilizada a ferramenta de *software MATLAB*.

2.4 Implementação na plataforma experimental

Após a obtenção dos resultados de simulação em ambiente virtual controlado com uma estratégia de controle que atenda às condições do problema, inicia-se a fase de implementação não só da estrutura dos robôs, como também da estrutura do ambiente real e o desenvolvimento do código-fonte do sistema multiagente.

2.5 Análise de Resultados

Nas etapas de simulação e implementação do sistema, após ele ser validado e testado, será feita a coleta dos dados que serão submetidos a análise.

2.6 Conclusão do trabalho

Pretende-se nesta etapa, a partir da análise de dados feita na etapa anterior, comparar as estratégias utilizadas e contextualizar os resultados obtidos em um problema real.

3 Cronograma

Para execução do trabalho as seguintes etapas serão seguidas:

1. Revisão bibliográfica das estratégias de controle e tecnologias necessárias para elaboração deste trabalho.
2. Modelagem Matemática.
3. Simulações Computacionais.
4. Escrita do TCC I.
5. Implementação na plataforma experimental.
6. Análise de resultados.
7. Conclusão do trabalho.
8. Escrita do TCC II.
9. Apresentação do trabalho.

Quadro 1 – Cronograma de Desenvolvimento do Projeto

[illegible]

4 Resultados Esperados

Espera-se com esse trabalho estudar algumas estratégias de controle de formação de robôs móveis, bem como conhecer as limitações da plataforma *LEGO Mindstorms* para implementação dessas estratégias em um sistema multiagente, explorando-se o comportamento do sistema ao se deparar com falhas em um ou mais robôs.

Referências

- CARLES, M.; HERMOSILLA, L. O futuro da medicina: nanomedicina. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 6, n. 10, p. 1–7, 2008. Citado na página 1.
- CHEN, H.; SHENG, W.; XI, N.; SONG, M.; CHEN, Y. Automated robot trajectory planning for spray painting of free-form surfaces in automotive manufacturing. In: **Robotics and Automation, 2002. Proceedings. ICRA '02. IEEE International Conference on**. [S.l.: s.n.], 2002. v. 1, p. 450–455 vol.1. Citado na página 1.
- CORRÊA, M. A.; JÚNIOR, J. B. C. **Estudos de veículos aéreos não tripulados baseado em sistemas multi-agentes e sua interação no espaço aéreo controlado**. [S.l.]: Sitraer, 2008. Citado na página 1.
- GIRARD, A. R.; HOWELL, A. S.; HEDRICK, J. K. Border patrol and surveillance missions using multiple unmanned air vehicles. In: IEEE. **Decision and Control, 2004. CDC. 43rd IEEE Conference on**. [S.l.], 2004. v. 1, p. 620–625. Citado na página 2.
- JESUS, T. A. **Estratégias de Guiagem e Cooperação de Robôs Aéreos Sujeitos a Restrições nas Entradas e/ou nos Estados**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Minas Gerais, 2013. Citado na página 2.
- MARJOVI, A.; NUNES, J. G.; MARQUES, L.; ALMEIDA, A. de. Multi-robot exploration and fire searching. In: IEEE. **Intelligent Robots and Systems, 2009. IROS 2009. IEEE/RSJ International Conference on**. [S.l.], 2009. p. 1929–1934. Citado na página 2.
- RAMCHURN, S. D.; HUYNH, D.; JENNINGS, N. R. Trust in multi-agent systems. **Knowl. Eng. Rev.**, Cambridge University Press, New York, NY, USA, v. 19, n. 1, p. 1–25, mar. 2004. ISSN 0269-8889. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1017/S0269888904000116>>. Citado na página 1.
- SECCHI, H. **Uma Introdução a Robôs Móveis**. [S.l.]: Argentina, 2008. Citado na página 1.
- SOURCEFORGE. **Bricx Command Center**. 2001. Disponível em: <<http://bricxcc.sourceforge.net/>>. Acesso em: 30 de março de 2009. Citado na página 3.