



7° EnPE Encontro de Pesquisa e Extensão

COMUNICAÇÃO ORAL

Controlador de Robôs Autônomos

Naya Letícia B. Souza¹, Danielli A. Lima²

Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) Campus Patrocínio
Laboratório de Inteligência Computacional e Robótica (LICRo)
Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (PROPI)

Resumo: Neste trabalho é apresentado um modelo de um controlador de um robô autônomo que utiliza computação bioinspirada, autômatos celulares e uma fila circular em sua composição. De maneira que a junção dessas ferramentas tornem o controlador mais eficiente quando aplicado na tarefa de vigilância, uma vez que conseguem fazer com que o robô evite a repetição de posições recentemente visitadas.

Palavras-chave: Autômatos Celulares. Colônia de Formigas. Vigilância. Fila Circular.

Introdução

A robótica é uma área de estudo que engloba conhecimentos de diversos campos de estudo, tais como engenharia elétrica, engenharia mecânica e de automação e controle. A ciência da computação, a biologia, a matemática e a estatística são as ciências que dão o arcabouço de inteligência artificial para essas máquinas engenhosas, denominadas robôs. Com pesquisas por todo o mundo, a ciência busca a criação de robôs capazes de realizar tarefas enfadonhas e, em algumas situações, impróprias para os seres humanos. Estando cada vez mais presente no cotidiano humano em diversos setores e atividades, algumas das tarefas que podemos citar são a exploração do fundo do mar ou do espaço, realização de cirurgias ou em tarefas mais complexas como o controle de robôs para a tarefa de vigilância. Com o passar dos anos essa tecnologia está a evoluir fazendo com que a robótica seja capaz de realizar as mais diversas atividades de maneira cada vez mais eficaz. Surgindo então o estudo e criação de controladores inteligentes para esses robôs, usando desde circuitos integrados a algoritmos de inteligência artificial (Batista Souza; Araujo Lima, 2019b).

Tendo isso em vista, a presente pesquisa busca solucionar a tarefa de vigilância, já que essa é uma preocupação constante da sociedade, a incerteza com a própria segurança, fazendo com que a população busque cada vez mais por sistemas para proteção de suas residências, locais de trabalho, etc. Assim, esse sistema de controle de robôs se torna interessante a esse âmbito industrial e social, uma vez que ele pode ser capaz de realizar explorações integradas, navegação, cobertura de ambiente, entre outros. Além de evitar o uso de diversas câmeras de monitoramento de furtos e roubos (CALVO et al., 2011a; CALVO et al., 2011b; CALVO et al.,

¹ Aluna do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do IFTM Campus Patrocínio, <nayaleticia99@gmail.com>

² Professora Efetiva do IFTM Campus Patrocínio, Doutora em Ciência da Computação, <danielli@iftm.edu.br>.

2012). Adicionalmente, é possível evitar que um cidadão encare um conflito com uma ação de furto, almejando sua integridade física.

Logo, para solucionar essa tarefa, são usadas algumas técnicas da computação para maior eficácia do controlador (BEHRING et al., 2001). Primeiro, autômatos celulares, que são modelos de evolução temporal mais simples com capacidade para exibir comportamento complexo (Batista Souza; Araujo Lima, 2019a). Ainda é usado um algoritmo de colônia de formigas da computação bio-inspirada, sistema investido de formigas, que consiste em depositar feromônio nas células visitadas pelo robô de modo que ele sempre evite células com maior quantidade de feromônio, dando preferência para células com uma menor quantidade de feromônio. Por último, uma fila circular é utilizada para que as células recentemente visitadas pelo robô não sejam consideradas possibilidades de movimentos, tendo ao final um melhor desempenho em seus ciclos de vigilância.

Objetivos

Este artigo tem por objetivo apresentar um controlador de robôs baseado em autômatos celulares para solucionar a tarefa de vigilância. Sendo assim, ele propõe a análise comparativa dos resultados obtidos através do uso de diferentes fórmulas tanto para a adição como para a evaporação do feromônio no ambiente durante o ciclo de vigilância do mesmo. De forma a deixar explícito o impacto que a fórmula possui no desempenho do robô.

Metodologia

Primeiramente, o controlador segue regras simples, como não tentar se mover para células ocupadas, ou paredes. Seguidamente, ele armazena feromônio em sua posição atual e em sua vizinhança, tendo um raio para o armazenamento (r). Em seguida, existe uma taxa de feromônio (δ) e uma taxa de evaporação de feromônio (β), que ocorre em todo o ambiente de acordo com Equações 1 e 2. A fila Tabu, por sua vez, armazena a posição atual do robô, sendo que a quantidade de posições armazenadas nunca excede o valor de F . Logo, a fila impede o robô de repetir posições recentes, fazendo com que o valor de “ciclos completos de vigilância” (ccv) aumente melhorando sua performance. Finalmente, o robô parte para sua última etapa, que é a escolha do próximo movimento. Essa escolha é feita de acordo com o feromônio invertido das formigas, já explicado anteriormente.

Vale ressaltar que, o referido controlador foi desenvolvido em linguagem padrão C utilizando o sistema operacional Ubuntu e testado no mesmo. Para que fosse possível analisar a eficácia do controlador foram realizados alguns experimentos, embasados nos experimentos feitos em (Batista Souza; Araujo Lima, 2019b). Utilizando o ambiente de 30×30 células representado na Figura 1, o controlador foi testado com 10000 iterações para cada um dos 100 testes feitos para o valor de β predefinido variando sua posição inicial. Tendo tal resultado, duas matrizes bidimensionais, são exibidas ao final de T , que é o número de iterações realizadas. A primeira malha exibe a quantidade de passos dados pelo robô em cada célula do ambiente, conforme Equação 1.

$$X_{ij}^{T+1} = X_{ij}^T - (\beta \times X_{ij}^T) \quad (1)$$

Por sua vez, a segunda malha exibe a quantidade de feromônio deixado pelo robô no ambiente após sua adição e evaporação. Sendo essas dada pelas Equação 2.

$$X_{ij}^{T+1} = \delta \times (sen(T) + 1.1) \quad (2)$$

Finalmente, em posse dos resultados finais das malhas de passos e de feromônio foram gerados gráficos com o auxílio do software matemático Matlab para os ilustrar, de maneira a facilitar a visualização dos resultados encontrados. Para gerar esses gráficos, foram utilizadas as malhas com o menor, médio e maior valor de ccv encontrado dentre os 100 testes do ambiente, conforme Figura 1.

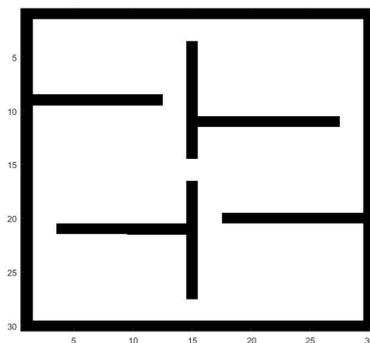


Figura 1 – Ambiente de simulação utilizado nos experimentos propostos.

Referencial Teórico

O trabalho descrito nesse artigo foi embasado no modelo apresentado em (Batista Souza; Araujo Lima, 2019b), nele intitulado como "Tabu Inverted Ant Cellular Automata (TIACA)". Desse modo, algumas especificações necessitam serem definidas para continuação da descrição do modelo de controlador desse artigo. Assim, os autômatos celulares (ACs) podem ser definidos como um conjunto de células que interagem entre si tendo um comportamento individual e ao longo do tempo adquirindo um comportamento global (LIMA et al., 2012). Os ACs se tornaram mais conhecidos com a criação do jogo da vida, criado pelo matemático britânico John Horton Conway em 1970. Que por meio de fórmulas simples, reproduz as alterações e mudanças em grupos de seres vivos (Batista Souza; Araujo Lima, 2019a). Nele, temos células definidas como 1 ou 0, que representam respectivamente células vivas ou mortas (LIMA et al., 2012). Além de Conway, outros autores como John Von Neumann e Stephen Wolfram são conhecidos por suas pesquisas abordando autômatos celulares (CASTRO; CASTRO, 2008).

Neste trabalho outra técnica bioinspirada de Inteligência Artificial é usada para solucionar a tarefa proposta juntamente com os ACs. O algoritmo do feromônio invertido de formigas (FIF), baseado no comportamento biológico invertido de formigas em seus trajetos, nada mais é que a criação de campos de repulsão no ambiente (LIMA et al., 2017). Esses campos de repulsão fazem com que o robô evite a repetição de posições, tendo um melhor desempenho em sua tarefa. De maneira simplória, a cada passo de tempo eles depositam uma certa quantia de feromônio em suas células vizinhas, sendo o depósito somente nas células livres, sem obstáculos. Portanto, a probabilidade de visitarem uma célula com alta quantia de feromônio é baixa, por conseguinte, a chance de visitarem uma célula com baixa quantia de feromônio é alta (Batista Souza; Araujo Lima, 2019b).

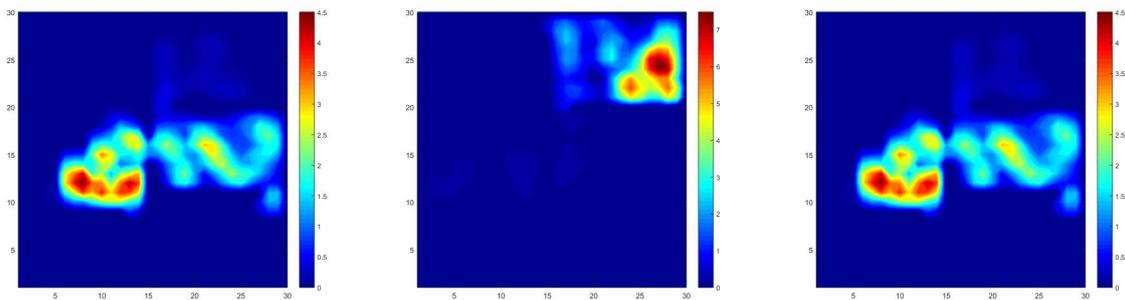
Para que sua performance fosse melhorada, já que mesmo com o uso de ACs e do FIF ainda existe uma repetição exagerada de posições, um novo passo dado para solucionar esse problema foi o uso de uma estrutura de dados do tipo FIFO (first in first out). Chamada de fila Tabu, também proposta em (GLOVER; TAILLARD, 1993), é uma fila circular que funciona como uma memória capaz de armazenar as posições recentemente visitadas pelo robô e, logo, o impedindo de se movimentar para essas posições. Ao final, temos resultados mais dinâmicos e variados quanto as células em que o robô esteve, por tanto um melhor desempenho (Batista Souza; Araujo Lima, 2019a).

Desenvolvimento

Para os testes iniciais do controlador, alguns valores foram previamente definidos, tais como $T = 10000$, $\beta = 0.02$, $\delta = 0.7$, $r = 1$ e $F = 50$. Tendo as malhas com o menor, médio e

maior valor de cvv , estes sendo respectivamente, $cvv = 8$, $cvv = 13$ e $cvv = 18$, mapas de passos e mapas de feromônio foram elaborados. Em ambos os mapas suas escalas de cores seguem o mesmo raciocínio, quanto mais vermelho maior o valor, e em contra mão, quanto mais azul menor é o valor, seja ele a quantidade de feromônio ou quantidade de passos.

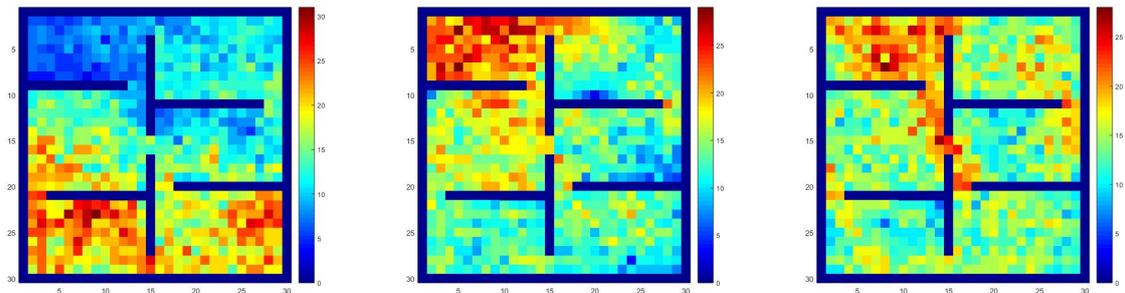
Na Figura 2 temos os mapas de feromônio do ambiente, em que a concentração de feromônio será sempre maior nas células próximas à posição atual do robô, visto que é nessa posição e em sua vizinhança onde ocorre adição direta de feromônio. Em razão da evaporação de feromônio ocorrer em todas as células do ambiente, fazendo com que células que não tenham uma adição constante de feromônio tenham seu valor diminuído continuamente, podendo chegar a zero (Batista Souza; Araujo Lima, 2019a). Os mapas de passos, mostrados na Figura 3, nada



(a) Mapa de feromônio com o menor valor para cvv . (b) Mapa de feromônio com o valor médio para cvv . (c) Mapa de feromônio com maior valor para cvv .

Figura 2 – Mapa de feromônio para o ambiente usado nos experimentos.

mais são que a quantidade de vezes que o robô visitou determinada célula durante todo o valor de T .



(a) Mapa de passos com o menor valor para cvv . (b) Mapa de passos com o valor médio para cvv . (c) Mapa de passos com maior valor para cvv .

Figura 3 – Mapa de passos para o ambiente usado nos experimentos.

Considerações Finais

O trabalho apresentado nesse artigo trás uma comparação de diferentes fórmulas referentes ao valor a ser adicionado e evaporado do feromônio no ambiente. Desse modo, tem-se um controlador baseado em autômatos celulares com a implementação de uma fila circular capaz de armazenar as posições que foram recentemente visitadas pelo robô, impedindo que o robô se torne repetitivo em suas escolhas e assim melhore seu desempenho na tarefa proposta. Tendo isso em vista, para trabalhos futuros, o controlador será melhorado principalmente no que diz

respeito à quantidade de robôs, já que no momento o controlador é capaz de automatizar apenas um robô. Ainda, experimentos devem ser realizados em busca dos melhores parâmetros para a organização do controlador no que se refere aos valores de adição e evaporação de feromônio no ambiente de vigilância. Ao final, se torna interessante o aprimoramento desse controlador para analisar seu comportamento em ambientes ainda maiores e mais complexos, vendo até que ponto seu comportamento será positivo sabendo que no momento que controlar um time de robôs seus parâmetros serão diferentes por terem um comportamento global distinto.

Referências

- Batista Souza, N. L.; Araujo Lima, D. Comparação de diferentes mapas de feromônio para a tarefa de vigilância robótica controlada por autômatos celulares. **6º Encontro de Pesquisa Extensão (EnPE)**, 2019. Citado 3 vezes nas páginas 2, 3 e 4.
- Batista Souza, N. L.; Araujo Lima, D. Tabu search for the surveillance task optimization of a robot controlled by two-dimensional stochastic cellular automata ants model. In: **2019 Latin American Robotics Symposium (LARS), 2019 Brazilian Symposium on Robotics (SBR) and 2019 Workshop on Robotics in Education (WRE)**. [S.l.: s.n.], 2019. p. 299–304. Citado 3 vezes nas páginas 1, 2 e 3.
- BEHRING, C. et al. An algorithm for robot path planning with cellular automata. In: **Theory and practical issues on cellular automata**. [S.l.]: Springer, 2001. p. 11–19. Citado na página 2.
- CALVO, R. et al. Bio-inspired coordination of multiple robots systems and stigmergy mechanisms to cooperative exploration and surveillance tasks. In: IEEE. **Cybernetics and Intelligent Systems (CIS)**. [S.l.], 2011. p. 223–228. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 2.
- CALVO, R. et al. A distributed, bio-inspired coordination strategy for multiple agent systems applied to surveillance tasks in unknown environments. In: IEEE. **Neural Networks (IJCNN), The 2011 International Joint Conference on**. [S.l.], 2011. p. 3248–3255. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 2.
- CALVO, R. et al. A bioinspired coordination strategy for controlling of multiple robots in surveillance tasks. **International Journal on Advances in Software Volume 5, Number 3 & 4, 2012**, Citeseer, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 2.
- CASTRO, M. L. A.; CASTRO, R. de O. Autômatos celulares: implementações de von neumann, conway e wolfram. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 89–106, 2008. Citado na página 3.
- GLOVER, F.; TAILLARD, E. A user’s guide to tabu search. **Annals of operations research**, Springer, v. 41, n. 1, p. 1–28, 1993. Citado na página 3.
- LIMA, D. A. et al. Modelo criptográfico baseado em autômatos celulares tridimensionais híbridos. Universidade Federal de Uberlândia, 2012. Citado na página 3.
- LIMA, D. A. et al. Autômatos celulares e sistemas bio-inspirados aplicados ao controle inteligente de robôs. Universidade Federal de Uberlândia, 2017. Citado na página 3.