

UMA ABORDAGEM BIO-INSPIRADA DE NAVEGAÇÃO DE MÚLTIPLOS ROBÔS PARA O PROBLEMA DE VIGILÂNCIA PARTICIONADA E BALANCEADA

Bruno Massaki Emori (PIC / Uem), Rodrigo Calvo (Orientador),
e-mail: bruno.emori@gmail.com

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia / Maringá, PR

Grande área: Ciências Exatas e da Terra / Área: Ciência da Computação

Palavras-chave: Computação bio-inspirada, navegação autônoma de múltiplos robôs, exploração e vigilância de ambientes, inteligência coletiva.

Resumo

Um sistema de múltiplos robôs para a execução da tarefa de vigilância foi considerado. A tarefa de vigilância referenciada neste trabalho difere das demais abordagens encontradas na literatura pelo fato de que requisitos adicionais devem ser satisfeitos como: o ambiente de atuação deve ser virtualmente particionado em setores disjuntos de igual tamanho; o número de setores deve ser igual ao número de robôs; e cada robô deve executar a tarefa de vigilância em seu respectivo setor. A estratégia de coordenação adotada é baseada no mecanismo de comunicação indireta de acordo com a seguinte propriedade: cada robô deposita um único tipo de feromônio e é capaz de distinguir seu feromônio (feromônio próprio) daquele depositado pelos demais robôs (feromônio estranho). É proposto um modelo de navegação que acelera o processo de dispersão dos robôs. Um robô, ao detectar alta quantidade de feromônio estranho, um robô navega em direção à áreas com feromônio próprio, estabelecendo o seu setor. Assim, o robô passa a colaborar na execução distribuída da tarefa de vigilância. Resultados mostram que o particionamento do ambiente é definido autonomamente para um ambiente desconhecido e com desempenho superior da tarefa de vigilância quando comparado com trabalhos anteriores.

Introdução

Anteriormente, uma estratégia de coordenação bio-inspirada, baseada na teoria de sistema de formigas artificiais (Dorigo, 1992) foi proposta em (Calvo et al., 2012). Nesta estratégia, denominada Sistema de Vigilância Baseado na Modificação do Algoritmo de Colônias de Formigas (*Inverse Ant System-Based Surveillance, IAS-SS*). A comunicação estigmérgica é estabelecida pelo depósito de feromônio repulsivo, dispersando os robôs pelo ambiente.

A coordenação não é dependente dos parâmetros que definem um ambiente e de nenhuma informação sobre a posição e direção dos robôs. Experimentos realizados em diversos cenários apontaram para um comportamento geral dos robôs que consiste em um comportamento de dispersão e em seguida, o ambiente é totalmente e repetidamente sensoriado, executando a tarefa de vigilância. (Elmaliach et al., 2012).

Um problema encontrado decorrente desta estratégia é a situação em que vários robôs ocupam uma mesma área simultaneamente, ocorrendo uma redundância na tarefa de vigilância. A estratégia proposta, denominada Estratégia de Vigilância Particionada (*Partitioned Surveillance System, PSS*), permite que os agentes ocupem apenas áreas disjuntas e executem a tarefa de vigilância de maneira individual. Para isso, será considerado a distinção do feromônio quando este é detectado pelos robôs. O feromônio depositado por um robô é denominado de feromônio próprio, enquanto que o feromônio depositado pelos outros agentes passa a ser chamado de feromônio estranho. No geral, ambos são repulsivos para os robôs, porém alta quantidade de feromônio estranho torna o feromônio próprio atrativo para o agente em questão. Isso resulta na partição virtual do ambiente.

Materiais e métodos

Descrição da estratégia

A estratégia de tomada de decisão dos robôs é definida a partir da quantidade de feromônio próprio e estranho. Para um agente, o feromônio estranho é considerado repulsivo, ou seja, tende a evitar ambientes que já estão sendo monitorados por outros robôs. Neste caso, o feromônio próprio passa a ser atrativo, de tal forma que o agente retorne à sua própria área de vigilância. No caso de ausência de feromônio estranho (ausência de outros robôs no local), o feromônio próprio passa a ser repulsivo, de tal forma que áreas com alta concentração de feromônio próprio indicam que o local foi explorado recentemente, e pouca concentração de feromônio próprio indica que o local necessita ser explorado novamente.

Ambiente experimental

O ambiente de teste utilizado neste projeto foi o *Morse Simulator*. O modelo adotado para os robôs foi o *ATRV*, equipados com o sensor *SICK LM 500*. Foram realizadas 2000 iterações para cada simulação.

Ciclos de vigilância

Cada sala é dividida em pequenos setores quadrados, de tamanho pré-definido. Um ciclo de vigilância é completo quando todos os setores são visitados pelos agentes. No momento que um ciclo é terminado, todos os setores são resetados para não visitados, recomeçando a vigilância.

Resultados e Discussão

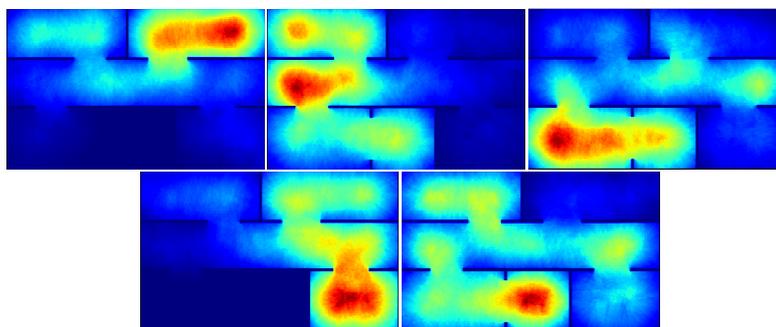


Figura 1 – Mapa da média de feromônio de cada robô utilizando-se a estratégia IAS-SS.

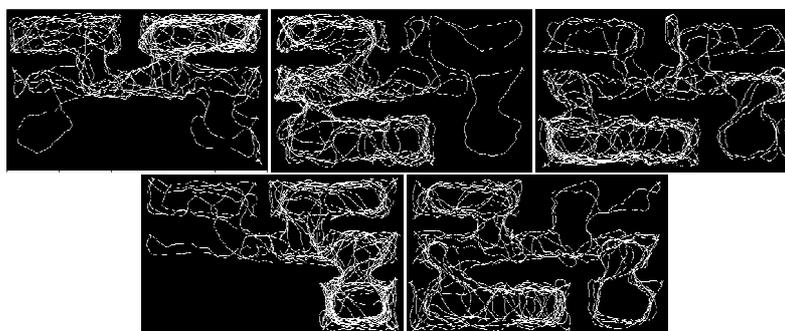


Figura 2 – Mapa das rotas percorridas de cada robô, utilizando-se a estratégia IAS-SS.

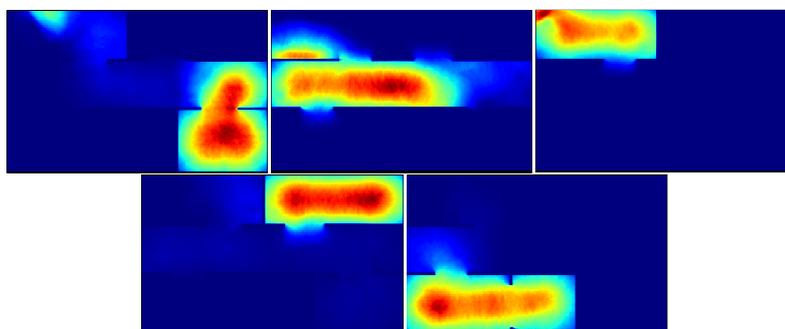


Figura 3 - Mapa da média de feromônio de cada robô utilizando-se a estratégia PSS.

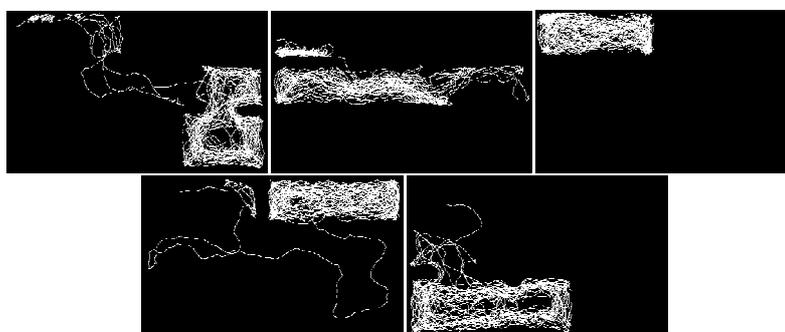


Figura 4 – Mapa das rotas percorridas de cada robô, utilizando-se a estratégia PSS.

Tabela 1 – Ciclos e média de iterações por ciclo para cada estratégia

Estratégia	Média de ciclos completos	Média de iteração por ciclo
Tradicional	22,6	86,2
Particionada	26,4	74,8

O desempenho da estratégia proposta é comparada com a estratégia IAS-SS por meio de experimentos realizados em um ambiente. Utilizando cinco robôs com início na sala superior esquerda, as Figuras 1-4 mostram a média de feromônio depositada e a trajetória de cada um deles para as estratégias IAS-SS e PSS. Observa-se que, para a estratégia proposta, cada robô permaneceu em um setor do ambiente, executando a tarefa. A divisão virtual do ambiente possibilitou melhor desempenho da estratégia como é verificado na Tabela 1. Cada estratégia foi simulada 5 vezes.

A divisão do ambiente ocorre devido à distinção de feromônio feita pelos robôs ao detectar esta substância no ambiente. Enquanto os robôs não detectam feromônio estranho, eles navegam por áreas com pouca quantidade de feromônio próprio, o que ocasiona a dispersão dos agentes pelo ambiente. Um robô, ao se aproximar de outro, passa a identificar o feromônio estranho. A alta quantidade desta substância faz o robô se afastar daquela área, retornando à sua área de vigilância (definida pela quantidade de feromônio próprio). A repetição deste tipo de comportamento por um período de tempo estabelece a partição virtual do ambiente.

Conclusões

A estratégia particionada apresentou desempenho superior à estratégia tradicional, com um aumento aproximadamente de 16,81% ciclos completos. Isso se deve ao fato de um robô não invadir o setor de outro evita a exploração ou vigilância redundante da área, o que favorece a distribuição do ambiente para a tarefa de vigilância.

Referências

Dorigo, M.. *Optmizing, Learning and Natural Algorithms*. PhD thesis, Politecnico di Milano, Italy, 1992.

Calvo, R., Oliveira, J.R., Figueiredo, M. and Romero, R.A.F.. A bioinspired coordination strategy for controlling of multiple robots in surveillance tasks. In *International Journal on Advances in Software*. Vol. 5, pp.146-165. IARIA, 2012.

Elmaliach, Y., Agmon, N., Kaminka, G. A.. "Multi-robot area patrol under frequency constraints", *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, v. 57, n. 3-4, p. 293-320, 2009.