

Um Sistema Autônomo para a Coordenação de Dispositivos Móveis baseada em Coalizões Sobrepostas

Vitor A. dos Santos¹, Giovanni C. Barroso¹, Mario F. Aguilar¹,
Antonio de B. Serra², José M. Soares¹

¹Departamento de Teleinformática – Universidade Federal do Ceará(UFC)

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

vitor@ufc.br, gcb@fisica.ufc.br, mario.fiallos@gmail.com,

prof.serra@gmail.com, marques.soares@gmail.com

Abstract. *In this work, we focus on problems modeled as a set of activities to be scheduled and accomplished by mobile autonomous devices that communicate via a mobile ad hoc network. In such situations, the communication cost, computational efforts and environment uncertainty are key challenges.*

We propose an autonomic system that coordinates the dynamic formation of overlapping coalitions and the scheduling of tasks within them. Heuristics for calculating the size of coalitions, as well as for scheduling tasks are proposed. The system is applied to solve the problem of area coverage in a simulated environment and the results show that good schedules are obtained with lower cost of communication and computation in comparison with the solution based on globally known information.

Resumo. *Neste trabalho, são tratados os problemas modelados como atividades a serem escalonadas e realizadas por times de dispositivos móveis autônomos que se comunicam através de uma rede móvel ad hoc. Em tais situações, o custo da comunicação e a incerteza do ambiente envolvido configuram dificuldades principais.*

É proposto um sistema autônomo que coordena a formação dinâmica de coalizões sobrepostas e o escalonamento de atividades dentro de tais coalizões. Heurísticas para o cálculo do tamanho e tempo de vida de coalizões, bem como para o escalonamento de atividades são propostas. O sistema é aplicado para a solução do problema da cobertura de área em um ambiente simulado e os resultados mostram que bons escalonamentos são obtidos a um menor custo de comunicação e computação em comparação com a solução baseada em informação globalmente conhecida.

1. Introdução

Há diversos problemas que envolvem a coordenação de times de dispositivos móveis que se comunicam através de uma rede móvel ad hoc no intuito de compartilharem e escalonarem atividades geograficamente dispersas em um ambiente desconhecido. A cobertura de área [Gonzalez and Gerlein 2009] e o transporte de carga [Murata and Nakamura 2004] são exemplos destes problemas. O problema da cobertura de área é bem conhecido no campo da robótica, com diversas pesquisas relacionadas à cobertura realizada por um

único robô. Uma forma de resolver este problema através de um time é particionar a área original em subáreas de forma que a cobertura de cada subárea é uma atividade a ser realizada por um robô dentro do time e o desafio que surge é escalonar tais atividades.

O controle distribuído de dispositivos móveis autônomos que atuam cooperativamente para o escalonamento e realização de atividades é um problema desafiador, pois o escalonamento distribuído de atividades é NP-Completo [Tsitsiklis and Athans 1985] e a comunicação para o compartilhamento de dados pode comprometer a escalabilidade do sistema.

Assim, neste trabalho é proposto um sistema não centralizado autônomo que adota um mecanismo baseado em coalizões sobrepostas que restringe a distribuição de informação entre os dispositivos e, dessa forma, reduz os esforços computacional e de comunicação envolvidos. Cada dispositivo é capaz de organizar suas próprias coalizões e calcular escalonamentos de atividades a partir do conhecimento obtido dentro destas coalizões.

No levantamento de trabalhos relacionados, não foram encontradas soluções que envolvessem a formação de coalizões sobrepostas e informação parcialmente distribuída como mecanismos de redução do espaço de busca dos escalonamentos. Há algumas heurísticas para a redução do espaço de busca nos casos em que atividades requerem um esforço de inicialização [Allahverdi et al. 2008]. Tais heurísticas seriam adequadas ao contexto aqui considerado, pois atividades geograficamente dispersas frequentemente requerem um deslocamento inicial. Contudo, esses escalonadores não consideram times móveis e custos de comunicação. Barbulescu et al. [Barbulescu et al. 2010] propõem um mecanismo de coordenação para o escalonamento de atividades por dispositivos móveis. Entretanto, os autores não tratam das questões de comunicação e formação de coalizões.

A seguir, a seção 2 descreve o sistema proposto, a seção 3 é dedicada ao estudo de caso realizado para avaliar o sistema. Por fim, a seção 4 apresenta as conclusões do trabalho.

2. Descrição do sistema proposto

A arquitetura do sistema proposto em cada dispositivo é composta por três módulos principais, como ilustrado na Figura 1. A estrutura de dados principal mantém informações sobre os estados dos dispositivos, suas coalizões e atividades. Atividades representam objetivos menores a serem alcançados para a solução do problema.

O Módulo de Apoio à Decisão é responsável pelo cálculo de escalonamentos e formação de coalizões, a qual é baseada na *k-vizinhança* de um dispositivo. A *k-vizinhança* de um dispositivo γ no tempo t é um conjunto formado pelos k mais próximos dispositivos de γ em um intervalo de tempo. O algoritmo para o cálculo de *k-vizinhança* utiliza elementos da rede móvel ad hoc e aplica idéia similar a do protocolo conhecido como *k-neighbor* [Blough et al. 2003]. Para o cálculo de escalonamentos, é proposta uma heurística chamada de *Escolha k-Gulosa Alternada*, a qual se baseia na heurística *Pick Minimum Weighted Processing Time* (PMWP) [Arnaout et al. 2006]. Nesta abordagem, as melhores atividades são escolhidas alternadamente para cada dispositivo.

O módulo de coordenação é responsável por organizar os passos que envolvem a formação de coalizões, escalonamento de atividades e compartilhamento de dados do

domínio.

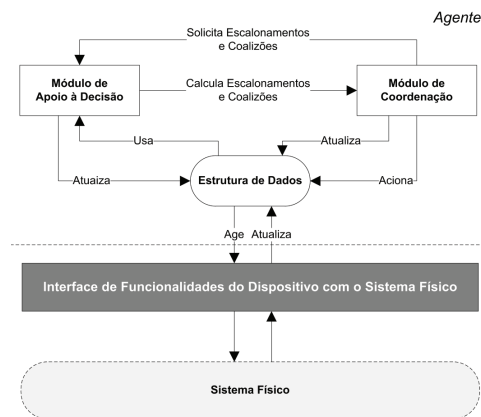


Figura 1. Arquitetura do sistema em cada dispositivo.

3. Estudo de Caso

O sistema proposto foi implementado, validado e avaliado a partir da sua aplicação em um estudo de caso. Tal estudo foi realizado sobre o problema da cobertura de área, que consiste do mapeamento de uma extensão em área utilizando-se um grupo de robôs. Foi adotada uma abordagem de cobertura em forma de espirais baseada no algoritmo BSA [Gonzalez and Gerlein 2009], onde os dispositivos utilizam obstáculos, paredes e pontos já cobertos para realizarem percursos circulares. Cada atividade é definida como uma subregião a ser coberta. Inicialmente, cada dispositivo possui somente uma atividade. Novas atividades, entretanto, podem surgir ao longo de um missão, ao passo que o algoritmo BSA produz novas subregiões.

Os testes foram realizados em dois ambientes com dimensões 80x80, mas com distribuição de obstáculos diferentes. Foram avaliadas três abordagens para a cobertura de área de acordo com o sistema proposto: *BSA com escalonamento EkGA e grandes coalizões*, na qual coalizões estáticas são contruídas, *BSA com escalonamento EkGA e coalizões dinâmicas*, que é baseada na proposta de formação de coalizões dinâmicas e a versão BSA-CM[Gonzalez and Gerlein 2009], versão distribuída do algoritmo BSA.

O tempo final de realização de uma missão aqui considerado corresponde à maior quantidade de ações realizadas por um dispositivo. No caso da cobertura de área, cada ação corresponde a uma unidade mínima de área do ambiente simulado percorrida. Os gráficos da Figura 2 apresentam as relações entre os tempos absolutos obtidos e limites inferiores de tempo calculados como uma razão da área total a ser coberta pelo número de dispositivos.

4. Conclusões

O mecanismo do coalizões sobrepostas do sistema autônomo proposto mostrou-se capaz de reduzir o espaço de busca referente à construção de escalonamentos e o volume de mensagens enviadas. A redução do espaço de busca não afetou substancialmente a capacidade de construção de bons escalonamentos, uma vez que as atividades eram sensíveis às localizações dos dispositivos, e a formação de coalizões por dispositivos próximos já possibilitou escalonamentos satisfatórios. Isto foi observado a partir dos gráficos de tempo

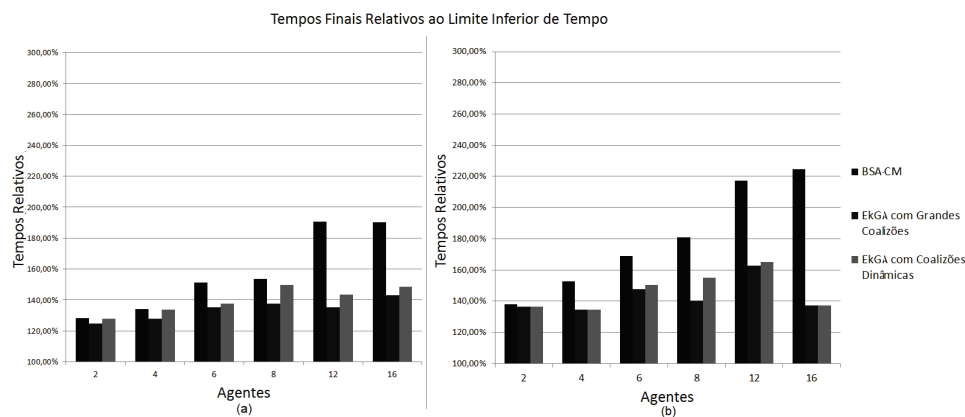


Figura 2. Percentuais de tempos finais em relação ao limite inferior de tempo nos ambientes simulados com obstáculos: (a) aleatórios. (b) horizontais.

final, que mostraram tempos finais para as soluções baseadas no sistema proposto não superiores a 150% do limite inferior de tempo, nos testes em ambientes com obstáculos aleatórios, e 170%, nos testes em ambientes com obstáculos horizontais.

Referências

- Allahverdi, A., Ng, C. T., Cheng, T. C. E., and Kovalyov, M. Y. (2008). A survey of scheduling problems with setup times or costs. *European Journal of Operational Research*, 187(3).
- Arnaut, J.-P., Rabadi, G., and Mun, J. H. (2006). A dynamic heuristic for the stochastic unrelated parallel machine scheduling problem. *International Journal of Operations Research*, 3:136–143.
- Barbulescu, L., Rubinstein, Z. B., Smith, S. F., and Zimmerman, T. L. (2010). Distributed coordination of mobile agent teams: the advantage of planning ahead. In *Proceedings of the 9th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems: volume 1 - Volume 1*, AAMAS '10, pages 1331–1338, Richland, SC. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems.
- Blough, D. M., Leoncini, M., Resta, G., and Santi, P. (2003). The k-neighbor protocol for symmetric topology control in ad hoc networks. In *Proceedings of the 4th ACM international symposium on Mobile ad hoc networking & computing*, MobiHoc '03, pages 141–152, New York, NY, USA. ACM.
- Gonzalez, E. and Gerlein, E. (2009). Bsa-cm: A multi-robot coverage algorithm. In *Proceedings of the 2009 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology - Volume 02*, WI-IAT '09, pages 383–386, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society.
- Murata, T. and Nakamura, T. (2004). Multi-agent cooperation using genetic network programming with automatically defined groups. In *Genetic and Evolutionary Computation GECCO 2004*, volume 3103 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 712–714. Springer Berlin / Heidelberg.
- Tsitsiklis, J. and Athans, M. (1985). On the complexity of decentralized decision making and detection problems. *Automatic Control, IEEE Transactions on*, 30(5):440–446.