
Sistemas bio-inspirados para coordenação
de múltiplos robôs móveis

Rodrigo Calvo

SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO ICMC-USP

Data de Depósito:

Assinatura: _____

Sistemas bio-inspirados para coordenação de múltiplos robôs móveis

Rodrigo Calvo

Orientadora: Profa. Dra. Roseli Aparecida Francelin Romero

Tese apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC-USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências - Ciências de Computação e Matemática Computacional. *VERSÃO REVISADA*

USP – São Carlos
Julho de 2012

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Achille Bassi
e Seção Técnica de Informática, ICMC/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C169s Calvo, Rodrigo
Sistemas bio-inspirados para coordenação de
múltiplos robôs móveis / Rodrigo Calvo; orientadora
Roseli Aparecida Francelin Romero. -- São Carlos,
2012.
177 p.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em
Ciências de Computação e Matemática Computacional) --
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação,
Universidade de São Paulo, 2012.

1. Sistemas de múltiplos robôs. 2. Sistema de
colônia de formigas. 3. Vigilância de ambientes. 4.
Exploração de ambientes. 5. Formação de robôs. I.
Aparecida Francelin Romero, Roseli, orient. II.
Título.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela grandiosa oportunidade que tem me concedido e pela fé e serenidade proporcionados nos momentos mais difíceis.

À minha família que sempre esteve do meu lado nos momentos mais difíceis. Meus pais, Milton e Helena, e meus irmãos, Fabio e Fernando. Pessoas que me ajudaram em todos os sentidos, e apoiando todo o tempo que estive longe de casa. Devo muito a eles, pela atenção e paciência.

À minha noiva, Dayane, pela sua compreensão e infindável paciência durante o período que estive ausente por me dedicar ao desenvolvimento deste trabalho, pelo companherismo e apoio em todos os momentos.

Agradeço a Profa. Dra. Roseli pelo esforço sem medida em me orientar, sempre disposta a ajudar. Agradeço pela confiança depositada, pela liberdade dada para trabalhar e pelos ensinamentos durante esse período de doutorado.

Ao Prof. Dr. Maurício Figueiredo pelo apoio, por ter me iniciado nessa caminhada. Tudo o que eu obtive devo às suas conversas, conselhos profissionais e dedicação em me apoiar nas minhas decisões.

Ao Prof. Dr. Denis F. Wolf e ao amigo Gustavo Pessin por indicarem a plataforma *Player/Stage* e pelos ensinamentos dos primeiros passos nesta ferramenta, fundamental para a obtenção dos resultados deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Roland Siegwart por ter me recebido na *Eidgenössische Technische Hochschule Zürich*, Suíça, durante o período de doutorado sanduíche, ao Prof. Dr. Dizan Vasquez e ao seu aluno de doutorado Andreas Breitenmoser por inúmeras reuniões de onde surgiram ideias que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço carinhosamente aos amigos Eler's (Marcelo e Danilo), Quiles, Adriano, Renatinho, Marcelão, Marcelinho, Fernando Zuher, Luiz Coletta, Debora, Thiago, Murillão, Rosane, Paulo, Mari, Jão e Paula. Em especial, sou grato ao Janderson pela sua compreensão e por colaborar diretamente com a realização do trabalho, ao Danilo Doi pela sua dedicação em auxiliar nos estudos relacionados à segunda frente de pesquisa desta tese e aos amigos Bruno,

Japa, Valéria, Rossi, Chris, Rafael e Eduardo Fraccaroli por não hesitarem em ajudar, generosidade e presença, principalmente, nas horas difíceis para me darem a força necessária pra seguir adiante.

Ao ao amigo Luiz Carlos por me apresentar Zurique e me abrigar nos primeiros dias de doutorado sanduíche, à Elisabeth Habermann por me receber em sua casa e pela amizade de Andreas Moeckli e sua família.

Agradeço ao amigo Marcelo Kaminski, que mesmo a distância sempre tinha algo de importante para acrescentar em minha vida. Agradeço a ele e a Bela por me abrigarem em uma das visitas à Suíça.

À todos os professores do ICMC por estarem sempre dispostos a ajudar, aos funcionários e ao pessoal da limpeza que sempre mantiveram os laboratórios limpos para trabalharmos. Aos vigilantes que se tornaram meus amigos, Gilberto, Senha, Fernando e Alexandre.

Agradeço também à CAPES, CNPq e FAPESP pelo auxílio financeiro para o andamento do doutorado.

Abstract

The application of systems of multiple robots is desirable in various tasks. Some of them include: exploration, mining, land mine detection, security and rescue operations. An effective strategy for coordination is crucial to achieve performance improvements. In this project, two new strategies are proposed for the coordination of multiple robot systems, applied to the tasks of exploration, surveillance and formation. They are distributed, decentralized and performed in real time. The inspiration for both of them comes from the biological mechanisms that define a social organization of collective systems. Specifically, it was considered in this thesis a modified version of the Ant Colony System. The strategies are adaptable for scenarios where the number of robots and structure of the environment change. Regarding the first strategy, the experiments consider two performance criteria: average surveillance cycles and average iterations for each patrolling interval. Simulation results confirm that the exploration and surveillance emerge from the synergy of individual behaviors of robots. The data obtained show that the coordination strategy is efficient and suitable to perform the tasks of exploration and surveillance. Regarding the second strategy, the system presents the characteristics desirable to maintain the formation: separation, alignment and cohesion. Empirical evidence showed that the system has good dispersive ability, which promoted an increase in coverage, and that it was able to adapt to new group topologies and environment settings.

Resumo

A aplicação de sistemas de múltiplos robôs é desejável em várias tarefas. Algumas delas são: exploração de ambientes, mineração, detecção de minas terrestres, segurança e operações de resgate. Uma estratégia eficiente de coordenação é decisiva para alcançar melhoras no desempenho. Neste projeto, duas novas estratégias são propostas para a coordenação de sistemas de múltiplos robôs, aplicadas para as tarefas de exploração, vigilância e formação. Elas são distribuídas, descentralizadas e ocorrem em tempo de execução. A inspiração para ambas advém de mecanismos biológicos que definem uma organização social de sistemas coletivos. Especificamente, considerou-se nesta tese uma versão modificada do sistema de colônia de formigas. As estratégias são adaptáveis para cenários em que o número de robôs e a estrutura do ambiente mudam. Em relação à primeira estratégia, os experimentos consideram dois critérios de desempenho: a média de ciclos de vigilância e a média de iterações em cada intervalo de segurança. Os resultados de simulação confirmam que a exploração e vigilância emergem da sinergia dos comportamentos individuais dos robôs. Os dados obtidos mostram que a estratégia de coordenação é eficiente e satisfatória para realizar as tarefas de exploração e vigilância. Quanto à segunda estratégia, o sistema apresenta as características desejáveis para que a formação seja mantida: separação, alinhamento e coesão. Evidências empíricas mostraram que o sistema possui boa habilidade dispersiva, o que promoveu o aumento da cobertura, e que o mesmo foi capaz de se adaptar a novas topologias de grupo e configurações de ambiente.

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

