

FABIANO ROGÉRIO CORRÊA

MAPEAMENTO SEMÂNTICO COM
APRENDIZADO ESTATÍSTICO RELACIONAL
PARA REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO
EM ROBÓTICA MÓVEL

Tese de doutorado apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do Título de Doutor
em Engenharia.

SÃO PAULO

2009

FABIANO ROGÉRIO CORRÊA

MAPEAMENTO SEMÂNTICO COM
APRENDIZADO ESTATÍSTICO RELACIONAL
PARA REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO
EM ROBÓTICA MÓVEL

Tese de doutorado apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do Título de Doutor
em Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia de Controle e Automação
Mecânica

Orientador:
Prof. Livre-docente
Jun Okamoto Junior

SÃO PAULO

2009

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de abril de 2009.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Corrêa, Fabiano Rogério

Mapeamento semântico com aprendizado estatístico relacional para representação de conhecimento em robótica móvel / F.R. Corrêa. -- ed.rev. -- São Paulo, 2009.

135 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos.

1. Robôs 2. Modelos para processos estocásticos 3. Processamento de imagens I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos II. t.

DEDICATÓRIA

À Lauana, minha improvável e perfeita metade.

AGRADECIMENTOS

Foram mais de quatro anos de dedicação nesse doutorado para entrar numa área (modelos probabilísticos e combinações com modelos lógicos) na qual eu não tive uma formação vinda da graduação. Pude ampliar meus conhecimentos ao participar, concomitantemente com parte do doutorado, de um projeto de classificação automática de textos. O resultado de tudo isso: um tempo muito grande para obtenção de resultados e o prazo final de conclusão batendo à porta. Foi uma época difícil, e tenho muito a agradecer para algumas pessoas.

Gostaria de agradecer imensamente à minha esposa, por ter suportado todo esse período de tumulto que vivemos para que fosse possível concluir a minha tese. Você foi e sempre será muito importante e especial pra mim.

Aos meus pais, que mesmo não convivendo diariamente comigo, compartilharam das alegrias e frustrações de todo esse processo.

Aos professores Anna Helena, Fabio Cozman e Marcelo Finger cujas críticas ajudar a concretizar essa tese.

Ao meu orientador Jun Okamoto Junior, por todo o suporte financeiro, toda a infra-estrutura disponível, e toda liberdade que tive para perseguir os meus interesses acadêmicos. Não há nada melhor do que terminar um doutorado com a satisfação de ter acertado no tema. Espero continuar a me aprofundar nesses problemas por muitos anos ainda.

L'INFINITO

Sempre caro mi fu quest'ermo colle,
e questa siepe, che da tanta parte
dell'ultimo orizzonte il guardo esclude.
Ma sedendo e mirando, interinati
spazi di là da quella, e sovrumani
silenzi, e profondissima quiete
io nel pensier mi fingo; ove per poco
il cor non si spaura. E come il vento
odo stormir tra queste piante, io quello
infinito silenzio a questa voce
vo comparando: e mi sovvien l'eterno,
e le morte stagioni, e la presente
e viva, e il suon di lei. Così tra questa
immensità s'annega il pensier mio:
e il naufragar m'è dolce in questo mare.

- Giacomo Leopardi

RESUMO

A maior parte dos mapas empregados em tarefas de navegação por robôs móveis representam apenas informações espaciais do ambiente. Outros tipos de informações, que poderiam ser obtidos dos sensores do robô e incorporados à representação, são desprezados. Hoje em dia é comum um robô móvel conter sensores de distância e um sistema de visão, o que permitiria a princípio usá-lo na realização de tarefas complexas e gerais de maneira autônoma, dada uma representação adequada e um meio de extrair diretamente dos sensores o conhecimento necessário. Uma representação possível nesse contexto consiste no acréscimo de informação semântica aos mapas métricos, como por exemplo a segmentação do ambiente seguida da rotulação de cada uma de suas partes. O presente trabalho propõe uma maneira de estruturar a informação espacial criando um mapa semântico do ambiente que representa, além de obstáculos, um vínculo entre estes e as imagens segmentadas correspondentes obtidas por um sistema de visão omnidirecional. A representação é implementada por uma descrição relacional do domínio, que quando instanciada gera um campo aleatório condicionado, onde são realizadas as inferências. Modelos que combinam probabilidade e lógica de primeira ordem são mais expressivos e adequados para estruturar informações espaciais em semânticas.

ABSTRACT

Most maps used in navigational tasks by mobile robots represent only environmental spatial information. Other kinds of information, that might be obtained from the sensors of the robot and incorporated in the representation, are neglected. Nowadays it is common for mobile robots to have distance sensors and a vision system, which could in principle be used to accomplish complex and general tasks in an autonomously manner, given an adequate representation and a way to extract directly from the sensors the necessary knowledge. A possible representation in this context consists of the addition of semantic information to metric maps, as for example the environment segmentation followed by an attribution of labels to them. This work proposes a way to structure the spatial information in order to create a semantic map representing, beyond obstacles, an anchoring between them and the correspondent segmented images obtained by an omnidirectional vision system. The representation is implemented by a domain's relational description that, when instantiated, produces a conditional random field, which supports the inferences. Models that combine probability and first-order logic are more expressive and adequate to structure spatial in semantic information.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Sistematização proposta para classificar os trabalhos na área de mapeamento semântico.

Figura 2. Mapa topológico de um ambiente interno (extraído de Tapus e Siegart, 2006).

Figura 3. Exemplos de cenas obtidas durante navegação em ambientes externos (extraído de Posner et al., 2006).

Figura 4. Segmentação topológica de ambiente interno (extraído de Zivkovic et al., 2007).

Figura 5. Mapa de atividades onde as setas indicam a direção de movimento associado à região e a espessura delas está relacionada à intensidade do fluxo (extraído de Lookingbill et al., 2005).

Figura 6. Anotação semântica apresentada na última coluna da figura (extraído de Wolf e Sukhatme, 2006).

Figura 7. Mapa topológico construído com base na informação semântica (extraído de Mozos *et al.*, 2007).

Figura 8. Classificação das células da grade (extraído de Triebel *et al.* 2007).

Figura 9. Mapa 3D do ambiente com as distinções de teto (vermelho), objetos (amarelo) e chão (azul) (extraído de Nüchter et al., 2005).

Figura 10. Resultados comparativos usando vários classificadores (extraído de Anguelov *et al.* 2005).

Figura 11. Objetos segmentados (extraído de Triebel *et al.* 2007).

Figura 12. Esquema do mapa semântico multi-hierárquico (extraído de Galindo et al., 2005).

Figura 13. Exemplo do EKF-SLAM com os modelos de aparência de árvores (extraído de Ramos et al., 2006).

Figura 14. Grafo representando um mapa semântico de objetos (extraído de Vasudevan et al., 2007).

Figura 15. Exemplo do mapa proposto (Anguelov et al., 2004).

Figura 16. Exemplo de um RO-map (Limketkai et al., 2005).

Figura 17. Representação das medidas de cobertura e precisão.

Figura 18. Vizinhança: a) primeira ordem ou vizinhança-4; b) segunda ordem ou vizinhança-8; c) terceira ordem ou vizinhança-12 (extraído de Won e Gray, 2004).

Figura 19. Conjunto de cliques possíveis para sistema de vizinhança de segunda ordem (traduzido de Won e Gray, 2004).

Figura 20. MRFs no contexto de processamento de imagens.

Figura 21. MRF hierárquico.

Figura 22. CRFs no contexto de processamento de imagens.

Figura 23. Um fragmento de um grafo de fatores para ilustrar o cálculo da distribuição marginal $P(Y_i)$ (reproduzido de Bishop, 2007).

Figura 24. Ilustração da fatoração de um subgrafo associado com o nó - fator f_s (reproduzido de Bishop, 2007).

Figura 25. Ilustração do vínculo.

Figura 26. Vínculo entre a grade e a imagem.

Figura 27. Modelo simplificado do vínculo.

Figura 28. Grafo completo referente à grade de ocupação.

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:

