

# Geração Automática de Campos Potenciais Através de Imagens Para a Navegação de um Enxame de Robôs

Gerley Machado de Oliveira - gerley@dcc.ufmg.br

Vinicius Graciano Santos - vgs@dcc.ufmg.br

20 de abril de 2010

## 1 Introdução

Campos potenciais são amplamente utilizados para a navegação em robótica. Eles provêm um método de simples implementação e, em alguns casos, é possível reter-se apenas a informações locais para o desvio de obstáculos convexos simples. De forma resumida, a idéia é que exista uma função  $f(x, y)$  com um único mínimo global localizado na posição-objetivo do agente. Cada objeto  $i$  do espaço de movimentação também gera um campo potencial  $g_i(x, y)$  que ao ser somado com  $f$  irá criar pontos de máximos locais na função resultante  $h(x, y)$ . Dessa maneira, dados  $n$  objetos, a função  $h$  é definida por:

$$h(x, y) = f(x, y) + \sum_{i=1}^n g_i(x, y)$$

Utilizando as equações apresentadas é possível levar o agente ao seu objetivo forçando-o a seguir o gradiente negativo de  $h$ . Formalmente, dada a posição de um agente holonômico  $\mathbf{p} = [x, y]^T$ , sua equação de controle com base no campo potencial pode ser definida como:

$$\ddot{\mathbf{p}} = -k_1 \nabla h(\mathbf{p}) - k_2 \dot{\mathbf{p}}$$

As constantes  $k_j > 0$  devem ser ajustadas de forma a minimizar a oscilação do agente ao atingir o seu objetivo.

## 2 Proposta de Trabalho

A proposta de trabalho consiste em estudar e implementar um método de geração automática de campos potenciais para a navegação de um enxame de robôs com base em uma ou mais imagens do ambiente. Será necessário estudar algumas técnicas de localização de obstáculos e também formas eficientes para gerar as funções de acordo com as informações obtidas.

Em um primeiro momento, apenas serão consideradas imagens aéreas, com a câmera observando o ambiente por cima. Conforme novos conceitos forem agregados com relação à matéria, o problema será abordado a partir de diferentes posicionamentos da câmera. Espera-se que, ao utilizarmos campos potenciais, não seja necessário um reconhecimento detalhado de cada objeto, já que o custo para gerar e manter esse tipo de função pode

tornar-se alto. Além disso, é possível formar campos de navegação aceitáveis a partir de aproximações simples dos objetos da cena.

O algoritmo será testado em uma simulação utilizando-se a plataforma Player/Stage. Após a confirmação teórica do seu funcionamento, pode ser possível executar um experimento real a partir da infra-estrutura para experimentação com enxames de robôs desenvolvida no *Verlab* [1].

### 3 Trabalhos Relacionados

Existem diversas técnicas para inferir de forma eficiente a localização de obstáculos. Algumas utilizam processos estocásticos, tais como o método de *Occupancy Grid*; abordado em [2]. Esse algoritmo consiste em, dado uma determinada região, na qual queremos adquirir um mapa virtual, são realizadas medições na perspectiva dos robôs e esses valores são armazenados em um grid, denominado grid de ocupação. Baseado nessas informações, estima-se a probabilidade de cada célula estar ocupada até o presente momento, dada a mesma visualização de algum ponto através de uma pose diferente do robô. É um método bastante utilizado para o mapeamento de terrenos, no qual o robô explora o ambiente baseado em um comportamento simples, porém, a convergência para a obtenção do mapa final pode ser lenta e demorada.

Uma outra abordagem é a obtenção de bordas de uma ou mais imagens - de uma visão aérea do cenário - e a partir delas definir uma segmentação com relação aos obstáculos no terreno [3]. Como visto em [4], existem três passos para detecção das bordas: diminuição de ruído, estipulação da borda e a localização da mesma. Dois algoritmos muito utilizados são a aplicação do operador de Sobel e o algoritmo de Canny [5]. Esses métodos são muito eficientes na obtenção das bordas, porém são muito suscetíveis a ruídos, portanto é necessário filtrar esse fator indesejável para podermos aplicá-los. Em [3], vários filtros são aplicados para detectar as bordas e segmentar o cenário entre os objetos e o chão. Após a aplicação de um filtro médio para a diminuição do ruído, um filtro gaussiano é aplicado para adicionar um pouco de ruído intencional - que diminui a sensibilidade do algoritmo de detecção de bordas. Logo após, o operador de Sobel é aplicado, seguido de um operador de aumento de contraste e finalmente um *threshold* segmenta a imagem.

(Segovia e Rombaut, 2002) definiram uma forma de segmentação binária que não leva em conta a detecção de bordas, mas o histograma das intensidades contidas na imagem. Um limiar é definido para separar os objetos do chão, utilizando-se um relação probabilística entre a aparição de cada um. Os resultados em imagens iluminadas artificialmente não foram satisfatórios, devido a não-homogeneidade da iluminação. Em condições naturais, a imagem foi segmentada com sucesso.

Um algoritmo para a detecção de planos utilizando-se uma única imagem foi apresentado em [7]. Uma reconstrução 3D baseada em Campos Aleatórios Markovianos é feita para se obter uma aproximação do mapa de profundidade da cena. Esse mapa é robusto quanto a variações na textura, como em projeções de sombras. Também, um algoritmo de segmentação de texturas é aplicado para determinar com maior precisão os planos da imagem. Após esse processo, os parâmetros intrínsecos e extrínsecos da câmera são utilizados para calcular com precisão as informações espaciais sobre as características da cena.

Com relação a geração dos campos potenciais, em [8] é apresentado um algoritmo que utiliza a interpolação de funções implícitas a partir de pontos de controle para formar um campo potencial de fácil controle.

## Referências

- [1] R. F. Garcia, P. M. Shiroma, L. Chaimowicz, M. F. M. Campos, "Um arcabouço para a localização de enxames de robôs". In SBAI2007, Florianópolis, SC - Brazil, 2007.
- [2] A. Elfes, "Using occupancy grids for mobile robot perception and navigation", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-22, pp. 46-57 (1989).
- [3] K. Vojco, A. Aleksandar, S. Dragan, S. Mile, K. Tatjana, "Intelligent control of an autonomous vehicle: image processing and pathfinding problem", IEEE Automation Congress, 2004, Proceedings, World, Vol. 17, pp. 131-136 (2004).
- [4] E. Trucco, A. Verri, "Introductory Techniques for 3-D Computer Vision", Prentice Hall, 1998.
- [5] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-8, pp. 679-698 (1986).
- [6] Segovia, A. Rombaut, M. "Path Finding From A Spot Image For A Mobile Robot". Intelligent Vehicles '93 Symposium, pp. 277 - 282. Agosto 2002.
- [7] Cherian, A., Morellas, V., and Papanikolopoulos, N. 2009. Accurate 3D ground plane estimation from a single image. In Proceedings of the 2009 IEEE international Conference on Robotics and Automation (Kobe, Japan, May 12 - 17, 2009). IEEE Press, Piscataway, NJ, 519-525.
- [8] L. Chaimowicz, Michael, N. e V. Kumar, "Controlling Swarms of Robots Using Interpolated Implicit Functions" em Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 2498-2503, Barcelona, Espanha, Abril 2005.