

Navegação autônoma de robôs

Sidnei Alves de Araújo, André Felipe Henriques Librantz

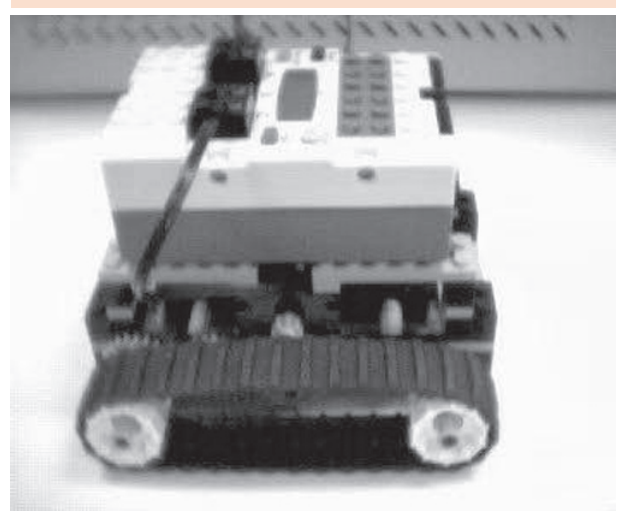
Uninove, Departamento de Ciências Exatas. São Paulo – SP [Brasil]
saraujo@uninove.br

Neste trabalho, é apresentado um sistema de navegação autônoma, baseado em mecanismos de visão computacional que descrevem o ambiente para que um robô, construído com o *kit* Lego Mindstorms, possa tomar decisões. A partir das informações recebidas sobre sua localização, a do alvo e a dos obstáculos, o robô deve definir o trajeto a percorrer para atingir o objetivo.

Robôs autônomos geralmente são objetos de grande admiração, dada a sua “inteligência” para tomar decisões de maneira independente. Entretanto, vale lembrar que os robôs móveis, mesmo com toda a tecnologia, ainda apresentam muitas limitações quanto à sua capacidade de navegação. O estudo e o desenvolvimento de um projeto de robôs autônomos podem estar ligados a diversas aplicações práticas e têm suscitado grandes desafios, visto que as dificuldades se multiplicam à medida que o ambiente no qual o robô deve movimentar-se vai-se tornando mais imprevisível e diversificado. Nesse contexto, inúmeros mecanismos para o controle de robôs móveis têm sido utilizados, tais como sonares, *lasers* e visão (QUILES; ROMERO, 2004; POMERLEAU, 1995).

O objetivo deste trabalho é explorar o desenvolvimento de um sistema de navegação autônoma de robôs, utilizando o *kit* Lego Mindstorms, baseado em mecanismos de visão computacional. A partir do sistema de visão, informações do ambiente são transmitidas ao robô para que ele possa tomar decisões. As informações recebidas pelo robô referem-se à sua localização, à do alvo e à dos obstáculos dispostos aleatoriamente no ambiente.

Com tais informações, o trajeto é calculado por um algoritmo de busca que, a partir de funções heurísticas, tenta escolher o melhor caminho, considerando as particularidades do ambiente. Para possibilitar a navegação autônoma do robô, construído com o *kit* Lego Mindstorms (Fotografia 1), uma câmera de vídeo é posicionada sobre o ambiente a aproximadamente 2,6 metros (m) acima do cenário (Ilustração 1), proporcionando uma visão panorâmica.



Fotografia 1: Foto do protótipo do robô montado. Seu formato e cor facilitam distingui-lo dos demais objetos do cenário

Fonte: Os autores.

A altura escolhida para a captura das imagens mostrou-se satisfatória, pois todos os componentes do cenário ficaram bem definidos. A partir das imagens capturadas pela câmera, o sistema computacional deve identificar, usando coordenadas cartesianas, a posição dos obstáculos, do robô e o local de destino.

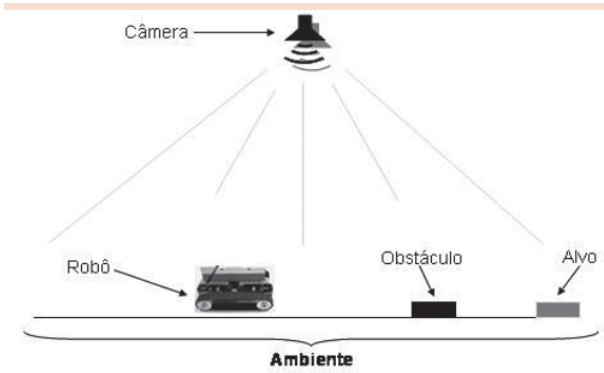


Ilustração 1: Arranjo esquemático do cenário constituído. O robô de cor amarela, o alvo de cor azul e obstáculos de cor preta estão dispostos em um piso de tonalidade cinza

Fonte: Os autores.

Quando o sistema de visão é acionado, uma imagem colorida, denotada por C^y , com resolução de 320×240 pixels, é capturada e armazenada. A partir de C^y , primeiro se detectam as posições do robô e do alvo, dada a facilidade de localizá-los a partir dos componentes RGB (do inglês *red, green, blue*) dos pixels que os compõem (QUILES; ROMERO, 2004; HACOHEN; COHEN, 2002a, 2002b). Na etapa seguinte, é feita a localização dos demais objetos (obstáculos). Para isso, a imagem em tons de cinza relativa ao componente R da imagem C^y , denotada por G_R^y , é extraída (Ilustra-

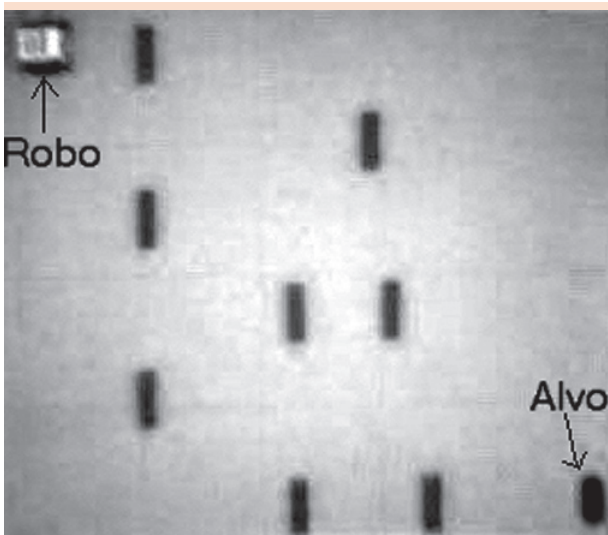
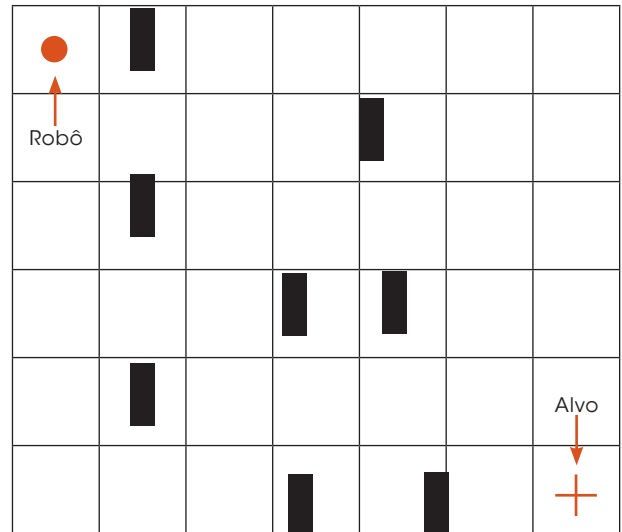


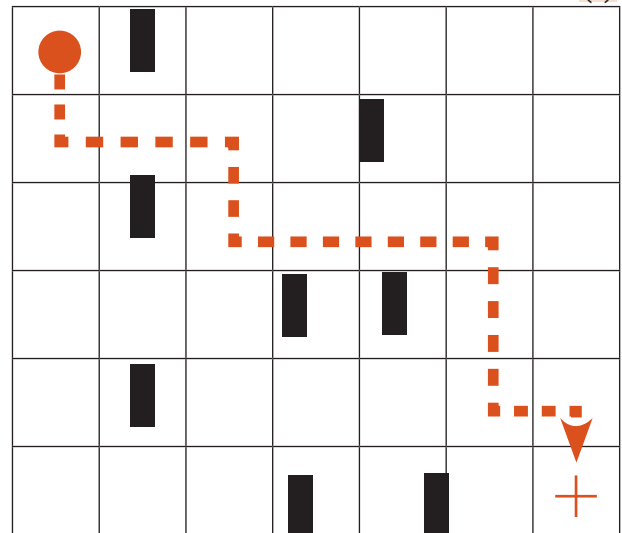
Ilustração 2: Imagem com variações de cinza G_R^y

Fonte: Os autores.

ção 2). A imagem G_R^y é filtrada (filtro gaussiano) e binarizada, utilizando um limiar (*threshold*) 80 e originando a imagem B^y (Ilustrações 3a e 3b).



(a)



(b)

Ilustração 3: Ambiente binarizado: imagem binarizada com os componentes do cenário (a); trajeto do roteamento do robô que será descrito posteriormente (b)

Fonte: Os autores.

A próxima etapa do processamento é a transformação da imagem binária, denotada por B^y , em uma matriz $M^{(i,j)}$. Para cada célula desta matriz é atribuído um valor inteiro V , que assume os valores 0 (livre), 1 (obstáculo), 2 (robô) e 3 (alvo).

Essa matriz é, posteriormente, utilizada pelo algoritmo de roteamento na determinação do trajeto do robô, que é calculado por meio de um algoritmo de busca no espaço de estados, conhecido como busca pela melhor estimativa que emprega a função heurística $f(n) = h(n)$. Utilizamos $h(n)$ para três diferentes medidas de distância, conhecidas como *city-block*, *chessboard* e distância euclidiana (GONZALEZ; WOODS, 2002), as quais são dadas, respectivamente, pelas equações 1, 2 e 3.

$$d_b(p,q) = |x - u| + |y - v| \quad (1)$$

$$d_c(p,q) = \max(|x - u|, |y - v|) \quad (2)$$

$$d_e(p,q) = \sqrt{(x - u)^2 + (y - v)^2} \quad (3)$$

A rota do robô é então calculada pelo algoritmo de busca e transformada em pseudocódigo, que é transmitido, por infravermelho, para acionar o robô. Verificou-se que as três heurísticas apresentaram resultados muito próximos; no entanto, as baseadas nas distâncias *city-block* e euclidiana, em geral, convergiram para soluções melhores (no cálculo da rota mostrada na Ilustração 3b, utilizou-se a distância *city-block*). O tempo de respos-

ta do sistema (aproximadamente 1 segundo [s]) mostrou-se adequado para a aplicação, visto que sistemas de navegação autônoma de robôs requerem rapidez na tomada de decisões. Em trabalhos futuros, pretende-se implementar um algoritmo de roteamento híbrido para melhorar a qualidade das rotas, usando-se os algoritmos de busca tradicionais e os genéticos.

Referências

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. *Digital image processing*. 2. ed. Nova Jersey: Prentice Hall, 2002.

HACOHEN, A.; COHEN, Y. *Vision based pursuing of moving vehicle from bird's view – part 1*. Haifa: Israel Institute of Technology, 2002a.

HACOHEN, A.; COHEN, Y. *Vision based pursuing of moving vehicle from bird's view – part 2*. Haifa: Israel Institute of Technology, 2002b.

POMERLEAU, D. Neural network vision for robot driving. In: ARBIB, M. A. *The handbook of brain theory and neural networks*. 1. ed. MIT Press, 1995.

QUILES, M. G.; ROMERO, R. A. F. Um sistema de visão computacional baseado em cores aplicado ao controle de um robô móvel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO, 4., 2004, Itajaí. *Anais...* Itajaí: 2004, p. 379-383.

Para referenciar este texto

ARAÚJO, S. A. de; LIBRANTZ, A. F. H. Navegação autônoma de robôs. *Exacta*, São Paulo, v. 4, n. especial, p. 81-83, 25 nov. 2006.

