

# Implementação do Sistema de Localização da Base Livre Flutuante em uma Plataforma Experimental para Manipuladores Espaciais

Diogo Cosin A. de Oliveira<sup>1</sup>, Marco H. Terra<sup>2</sup>, Tatiana F. P. A. T. Pazelli<sup>3</sup>.

1. Estudante de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos/SP; \*diogocosin@gmail.com
2. Pesquisador do Depto. de Engenharia Elétrica e de Computação, Escola de Engenharia de São Carlos – EESC, Universidade de São Paulo - USP, São Carlos/SP;
3. Pesquisadora do Depto. de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos/SP.

Palavras-chave: *visão computacional, estimação de postura, robótica.*

## Introdução

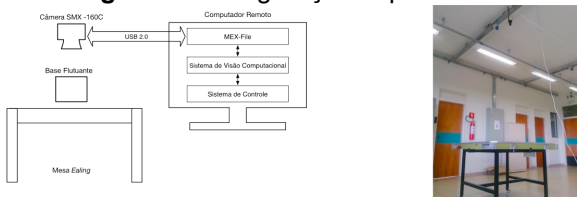
Manipuladores robóticos espaciais possuem grande potencial de desenvolvimento uma vez que auxiliam na execução de diversas atividades espaciais. Estes robôs apresentam dinâmica complexa e diferenciada decorrente do acoplamento dinâmico entre a base e o braço robótico. Portanto, exigem modelagem e controle específicos. Comumente são utilizadas plataformas experimentais que permitem facilmente modificar e avaliar o sistema de controle dos manipuladores espaciais. Além disso, estas plataformas devem compensar os efeitos gravitacionais a fim de simular o ambiente espacial.

Este trabalho visa apresentar uma solução quanto ao sensoriamento externo da base livre flutuante de uma manipulador robótico inserido em uma plataforma experimental, pois este dado é importante para que o sistema de controle possa desempenhar eficientemente sua função. A característica de livre movimento da base não permite que sejam utilizadas técnicas de sensoriamento tradicionais, como encoders, devido à falta de um referencial fixo. Então, o sensoriamento externo da postura da base mostra-se válido tendo em vista que através dele é possível obter o referencial fixo. A plataforma experimental supracitada é composta por um sistema mecânico, um sistema eletrônico e um ambiente de simulação e controle presente em um computador remoto.

## Resultados e Discussão

A fim de implementar a detecção da base livre flutuante optou-se por utilizar a câmera de alta resolução SMX-160C da marca *Sumix*, posicionada acima da mesa de flutuação, em comunicação com o computador remoto. O MATLAB instalado no mesmo é responsável por processar a imagem capturada e, através de técnicas de visão computacional, fornecer ao sistema de controle do manipulador a postura da base. O sistema de visão computacional é desenvolvido na linguagem de programação nativa do MATLAB. A Figura 1 mostra a configuração experimental estabelecida para o sistema.

Figura 1. Configuração experimental.



O sistema de visão computacional implementado pode ser decomposto em quatro blocos: bloco de captura, bloco de detecção, bloco de estimação de postura e bloco de configuração de *frame*. O bloco de captura da imagem é responsável por fornecer o *frame* capturado instantaneamente

pela câmera ajustado na forma matricial adequada. Posteriormente, o bloco de detecção detecta a posição da base dentro da imagem bidimensional fornecida pelo bloco de captura através de métodos como a Transformada Hough (verificar [1]) e classificação de cor (verificar [2]). Logo, a saída deste bloco são as coordenadas em *pixels* da posição da base dentro da imagem, capturada. Já o bloco de estimação de postura, a partir das informações fornecidas pelo bloco de detecção, deve fornecer as coordenadas da base de acordo com o sistema de coordenadas cartesianas no qual os eixos *x* e *y* são definidos fisicamente pelos limites inferior e esquerdo da mesa, respectivamente. O bloco de configuração de *frame* atua quando se faz necessário configurar ou reconfigurar o *frame* de captura da câmera. Com este bloco é possível controlar o *frame* de acordo com a lógica necessária.

A fim de testar a eficiência do sistema implementado, foram executados testes nos quais a base do manipulador foi movimentada e as posições iniciais e finais da mesma foram medidas fisicamente e comparadas com os resultados estimados pelo sistema de visão computacional. Nestes testes, em nenhum caso o erro absoluto de estimação da posição da base ultrapassou a magnitude de 3.5 mm. Além disso, o erro de estimação do ângulo de orientação da base não ultrapassa a magnitude de 3.8° no sistema implementado. Quanto ao tempo de processamento, utilizando o método de classificação de cor, o sistema foi capaz de fornecer uma frequência de processamento máxima de 23.8 Hz e mínima de 14.5 Hz durante os testes executados, com base em uma imagem RGB com tamanho 500 x 500 *pixels*.

## Conclusões

Analisando os testes executados, pode-se considerar que o sistema de visão computacional implementado apresenta bons resultados na precisão de estimação da postura da base. No entanto, o desempenho, quanto ao tempo de processamento, não é satisfatório. Logo, pode-se concluir que a boa precisão de estimação traz como ponto negativo um maior tempo de processamento, pois a alta resolução da câmera utilizada possibilita maior precisão, mas também exige maior capacidade de processamento.

## Agradecimentos

À FAPESP (2005/05208-2) pelo apoio financeiro.

[1] ILLINGWORTH, J.; KITTLER, J. The Adaptive Hough Transform. *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Los Alamitos, Estados Unidos da América, v. PAMI-9, n. 5, p. 690-698, 1987.

[2] HAI-BO, L.; YU-MEI, W.; YU-JIE, D. Fast Recognition Based on Color Image Segmentation in Mobile Robot. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMPUTER SCIENCE AND COMPUTATIONAL TECHNOLOGY, 3., aug/2010, Jiaozuo, China. Oulu, Finlândia: Academy Publisher, 2010. p. 1-4.