

ANÁLISE DE UM MANIPULADOR ROBÓTICO MÓVEL¹

Rodolfo R. dos SANTOS²

Graduando em Engenharia de Controle e Automação, IFSP/Câmpus São Paulo
Bolsista PIBIFSP

Caio Igor Gonçalves CHINELATO³

Docente do Curso de Engenharia de Controle e Automação, IFSP/Câmpus São Paulo
Mestre em Engenharia Mecânica/UFABC

RESUMO:

Neste trabalho, é mostrada a análise de um manipulador robótico móvel. O sistema consiste basicamente de um manipulador robótico de dois graus de liberdade acoplado sobre uma base móvel ou um robô móvel com rodas – o robô móvel Robotino da empresa Festo. Este sistema robótico é bastante versátil, podendo ser utilizado para o transporte de materiais, por exemplo. O foco da pesquisa é a análise do sistema robótico, com a análise de controle, modelagem dinâmica, cinemática e simulações. O manipulador e o robô móvel foram analisados individualmente. Foram obtidos resultados de navegações com o robô móvel através de softwares de programação e simulação específica do Robotino e resultados com software Matlab demonstrando a dinâmica, cinemática e controle do manipulador de dois graus de liberdade. A técnica de controle utilizada foi PID (Proporcional – Integral – Derivativa). Pode-se perceber que em todos os casos o robô móvel realiza a navegação adequadamente e que o manipulador robótico apresenta um comportamento dinâmico adequado com a aplicação da técnica de controle PID.

Palavras-chave: Robôs Móveis. Manipuladores Robóticos. Controle Automático. Modelagem Dinâmica. Sistemas Robóticos.

Introdução

A maioria dos robôs industriais, em uso nos dias de hoje, consiste em manipuladores ou braços robóticos únicos que operam em um espaço de trabalho limitado e não podem se mover. Para superar estas limitações, um manipulador único foi montado em uma plataforma móvel (LI, 2008). Esta nova estrutura chama-se

¹ Os autores do trabalho agradecem ao IFSP/Câmpus São Paulo pelo financiamento e apoio ao trabalho de pesquisa, por meio do Programa de Iniciação Científica Institucional.

² Endereço eletrônico: rodolfoforosendoeng@gmail.com

³ Endereço eletrônico: caio_i_c@hotmail.com

manipulador robótico móvel e consiste em uma área de pesquisa relativamente nova e muito estudada atualmente (DE LUCA, 2006).

Este sistema pode ser analisado de forma integrada ou de forma separada. Na forma integrada, são considerados o manipulador robótico e o robô móvel em uma única modelagem ou em um único equacionamento. Na forma separada, o manipulador robótico e o robô móvel são analisados individualmente. Neste trabalho, foi escolhida a análise separada devido à facilidade no projeto e implementação (DONG, 2000).

A modelagem do manipulador robótico com o equacionamento de Euler-Lagrange é dada por:

$$D(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + g(q) = \tau_i \quad (1)$$

em que D é a matriz de inércia do manipulador, C representa os símbolos de Christoffel, g representa a gravidade, q representa as coordenadas generalizadas e τ o torque de entrada do sistema (SPONG, 2006).

Uma estratégia de controle normalmente utilizada para estes sistema é o controle PID (Proporcional-Integral-Derivativo) (OGATA, 2011):

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_I} \int_0^t e(t) dt + K_p T_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

em que $u(t)$ é a saída do controlador, $e(t)$ é o sinal de erro, K_p é a constante proporcional, T_I é a constante integral e T_D é a constante de ganho derivativa.

Material e métodos

Para a consecução dos resultados simulados do robô móvel, foi considerado o robô móvel Robotino da empresa Festo. Robotino é um sistema móvel de alta capacidade, plenamente funcional e com acionamento omnidirecional. As três unidades de acionamento (Motores DC) permitem realizar movimentos em todas as direções. Ele também é equipado com webcam e diversos tipos de sensores. Além disso, possui uma interface de entrada/saída (E/S) para a conexão de sensores adicionais e atuadores. O Robotino possui um controlador embarcado com memória flash. Realiza comunicação com o PC através de Wireless LAN. Possui API (Application Programming Interface) para ser programado em C e também bibliotecas para ser programado em Matlab ou Simulink.

Na figura a seguir, é mostrado o Robotino.



FIGURA 1. Robô móvel Robotino.

Em relação aos resultados simulados do manipulador robótico, foi utilizado o software Matlab. O Matlab (Matrix Laboratory) é uma linguagem de alto desempenho para computação técnica. Integra computação, visualização e programação em um ambiente de fácil uso em que problemas e soluções são expressos em linguagem matemática. É muito utilizado para simulação de modelagem e controle de sistemas dinâmicos.

Resultados e discussão

Para analisar os resultados com o robô móvel Robotino, foram propostas várias tarefas de navegação do robô (SIEGWART, 2004) em um determinado ambiente e, com isso, foram implementados programas de controle no software RobotinoView e os resultados simulados no software RobotinoSim.

O programa faz o controle de navegação do robô, utilizando o bloco funcional de painel de controle para fornecer as velocidades lineares em x e y e a velocidade angular do robô móvel, o bloco funcional omnidirecional que faz o controle cinemático e dinâmico do robô móvel, os blocos de motores para controlar as três rodas omnidirecionais do robô e um bloco de câmera para mostrar a imagem da câmera do Robotino em tempo real.

Na figura a seguir, é mostrado o programa.

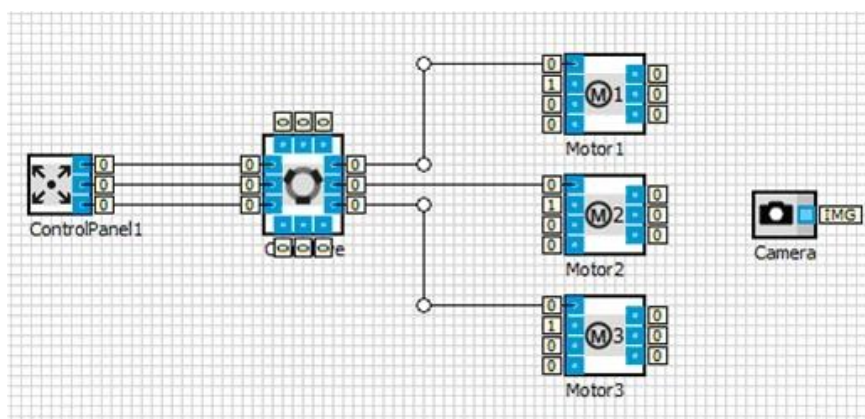


FIGURA 2. Programa de navegação do Robotino.

Os resultados simulados do robô móvel Robotino foram verificados no software simulador RobotinoSim, como mostrado na figura abaixo. Analisando os resultados, pode-se perceber que os blocos funcionais realizaram as tarefas de navegação propostas inicialmente.

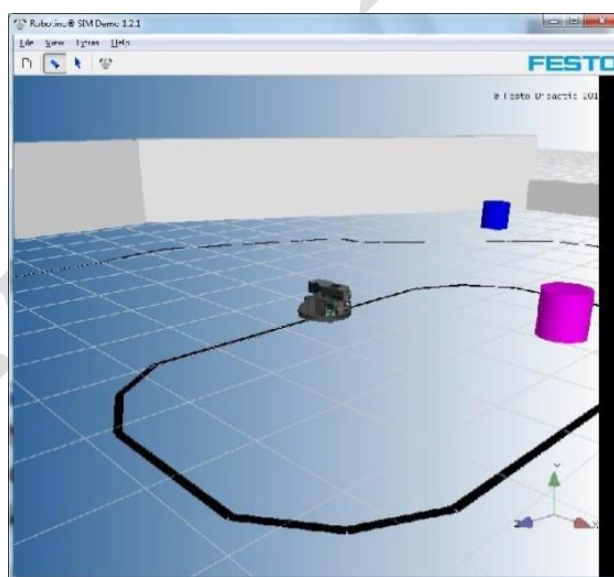


FIGURA 3. Resultados simulados com software RobotinoSim.

Para análise de resultados com o manipulador robótico, foi realizado um programa de simulação com o software Matlab. O programa simula a cinemática, dinâmica e controle com PID de um manipulador robótico de dois graus de liberdade, como exposto na figura a seguir:

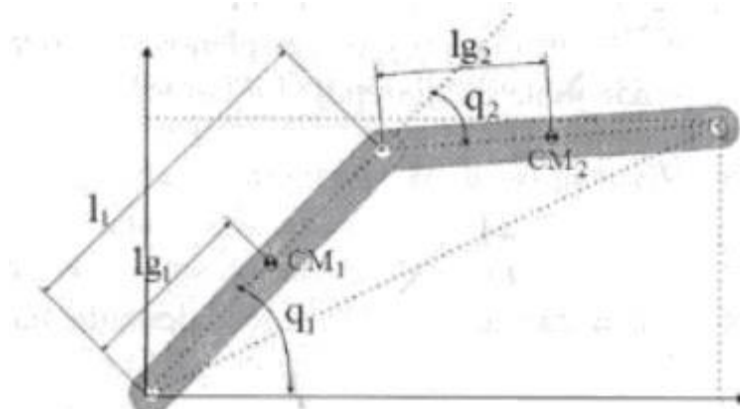


FIGURA 4. Manipulador robótico com dois graus de liberdade. l são os comprimentos dos links, lg são os comprimentos dos centros de massa dos links e q são os graus de liberdade do manipulador.

O programa utiliza a eq.(1) para modelar e simular a dinâmica do sistema e a eq.(2) para implementar o controle PID (CRAIG, 1989). Abaixo, são mostrados os resultados das posições angulares das juntas (q_1 e q_2) e das velocidades das juntas (\dot{q}_1 e \dot{q}_2). Os gráficos azuis se referem ao link 1 e os gráficos pretos se referem ao link 2.

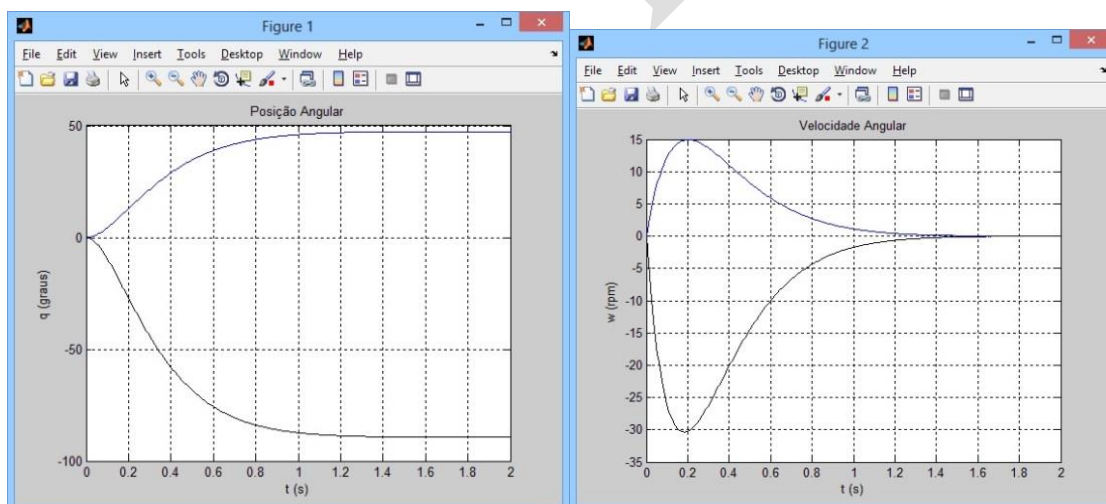


FIGURA 5. Gráficos de posição angular x tempo e velocidade angular x tempo.

Analisando os resultados, pode-se observar que, em todos os casos, as juntas tiveram um comportamento dinâmico satisfatório e que, portanto, o controle PID é uma estratégia adequada para este sistema.

Conclusões

Pode-se observar, com os resultados obtidos, que as simulações com o robô móvel Robotino e com o manipulador robótico de dois graus de liberdade mostraram comportamentos adequados e, portanto, os objetivos propostos inicialmente para o projeto de pesquisa foram alcançados. No caso do robô móvel Robotino, os blocos funcionais realizaram as tarefas de navegação propostas inicialmente. Com relação à simulação cinemática, dinâmica e o controle do manipulador, pode-se observar um comportamento dinâmico adequado e que, desse modo, o controle PID é uma estratégia funcional para este sistema. Como trabalhos futuros, pretende-se implementar os algoritmos de navegação, que foram feitos no simulador RobotinoSim, no Robotino real e também implementar um manipulador robótico acoplado ao Robotino para que o manipulador robótico móvel possa ser finalmente construído.

Referências

- CRAIG, J. J. *Introduction to Robotics: Mechanics and Control*. Addison Wesley, 1989.
- DE LUCA, A. *Kinematic Modeling and Redundancy Resolution for nonholonomic Mobile Manipulators*, Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2006.
- DONG, W. *On Tracking Control of Mobile Manipulators*, Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2000.
- LI, Z. *Robust Adaptive Control of Coordinate Multiple Mobile Manipulators*. *Mechatronics*. Elsevier, 2008.
- OGATA, K. *Engenharia de Controle Moderno*. 5ª ed. Pearson Education International, 2011.
- SIEGWART, R. *Introduction to Autonomous Mobile Robots*. MIT Press, 2004.
- SPONG, M. W. *Robot Modelling and Control*. 2ª ed. John Willey and Sons, 2006.

ANALYSIS OF A ROBOTIC MOBILE MANIPULATOR

ABSTRACT:

In this work is demonstrated the analysis of a robotic mobile manipulator. The system consists basically of a robotic manipulator of two degrees of freedom coupled in a mobile base or a mobile robot with wheels that in the case of this work is the mobile robot Robotino of company Festo. This robotic system is very versatile and can be utilized for transport of materials, for example. The focus of work is the analysis of the robotic system, where will be analyzed control, dynamic modeling, cinematic and simulations. The manipulator and the mobile robot were analyzed individually. It was obtained results of navigations with the mobile robot through software of programming and simulation of Robotino and were obtained results with software Matlab demonstrating the dynamic, cinematic and control of the two degree of freedom manipulator. The control technique used was PID (Proportional – Integral – Derivative). Analyzing the results we can see that in all cases the mobile robot realizes the navigation adequately and that the robotic manipulator demonstrates an adequate dynamic behavior with the application of the control technique PID.

Key words: Mobile Robots; Robotic Manipulators; Automatic Control; Dinamic Modeling; Robotic Systems.

Enviado: Outubro/2016

Aceito para publicação: Novembro/2016