

MANNA BBR: UM ELEMENTO PARA A INTERNET ROBÓTICAS DAS COISAS

Leandro Eiki Iriguchi (PIBIC/CNPq/FA/UEM),
Linnyer Beatrys Ruiz Aylon (Orientador), e-mail: lbruiz@uem.br.
Rodrigo Calvo (Coorientador): rcalvo@uem.br
Universidade Estadual de Maringá / Departamento de informática/Maringá, PR.

Área e sub-área do conhecimento: Ciência da Computação / Sistemas de Computação

Palavras-chave: IROt, dinâmica e controle, sistemas subatuados

Resumo:

O projeto teve como ponto de partida o trabalho que vem sendo desenvolvido no Grupo Manna de Pesquisa em Engenharia de Computação da UEM com foco no estudo de um elemento para a IROt. A pesquisa teve como ponto central o estudo de um particular sistema subatuado, um robô do tipo *Ball Balancing*, na qual o estudo se concentrou em entender o funcionamento desse elemento robótico nas perspectivas de dinâmica e controle, com os modelos matemáticos considerando uma abordagem na mecânica de Lagrange. O trabalho mostrou que tal robô apresenta um potencial pouco explorado para IROt, devido a sua capacidade dinâmica de deslocamento, bem como para sub estudos surgidos dentro da pesquisa, que apresentam temas aplicáveis na educação, com os robôs baseados no pêndulo invertido.

Introdução

Um Ball Balancing Robot (BBR) é um robô de estrutura vertical equipado com um conjunto de atuadores para se manter equilibrado em cima de uma esfera. Para o movimento, geralmente utilizam-se rodas omnidirecionais, que conectam o robô à bola. Devido ao seu mecanismo de movimentação, diferentemente de outros robôs terrestres, um ballbot é inerentemente instável, carregando um sistema que trabalha ativamente para mantê-lo em equilíbrio. Ao contrário dos robôs *self-balancing* de duas rodas, como o Segway, que não podem se mover para os lados, os ballbots não possuem tais restrições cinemáticas que restringem sua direção de movimento, portanto, podem se mover em qualquer direção (ou seja, movimento omnidirecional) sem fazer uma curva (NAGARAJAN; KANTOR; HOLLIS, 2014). Neste contexto, este tipo de robô tem um grande potencial de mobilidade eficaz e adequada para ambientes desordenados e estreitos (LAUWERS; KANTOR; HOLLIS, 2006).

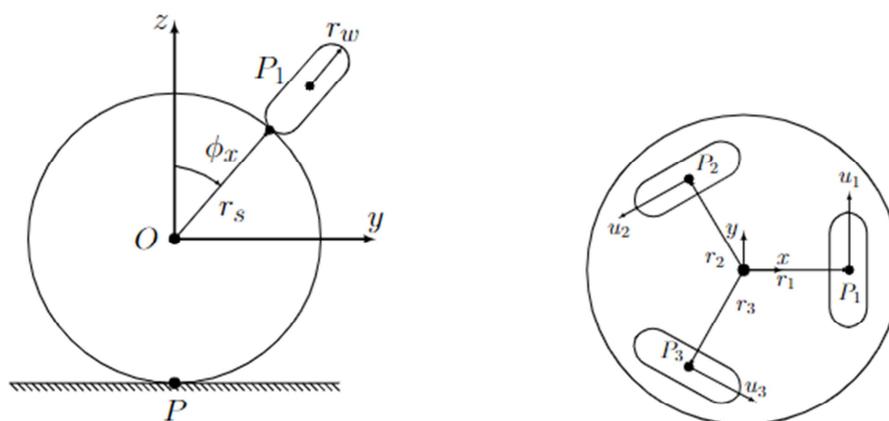
Considerando as interessantes aplicações do robô, vários estudos sobre o sistema de controle têm sido conduzidos pela comunidade científica e métodos e técnicas de controle foram desenvolvidos ao longo dos anos. O primeiro protótipo bem sucedido foi desenvolvido pela Carnegie Mellon University (CMU) (LAUWERS; KANTOR; HOLLIS, 2006), chamado Ballbot, era um robô delgado de tamanho

humano destinado a operar e interagir com humanos. Para acionar a esfera, foi usado um mecanismo de acionamento inverso da bola do mouse: o princípio era usar a bola para produzir movimento, enquanto os rolos do mouse são acionados para produzir entrada. No robô, duas perpendiculares rolos acionados por motores DC e dois rolos passivos com mola estabeleceram o mecanismo de acionamento. O uso de omniwheels deve-se ao ballbot desenvolvido na Tohoku Gakuin University, cuja configuração de atuadores situava-se entre $\frac{2}{3}\pi$ radianos e ângulo zenital de $\frac{\pi}{4}$ radianos, é o mais usado hoje.

A fim de explorar o potencial desta família de robótica móvel para auxiliar as pessoas em suas atividades de vida diária, especialmente no que se refere a IROt, o estudo visa investigar os problemas subjacentes ao seu controle. Portanto, explorar os requisitos e dificuldades fundamentais do sistema de balanceamento e locomoção do robô. Este trabalho é focado no estudo teórico do sistema de controle do robô de balanceamento de bolas e mecanismo de balanceamento usados a fim de avaliar a possibilidade do desenvolvimento de um protótipo.

Materiais e Métodos

O desenvolvimento do modelo matemático que descreve o que refere-se à cinemática e dinâmica do robô foi feito considerando coordenadas mínimas para planos com dois DOFs (Degrees of Freedom) no modelo 2D. Nesse cenário, foi considerado o Lagrangiano dado por $\mathcal{L}(\psi_x, \phi_x) = \sum T - \sum V$. O modelo utilizando uma análise geométrica em $SO(3)$ foi desconsiderado devido a complexidade da abordagem. No entanto, a configuração de três rodas no modelo 3D considerou o vetor de pontos de contato com a bola.



(a) Configuração das rodas no plano yz

(b) Configuração das rodas no plano xy

Figura 1 – Configuração das rodas omnidirecionais para o modelo 3D

Resultados e Discussão

O robô foi inicialmente pensado como uma ferramenta para a IoRT, um meio que poderia proporcionar aplicações relacionadas à interação com pessoas com um hardware embarcado que permita a expansão de suas funcionalidades com o uso da Internet. Como discutido por Weiss, Langlois, Hayes (2009), a estrutura da roda omnidirecional com dois rolos utilizada no momento apresenta efeitos que não podem ser desconsiderados para a construção do protótipo. De fato, com a roda com dois rolos sendo utilizada para movimentar a esfera, estimar a magnitude e direção da velocidade angular da esfera pode apresentar erros significativos. Ademais, foi observado vibrações e instabilidade para o sistema de atuação do robô, que se originam justamente pelo uso de tais rodas.

Em relação à aplicação de conceitos de robótica para difusão do conhecimento e atração de jovens para a área, foi aplicado o curso do MannaIno para alunos de graduação das áreas de Engenharia e Ciência de Dados. No curso, foi utilizado o NodeMCU, uma plataforma com Wifi nativo e o Arduino. Tal experiência também motivou o desenvolvimento de um kit de robótica, que está sendo desenvolvido utilizando o Wemos D1 Mini, como um kit para IoRT.

Conclusões

O desenvolvimento deste projeto apresentou alguns desafios superados e outras questões em aberto a serem exploradas futuramente. Na atividade de Revisão Bibliográfica várias fontes de referência foram estudadas, entre elas artigos científicos, dissertações e teses. Por se tratar de um problema de controle complexo e pouco frequente, comparando com o problema do pêndulo invertido, por exemplo, adquirir o conhecimento para o entendimento do funcionamento do robô exigiu tempo. Na atividade de estudo e desenvolvimento do modelo 2D, 3D, a resolução dos problemas se baseou em considerar estudos relacionados ao pêndulo invertido, o que também é base para o futuro kit de robótica a ser desenvolvido, de modo a utilizar um problema bem conhecido, com um extenso material para estudo. Na atividade de Estudo de métodos de filtro para o IMU ainda é necessário considerar o projeto de um protótipo que permita aplicar os métodos de filtro que ainda não foram desenvolvidos experimentalmente. No entanto, na atividade de construção de um protótipo: a construção com uma efetiva capacidade dinâmica, considerando o mecanismo para a movimentação da bola estudado, necessita de uma roda omnidirecional do tipo Continuous Alternate Wheel, que apresenta uma solução próxima ao modelo idealizado matematicamente.

Concluindo, o desenvolvimento deste trabalho foi de relevante importância para se conhecer o método científico, bem como, para o aprendizado do trabalho em equipe. Foi possível explorar aplicações que a internet em conjuntos com dispositivos sensores possuem de monitorar e apresentar dados de determinado ambiente, o que representa um passo futuro para IROt com essa classe de robôs, bem como para aplicações na educação um kit de robótica com um robô de auto-balanço com conceitos de pêndulo invertido está sendo desenvolvido, considerando a experiência adquirida aplicando o MannaIno.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação Araucária e ao CNPq pelo apoio na pesquisa e ao Manna Team.

Referências

BLONK, J. Modeling and control of a ball-balancing robot. Dissertação (Mestrado) — University of Twente, 2014.

FANKHAUSER, P.; GWERDER, C. Modeling and control of a ballbot . Dissertação (B.S. thesis) — Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 2010. KUMAGAI, M.; OCHIAI, T. Development of a robot balancing on a ball. In: IEEE. 2008 International Conference on Control, Automation and Systems . [S.l.], 2008. p. 433–438.

LAUWERS, T. B.; KANTOR, G. A.; HOLLIS, R. L. A dynamically stable single-wheeled mobile robot with inverse mouse-ball drive. In: IEEE. Proceedings 2006 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2006. ICRA 2006. [S.l.], 2006. p. 2884–2889.

NAGARAJAN, U. Dynamic constraint-based optimal shape trajectory planner for shape-accelerated underactuated balancing systems. 2010 Robotics: Science and Systems, Zaragoza, Spain, June 27-31, 2010.

NAGARAJAN, U.; KANTOR, G.; HOLLIS, R. The ballbot: An omnidirectional balancing mobile robot. The International Journal of Robotics Research, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 33, n. 6, p. 917–930, 2014.

NAGARAJAN, U. et al. State transition, balancing, station keeping, and yaw control for a dynamically stable single spherical wheel mobile robot. In: IEEE. 2009 IEEE International Conference on Robotics and Automation. [S.l.], 2009. p. 998–1003.

SPONG, M. W. Underactuated mechanical systems. In: Control problems in robotics and automation. [S.l.]: Springer, 1998. p. 135–150.

WEISS, A.; LANGLOIS, R.; HAYES, M. The effects of dual row omnidirectional wheels on the kinematics of the atlas spherical motion platform. Mechanism and Machine Theory, Elsevier, v. 44, n. 2, p. 349–358, 2009.