

Robô Móvel de Arquitetura Aberta para fins Didáticos e de Pesquisa

Takao Matsumura, Norian Marranghello, Humberto Ferasoli Filho

Abstract The control architecture, such as hardware and software architectures is an important aspect in mobile robots. In this context, the control architecture defines the architectural components of mobile robot, its relationship with each other and how these components communicates. The hardware architecture is deeply connected to its applications, providing essentials physical interaction requirements with the application environment. On other hand, software architecture defines the composition and organization of control system. An open architecture for mobile robots, by its own nature, shown interesting under any aspect, mainly for research and didactics purposes. This paper presents the implementation of an open architecture mobile robot basic module, which provide support to different schemes and control system technologies through a common communication interface, and abstracting the data acquisition layers and actuators controls. Thus, this platform could be used either for research or didactics purposes, due to its flexibility and for being capable to be subject to changes, expansions and modifications according to the user's requirements and its application. Thereby, it present as a low cost and viable alternative of ease the process of control software development, motivating the reuse of modules and regardless of specific control system scheme nor technology.

Resumo A arquitetura de controle, assim como a arquitetura de hardware e software, é um importante aspecto na robótica móvel. Nesse contexto, a arquitetura de controle define os componentes arquiteturais do robô móvel e como tais componentes se comunicam e se relacionam. Já a arquitetura de hardware é intimamente ligada à sua aplicação, provendo requisitos físicos essenciais de interação com o ambiente de aplicação. Por outro lado, a arquitetura de software define a composição e a organização do sistema de controle, segundo o fluxo da informação. Uma arquitetura aberta na robótica móvel, pela sua própria natureza, se mostra interessante sob qualquer aspecto, principalmente para propósitos didáticos e de pesquisa. Este trabalho apresenta a implementação de um módulo básico de robô móvel, de arquitetura aberta, que oferece suporte a diferentes esquemas e tecnologias de sistemas de controle por meio de uma interface de comunicação comum, e abstraindo a camada de aquisição de dados e acionamento de atuadores. Assim, tal plataforma poderia ser empregada tanto para propósitos científicos como didáticos, em virtude de sua flexibilidade em virtude de sua maior facilidade de sofrer alterações, expansões e modificações conforme as necessidades do usuário e sua aplicação. Desta forma, se apresentando como uma alternativa barata e viável de facilitar o processo de desenvolvimento do software de controle, movitando a reutilização de módulos e não dependente de uma tecnologia ou esquema de controle específico.

Index Terms—Arquitetura Aberta, Desenvolvimento, Interface de Comunicação, Robôs Móveis

I. INTRODUÇÃO

O Campo da robótica móvel vem sendo cada vez mais explorado nas últimas décadas. É uma realidade que acompanha os avanços tecnológicos. Por exemplo, hoje em dia, robôs móveis terrestres podem ser vistos com maior

frequência em diversas áreas além dos tradicionais setores industriais, como em aplicações domésticas, agrícolas e hospitalares, sendo que estas últimas não eram comuns poucas décadas atrás.

E essa popularização da robótica móvel, têm impulsionado pesquisas nessa área do conhecimento, que tem como base outras áreas tradicionais, como mecânica, matemática, física, eletrônica, computação, biologia, dentre outras. E pela sua própria natureza multidisciplinar, o aprendizado da robótica móvel também pode ser abordado sob diversas perspectivas. E umas das consequências desse maior interesse por robôs móveis é o aumento da necessidade por plataformas de robôs móveis que possam

Paper submitted 8-31-2013. This work is being supported by CAPES.

M. Takao is with the São Paulo State University, Bauru, Brazil (e-mail: matsumura.tko@gmail.com).

M. Norian is with Department of Computer Science and Statistics, São Paulo State University, São José do Rio Preto, Brazil (e-mail: norian@ibilce.unesp.br).

F. F. Humberto is with the Department of Computer Science, São Paulo State University, Bauru, Brazil (e-mail: ferasoli@fc.unesp.br).

ser utilizadas, tanto para fins didáticos como científicos. No entanto, plataformas de robôs móveis comerciais disponíveis atualmente apresentam algumas características que, de certa forma, não se mostram favoráveis para acompanhar satisfatoriamente essa tendência, seja por razões financeiras, como pelas arquiteturas fechadas e softwares proprietários, que acabam limitando o acesso aos componentes de hardware e software. Além disso, existe ainda a dependência às soluções apresentadas por um único fabricante ou desenvolvedor, incompatibilidades, inflexibilidade para atender as necessidades dos usuários, dentre outros fatores.

Uma alternativa para contornar tais dificuldades mencionadas pode ser a adoção de um módulo básico de robô móvel que possa ser utilizado, reutilizado, modificado e expandido de acordo com as necessidades exigidas por cada aplicação, e não o contrário. Esse módulo pode ser entendido como um agente intermediário responsável pela comunicação entre a camada inferior, de hardware - que engloba sensores e atuadores, e a camada superior, onde se encontra o sistema de controle e a arquitetura de software, similar ao que middlewares destinados à tecnologia robótica proporcionam. Tal plataforma pode ainda, oferecer um certo grau de independência em relação à tecnologia empregada pelo sistema de controle e também, abstrair os detalhes técnicos, específicos das camadas inferiores a ela. Com isso, essa plataforma pode atender às exigências específicas de cada aplicação, sem comprometer o custo, tempo e a facilidade de uso, além de motivar o reaproveitamento dos módulos e códigos de softwares existentes. Uma vantagem dessa abordagem é permitir que desenvolvedores se foquem somente com questões relacionadas à aplicação em si, deixando de lado, os aspectos e preocupações ligadas ao hardware. O desenvolvedor poderá utilizar o sistema de controle de sua escolha, desde que sua comunicação seja compatível com a utilizada pela plataforma de robô móvel terrestre, e acoplá-la na base, seja de forma embarcada ou remota.

Considerando o cenário apresentado, o objetivo deste trabalho é apresentar o estágio atual de desenvolvimento e implementação de um módulo básico de baixo nível de robô móvel terrestre, de baixo custo, e que ofereça uma interface de comunicação comum de modo a suportar uma quantidade de esquemas e tecnologias de sistemas de controle, por meio da abstração e gerenciamento dos módulos de hardware. O intuito é possibilitar que esta base de robô móvel possa ser empregada em múltiplas aplicações, seja em ambiente controlado ou não, e ainda, com seu emprego, facilitar, baratear e reduzir o tempo de desenvolvimento de aplicações robótica.

Para tal, este artigo segue a estruturação a seguir. A seção II apresenta questões relacionadas à modelagem da base móvel do robô móvel. A seção III trata do que foi realizado até o estágio atual do trabalho. Na seção IV é levantada algumas considerações do trabalho em andamento e o que

se espera ao final do mesmo.

II. BASE DE ROBÔ MÓVEL

A. Considerações Arquiteturais

Para melhor organizar o raciocínio em termos de arquitetura, optou-se pela divisão dos componentes da base de robô móvel nas seguintes camadas:

Camada Superior: Abrange o sistema de controle, responsável pelo processamento dos dados e leituras dos dispositivos de sensoriamento e pela tomada de decisão e comando dos atuadores.

Camada Intermediária: De uma certa forma, efetua o papel de um middleware [1], uma vez que esta camada é responsável por intermediar a comunicação entre a Camada Inferior e a Camada Superior. Sua comunicação com a Camada superior se dá por meio de uma interface de comunicação comum, sendo ainda, responsável por abstrair os detalhes técnicos e específicos dos dispositivos localizados na Camada Inferior.

Camada Inferior: Corresponde aos dispositivos de hardware, englobando tanto os de sensoriamento como os atuadores;

A disposição das três camadas citadas é ilustrada na Figura 1 abaixo:

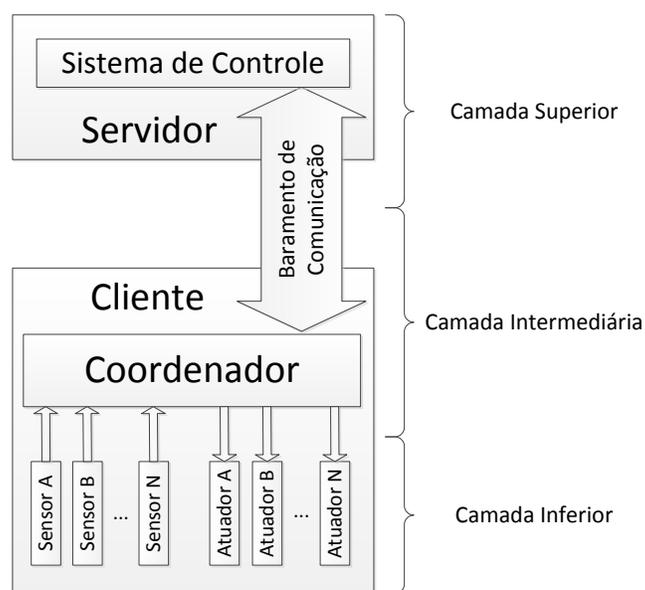


Figura 1 – Disposição da Configuração Cliente Servidor e suas Camadas.

Como é possível observar, esta implementação da base de robô móvel se fundamenta em uma arquitetura caracterizada como do tipo cliente servidor. O cliente corresponde à base do robô móvel e o Servidor, podendo ou não, ser embarcado no Cliente. No caso embarcado, o barramento de comunicação pode efetuar a conexão Cliente Servidor diretamente. Já para conexões remotas entre o Servidor e o Cliente, essa conexão pode ser estabelecida

utilizando dispositivos que proporcionem tais conectividades, como por exemplo, o Wi-Fi ou Bluetooth.

Por questões de praticidade e facilidade de implementação, foi adotado um único microcontrolador, encarregado de coordenar e gerenciar todos os recursos de sensoriamento e atuação (Camada Inferior), além da comunicação da plataforma com o sistema de controle (Camada Superior), caracterizando um sistema fortemente acoplado. No entanto, em um segundo instante, também será possível implementá-lo de forma a torná-lo um sistema fracamente acoplado. Essa alternativa de implementação mais complexa poderá explorar a modularização dos componentes de uma forma mais granular, utilizando um barramento de comunicação, como o I²C ou SPI por exemplo, e empregando microcontroladores para cada módulo hardware, o que tornaria o módulo mais robusto e maleável, ainda que esteja limitado à capacidade de transmissão do barramento adotado.

Por último, como este trabalho se propõe a desenvolver um módulo básico de robô móvel, que dará suporte a qualquer arquitetura de controle. Sendo assim, ficará a cargo do desenvolvedor, determinar a arquitetura de controle que será empregada, seja ela hierárquica, comportamental ou híbrida [2].

B. Comunicação de Dados

Na maioria das vezes, os robôs móveis necessitam executar tarefas de processamento e comunicação em tempo real, como por exemplo, tarefas de mapeamento, localização e navegação. Logo, para garantir a reatividade e a capacidade de resposta às alterações em um ambiente em tempo real, o tráfego de informações entre os módulos de sensoriamento, planejamento e atuação devem ser mantidas o menor possível, de forma a evitar atrasos na comunicação [3]. Para a comunicação de dados cliente servidor, foi adotada a comunicação do tipo serial em detrimento do padrão paralelo. A forma serial de comunicação de dados substituiu o tradicional uso da comunicação por meio do barramento paralelo, uma vez que esta forma necessita de mais recursos de hardware e também é mais suscetível a efeitos capacitivos.

C. Base Móvel

O processo de elaboração de corpo de um robô móvel deve ser feito de modo a buscar a forma que melhor se adapta aos requisitos da aplicação. No entanto, seu desenvolvimento também depende de outros aspectos como o tecnológico e das limitações econômicas. Adicionalmente, o sucesso de um novo sistema robótico é influenciado também pela qualidade e a disponibilidade do sistema e de seus componentes no mercado. Logo, é desejável que o hardware do robô móvel, ou seja, seus componentes elétricos e mecânicos sejam reaproveitáveis, e que também permitam modificações rápidas e não complexas. Essa

reutilização pode tornar o desenvolvimento muito mais rápido, além de reduzir substancialmente o índice de erros. No entanto, a reutilização dos módulos de hardware em sistemas robóticos, assim como a possibilidade de adicionar componentes ainda continua muito restrita. E como as arquiteturas de hardwares robóticos costumam ser altamente especializadas e adaptadas às aplicações finais, isso acaba dificultando na hora de alterar ou adicionar novos módulos de hardware, o que acaba sendo um grande obstáculo, principalmente em projetos de pesquisas científicas. A solução de utilizar arquiteturas de hardware em módulos, em outras palavras, subsistemas, ainda que seja uma abordagem válida, não se mostra suficientemente flexível, além de suportar uma pequena quantidade de funcionalidades [4].

Já em termos físicos da base de robô móvel proposta, e considerando que esta será destinada a aplicações terrestres, optou-se por adotar o sistema de locomoção baseado em rodas, e mais especificamente, a tração diferencial. A figura 2 ilustra a base física do robô móvel em desenvolvimento.



Figura 2 – Base do robô móvel

Para a locomoção em superfícies planas, as rodas apresentam elevado nível de eficiência quando comparados a sistemas baseados em pernas [5], e sua eficiência vale também em termos de energia [6]. Além disso, requerem componentes relativamente mais simples, o que torna uma alternativa simples e barata de se contruir e ainda exigem menor preocupação com balanço e estabilidade.

Quanto ao uso da tração diferencial, apesar de suas restrições holonômicas, sua implementação é simples e exige menos cuidados em relação à manobrabilidade quando comparado às outras configurações de tracionamento. Para esta base de robô móvel, optou-se por utilizar dois motores de corrente contínua, acionada por PWM.

E a princípio, para a finalidade de validação da base proposta, a mesma está sendo desenvolvida de modo a permitir experimentos de técnicas de navegação, utilizando dois sistemas de controles distintos. Logo, os sensores que estão sendo implementados servirão, neste momento, a

atender a essa finalidade. Em uma segunda aplicação experimental, por exemplo, será possível fazer com que o robô móvel siga um traçado, marcado no solo.

D. Suporte à Navegação

Considerando as três questões de Durrant-White [7], “onde estou”, “para onde vou” e “como chego lá”, e considerando que a segunda questão é relacionada diretamente com a aplicação, o que implica que tal questão se encontra fora do escopo deste trabalho, restam as questões “onde estou” e “como chego lá” a serem discutidas. Como suporte à técnica de navegação, optou-se pelo emprego da odometria, uma vez que é uma técnica simples e barata de implementar. E apesar da sua crescente imprecisão ao longo do tempo, atribuída em vista da sua taxa de erro cumulativa, é uma técnica matematicamente simples e popular que se apresenta bastante eficiente quando combinada com outras técnicas de localização, sejam absolutas ou relativas [8]. Para tal, o módulo básico de robô móvel terá suporte à implementação de outras técnicas.

III. ENSAIOS

Até o momento, foi desenvolvido e implementado a estrutura do módulo físico que corresponderá à base do robô móvel, os motores de corrente contínua que serão utilizados para o sistema de tracionamento e seu circuito de controle, que se resume à ponte H, o sistema de odometria, sensores frontais de distância e sensores de linha, estes últimos, localizados na parte inferior do corpo do robô móvel. Encontra-se em desenvolvimento, o diagrama elétrico e a programação do microcontrolador que ficará encarregado de coordenar os dispositivos de hardware e a definição da interface de comunicação do microcontrolador com o sistema de controle.

IV. CONSIDERAÇÕES

Considerando o estágio atual em que se encontra o projeto, desenvolvimento e implementação do módulo proposto, ainda é cedo para concluir a respeito do desempenho ou resultado do trabalho proposto. No entanto, ao final de sua implementação, espera-se que o módulo apresente resultados que favoreçam sua utilização tanto em aplicações didáticas como científicas, e incentive a reutilização do hardware e software, em razão de sua flexibilidade, facilidade em relação a alterações, capacidade de expansão e suporte a diferentes tecnologias de sistemas de controle.

REFERENCES

[1] H. Utz, S. Sablatnög, S. Enderle, G. Kraetzschmar, *MIRO – Middleware for Mobile robot Applications*. IEEE Transactions on Robotics and Automation, v. 18, n. 4, 2002.

[2] R. Murphy, *Introduction to AI Robotics*. MIT Press, 2000.
[3] R. E. Fayek, R. Liscano, G. M. Karam, *A System Architecture for a Mobile Robot Based on Activities and a Blackboard Control Unit*. IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1993, pp. 267-274.
[4] M. Merten, H-M. Gross, *Highly Adaptable Hardware Architecture for Scientific and Industrial Mobile Robots*. Proceedings of 2008 IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics (RAM 2008), pp. 1130-1135, 2008.
[5] R. Siegwart, I. R. Nourbakhsh, *Introduction to Autonomous Mobile Robots*. MIT Press, 2004.
[6] M. K. Habib, *Bioinspiration and Robotics: Walking and Climbing Robots*. I-Tech Education and Publishing, pp. 227-317, 2007
[7] J. J. Leonard, H. F. Durrant-Whyte, *Mobile robot localizations by tracking geometric beacons*. Robotics and Automation, IEEE Transactions on, vol. 7, n. 3, pp. 376-382, 1991.
[8] J. Borenstein, H. R. Everett, L. Feng, *Where am I? Sensors and Techniques for Mobile Robot Positioning*. University of Michigan, 1996.