

DESENVOLVIMENTO DE UM ROBÔ EXPLORADOR PARA AMBIENTES *INDOOR*

Fernando Emilio Puntel¹, Giann Carlos Spileri Nandi¹, Joildo Schueroff¹,
Anderson Luiz Fernandes Perez¹,

¹Laboratório de Automação e Robótica Móvel
Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Araranguá

fernandopuntel@gmail.com, anderson.perez@ufsc.br, giannnandi@gmail.com, joildoschueroff@gmail.com

Resumo: Este artigo descreve o projeto e o desenvolvimento de um robô móvel para exploração de ambientes indoor. O robô explorador é formado por uma arquitetura modular de hardware e de software. O hardware é constituído de dois níveis de controle, sendo o primeiro nível composto por uma placa do tipo Raspberry PI responsável pelo processamento das imagens provenientes de uma câmera e o segundo nível formado por uma placa da Freescale Freedom Board responsável pela leitura dos sensores e o controle dos atuadores. O software de controle é dividido em módulo deliberativo, que executa no Linux no Raspeberry PI, e módulo reativo, que executa no sistema operacional MQX na Freedom Board. Ambos os módulos se comunicam via protocolo SPI.

Palavras-Chave: Robô explorador; Raspberry PI; Freedom Board; sistema operacional MQX

1 INTRODUÇÃO

Há alguns anos, a robótica estava associada aos braços manipuladores empregados na construção de algum bem de consumo, tais como os robôs soldadores utilizados nas montadoras de veículos. Esta visão do “robô industrial” vem sendo modificada ano após ano, pois é cada vez mais comum interagirmos com robôs em nosso dia a dia, por exemplo, o robô aspirador de pó Roomba ou o robô cão Aibo da Sony.

Devido a esta nova era da robótica onde robôs são construídos para as mais diversificadas tarefas, desde a exploração espacial (Laboratory 2013) até o acompanhamento de pessoas com necessidades especiais (Mykoniatis, Angelopoulou et al. 2013), o projeto e a construção de tais robôs torna-se mais complexo.

Dependendo do problema ao qual o robô irá atuar, o projeto do software também se torna complexo, pois é possível que o robô tenha que executar algumas funcionalidades de maneira concorrente. Desta forma, o uso de um sistema operacional embarcado é importante, sobretudo porque o programador se preocupará somente com os aspectos funcionais do programa, ficando a cargo do sistema operacional o interfaceamento com o hardware do robô.

Os robôs atuais executam diversas tarefas, portanto necessitam de maior capacidade de processamento que seus antecessores. Neste artigo será descrito o projeto de um robô para exploração de ambientes *indoor*. A navegação do robô é baseada nas informações captadas por uma câmera que então são processadas com o objetivo de definir novas tarefas ao robô.

Este artigo está organizado como segue: na Seção 2 é descrito em detalhes o projeto do robô explorador, para uma melhor compreensão optou-se por descrever separadamente as arquiteturas de hardware e de software; a Seção 3 descreve os resultados preliminares do sistema de processamento de imagens do robô explorador; na Seção 4 são feitas algumas considerações sobre o projeto do robô explorador.

2 DESCRIÇÃO DO ROBÔ EXPLORADOR

O robô explorador é projetado para atuar em ambiente *indoor*, ou seja, em ambientes conhecidos, como uma casa, um edifício, um corredor etc. O robô é dotado de uma câmera do tipo *webcam*, responsável pela captura das imagens do ambiente e alguns sensores de ultrassom, que detectam a proximidade do robô a algum objeto presente no ambiente, evitando assim o choque com obstáculos.

A base mecânica do robô é um carrinho de controle remoto modelo caminhonete, onde estão sendo adaptados todos os circuitos eletrônicos responsáveis pelo controle do robô explorador. A Figura 16 ilustra uma foto do modelo da caminhonete de controle remoto utilizada como base para o robô explorador.

Figura 16. Modelo da caminhonete utilizada no robô explorador



A caminhonete de controle remoto é constituída por dois motores de corrente contínua, um para controlar a direção das rodas dianteiras (direita e esquerda) e outro para controlar as rodas traseiras (seguir em frente ou recuar, dar a ré).

A navegação do robô é baseada nas informações visuais recebidas pela câmera e também pelas informações provenientes dos sensores de ultrassom. O objetivo

da navegação visual é permitir que o robô siga um determinado objeto, desta forma, conforme o objeto se movimenta no ambiente, o robô também se movimentará, mantendo o objeto sempre no alvo, ou seja, no foco da câmera.

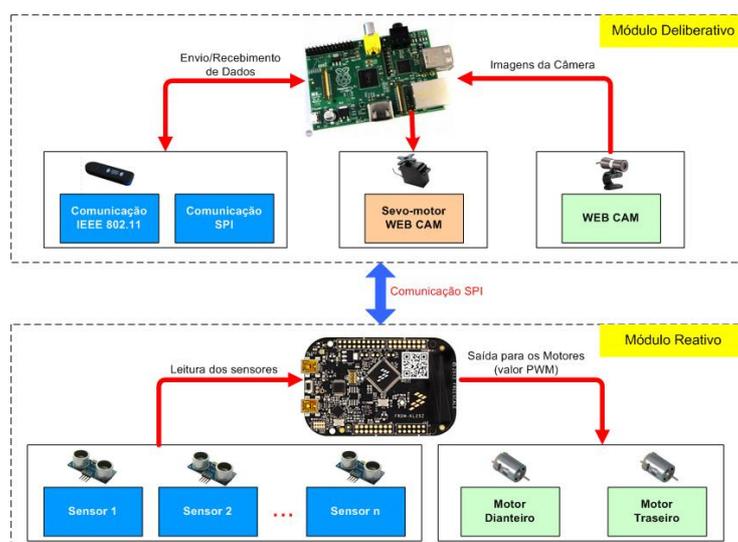
O controle de robôs móveis baseado em informações visuais é muito utilizado em robótica móvel. O trabalho de (Qi 2013) apresenta um estudo comparativo de várias metodologias de navegação visual em um robô aéreo quadrimotor. A indústria automobilística também tem interesse nesta área para dotar os veículos automotores de maior segurança, permitindo que o motorista tenha mais recursos na tomada de decisões, sobretudo aquelas onde há um maior risco de acidente.

As Seções 2.1 e 2.2 descrevem, respectivamente, o projeto do hardware e o projeto do software do robô explorador.

2.1 Descrição do Hardware do Robô Explorador

Devido a complexidade do projeto do robô explorador, seu hardware é composto de dois módulos, sendo cada um deles responsável por uma etapa do controle do robô. O primeiro módulo, onde acontece o processamento da imagem, é chamado de módulo Deliberativo. O segundo, chamado de módulo Reativo, é responsável pela leitura dos sensores de ultrassom e o controle dos atuadores e efetadores dos robôs. A Figura 17 ilustra a arquitetura de hardware do robô explorador onde é possível observar os módulos Deliberativo e Reativo.

Figura 17. Arquitetura de hardware do robô explorador



O módulo Deliberativo é composto por uma placa do tipo Raspberry PI (PI 2013), responsável pelo processamento das informações captadas do ambiente pela

câmera, pelo controle do servo motor onde a câmera está fixada e outras tarefas responsáveis pelo controle de alto nível do robô.

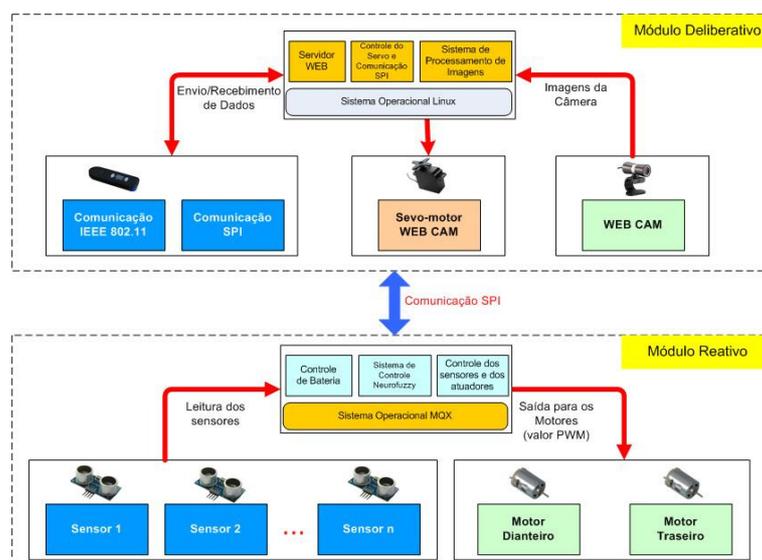
O módulo Reativo é composto por uma placa do tipo *Freedom Board* da Freescale (Board 2013), onde é executado o sistema operacional MQX. Esta placa é responsável por todo o processamento e controle de baixo nível do robô, tais como: leitura de sensores e envio de informações aos atuadores e efetadores.

A divisão do sistema de controle do robô em dois módulos foi necessária devido ao volume de processamento necessário para a execução das várias tarefas de controle. É importante salientar, conforme consta na Figura 17, que os módulos Deliberativo e Reativo irão se comunicar via protocolo SPI (*Serial Peripheral Interface*), um protocolo fio a fio implementado na interface de entrada e saída de ambas as placas (*Raspberry PI e Freedom Board*).

2.2 Descrição do Software do Robô Explorador

Conforme descrito na Seção 2.1 o hardware do robô é formado por dois módulos, sendo o primeiro composto por uma placa do tipo *Raspberry PI* modelo B e o segundo por uma placa do tipo *Freedom Board* da Freescale. Cada módulo é responsável por uma etapa do controle do robô, desta forma, o sistema de controle também é modularizado, conforme ilustra a Figura 18.

Figura 18. Arquitetura de software do robô explorador



O módulo Deliberativo possui um sistema operacional Linux, a distribuição Weezy configurada para o *Raspberry PI*. Neste módulo são executadas três tarefas, sendo a principal o sistema de processamento de imagens, onde são processadas todas as imagens provenientes da *webcam*; a segunda tarefa é o controle do servo e da

comunicação SPI que é responsável por reposicionar o servo de acordo com as coordenadas fornecidas pelo sistema de processamento de imagens e também enviar e receber dados via protocolo SPI para/do módulo Reativo; a terceira tarefa é um servidor WEB que fica ativo para que um usuário possa enviar comandos remotamente para o robô via rede 802.11 (rede sem fio).

O módulo Reativo é gerido pelo sistema operacional MQX onde também são executadas três tarefas, sendo a primeira o sistema de controle principal deste nível, um sistema *neurofuzzy* (Petru Rusu, Petriu et al. 2013) que é baseado em uma rede neural do tipo Perceptron de Múltiplas Camadas com o ajuste de sua saída baseado em um sistema Fuzzy, esta tarefa é responsável por receber as informações provenientes do protocolo SPI com o módulo Deliberativo, bem como informações das tarefas *controle da bateria e controle dos sensores e dos atuadores*.

A tarefa *controle de bateria* é responsável por monitorar a carga da bateria do robô, dependendo do nível de carga de bateria algumas funcionalidades podem ser desativas. Já a tarefa *controle dos sensores e dos atuadores* é responsável por ler os dados provenientes dos sensores de ultrassom e os repassar ao controle *neurofuzzy*, este por sua vez, irá determinar uma saída para os atuadores que é basicamente é composta por direção e velocidade.

O robô explorador está em fase de construção no Laboratório de Automação e Robótica Móvel da Universidade Federal de Santa Catarina. Entretanto, na Seção 3 será descrito um experimento realizado com o sistema de processamento de imagens que será utilizado pelo robô explorador.

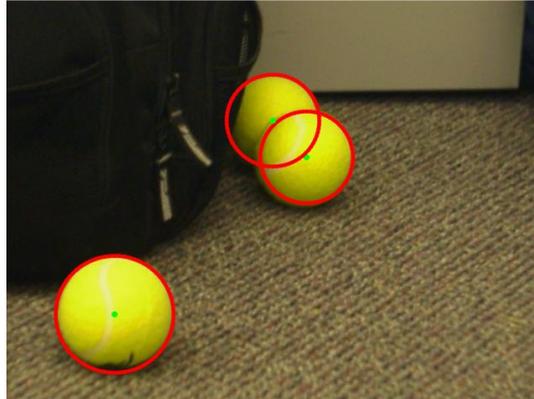
3 RESULTADOS DO SISTEMA DE VISÃO DO ROBÔ EXPLORADOR

O sistema de processamento de imagens do robô explorador foi desenvolvido com o uso da biblioteca OpenCV (*Open Computer Vision Library*) (OpenCV 2013), que dispõe de um conjunto de funções para aplicações em computação gráfica e processamento de imagens.

O principal objetivo do sistema de visão é manter sob o foco da câmera um determinado objeto. Para tanto, ao localizar o objeto, o sistema de visão informa o sistema de controle do robô a posição (coordenadas x e y) do objeto. Este por sua vez, irá calcular a nova posição do robô que será traduzida em comandos para os atuadores que

serão executados no módulo Reativo. A Figura 19 ilustra um exemplo da saída do sistema de visão após localizar um objeto de uma determinada cor.

Figura 19. Exemplo de localização de um objeto baseado na cor



No exemplo ilustrado na Figura 19 o objeto é, no caso as bolas de tênis, identificado pela cor. O sistema localiza o objeto de cor amarela e então mantém o foco da câmera sobre ele (vide círculo vermelho delimitando as três bolas de tênis). Como a câmera está fixada sobre um servo motor, é possível fazer movimentos laterais com a câmera, ou seja, movimentos de pan (horizontais).

Vale ressaltar que o sistema de visão do robô pode perder o desempenho, ou seja, caso haja uma interferência na luminosidade do ambiente ele pode não localizar o objeto, mesmo este estando no foco da câmera. Para resolver tal problema, é proposto utilizar alguma técnica de filtragem de dados para estabilizar a qualidade da informação, tal como no trabalho de (Ju and Lee 2013).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foi descrito o projeto de um robô explorador de ambientes *indoor* que está sendo desenvolvido no Laboratório de Automação e Robótica Móvel na Universidade Federal de Santa Catarina no Campus Araranguá. O robô explorador possui navegação baseada em informações visuais onde é possível marcar um determinado alvo para que o robô o siga. Com o objetivo de tornar o robô mais robusto, optou-se pela separação do hardware em dois módulos funcionais, sendo o primeiro, chamada de módulo Deliberativo, responsável por todo o processamento das imagens provenientes da

câmera. Este módulo se comunica com o módulo Reativo, responsável pela leitura dos sensores de ultrassom e o controle dos atuadores e efetadores, via protocolo SPI.

AGRADECIMENTOS

Os autores, Fernando Emilio Puntel, Giann Carlos Spileri Nandi e Joildo Schueroff, agradecem a Universidade Federal de Santa Catarina pela bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

Board, F. (2013). "FRDM-KL25Z: Freescale Freedom Development Platform for Kinetis KL1x and KL2x MCUs." Disponível em: http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod_summary.jsp?code=FRDM-KL25Z, Acesso em 15 de agosto de 2013.

Ju, M.-Y. and J.-R. Lee (2013). Vision-based Mobile Robot Navigation Using Active Learning Concept. International Conference on Advanced Robotics and Intelligent Systems. Tainan, Taiwan.

Laboratory, J. P. (2013). "Mars Science Laboratory Curiosity Rover." Disponível em: <http://mars.nasa.gov/msl/>, Acesso em: 17 de agosto de 2013.

Mykoniatis, K., A. Angelopoulou, et al. (2013). Architectural design of ARTeMIS: A multi-tasking robot for people with disabilities. IEEE International Systems Conference (SysCon), 2013. Orlando, FL: 269 - 273.

OpenCV. (2013). "OpenCv Documentation." Disponível em: <http://docs.opencv.org/>, Acesso em: 16 de agosto de 2013.

Petru Rusu, E. M. Petriu, et al. (2013). Behavior-Based Neuro-Fuzzy Controller for Mobile Robot Navigation. IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT. 52: 1335-1340.

PI, R. (2013). "Raspberry PI Quick Start Guide." Disponível em: <http://www.raspberrypi.org/quick-start-guide>, Acesso 15 de agosto de 2013.

Qi, Y. (2013). A Performance Analysis of Vision-Based Robot Localization System. Master of Science December, 2012, Lehigh University.