

SISTEMA DE CONTROLE POR VISÃO EM PRIMEIRA PESSOA E SISTEMA DE DETECÇÃO E RASTREAMENTO DE UM ALVO BASEADOS EM VISÃO COMPUTACIONAL UTILIZANDO KINECT

Filipe Salles (Ensino Técnico), Lorrán Gabriel Araujo (Ensino Técnico), Marcos Ferreira (Ensino Técnico), Marlon Santos Macedo (Ensino Técnico), Patrick Felipe de Souza (Ensino Técnico)

Eduardo Max Amaro Amaral (Orientador)

emaxamaral@gmail.com

IFES - CAMPUS SERRA
Serra – ES

Categoria: ARTIGO BÁSICO / MULTIMÍDIA



Resumo: O uso de robôs baseados em realimentação por visão computacional é cada vez mais comum em várias aplicações, como linhas industriais e sistemas de segurança. Este artigo apresenta um sistema de controle robótico por visão em primeira pessoa. Também apresenta um sistema de detecção e rastreamento de um alvo baseado em visão computacional. Os sistemas foram implementados em ROS (Robot Operating System) e executados em uma plataforma robótica experimental (PR). Os resultados demonstraram que os sistemas propostos são viáveis e podem ser utilizados na robótica autônoma auxiliando na navegação de robôs.

Palavras Chaves: Robótica Autônoma, Visão Computacional, Kinect.

Abstract: The use of robots based on feedback for computer vision is becoming more common in many applications such as industrial lines and security systems. This paper presents a robotic control system first-person view. It also features a detection and tracking system of a target based on computer vision. The systems were implemented in ROS (robot operating system) and run on an experimental robotic platform (PR). The results showed that the systems proposed are viable and can be used in robotics assisting in autonomous robot navigation.

Keywords: Autonomous Robotics, Computer Vision, Kinect.

1 INTRODUÇÃO

A visão computacional vem sendo cada vez mais utilizada em robôs. Ela tem evoluído rapidamente, produzindo ferramentas que permitem o entendimento das informações visuais, especialmente em cenas com estruturas bem definidas [Filho, Soares e Tusset, 2010].

A visão robótica procura emular a visão humana, portanto também possui como entrada uma imagem, porém, a saída é uma interpretação da imagem como um todo, ou parcialmente. Os processos de visão computacional geralmente iniciam com o processamento de imagens [Marengoni e Stringhini, 2009].

Existem três níveis na visão computacional: o nível baixo, onde temos a melhoria da qualidade da imagem; o nível médio, onde se faz a extração de partes da imagem; e o nível

alto que contém técnicas para a interpretação de objetos ou cenas.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema de controle por visão em primeira pessoa e um sistema de detecção e rastreamento de um alvo pré-determinado. Ambos os sistemas são baseados em visão computacional utilizando Kinect da Microsoft. Esses sistemas poderiam ser relevantes quando um robô autônomo encontra-se com dificuldades na realização dos movimentos (por exemplo, desvio de obstáculos complexos) ou quando ainda não possui um ambiente mapeado.

Este artigo encontra-se organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta a plataforma robótica. A seção 3 descreve o sistema proposto de controle do robô por visão em primeira pessoa. A seção 4 relata o sistema proposto de detecção e rastreamento de um alvo. Os experimentos e resultados são apresentados na seção 5, e as conclusões são apresentadas na seção 6.

2 PLATAFORMA ROBÓTICA

Este projeto foi desenvolvido no LARSE (Laboratório de Robótica e Sistemas Embarcados). Os trabalhos desenvolvidos pelo laboratório já demonstraram a interdisciplinaridade da robótica e os benefícios, no processo de aprendizagem em programação e eletrônica, desfrutados pelos alunos envolvidos [Martins, Oliveira, e Amaral, 2012], [Pin, De Oliveira e Amaral, 2012] e [Martins, Oliveira e Oliveira, 2012].

A plataforma robótica experimental (PR) usada neste trabalho foi desenvolvida por alunos do LARSE. A PR está sendo utilizada como plataforma de teste para vários algoritmos relacionados à robótica. Ela é apoiada em uma base de acrílico, contendo quatro rodas motorizadas com motores de corrente contínua, uma bateria de 12V e 7A, um Kinect, um notebook, duas pontes h e uma protoboard.

A Figura 1 demonstra a plataforma robótica experimental (PR).



Figura 1 - Plataforma robótica experimental (PR).

Além disso, a PR suporta outros sensores como: sonar, infravermelho, GPS e unidade de medida inercial, mas que não serão tratados neste trabalho.

2.1 Arquitetura física

A arquitetura física define os componentes que formam o robô e como estão interligados (Figura 2).

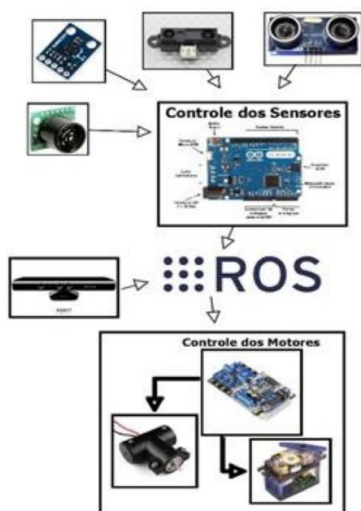


Figura 2 - Arquitetura física do sistema.

A arquitetura física é composta por um controlador (notebook) interligado, pela porta USB, a um Arduino, que por sua vez, está ligado a quatro motores pelas portas PWM (Pulse Width Modulation - Modulação por Largura de Pulso) de sua placa. Além disso, um sensor, do tipo Kinect, está ligado ao controlador que também usa a porta USB.

O Kinect (da Microsoft) fornece imagens que vêm sendo chamadas de RGBD, fazendo referência aos três canais de cores e ao canal adicional de profundidade (com a letra 'D' vindo do termo depth, profundidade em inglês). Vários trabalhos em robótica também têm utilizado o Kinect como sensor de profundidade e reconstrução 3D. Um sistema de controle de rastreamento do movimento humano com Kinect a bordo de um robô móvel foi desenvolvido por Machida et al. [2012]. Em El-Laithy et al. [2012], ele é usado para aplicações de navegação indoor em veículo terrestre.

O princípio básico por trás do sensor de profundidade do Kinect é a emissão de um padrão de IR (infravermelho) e a captura de imagem simultânea da imagem IR com uma câmera CMOS (tradicional). O processador de imagem do Kinect utiliza as posições relativas dos pontos no padrão para calcular o deslocamento de profundidade em cada posição de pixel na imagem [Andersen et al., 2012]. A precisão de profundidade é de aproximadamente 10 milímetros a uma

distância de 2 metros. Os mapas de profundidade são obtidos a partir da triangulação da luz estruturada projetada (Figura 3).

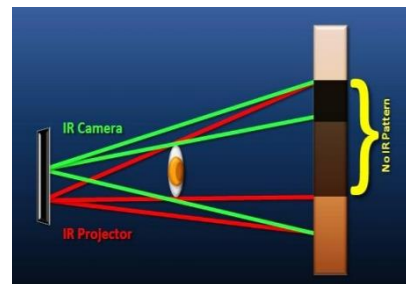


Figura 3 - Mapa de profundidade do Kinect.

2.2 Controle lógico

O Robô utiliza o ROS (Robot Operating System) como centro de controle. O ROS é um sistema operacional flexível usado para o desenvolvimento de software no campo da robótica. É uma coleção de ferramentas, bibliotecas e convenções que visam simplificar a tarefa de criar um comportamento complexo através de uma ampla variedade de plataformas robóticas. Ele fornece abstração de hardware, dispositivo de drivers, visualizadores, transmissão de mensagens e gerenciamento de pacotes. ROS está licenciada sob uma fonte aberta, a licença BSD [ROS, 2016].

O controle é constituído por módulos que trocam mensagens entre si, de acordo com os sensoriamentos e comandos necessários ao movimento do robô.

3 SISTEMA DE CONTROLE POR VISÃO EM PRIMEIRA PESSOA

No sistema de controle por visão em primeira pessoa o usuário recebe a informação da câmera RGBD do sensor Kinect e a utiliza na navegação do robô de forma remota, controlando-o através de uma tela, contendo as imagens, e um joystick.

A Figura 4 apresenta um fluxograma representando a arquitetura do sistema.

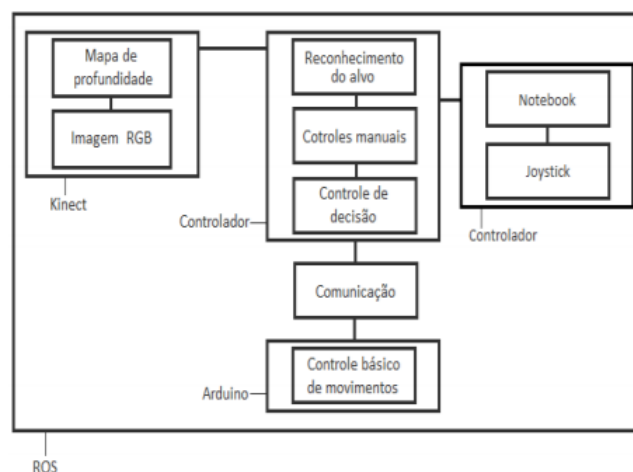


Figura 4 - Arquitetura do sistema.

No sistema de controle por visão em primeira pessoa o usuário recebe a informação da câmera RGBD do sensor Kinect e a utiliza na navegação do robô de forma remota, controlando-o através de uma tela, contendo as imagens, e um joystick.

3.1 Comunicação

A comunicação entre o robô (controlador) e um computador é feita via wireless utilizando uma rede TCP/IP. As informações (obtidas através do Kinect) são transmitidas pelo controlador e recebidas pelo computador através de módulos ROS para a transferência das imagens RGBD. Para controlar o robô, utiliza-se um joystick, e através de outro módulo ROS são enviadas mensagens (via wireless) contendo os comandos de controle. Para se comunicar com o robô são usados as seguintes funções: direção, eixos, tempo e velocidade.

A comunicação entre o controlador do robô e o arduino é feita pela porta USB. O arduino recebe uma string contendo o comando indicando como o robô irá se mover. A string é feita com 17 caracteres: Direção (frente - FRE, direita - DIR, esquerda - ESQ, ré - TRA), eixos (eixo central - EC, eixo lateral - EL), tempo - 4 caracteres em milissegundos e velocidade - três caracteres em PWM. Essa comunicação é feita usando um módulo do ROS implementado no controlador do robô.

4 SISTEMA DE DETECÇÃO E RASTREAMENTO DE UM ALVO BASEADO EM VISÃO COMPUTACIONAL

Para o sistema de detecção e rastreamento, o algoritmo desenvolvido detecta um alvo, que é predeterminado através da sua faixa de cor. Após a detecção, o usuário pode ou não delegar o controle ao robô. Caso o controle seja delegado, o robô inicia a perseguição ao alvo, deixando-o dentro de uma faixa de distância determinada. A qualquer momento o usuário pode reasumir o controle do robô.

Para a detecção da faixa de cor do objeto alvo, o algoritmo varre cada frame e cria uma binarização da imagem, onde os pontos pertencentes a faixa de cor predeterminada são convertidos para a cor branca e os outros pontos são convertidos para a cor preta. Para isso, utilizou-se funções do OpenCV (Open Source Computer Vision Library), uma biblioteca de plataforma livre, desenvolvida pela Intel, e utilizada em aplicações na área de visão computacional.

No algoritmo proposto, a imagem da câmera é dividida em nove quadrantes, que são utilizados para melhor posicionar a câmera e direcionar o robô de acordo com o quadrante em que o objeto alvo se encontra. Para a determinação da distância ao objeto alvo, o mapa de profundidade fornecido pelo Kinect é utilizado, conforme demonstra a Figura 5 (imagem superior à esquerda).

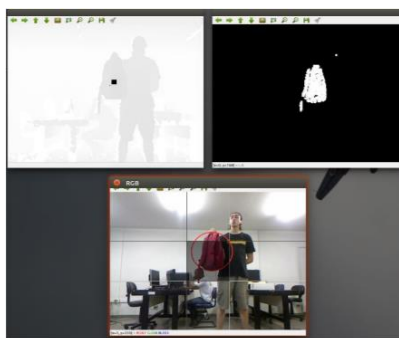


Figura 5 - Mapa de profundidade produzido pelo Kinect (superior à esquerda), com a área analisada representada por um quadrado preto.

5 EXPERIMENTOS E RESULTADOS

Para avaliar o modelo proposto, foram feitos testes no laboratório, em ambiente controlado (Figura 6). Para mais detalhes, veja o vídeo em: <https://youtu.be/ULFTM25tGoM>



Figura 6 - Robô perseguindo o objeto de acordo com os movimentos do alvo predeterminado em um ambiente controlado.

Para os testes foi adotado um padrão de movimento do robô, primeiramente controlado, através de um joystick por um usuário de forma remota, utilizando o sistema de controle por visão em primeira pessoa. Neste sistema, o usuário recebe a informação da câmera RGB do sensor Kinect e a utiliza como forma de visualizar a navegação. Após, o usuário envia para o robô os comandos de controle, conforme descrito na seção 3.1.

Ao encontrar o alvo, o usuário delega o controle ao robô, que inicia a perseguição ao alvo, identificando-o através da sua faixa de cor.

A seguir é demonstrada uma sequência de detecção e rastreamento feito pelo sistema proposto. A Figura 7 demonstra o sistema detectando um objeto no quadrante superior esquerdo.

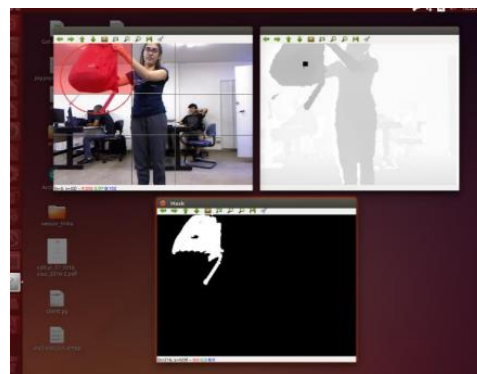


Figura 7 – Detecção do objeto no quadrante superior esquerdo.

A Figura 8 mostra o sistema detectando um objeto no quadrante superior direito.

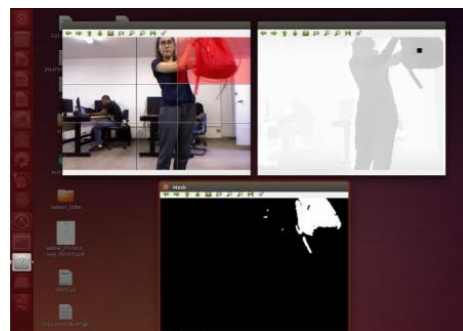


Figura 8 – Detecção do objeto no quadrante superior direito.

A Figura 9 apresenta o sistema detectando um objeto no quadrante superior direito.

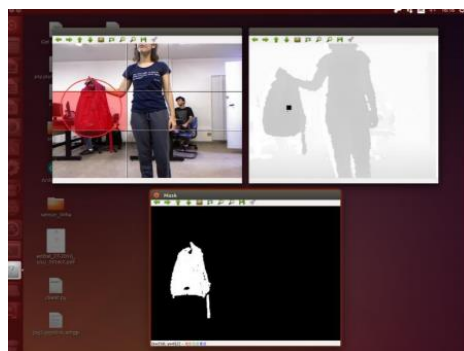


Figura 9 – Detecção do objeto no quadrante superior direito.

A Figura 10 exibi a detecção do objeto no quadrante inferior esquerdo.

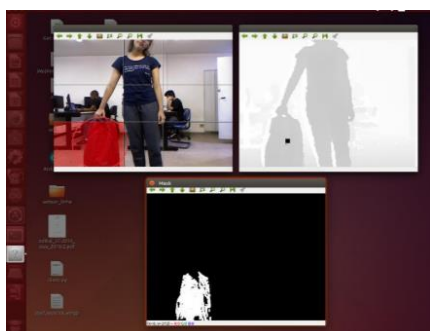


Figura 10 – Detecção do objeto no quadrante inferior esquerdo.

Em todos os testes a plataforma robótica demonstrou um bom desempenho, tanto com relação aos movimentos controlados por um usuário através do sistema de controle por visão em primeira pessoa, quanto com relação ao controle autônomo feito pelo sistema de detecção e rastreamento. O conjunto proposto neste trabalho foi capaz de desenvolver o percurso sugerido com os movimentos totalmente controlados por um usuário até a detecção do alvo, e a partir disso o robô passou a assumir o movimento autônomo de perseguição ao alvo.

6 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi desenvolvido um sistema de controle por visão em primeira pessoa e um sistema de detecção e rastreamento de um alvo baseado em visão computacional. As soluções propostas demonstraram ser um bom caminho na construção e implementação de robôs utilizando sensor Kinect.

O projeto desenvolvido permitiu o aproveitamento de ferramentas tecnológicas sofisticadas, como a própria robótica, a visão computacional e o ROS (Robot Operating System), demonstrando a grande interdisciplinaridade da área. Os sistemas propostos foram capazes de realizar as tarefas de navegação do robô por visão em primeira pessoa e de detecção e rastreamento de um alvo por visão computacional. Além disso, criou-se a possibilidade de se acrescentar várias outras funcionalidades ao robô, com o intuito de melhorar o seu funcionamento.

Trabalhos futuros podem ser executados na estrutura física do robô, como por exemplo, o aumento da capacidade de carga e por consequência o uso de outros sensores. Pode-se propor ainda melhorias nos códigos de movimento e de captura de

imagens. Outras melhorias no código de controle também podem ser feitas, dando mais inteligência e autonomia ao robô.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andersen, M.R., Jensen T., Lisouski P., Mortensen, A.K., Hansen, M.K., T. Gregersen, P. (2012). Ahrendt: Kinect Depth Sensor Evaluation for Computer Vision Applications, Department of Engineering, Aarhus University. Denmark. 37 pp. Technical report ECE-TR- 6, 2012.
- El-Laithy, R.A., Huang, J., Yeh, M. (2012). Study on the use of Microsoft Kinect for robotics applications. Position Location and Navigation Symposium (PLANS), In: 2012 IEEE/ION, vol., no., pp.1280, 1288, 23-26 April 2012. doi: 10.1109/PLANS.2012.6236985.
- Filho, P. L. P., Soares, C. J., Tusset, A. M. (2010). Utilização de um Sistema de Visão Computacional para o Controle de um Robô Móvel, Dincon'10, Paraná, 2010.
- Machida, E., Cao, M., Murao, T., Hashimoto, H. (2012). Human motion tracking of mobile robot with Kinect 3D sensor, In: SICE Annual Conference (SICE), Proceedings of, vol., no., pp.2207, 2211, 20-23 Aug. 2012. Monticelli, A. (1983). Fluxo de Carga em Redes de Energia Elétrica. Edgar Blucher, Rio de Janeiro – RJ.
- Martins, F. N., Oliveira, H. C. e Amaral, E. M. A. (2012). NERA – A Center for Research on Educational Robotics and Automation, In: WEROB 2012 – Workshop on Educational Robotics, 16th RoboCup International Symposium, Mexico City, 2012.
- Martins, F. N., Oliveira, H. C. e Oliveira, G. F. (2012). Robótica como Meio de Promoção da Interdisciplinaridade no Ensino Profissionalizante, In: WRE/LARS 2012 – Workshop de Robótica Educacional - parte do Latin American Robotics Symposium, Fortaleza. Anais do LARS SBR 2012.
- Marengoni, M., Stringhini, D. (2009). Tutorial: Introdução à Visão Computacional usando OpenCV. RITA, Volume XVI, Número 1, São Paulo, 2009.
- Medina, B. V. O. (2015). Sistema de visão computacional aplicado a um robô cilíndrico acionado pneumáticamente, UFRS, Porto Alegre, 2015.
- Pin, L. B. e De Oliveira, D., Amaral, E. M. A. (2012). LUDEbot: Uma plataforma com Servomotores e Sensoriamento utilizando a Placa Arduino e Controle Externo, In: III Workshop on Educational Robotics, IEEE SBR/LARS/WRE (I Brazilian Robotics Symposium, IX Latin American Robotics Symposium), Fortaleza, CE, 2012.
- ROS. (2016). Wiki. Disponível em: <http://wiki.ros.org/pt>. Acesso em: julho de 2016.

Observação: O material multimídia deste trabalho encontra-se disponível em: www.mnr.org.br/mostravirtual.