

NAVEGAÇÃO, EXPLORAÇÃO DE AMBIENTES E MANIPULAÇÃO DE OBJETOS ATRAVÉS DE SLAM VISUAL UTILIZANDO UMA PLATAFORMA ROBÓTICA MÓVEL INTEGRADA COM UM MANIPULADOR

Diogo Alexandre Martins¹; Israel Cerqueira Motta Neto²; Rodrigo Formiga Farias³; Marco A. dos Reis⁴

¹ Bolsista; Programa de formação em robótica; diogo.martins@fbter.org.br

² Bolsista; Programa de formação em robótica; israel.neto@fbter.org.br

³ Bolsista; Programa de formação em robótica; rodrigo.farias@fieb.org.br

⁴ Mestre; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; marcoreis@fieb.org.br

RESUMO

Este trabalho apresenta uma visão geral sobre os resultados alcançados na concepção de uma solução robótica que utiliza um algoritmo de SLAM, conhecido como *RTAB-Map*, para o desafio proposto pelo Laboratório de Robótica e Sistemas Autônomos do Senai Cimatec. Nesse desafio, o robô tem como objetivo mapear uma região desconhecida, localizar-se dentro dela e explorá-la autonomamente, em busca de um objeto de interesse. Tendo localizado o objeto, é realizada uma intervenção através do manipulador robótico integrado à estrutura do robô. Para o funcionamento do projeto, o escopo do sistema foi dividido em algumas funcionalidades principais: localização, navegação, percepção, planejamento, mapeamento e manipulação de objetos.

PALAVRAS-CHAVE: SLAM visual, veículo terrestre não-tripulado, navegação autônoma, manipulador robótico.

1. INTRODUÇÃO

Através do uso de novas tecnologias, dispositivos e programação aplicada, robôs podem reproduzir padrões e reagir a determinados eventos, conseguindo realizar uma gama cada vez maior de atividades com extrema precisão, exatidão e rapidez. Com a constante necessidade de diversos setores em melhorar seus processos e serviços, cada vez mais existem robôs realizando atividades que antes eram feitas por humanos. Dentre as atividades realizadas, estão aquelas que são perigosas, demoradas ou repetitivas.

O descarte de objetos perigosos é uma tarefa altamente arriscada para todas as pessoas direta ou indiretamente envolvidas. O foco deste trabalho está na utilização de um Veículo Terrestre Não-Tripulado (UGV, do inglês *Unmanned Ground Vehicle*), integrado a um manipulador robótico, capaz de explorar ambientes de forma autônoma, detectar e manipular objetos, utilizando equipamentos e materiais disponíveis no Laboratório de Robótica e Sistemas Autônomos do Senai Cimatec. Para esta tarefa, foi escolhida a plataforma robótica móvel *Warthog*, produzida pela *Clearpath Robotics*¹, integrada com o manipulador robótico *JeRoTIMON*, um projeto desenvolvido no Centro de Competência em Robótica e Sistemas Autônomos (CCRSA) do Senai Cimatec, que possui 5 graus de liberdade.

Ao sistema, foram acoplados sensores como câmera estéreo, GPS e LiDAR, para possibilitar a aplicação de uma técnica de Localização e Mapeamento Simultâneos (SLAM, do inglês *Simultaneous Localization and Mapping*) robusta o suficiente para prover autonomia ao robô. A plataforma utilizada para integração e gerenciamento de algoritmos é o ROS (na versão *Melodic Morenia*), um *framework* de código aberto que permite a criação de softwares e aplicações em robótica, cujas funcionalidades podem ser implementadas de forma modular.²

Através do SLAM, o robô pode localizar-se em um ambiente desconhecido e gerar incrementalmente um mapa desse ambiente enquanto, ao mesmo tempo, usa este mapa para estimar sua nova posição em relação ao mapa.³ A técnica de SLAM utilizada neste trabalho é o *RTAB-Map* (*Real-Time Appearance-Based Mapping*), que é uma técnica SLAM visual amplamente utilizada em sistemas robóticos.⁴ O SLAM visual, diferente das técnicas de SLAM tradicionais, utiliza uma câmera para adquirir dados de observação a serem usados na construção do mapa. A seguir, estão descritos métodos empregados no desenvolvimento do projeto e os resultados e conclusões obtidos na pesquisa.

2. METODOLOGIA

Este projeto provê o desenvolvimento de três etapas distintas: identificação e estimação de posição de um objeto alvo, utilizando técnicas de visão computacional; exploração e navegação autônomas utilizando uma plataforma móvel; e a implementação de um manipulador robótico para manuseio de objetos. A concepção do projeto foi definida utilizando os seguintes materiais: uma plataforma móvel *Warthog*, um LiDAR *Velodyne Puck* (VLP-16), da fabricante *Velodyne Lidar*, um GPS *Swiftnav Piksi*, uma câmera estéreo *Mynt Eye S-1030*, e um manipulador robótico *JeRoTIMON*, além de um computador auxiliar *NUC 5i5RYK* da

Intel, com sistema operacional Ubuntu 18.04 (Figura 1). Para o funcionamento do projeto, o escopo do sistema foi dividido em algumas funcionalidades principais: localização, navegação, percepção, planejamento, mapeamento e manipulação de objetos.

A localização do robô é realizada através da odometria visual disponibilizada no pacote *RTAB-Map*.

A navegação, responsável por realizar a movimentação do robô dada uma posição alvo, é planejada e realizada de acordo com o ambiente ao redor do robô.

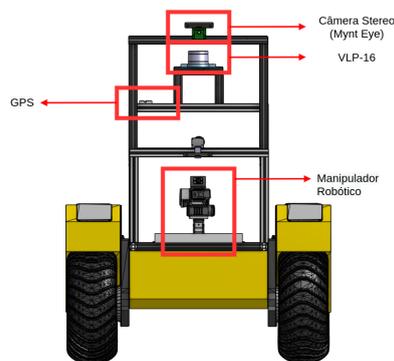
A percepção é responsável por fornecer ao robô a capacidade de perceber o ambiente ao seu redor através dos dados provenientes dos sensores embarcados, onde a detecção do objeto de interesse é realizada através de uma rede neural e posteriormente sua posição é estimada.

O mapeamento da área percorrida pelo robô é feito a partir das imagens da câmera, IMU e GPS.

O planejamento foi realizado utilizando o pacote de exploração *rtt_exploration* baseado no algoritmo *RRT (Rapidly-Exploring Random Tree)*⁵, o qual utiliza grades de ocupação como representação do mapa. O mapeamento da área percorrida pelo robô é feito a partir das imagens da câmera estéreo, e dos sensores IMU e GPS, utilizando o *RTAB-Map*.

E por fim, a manipulação de objetos recebe a posição objetivo estimada e realiza o planejamento e execução da trajetória levando em consideração as colisões com a plataforma móvel e os obstáculos do ambiente. Os ambientes de desenvolvimento do projeto foram as dependências do laboratório de Robótica e Sistemas Autônomos (SENAI Cimatec) na etapa de desenvolvimento, e o pátio do prédio Cimatec 4 (SENAI Cimatec) para etapas de testes em ambientes externos.

Figura 1: Esquema detalhando os principais componentes do projeto.

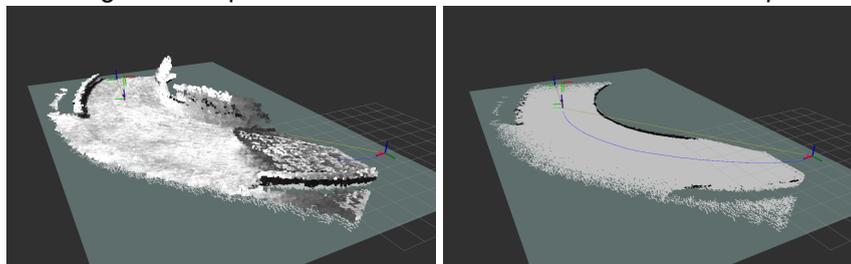


Fonte: Autoria própria.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes utilizando a câmera estéreo e o *RTAB-Map* para o mapeamento do ambiente foram realizados no pátio do Cimatec 4. Um pequeno trecho do ambiente pode ser visualizado na Figura 2, onde é apresentada a nuvem de pontos detectada durante o trajeto. Esta nuvem de pontos é utilizada na criação do mapa projetado em 2D, onde os pontos em cinza são áreas livres para navegação, enquanto os pontos preenchidos em preto são os obstáculos ou fronteiras existentes no ambiente.

Figura 2: Mapeamento do ambiente utilizando o *RTAB-Map*.



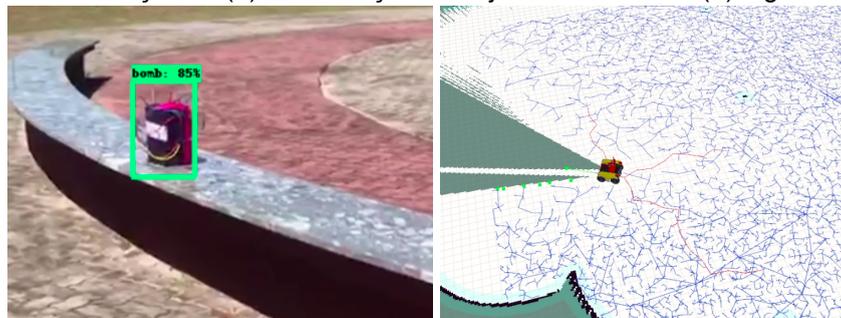
Fonte: Autoria própria.

O método empregado foi capaz de estimar a localização do robô e mapear o ambiente com grande fidelidade. Além do mapeamento e da localização, o *RTAB-Map* dá origem a nuvens de pontos que alimentam o módulo de navegação. A detecção do objeto de interesse, apresentada na Figura 3 (a), utilizou uma rede neural para detecção de objetos, alcançando uma taxa média de 14 quadros por segundo no

computador auxiliar. A estimação da *pose* é realizada a partir do resultado dado pela rede neural e, após alguns tratamentos realizados na imagem, o sistema é capaz de localizar pontos de interesse e estimar a posição do objeto.

Na figura 3 (b), o algoritmo *rrt-exploration* gera ramificações de trajetórias para áreas ainda inexploradas, e para cada ramificação são geradas novas trajetórias. O módulo de navegação foi implementado com sucesso e o robô foi capaz de receber uma posição alvo, planejar e executar de forma autônoma a rota de acordo com o ambiente ao seu redor.

Figura 3: Resultados alcançados: (a) Identificação do objeto de interesse. (b) Algoritmo de exploração.



Fonte: Autoria própria.

Durante os testes, foi observado que o módulo de mapeamento requer um grande poder computacional para funcionar adequadamente em conjunto com as outras funcionalidades. Na maior parte dos testes o computador auxiliar congelou durante a execução do mapeamento e da navegação. Com o objetivo de contornar o problema, o módulo de navegação foi isolado em outro computador. Apesar de resolver o problema do congelamento do computador auxiliar, o módulo de mapeamento não recebia as atualizações do mapa com a taxa mínima necessária para o funcionamento contínuo do módulo de navegação, que parava de funcionar após um curto período de execução. Até o estado atual do projeto esse problema não havia sido resolvido, mas as possíveis causas e soluções serão investigadas em trabalhos futuros. O módulo de planejamento, responsável pela exploração autônoma do ambiente, foi implementado em simulação mas não foi testado na plataforma móvel real.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho representa os resultados alcançados no estudo, concepção, e desenvolvimento de um robô móvel com manipulador integrado. A finalidade proposta neste relatório foi realizar o desarme, de forma autônoma, de um dispositivo explosivo disposto de forma aleatória no ambiente selecionado. O robô projetado cumpriu os objetivos de forma isolada. A solução realizou a identificação e localização do alvo; o mapeamento e localização simultânea, locomovendo-se de forma autônoma até um alvo selecionado no mapa gerado; e a exploração do ambiente de forma satisfatória, satisfazendo os objetivos exigidos para este projeto.

Os estudos e procedimentos realizados neste projeto obtiveram um resultado satisfatório na tarefa de utilizar um robô móvel em conjunto com um manipulador robótico e diversos sensores, para manipulação de objetos perigosos, mostrando que o protótipo desenvolvido pode ser utilizado em projetos futuros. Tais técnicas mostraram-se uma eficiente ferramenta na tarefa descrita. Como trabalho futuro, pode ser realizada a integração das soluções desenvolvidas e posterior teste deste sistema em ambiente real.

5. REFERÊNCIAS

- ¹CLEARPATH ROBOTICS. **Warthog**, 2016. Disponível em: <https://clearpathrobotics.com/warthog-unmanned-ground-vehicle-robot/>. Acesso em: 17-03-2021.
- ²QUIGLEY, Morgan et al. **ROS: an open-source Robot Operating System**. ICRA workshop on open source software. 2009. p. 5.
- ³AQEL, Mohammad OA et al. **Review of visual odometry: types, approaches, challenges, and applications**. SpringerPlus, v. 5, n. 1, p. 1-26, 2016.
- ⁴LABBÉ, Mathieu; MICHAUD, François. **RTAB-Map as an open-source lidar and visual simultaneous localization and mapping library for large-scale and long-term online operation**. Journal of Field Robotics, v. 36, n. 2, p. 416-446, 2019.
- ⁵LAVALLE, Steven M. et al. **Rapidly-exploring random trees: A new tool for path planning**. 1998.