

UGV AUTÔNOMO: IMPLEMENTAÇÃO DO EKF-SLAM

Anderson Queiroz do Vale¹; Jéssica Lima Motta²; Mateus Santos de Cerqueira³; Marco A. dos Reis⁴

1 Bolsista; Agência de fomento; anderson_qdv@hotmail.com

2 Bolsista; Agência de fomento; jessicalimamotta@gmail.com

3 Bolsista; Agência de fomento; scmateusmeca@gmail.com

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

RESUMO

Técnicas de SLAMs são usualmente utilizadas pelos robôs móveis autônomos para auxiliar o seu deslocamento em um ambiente desconhecido. O objetivo deste artigo é mostrar a metodologia aplicada no desenvolvimento do EKF-SLAM, utilizando o veículo *Warthog* da *Clearpath Robotics*. Esse veículo será equipado com sensores de câmera, LiDAR e GPS. Na metodologia serão detalhadas as etapas de desenvolvimento, desde sua concepção até o protótipo real. Na etapa de simulação foram utilizados o *software Gazebo* e a ferramenta de visualização *Rviz*, para realização de testes no ambiente virtual. No modelo real foi construído um suporte para os sensores, realizando testes em campo para avaliar o desempenho da navegação e do método SLAM.

PALAVRAS-CHAVE: Veículo Terrestre não Tripulado, EKF-SLAM, Sistema Operacional de Robô, Navegação.

1. INTRODUÇÃO

A robótica é um ramo da tecnologia que engloba a área de eletrônica, mecânica e computação, com graus de teoria de controle, microeletrônica, inteligência artificial, fatores humanos e de produção.¹ Um dos objetivos da robótica é criar robôs autônomos que aceitem planejamentos das tarefas em alto nível e as realizem sem a intervenção do operador.² Um robô móvel autônomo deve ser capaz de perceber o ambiente à sua volta, tomar as decisões sobre a melhor ação a ser executada e realizá-la com o mínimo erro. Esse robô móvel, também conhecido por Veículo Autônomo Terrestre não Tripulado (UVG, do inglês *Unmanned Ground Vehicle*), para atingir a autonomia desejada, necessita de técnicas de Localização e Mapeamento Simultâneos (SLAM, do inglês *Simultaneous Localization and Mapping*). O SLAM, junto com o Sistema de Operação de Robôs (ROS, do inglês *Robot Operating System*), é proposto como uma forma do UGV percorrer uma trajetória até o destino, no caminho mais curto possível, evitando obstáculos estáticos e dinâmicos.³

O objetivo deste artigo é implementar o método SLAM, que utiliza a técnica do Filtro de Kalman Estendido (EKF, do inglês *Extended Kalman Filter*), para ser utilizado de guia na navegação autônoma do UGV, sendo nomeado na literatura de EKF-SLAM. Com o uso deste método será feita uma análise de performance da movimentação sobre a trajetória planejada até o seu objetivo final, isso aplicado ao UGV da *Clearpath* chamado *Warthog*.

O artigo está dividido em três seções: a metodologia, que irá descrever os materiais e métodos utilizados no desenvolvimento do EKF-SLAM para o UGV; os resultados e discussão, no qual descreve os resultados obtidos, e os desafios e dificuldades encontrados na aplicação do método e as considerações finais que irá concluir o trabalho realizado.

2. METODOLOGIA

A modelagem e construção de um veículo autônomo foi desenvolvido no Centro de Competência em Robótica e Sistemas Autônomos (CCRoSA) do SENAI CIMATEC. No desenvolvimento do UGV autônomo é preciso implementar a fusão de sensores que servirão para mapear o ambiente e se localizar a partir dele, com o objetivo de tomar decisões para onde o veículo possa se deslocar. Para isso, foi planejado quais sensores estão disponíveis e quais serão as posições deles no veículo. A fixação do sensor no veículo é muito importante para conseguir obter a capacidade máxima de informações disponibilizada por ele, sem perder informações essenciais para sua autonomia, como mostra a Figura 1, no qual foi fixado uma câmera e um LiDAR na parte superior e o GPS no centro do suporte do veículo.

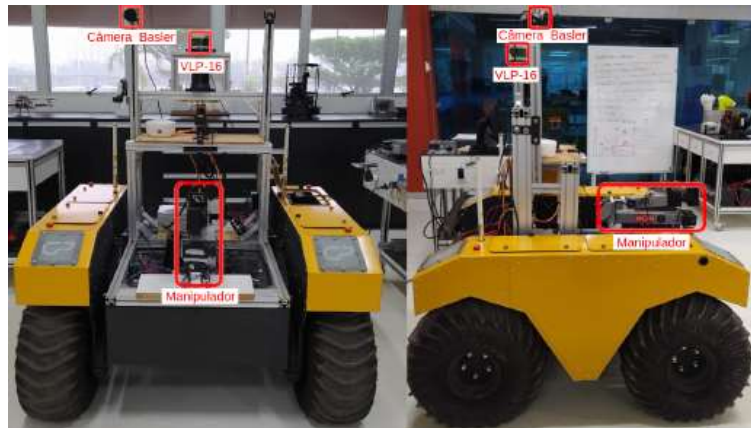


Figura 1. Foto tirada do UGV *Warthog* contendo os sensores utilizados para o EKF-SLAM

Os sensores foram utilizados para o planejamento da rota do veículo, de forma a determinar o caminho mais seguro para a locomoção, sem colidir com nenhum obstáculo a partir da sua localização atual. Para isso, o método EKF-SLAM foi utilizado com a finalidade de combinar as informações de odometria da roda e do *laser*, e a posição geográfica do veículo para determinar de forma precisa a sua localização no ambiente em que está inserido.

Com o intuito de auxiliar nesta etapa, foi aplicada a metodologia de desenvolvimento que consiste desde a sua concepção teórica até a aplicação dos testes no protótipo real, como mostra o diagrama da Figura 2. Neste diagrama, a primeira etapa foi em descrever o estado da arte, detalhando os conceitos de modelagem e estruturação dos sensores, descrição dos métodos de reconhecimento de padrões, explicação do uso do método de EKF-SLAM e a efetividade da aplicação com o manipulador. Na segunda etapa foi feita a implementação do código para realizar a missão em um ambiente simulado, o *software* de simulação utilizado foi o *Gazebo*. Na última parte foi desenvolvido o código para a versão física do protótipo e aplicação dos testes de desempenho.

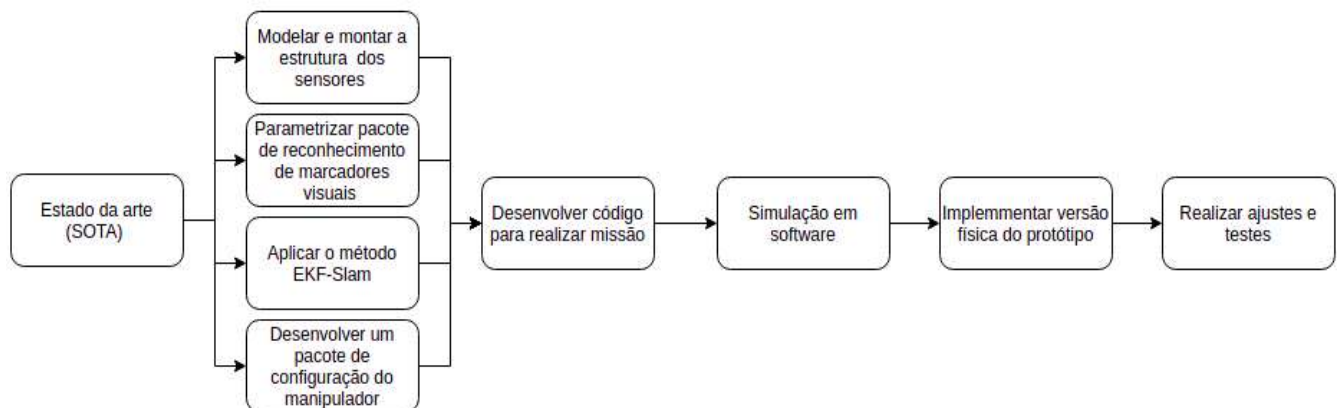


Figura 2. Modelo esquemático dos métodos utilizados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na utilização do EKF-SLAM no UGV *Warthog* apresentaram um comportamento trêmulo diante de percursos longos. Essa atuação ocorre no veículo por não se locomover de forma estável no ambiente real, devido às condições mecânicas do modelo e as condições físicas do terreno. No ambiente simulado, o movimento do veículo mostrou-se estável com o uso do método EKF-SLAM, devido a não possuir as condições físicas reais. O comportamento instável está associado à estrutura e a falta de controle no movimento do veículo, desconsiderando que o problema seja por causa do método de SLAM utilizado. Essa instabilidade no movimento gera um balanço em sua estrutura e o sensor LIDAR, que está preso a essa estrutura, passa a detectar o chão como obstáculo, impedindo que o UGV se locomova por uma trajetória bastante longa, como mostra a Figura 3.



Figura 3. Resultado do mapeamento feito pelo EKF-SLAM.

A Figura 3 mostra um mapa que contém pontos em preto, representando os obstáculos detectados pelo LIDAR. Devido a esses pontos de colisões, o UGV interrompe a todo momento o seu movimento e refaz o planejamento até um ponto em que não consegue mais determinar uma nova trajetória. Dessa forma, por causa das trepidações que um veículo terrestre é capaz de sofrer durante seu movimento, pode ocorrer o problema de detecção de chão como obstáculo. Com isso o robô não consegue se deslocar por uma distância muito grande, devido aos obstáculos falsos marcados, fazendo com que ele fique parado sem conseguir planejar uma nova trajetória válida.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo retrata a concepção e os desafios do uso do método EKF-SLAM aplicado em um robô autônomo chamado *Warthog*, integrado com sensores de câmera, LiDAR e GPS. O desenvolvimento foi baseado no *framework* ROS. O desenvolvimento da solução que contém o método EKF-SLAM foi feito no ambiente simulado e no real. Na simulação foram obtidos resultados satisfatório para a locomoção em longas distâncias. Quando utilizado na demonstração real, os resultados também foram alcançados, mas divergências ocorreram quando houveram distâncias maiores. Dessa forma, entre a simulação e o real lacunas foram identificadas.

Para o aprimoramento das funcionalidades do robô, é necessário realizar ajustes no pacote de navegação, com intuito de resolver o problema de instabilidade do seu movimento e implementar um filtro para não detectar o chão como obstáculo, devido ao balanço ocasionado pelo terreno e pela trepidação da estrutura que comporta os sensores.

O artigo mostrou também os desafios encontrados com o uso do método de SLAM proposto, a partir de uma atividade de exploração autônoma em um ambiente desconhecido. A atividade consistiu em explorar e mapear o ambiente, definindo a localização do veículo com base nessas informações, procurando um objeto nessa região para realizar uma atividade de manipulação. Portanto, com os desafios enfrentados na navegação autônoma do veículo, não foi possível fazer com que o UGV se aproximasse do objeto e realizasse uma atividade de manipulação. Dessa forma, a atividade se restringiu na observação de desempenho e estabilidade do movimento do veículo aplicado a partir do uso do método EKF-SLAM.

5. REFERÊNCIAS

- ¹PIMENTA, T. T. Controle de manipuladores robóticos. Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia de Controle e Automação, 2009.
- ²MARCHI, Jerusa. Navegação de robôs móveis autônomos: Estudo e implementação de abordagens. Florianópolis, 2001.
- ³SAN, Khin Thida, et. al. SLAM for Automated Unmanned Ground Vehicle with ROS. South Korea, 2018.