

Projeto e desenvolvimento de um scanner de baixo custo para aferição de distâncias em aplicações de robótica móvel

**Proponentes: Dr. Adriano Nogueira Drumond Lopes
Dr. Lucas Silva de Oliveira**

Resumo

Neste projeto objetiva-se o estudo de uma classe de sensores exteroceptivos, baseados em luz infravermelha e/ou laser, usados para a aferição de distâncias em aplicações de robótica móvel. Neste contexto, serão investigados sensores que atendam ao projeto e, conseqüentemente, ao desenvolvimento de um *scanner* de baixo custo para a detecção de objetos em uma faixa entre 0,1 e 1,5 metros. Para realizar a varredura no entorno do robô, será proposta a construção de uma plataforma rotativa para a afixação dos sensores em posições conhecidas. Esta será atuada por servo-motores ou motores de passo. Para o controle dos dispositivos eletromecânicos e aquisição dos dados sensoriais será utilizada uma placa eletrônica microprocessada (e.g., Arduino, ESP32, Raspberry). Então, a partir da associação de informações sobre: o posicionamento dos sensores, a aferição da distância dos obstáculos e o rastreo da posição angular da plataforma, serão estimadas as distâncias entre o dispositivo móvel e os obstáculos em um plano paralelo à base do robô. A princípio, deseja-se que estes dados sobre a distância dos objetos sejam apresentados graficamente para uma melhor interpretação dos resultados. Espera-se realizar comparações com as respostas fornecidas por sensores do tipo LiDAR (Light Detection and Ranging). Como resultado final, almeja-se obter um sensor, capaz de fornecer dados acurados sobre a distância dos obstáculos na área de operação da plataforma móvel, oferecendo assim uma solução alternativa aos sensores LiDAR's, especialmente quando os objetivos são: a detecção de objetos localizados nas proximidades do robô (distâncias inferiores à 0,3 metros) e a redução no custo do projeto robótico. Por fim, vale destacar que este projeto permitirá ao aluno bolsista um aprofundamento em conceitos envolvendo disciplinas curriculares do curso Técnico em Mecatrônica (e.g., Instrumentação e Introdução à Robótica).

i. Palavras-chave: Sensores de distância, sensores exteroceptivos, robótica móvel.

ii. Câmara Temática:

- ☐ Engenharia Civil, Engenharia Ambiental, Engenharia de Materiais, Engenharia de Minas, Engenharia Mecânica e Engenharia Metalúrgica;
- ☒ Engenharia Elétrica, Engenharia da Computação, Ciência da Computação, Engenharia de Produção e Engenharia de Transportes;
- ☐ Matemática, Estatística, Física, Química e Biologia;
- ☐ Ciências Humanas, Ciências Sociais, Ciências Sociais Aplicadas, Educação, Linguística, Letras e Artes.

iii. Modalidade de orientando(s):

- ☒ Bolsista;
- ☐ Voluntário.

iv. Este projeto está sendo enviado em substituição a uma proposta já submetida?

- ☐ Sim. Nº de projeto a ser substituído: _____;
- ☒ Não.

1 Apresentação do Problema

Uma das tarefas mais importantes de um sistema autônomo consiste na aquisição de informações referentes ao estado interno do dispositivo e sobre o ambiente no qual este está inserido. Nesse contexto, uma vasta gama de sensores estão disponíveis para aplicações em robótica móvel, estes, usualmente agrupados em duas categorias: proprioceptivos e exteroceptivos, utilizados respectivamente para a aquisição de dados internos (e.g., corrente de alimentação dos motores, tensão da bateria) e externos (e.g., proximidade de objetos, posição global) [1, 2]. Alguns destes são utilizados para medir dados simples como tensão da bateria ou a velocidade de cada um dos motores. Outros mais sofisticados podem ser utilizados para adquirir informações sobre o ambiente em que o robô está inserido ou até mesmo medir diretamente a posição global de um robô.

Um robô móvel desloca-se em ambientes muitas das vezes não estruturados e, portanto, dotado de características e obstáculos inicialmente não previstos, portanto, a capacidade perceptiva de tais robôs é crítica. Neste contexto, sensores de distância ativos, continuam sendo os sensores mais comuns em robótica móvel. Vários sensores de distância possuem um preço acessível, e, mais importante, esses provêm geralmente uma saída de fácil interpretação: i.e. uma interpretação direta da distância entre o robô e o objeto em seus arredores. Para detecção e desvio de obstáculos, a maioria dos robôs se baseiam principalmente nesta classe de sensores.

Sensores ativos emitem energia no ambiente, e então medidas de sua reação são utilizadas para a estimação da distância até o objeto detectado. Entre as vantagens de sensores ativos destaca-se a obtenção de reações mais controladas. Ainda, para melhorar o desempenho de sensores de distância ativos, usualmente utilizam-se métodos de triangulação, ou seja, propriedades geométricas conhecidas são utilizadas em suas estratégias de medição para refinar as leituras de distância. A classe mais simples de triangulação de distâncias englobam os sensores ativos: eles projetam no ambiente um padrão de luz conhecido (e.g., um ponto, uma linha ou uma textura) e a reflexão deste padrão conhecido é capturada por um receptor e, a partir dos valores geométricos conhecidos, o sistema pode usar uma simples triangulação para estabelecer a distância medida. Se o receptor medir o reflexo ao longo de um eixo simples, podemos classificar o sensor de um sensor de triangulação óptica de 1D. O princípio da triangulação óptica em 1 dimensão é direta. Um raio de luz é transmitido até o alvo. A luz refletida é coletada pela lente e projetada em um *position-sensitive device*(PSD) ou câmera linear. A resolução deste tipo de sensor é melhor para objetos que estão próximos [1].

Entretanto, para algumas aplicações mais sofisticadas, a informação do espaço aberto proveniente dos sensores de distância pode ser acumulada para fornecer representações que extrapolam o eixo de referência local do robô. Sensores deste tipo, usualmente classificados como LiDAR (Light Detection and Ranging) fornecem resultados acurados para distâncias entre 0,3 e 12 metros, porém muitas vezes implicam em um aumento importante no custo do projeto, visto que os modelos de entrada de sensores com esta tecnologia custam aproximadamente quinhentos reais [3, 4, 5].

Neste contexto, este trabalho propõe o projeto de um sensor, capaz de fornecer dados acurados sobre a distância dos obstáculos na área de operação da plataforma móvel, oferecendo assim uma solução alternativa aos sensores LiDAR's, especialmente quando os objetivos são: a detecção de objetos localizados nas proximidades do robô (distâncias inferiores à 0,3 metros) e a redução no custo do projeto robótico.

2 Objetivos da Pesquisa

Nesta seção são descritos o objetivo geral do projeto de pesquisa e, também, os objetivos específicos.

2.1 Objetivo geral

Neste projeto propõe-se a construção de um *scanner* laser (ou baseado em luz infravermelha) para aferição das distâncias entre um sistema robótico e os obstáculos inseridos em sua área de operação.

2.2 Objetivos específicos

Para o cumprimento do objetivo geral, as seguintes atividades deverão ser realizadas:

- estudar o princípio de funcionamento dos sensores de distância baseado em luz infravermelha e laser e definir o tipo de sensor mais apropriado à aplicação proposta;
- realizar ensaios para a calibração dos sensores e a verificação da faixa de operação, e do tempo de resposta dos mesmos;
- definir a quantidade necessária de sensores, a frequência de varredura e o atuador que será utilizado;
- realizar o projeto do dispositivo em software CAD/CAE;
- construir o protótipo, realizar a fixação dos sensores, roteamento dos cabos e instalação do atuador.
- desenvolver o algoritmo para realizar a estimativa da distância entre os obstáculos e a projeção do plano contendo estas restrições;
- validar os resultados obtidos e se possível, fazer comparações com sistemas comerciais.

3 Metodologia de Trabalho

Propõe-se o desenvolvimento de uma iniciação científica focalizada no desenvolvimento de um sistema de sensoriamento capaz de aferir de forma acurada a distância entre obstáculos localizados dentro da área de trabalho de um robô móvel.

Neste contexto, o trabalho inicia-se com uma investigação das soluções comerciais disponíveis e de uma revisão bibliográfica sobre os princípios de funcionamento dos sensores baseados em luz infravermelha e laser disponíveis para tal aplicação.

Então, numa segunda etapa, os recursos e características do dispositivo deverão ser definidos para que, em seguida, sejam iniciadas as etapas de modelagem do protótipo em software CAD/CAE e a construção do dispositivo utilizando os recursos disponíveis no Laboratório Maker.

A terceira etapa consistirá no desenvolvimento do algoritmo para realizar a estimativa da distância entre os obstáculos e a projeção do plano contendo estas restrições. Ainda nesta etapa, deverão ser realizados ensaios para a calibração dos sensores.

Por fim, o dispositivo deverá ser validado e os resultados obtidos deverão ser comparados com os provenientes de um sensor LiDAR comercial.

Durante todo o projeto serão realizadas reuniões semanais com os orientadores.

4 Resultados e Impactos Esperados

Com o desenvolvimento desta pesquisa, espera-se obter os resultados listados a seguir:

1. um protótipo de um sistema sensorial capaz de aferir distâncias entre o dispositivo no qual o mesmo está instalado e os obstáculos inseridos em sua faixa de operação;
2. projeto e construção de dispositivo, implementação de algoritmos e comparação dos resultados com sistemas análogos disponíveis no mercado;
3. uma boa formação do aluno bolsista, visto que esse aluno terá oportunidade de aprofundar os conhecimentos em sensores para robótica, microcontroladores e desenho mecânico;
4. o aluno bolsista irá trabalhar com alunos de graduação participantes do Programa de Educação Tutorial (PET) da Engenharia Mecatrônica, resultando assim em uma verticalização do conhecimento; e

5. a escrita de artigos será consequência dos resultados alcançados no projeto. Isso possibilitará ao aluno bolsista adquirir experiência em pesquisa.

5 Recursos Necessários

Os recursos necessários para as etapas de estudo dos sensores e projeto do dispositivo são: livros, computadores, software de modelagem CAD/CAE, IDE's de programação e acesso aos portais CAPES e SCOPUS, recursos estes já são disponibilizados pela instituição. Para a construção do protótipo serão utilizados equipamentos e materiais fornecidos pelo Laboratório Maker da Unidade de Divinópolis do CEFET-MG. Também será disponibilizado pelos orientadores um sensor LiDAR para realização da comparação dos resultados. Os demais componentes necessários ao projeto são componentes eletrônicos de baixo custo e já se encontram disponíveis com os orientadores.

6 Referências

- [1] R. Siegwart, I. R. Nourbakhsh, and D. Scaramuzza, *Introduction to Autonomous Mobile Robots*. MIT Press, 2 ed., 2011.
- [2] B. Siciliano and O. Khatib, *Handbook of Robotics*. Springer Berlin, Heidelberg, 1 ed., 2008.
- [3] J. Zhang and S. Singh, "Loam: Lidar odometry and mapping in real-time," in *Robotics: Science and Systems*, 2014.
- [4] D. J. Mulla, "Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps," *Biosystems Engineering*, vol. 114, pp. 358–371, 2013.
- [5] B. Schwarz, "Lidar: Mapping the world in 3d," *Nature Photonics*, vol. 4, pp. 429–430, 2010.

Plano de trabalho do bolsista

Modalidade do Orientando: Bolsista PIBIC.

1. Objetivos das Atividades:

As tarefas aqui relacionadas oferecem um caminho sistemático para a realização do projeto proposto. Estas atividades buscam: introduzir o tema investigado ao bolsista, guiar o estudante nas etapas de desenvolvimento e fornecer dicas sobre a validação e apresentação dos resultados.

2. Descrição das Atividades:

1. Estudos teóricos

- 1.1 Princípio de funcionamento dos sensores de distância baseado em luz infravermelha e laser.
- 1.2 Definição das Especificações de projeto: faixa de operação, quantidade necessária de sensores, frequência de varredura e escolha do atuador a ser utilizado.

2. Desenvolvimento e aplicação

- 2.1 Ensaios de calibração dos sensores e a verificação: da faixa de operação, e do tempo de resposta dos mesmos.
- 2.2 Modelagem do dispositivo em software CAD/CAE.
- 2.3 Construção da estrutura do dispositivo, posicionamento dos sensores e atuador.
- 2.4 Desenvolvimento do algoritmo para realizar: a estimação da distância entre os obstáculos e a projeção das restrições no plano paralelo à base do robô.
- 2.5 Validação dos resultados e realização de comparações com sistemas comerciais análogos.

3. Relatório final

- 3.1 Escrita do relatório final e elaboração de artigos para eventos e/ou periódico, a depender dos resultados.

3. Local de Desenvolvimento das Atividades:

Laboratório de Robótica, sala 305, CEFET-MG *Campus* Divinópolis.

4. Cronograma de Atividades:

Atividade (↓) Mês.(→)	1 ^o	2 ^o	3 ^o	4 ^o	5 ^o	6 ^o	7 ^o	8 ^o	9 ^o	10 ^o	11 ^o	12 ^o
1.1	✓	✓										
1.2		✓	✓									
2.1			✓	✓								
2.2					✓	✓						
2.3						✓	✓					
2.4							✓	✓	✓			
2.5									✓	✓	✓	
3.1											✓	✓

Tabela 1: Cronograma de atividades.

5. Metodologia de Acompanhamento:

O bolsista será acompanhado semanalmente, por meio de reuniões semanais com o orientador e com o coorientador. Também serão realizadas atividades de divulgação, tais como apresentação em seminários, essas permitirão o acompanhamento do desenvolvimento do projeto.