

ANÁLISE DA NAVEGAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DE ROBÔS AUTÔNOMOS POR MEIO DE MARCADORES VISUAIS APRIL TAG E ARUCO

Maria Clara do Carmo Precci Lopes, Cleide Almeida Coelho Fernandes, Alexandre Santos Brandão

ODS9 - INDÚSTRIA, INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA

Pesquisa

Introdução

Um dos principais desafios enfrentados por sistemas robóticos autônomos está relacionado à dificuldade de mapeamento e localização em ambientes internos. Métodos tradicionais, como o uso de GPS tornaram-se inviáveis, e sensores como o LiDAR podem apresentar limitações em termos de custo ou desempenho em determinados cenários.

Nesse contexto, os marcadores visuais fiduciais, como os AprilTags e os ArUco, têm se destacado como soluções acessíveis e eficazes para otimizar a localização e a navegação de robôs móveis terrestres e veículos aéreos não tripulados (VANT). Esses marcadores, quando detectados por câmeras embarcadas, permitem estimar a pose (posição e orientação) do robô em relação a um sistema de coordenadas global.

Objetivos

O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho e a precisão de marcadores AprilTags e ArUco no processo de localização em ambientes internos. Como métricas, buscou-se avaliar as métricas, como tempo de processamento, taxa de detecção e precisão da pose, para analisar quais marcadores são mais eficientes em aplicações práticas.

Material e Métodos

O experimento utilizou o robô móvel Pioneer, marcadores visuais do AprilTag e do ArUco, de diferentes famílias, e uma webcam monociliar. Foram conduzidos três experimentos: no primeiro, utilizaram-se exclusivamente três famílias diferentes de marcadores AprilTag; no segundo, apenas marcadores de cinco famílias diferentes de ArUco; e no terceiro, ambos os marcadores foram posicionados simultaneamente no ambiente, como mostra a Figura 1, possibilitando uma análise comparativa.



Figura 1 - Experimento realizado com ArUco e AprilTag.

Apoio Financeiro



Resultados

Nos testes individuais (Tabelas I e II), o ArUco demonstrou melhor desempenho geral, registrando o menor erro médio de pose (0,03m) e o menor tempo de detecção médio (0,021s). O AprilTag apresentou resultados inferiores, com 0,06m de erro e 0,059s de tempo médio. Na detecção simultânea (Tabela III), o tempo de processamento aumentou significativamente para ambos, justificado pelo processamento do código mais complexo. Contudo, o AprilTag superou o ArUco no tempo de detecção. Esta inversão sugere que, sob condições de maior exigência de processamento, o AprilTag é mais robusto quanto à detecção de quinas, sendo menos suscetível a ruído.

Tabela I - Teste individual com ArUco

Marcador	ID	Taxa de detecção	Tempo de detecção (s)	Pose (m)
4x4_50	9	100%	0,021	3,01
5x5_50	8	100%	0,021	3,04
6x6_50	12	100%	0,020	3,03
7x7_50	0	100%	0,025	3,05
Original	16	100%	0,017	3,04

Tabela II - Teste individual com AprilTag

Marcador	ID	Taxa de detecção	Tempo de detecção (s)	Pose (m)
tag16h5	5	100%	0,079	3,05
tag25h9	10	100%	0,036	3,05
tag36h11	12	100%	0,038	3,09

Tabela III - Teste com um marcador ArUco e uma AprilTag

Marcador	ID	Taxa de detecção	Tempo de detecção (s)	Pose (m)
ArUco 6x6	5	100%	0,254	2,95
AprilTAG	10	100%	0,1935	3,01

Conclusões

Os resultados obtidos evidenciam que tanto os marcadores ArUco quanto os AprilTag são alternativas viáveis para aplicações de localização e navegação de robôs em ambientes internos. Nos testes individuais, o ArUco mostrou maior eficiência em cenários simples. Porém, na detecção simultânea, o AprilTag apresentou melhor desempenho, com maior robustez quanto à detecção de quinas.

Bibliografia

- A. Zakiev, T. Tsot, K. Shabalina, E. Magid and S. K. Saha, "Virtual Experiments on ArUco and AprilTag Systems Comparison for Fiducial Marker Rotation Resistance under Noisy Sensory Data," 2020 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), Glasgow, UK, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/IJCNN48605.2020.9207701.
- Kalaitzakis, M., Cain, B., Carroll, S. et al. Fiducial Markers for Pose Estimation. *J Intell Robot Syst* 101, 71 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10846-020-01307-9>