

MÁSTER EN NUEVAS TECNOLOGÍAS ELECTRÓNICAS Y FOTÓNICAS

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2024-2025

PROPUESTA

Título:	Desarrollo de un sistema de localización basado en SLAM para mejorar la localización de un robot de inspección de palas de aerogeneradores
Título en inglés:	<i>Development of a SLAM-Based Localization System to Improve the Positioning of a Wind Turbine Blade Inspection Robot</i>
Tutor/es:	Raúl Fernández Fernández, Jesús Chacón Sombria
Correos-e:	raufer06@ucm.es , jeschaco@ucm.es
Lugar de realización:	Departamento de Arquitectura de Computadores y Automática

Resumen:

La localización de un robot de inspección eólica es crítica a la hora de poder posicionar y localizar de forma precisa la posición dentro de la pala ya que sirve a los expertos para estimar la severidad del daño encontrado y las acciones a realizar a la hora de preparar la reparación.

Actualmente los sistemas de posicionamiento por integración suponen un error incremental que puede llevar a una detección errónea del daño, además el terreno, el interior de la pala de un aerogenerador, presenta una superficie irregular, así como gran cantidad de suciedad como puede ser aceite, grasa, polvo o agua que provoca deslizamientos en los sistemas de tracción y por lo tanto problemas a la hora de medir mediante un encoder.

Este Trabajo de Fin de Máster (TFM) propone un sistema que integrará datos de una **unidad inercial (IMU)**, **siete sensores de distancia** y el **encoder de tracción del robot y cámaras**, con el objetivo de realizar una fusión sensorial que permita construir refinar la localización en tiempo real. Los resultados esperados incluyen una reducción significativa de la deriva odométrica, mayor precisión en trayectorias largas y una mejora en la autonomía y fiabilidad de las operaciones de inspección.

2. Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es explorar la posibilidad de incorporar técnicas de SLAM para la mejora del posicionamiento del robot. Los objetivos específicos son los siguientes:

1. Revisar el estado del arte de los métodos SLAM y los sensores necesarios para su aplicación.
2. Diseñar un modelo de fusión sensorial que combine datos de IMU, sensores de distancia y encoder.
3. Programación diferentes algoritmos de SLAM y comparar su rendimiento,
4. Implementar la solución en el equipo de inspección real para su prueba en entornos controlados
5. Analizar los resultados obtenidos y proponer mejoras o ajustes a la configuración y algoritmos desarrollados.

Metodología:

La metodología propuesta se centrará en el estudio teórico, la simulación y la experimentación práctica de algoritmos de consenso aplicados a la navegación en formación.

3.1. Revisión bibliográfica

- Estado del arte en SLAM: Visual-SLAM, LIDAR-SLAM y Sensor-Fusion SLAM.
- Estudios previos de localización en robots de inspección vertical y en entornos eólicos.
- Algoritmos relevantes utilizados actualmente: EKF-SLAM, Graph-SLAM, ORB-SLAM.
- Comparación entre sensores tradicionales (LIDAR/cámaras) y alternativas ligeras (IMU + encoders + sensores de distancia/cámaras)

3.2. Implementación y validación experimental

- Integración de IMU en el robot de inspección actual.
- Implementación de algoritmos de SLAM seleccionados
- Realización de experimentos en entornos controlados, evaluando el rendimiento del algoritmo en trayectos reales y controlados con superficies similares.
- Validación mediante trayectorias de referencia y comparación con las medidas de referencia

3.3. Análisis y comparación

- Comparación entre odometría convencional y el sistema SLAM propuesto.
- Evaluación de métricas:
- Error de localización absoluto (RMSE).
- Deriva relativa en trayectorias largas.
- Consistencia y completitud de los mapas generados.
- Discusión sobre ventajas, limitaciones y posibles mejoras

4. Plan de trabajo y cronograma

El proyecto se desarrollará en las siguientes etapas durante 6 meses:

1. **Mes 1:** Revisión de literatura y definición del marco teórico. Estudio viabilidad y selección de sensores.
2. **Mes 2:** Modelado de sensores y simulación inicial.
3. **Mes 3:** Implementación de fusión sensorial y algoritmos SLAM.
4. **Mes 4:** Integración en el equipo robótico actual.
5. **Mes 5:** Realización de experimentos y recopilación de datos para el análisis comparativo.
6. **Mes 6:** Análisis final, redacción del informe y conclusiones.

Conocimientos previos recomendados:

Para llevar a cabo este Trabajo de Fin de Máster, es recomendable que el estudiante tenga una base sólida en los siguientes temas:

1. Robótica

- **Fundamentos de Robótica Móvil:** Es importante contar con conocimientos sobre la cinemática y dinámica de robots móviles, así como los principios básicos de control de movimiento y navegación autónoma.
- **Sensores y Actuadores:** Familiaridad con los principales tipos de sensores (lidar, cámaras, ultrasonidos, etc.) y actuadores utilizados en robots móviles, incluyendo su integración y uso para la toma de decisiones.

3. Matemáticas Aplicadas

- **Optimización y Control:** Conocimientos básicos de técnicas de optimización aplicadas al control de sistemas dinámicos, como la optimización convexa, programación cuadrática, y control basado en reglas.

4. Programación y Simulación

- **Lenguajes de Programación:** Familiaridad con **Python** y/o **C++**, ya que son lenguajes comunes para el desarrollo de algoritmos en robótica y simulaciones.

Bibliografía:

Thrun, Sebastian, Wolfram Burgard, y Dieter Fox. 2005. *Probabilistic Robotics*. Cambridge, MA: MIT Press.

Durrant-Whyte, Hugh, y Tim Bailey. 2006. "Simultaneous Localization and Mapping: Part I." *IEEE Robotics & Automation Magazine* 13 (2): 99–110.

Bailey, Tim, y Hugh Durrant-Whyte. 2006. "Simultaneous Localization and Mapping: Part II." *IEEE Robotics & Automation Magazine* 13 (3): 108–117.

Cadena, Cesar, Luca Carlone, Henry Carrillo, Yasir Latif, Davide Scaramuzza, José Neira, Ian Reid, y John J. Leonard. 2016. "Past, Present, and Future of Simultaneous Localization and Mapping: Toward the Robust-Perception Age." *IEEE Transactions on Robotics* 32 (6): 1309–1332.