

Entorno experimental para UAV con sistema de captura de movimiento

Cynthia Manosalvas¹, Édgar Ramírez Laboreo¹, Francisco José Mañas Álvarez²

¹ Grupo de Robótica, Vision por Computador, e Inteligencia Artificial
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, España.
Tel. +34-976762707, e-mail: 696529@unizar.es, ramirlab@unizar.es

² Departamento de Informática y Automática,
Universidad Nacional de Educación a Distancia, C/ Juan del Rosal, nº 16, 28040, Madrid, España
Tel. +34-976762707, e-mail: fmanas@dia.uned.es

Resumen

Se presenta el desarrollo de un entorno experimental para vehículos aéreos no tripulados (UAVs) en interior (*indoor*) con sistema de captura de movimiento (MoCap) como base para el desarrollo de diferentes algoritmos de control. La plataforma integra ROS 2, Aerostack2 y PX4, validando su integración mediante vuelos reales.

Introducción

El uso de vehículos aéreos no tripulados (UAVs del inglés *Unmanned Aerial Vehicles*) en diferentes ámbitos y aplicaciones ha aumentado notablemente en los últimos años debido a su versatilidad, bajo coste y capacidad para operar de forma autónoma en distintos entornos [1]. En el ámbito de la investigación, los UAVs permiten validar algoritmos de control y navegación en condiciones físicas reales y reproducibles.

Este trabajo se enmarca en un proyecto de investigación del grupo RoPeRT (Robótica, Visión por Computador e Inteligencia Artificial) relacionado con el transporte colaborativo de objetos mediante múltiples UAVs a través de sistemas de cuerdas o tirantes. Como punto de partida, se plantea el desarrollo de un entorno experimental para UAVs integrando el MoCap OptiTrack [2], el sistema de control para vehículos autónomos PX4 [3], el middleware robótico ROS 2 [4] y el framework de robótica aérea Aerostack2 [5].

El objetivo principal es disponer de una plataforma flexible que permita validar algoritmos de control en interiores mediante vuelo autónomo, proporcionando una base experimental para el desarrollo e implementación de estrategias de control más avanzadas.

Implementación

Hardware

La arquitectura hardware de la plataforma está compuesta por un UAS (Sistema Aéreo no Tripulado, del inglés *Unmanned Aerial System*), un sistema de computación y un MoCap (OptiTrack), como se muestra en la Figura 1.

El UAS está formado por el UAV, la estación de tierra y los sistemas de comunicación asociados. El UAV empleado es el kit de desarrollo Holybro X500 V2, el cual incorpora, entre otros elementos, una controladora de vuelo Pixhawk 6C y un receptor de radio telemetría para la comunicación con la estación de tierra. La estación de tierra está compuesta por un ordenador empleado para la monitorización y configuración de la controladora de vuelo, un transmisor de radio telemetría y un transmisor de radio utilizado para control manual y seguridad durante las pruebas experimentales. El sistema de computación está formado por una Raspberry Pi 4B utilizada como ordenador de a bordo encargado del procesamiento de alto nivel.

Por último, OptiTrack está compuesto por un conjunto de cámaras infrarrojas encargadas de detectar los marcadores reflectantes colocados sobre el UAV, permitiendo obtener medidas de posición y orientación en tiempo real dentro del entorno experimental.

Software

La arquitectura software desarrollada se basa en ROS 2 y Aerostack2 para la gestión de la comunicación y control del sistema, mientras que la controladora de vuelo ejecuta PX4 como sistema de control de vuelo.

La información de posición y orientación proporcionada por el sistema OptiTrack es procesada inicialmente en la estación de tierra mediante un nodo encargado de publicar las medidas del sistema de captura de movimiento en ROS 2. Posteriormente, esta información es enviada al ordenador de a bordo, donde los módulos *state_estimator* y *pixhawk_platform* de Aerostack2 ejecutan los nodos encargados de transformar las medidas procedentes del MoCap al sistema de referencia requerido por PX4 y publicar la odometría externa utilizada por el estimador interno de la controladora de vuelo. La comunicación entre el ordenador de a bordo y la controladora de vuelo se realiza mediante uXRCE-DDS, permitiendo el intercambio de mensajes de estado y comandos de control en tiempo real.

Entre los principales aspectos abordados durante la implementación destacan la conversión entre los sistemas de referencia utilizados por ROS 2 y PX4, la integración de odometría externa, el ajuste de parámetros asociados a la fusión de medidas externas y la implementación del control autónomo *Offboard*.

Validación experimental

La validación experimental de la plataforma se realizó en un entorno *indoor* utilizando OptiTrack como referencia externa para la estimación de la posición y orientación del UAV.

Las pruebas se llevaron a cabo mediante vuelo autónomo en modo *Offboard*, realizando maniobras básicas como despegue, vuelo estacionario y seguimiento de trayectorias simples (Figura 2). Durante la experimentación se evaluó la integración entre ROS 2, Aerostack2 y PX4, verificando el correcto funcionamiento de la comunicación entre módulos y la integración de la odometría externa dentro del estimador de la controladora de vuelo.

Los resultados obtenidos validan el correcto funcionamiento de la plataforma desarrollada como entorno experimental para UAVs.

Conclusiones

En este trabajo se ha desarrollado una plataforma experimental para UAVs basada en OptiTrack, ROS 2, Aerostack2 y PX4. La arquitectura implementada permite integrar medidas externas de posición y orientación dentro del estimador de la controladora de vuelo y realizar vuelo autónomo en modo *Offboard* en entornos interiores.

Los resultados experimentales obtenidos validan el correcto funcionamiento de la plataforma y su utilidad como entorno experimental para el desarrollo y validación de algoritmos de control y navegación autónoma en UAVs.

REFERENCIAS

- [1]. MAHONY, Robert; KUMAR, Vijay; CORKE, Peter. Multirotor aerial vehicles: Modeling, estimation, and control of quadrotor. *IEEE Robotics & Automation magazine*, 2012, vol. 19, no 3, p. 20-32.
- [2]. NATURALPOINT, INC. OptiTrack Documentation. Available from: <https://docs.optitrack.com/>
- [3]. PX4 DEVELOPMENT TEAM. PX4 User Guide. Available from: <https://docs.px4.io/>
- [4]. ROS DEVELOPMENT TEAM. ROS 2 Documentation. Available from: <https://docs.ros.org/en/humble/>
- [5]. FERNANDEZ-CORTIZAS, Miguel, et al. Aerostack2: A software framework for developing multi-robot aerial systems. *arXiv preprint arXiv:2303.18237*, 2023.

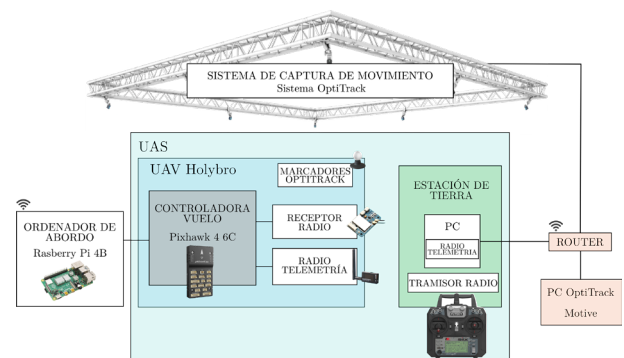


Figura 1. Arquitectura de la plataforma experimental.

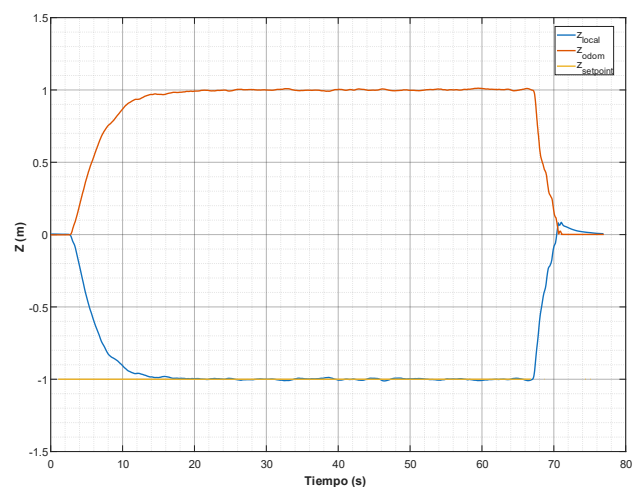


Figura 2. Validación experimental del seguimiento del UAV a una consigna de altura.