

Desarrollo y evaluación de una estación de control de tierra para vehículos aéreos no tripulados

Jesús Velasco

Instituto Universitario de Automática e Informática industrial, Universitat Politècnica de València
jevecar@etsii.upv.es

Sergio García-Nieto

Instituto Universitario de Automática e Informática industrial, Universitat Politècnica de València,
sergarro@isa.upv.es

Gilberto Reynoso-Meza

Instituto Universitario de Automática e Informática industrial, Universitat Politècnica de València,
gilreyme@upv.es

Javier Sanchis

Instituto Universitario de Automática e Informática industrial, Universitat Politècnica de València,
jsanchis@isa.upv.es

Resumen

Los vehículos aéreos no tripulados (UAV's) son vehículos autónomos, diseñados para cumplir con diversas misiones en el ámbito civil y militar. Actualmente, se comienza a extender su uso en situaciones donde la misión de vuelo conlleva la posibilidad de riesgo de pérdidas humanas. En el siguiente documento, se describe el desarrollo del sistema de telemetría para la gestión de las comunicaciones entre dispositivos UAVs y las estaciones de tierra que monitorizan el comportamiento de estos sistemas.

Palabras Clave: UAV's, ground control, LabView.

1 INTRODUCCIÓN

Los vehículos aéreos no tripulados son aeronaves autónomas diseñadas bajo un requerimiento específico para cumplir una determinada misión. Existen en el mundo una gran variedad de UAVs, tanto en el ámbito de la aviación civil como militar, que presentan diferente complejidad, tamaño, coste y finalidad. Independientemente del ámbito de su uso, la principal finalidad de los UAVs es la consecución de misiones donde el riesgo de pérdida de vidas humanas se cuantifica como probable.

La mayoría de sistemas existentes en la actualidad que permiten emplear UAVs con una cierta viabilidad están compuestos por cuatro subsistemas principales, independientes a nivel de desarrollo y vinculados, entre sí, a nivel funcional. Dichos subsistemas son:

- **Plataforma de vuelo:** Se compone del vehículo en sí (normalmente definido como airframe o aircraft) y la carga útil a bordo de éste (cámaras y otros sensores).
- **Sistema de control de vuelo o FCS (Flight Control System):** Se compone de los sensores (IMU, Air data, etc), sistemas de posicionamiento (GPS u otros), servomecanismos, computador de abordo, etc. integrados en la plataforma de vuelo. El FCS se caracteriza por ser el encargado de geo-referenciar la información adquirida por la plataforma en vuelo y contribuir al control y estabilización del UAV.
- **Sistema de comunicaciones.** Se compone de enlaces de comunicación, vía radio, entre la estación de control de tierra y el vehículo aéreo no tripulado. Se caracteriza por ser el encargado de transferir la información adquirida por la plataforma en vuelo y garantizar la comunicación entre el centro de control y la plataforma de vuelo.
- **Estación de Control de Tierra o GCS (Ground Control Station):** Se compone del conjunto de ordenadores y/o dispositivos que monitorizan y supervisan la plataforma de vuelo y su FCS. Cuenta con un sistema de observación para realizar el análisis (generalmente gráfico) de la información adquirida e integrarla en una aplicación relacionada con el propósito de la misión.

Todos los subsistemas anteriores son esenciales para el correcto funcionamiento del UAV y la ejecución de una misión de vuelo determinada. En este trabajo, se describe el desarrollo de una GCS capaz de mantener la comunicación y monitorización con una plataforma de vuelo.

El resto del documento se divide como sigue: en la sección 2, se describe brevemente la plataforma de vuelo a emplear; en la sección 3, se expone el desarrollo de la GCS. En la sección 4 se comentan las pruebas de vuelo para validar la comunicación entre plataforma y GCS. Finalmente, se comentan las conclusiones de este documento y se plantean los trabajos futuros.

2 DESCRIPCIÓN DE LA PLATAFORMA DE VUELO

Este trabajo se desarrolla en el marco de los proyectos “Diseño e Implementación de pilotos automáticos para vehículos aéreos no tripulados (UAVs) mediante técnicas de Optimización y Control Avanzado” (TIN2011-28082) y “Nuevas estrategias de control no lineal en tiempo real para vehículos aéreos no tripulados (UAVs)” (UPV/PAID-06-11). El objetivo último es el desarrollo de un sistema de control que garantice el desarrollo íntegro de una misión (despegue, seguimiento de waypoints, aterrizaje, etc) de manera completamente autónoma.

En el marco del proyecto mencionado con anterioridad, se ha decidido emplear como plataforma base, para desarrollar el UAV, un avión RC comercial. En particular, se ha empleado el Graupner Kadett 2400 RC aircraft [1] (Figuras 1 y 2). Este avión de aeromodelismo presenta las siguientes características (aproximadas):

- Envergadura: 2400 mm
- Longitud total: 1745 mm
- Peso: 5000 g
- Superficie alar: 100 dm²

Dicha plataforma de vuelo ha sido seleccionada para este proyecto debido a sus características aerodinámicas. Entre ellas destaca por tener un perfil de ala alta que confiere un comportamiento en vuelo muy estable. Esta misma característica permite volar a bajas velocidades e incluso recuperar la estabilidad tras haber entrado en pérdidas.

Por otro lado, sus dimensiones permiten incorporar la instrumentación necesaria para convertir el prototipo en una UAV. Dichas características lo hacen ideal para, sin haber sido diseñado con tal fin, convertir al Kadett en un prototipo de UAV.

El diseño e implementación del FCS se encuentra en desarrollo (junto con otras actividades del proyecto). Por ello, se describe a continuación el desarrollo de la estación de control de tierra, imprescindible para realizar los primeros tests de vuelo y la adquisición de datos que serán empleadas para la identificación del modelo y el diseño de las estrategias de control.



Figura 1: Plataforma de Vuelo (frente)



Figura 2: Plataforma de vuelo (lateral)

3 DESARROLLO DE LA ESTACIÓN DE CONTROL DE TIERRA

Obviamente, resulta imprescindible contar con un sistema de comunicaciones apropiado para garantizar la recepción/emisión de datos hacia/desde el GCS. Asimismo, es conveniente contar con un GCS funcional, que permita recibir la información, almacenarla y monitorizarla de manera actualizada. A continuación se detallan este subsistema.

3.1 SISTEMA DE COMUNICACIÓN

Para obtener la información necesaria sobre la orientación del UAV, se ha seleccionado el sensor

IG-500N [2] (ver Figura 3), el cual es un giróscopo miniatura. Emplea tres giróscopos, tres acelerómetros, tres magnetómetros, un GPS y un barómetro para proveer de manera precisa la posición y orientación inercial del UAV. La estimación de dichas variables se realiza mediante la utilización de un filtro de Kalman extendido (ver Figura 4). Este sensor incluye protocolos de comunicación RS-232, RS-422, CAN y USB. Su peso (40 grms) y dimensiones (35.80 x 49.40 x 22 mm) lo convierten en un elemento ideal para ser incluido en la plataforma de vuelo.



Figura 3: Sensor de posición IG-500N. Tomado de [2].

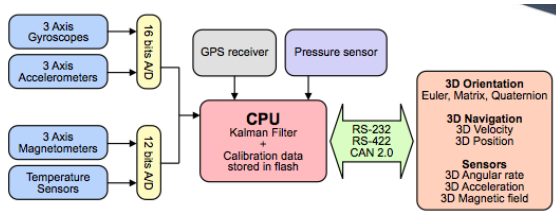


Figura 4: Diagrama de bloques simplificado del IG-500N. Tomado de [2].

Para garantizar la comunicación entre la FCS y la GCS, se ha recurrido a la utilización módulos emisor/receptor de comunicación RF que trabajan en la banda de los 2.4 GHz. En particular, se han utilizado los módulos RF de Xstream (Figura XX), diseñados para proporcionar una comunicación serie asíncrona inalámbrica.



Figura 1: Módulo RF de Xstream

El uso de estos módulos RF permite hacer casi transparente el enlace de conexión mediante el GCS

y el FCS, facilitando la gestión de las comunicaciones.

Por otra parte, la información recibida desde el FCS es volcada al GCS, cuyo software (ver Figura 5) visualizará de manera continua la información más actual recibida desde el UAV, tal y como se detalla a continuación.



Figura 5: Ordenador del GCS

3.2 ESTACIÓN DE CONTROL DE TIERRA

Los datos recibidos desde el UAV son gestionados por el software específico que se ha desarrollado para el GCS el cual ha sido implementado en LabView®.

El FCS envía de manera periódica las variables del KADETT referentes al roll, pitch, yaw, latitud, longitud, altitud, velocidad en X, Y, Z. Esta información es visualizada mediante en un conjunto de instrumentos virtuales (Figura 6) que representan la instrumentación básica que se puede encontrar en cualquier avión comercial.



Figura 6: Interfaz gráfica

Tal y como se puede apreciar en el panel frontal (ver Figura 6), existen indicadores para los ángulos de Euler (horizonte artificial) así como para las velocidades y altitud.

Por otro lado, en lugar de mostrar los datos de la latitud, longitud y altitud, es decir, el posicionamiento global del UAV, se emplea un mapa bidimensional que permite visualizar dicha información de manera gráfica (ver figura 7).



Figura 7: Posicionamiento del UAV

Asimismo, la interfaz incluye la instrumentación necesaria para gestionar otro tipo de tareas vitales para el correcto funcionamiento del sistema. Por ejemplo, se puede controlar el nivel de la batería en el UAV, resetear la comunicación y efectuar los cambios entre distintos estados de funcionamiento, es decir, entre modo autónomo, modo manual, etc.

Por tanto, toda la información que se genera a lo largo de la ejecución de la misión es recibida y almacenada en el control de tierra. La figura 8 muestra el panel de la aplicación para gestionar el almacenamiento de datos durante una misión. Estos son almacenados en formato KML (Keyhole Markup Language) y en formato KMZ; ambos son un estándar internacional abierto, interpretables por una gran variedad de aplicaciones, como por ejemplo Google Earth ©

El almacenamiento masivo de información permite reproducir posteriormente la misión (tal y como si el avión estuviera en vuelo de nuevo) y analizar el comportamiento de todo el sistema, característica fundamental para poder corregir y validar los sistemas diseñados.

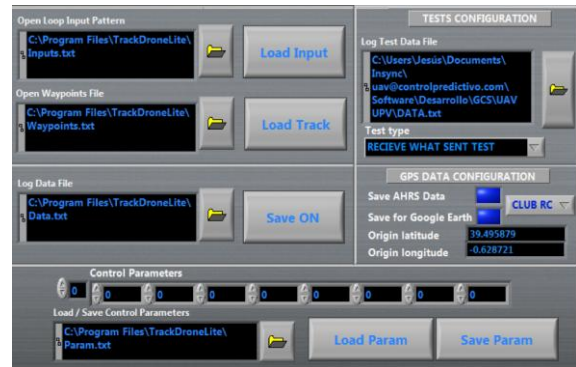


Figura 8: Panel de carga/descarga de datos de una misión de vuelo

4 PRUEBAS DE VUELO

El primer test de vuelo real se realizó el pasado mes de Mayo y supuso un test preliminar para comprobar la validez del airframe y del equipo de telemetría. Por ello, no se incluyó a bordo del Kadett ningún FCS y en su lugar, se conectó directamente la unidad inercial IG-500N al módulo RF de Xstream.

Obviamente, en las próximas fases de desarrollo se incorporará un FCS que añadirá una capa superior a la tarea de telemetría.

Las primeras pruebas de vuelo realizadas demuestran una comunicación satisfactoria entre el GCS y el KADETT 2400. En la Figura 9, se muestra la prueba de vuelo No. 1 (mediante Google Earth ©), llevada a cabo en los alrededores de la Universitat Politècnica de València. La longitud de vuelo recorrida fue de 732 m, logrando una elevación mínima, media y máxima de 60, 65 y 70 metros respectivamente.

La segunda prueba de vuelo se realizó en exteriores con el fin de evaluar la capacidad del emisor/receptor para continuar captando las señales desde la plataforma de vuelo. En la figura 9 se muestra el recorrido de vuelo, interpretado, de nuevo, a través de Google Earth ©. En este caso, la longitud total de la prueba de vuelo fue de 11.5 km, con elevaciones mínima, media y máxima de 195, 307 y 451 metros, respectivamente.

Dichas pruebas tenían como objetivo el comprobar el equipo de comunicación entre UAV y GCS, por lo que se ejecutaron de forma manual.

5 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este documento, se ha presentado el diseño e implementación del sistema de telemetría y monitorización para un vehículo UAV.

El trabajo presentado se engloba dentro de un ambicioso proyecto de investigación que tiene como objetivo el diseño íntegro del sistema de control para UAVs. Por ello, los trabajos futuros incluyen la puesta en marcha e instalación del dispositivo de control empotrado en el UAV, que será quien ejecute en el futuro las acciones autónomas de control; la gestión de la comunicación con el GCS. Asimismo, el GCS será la encargada de monitorizar, aplicar referencias, cambiar el perfil de la misión de vuelo y cambiar a modo manual de ser necesario.

En versiones futuras, la interfaz contará con una información más detallada sobre el funcionamiento de los dispositivos y sistemas vitales del UAV. Este tipo de monitorización, conocido como Life Management System permite valorar el estado de funcionamiento en que se encuentran los sistemas del UAV (temperatura, radiación, presión, nivel de baterías).

Información actualizada sobre este proyecto puede ser consultada en el blog dedicado al mismo: <http://uavupv.blogs.upv.es/>

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el Ministerio de Ciencia e Innovación, gobierno de España a través del proyecto TIN2011-28082; por la Universitat Politècnica de València a través del proyecto PAID-06-11 y la beca FPI 2010/19.

Referencias

- [1] Graupner. Specifications and instructions for KADETT 2400. Disponible en: <http://www.graupner.de/>
- [2] SBG systems. IG-500N specifications list. Disponible en: <http://www.sbg-systems.com/>

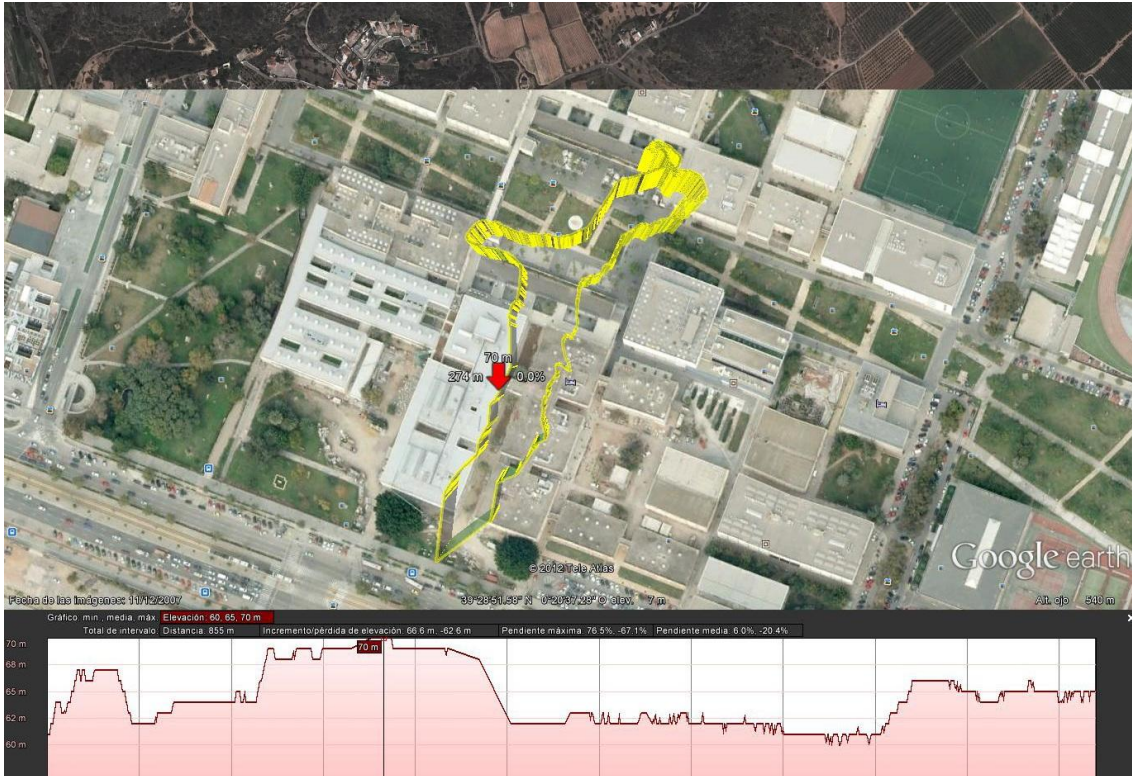


Figura 9: Prueba de vuelo 1 (Alrededores de la Universitat Politècnica de València)



Figura 10: Prueba de vuelo 2