

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos.

El objetivo de este proyecto es el diseño de una aplicación gráfica MATLAB que permita que un ordenador de tierra pueda enviar órdenes y parámetros de configuración a un helicóptero de radiocontrol. A su vez, esta aplicación habrá de ser capaz de recibir y procesar datos capturados por diversos sensores instalados en la aeronave, así como adquirir información sobre el estado del helicóptero en cada momento.

Este Proyecto Final de Carrera se engloba dentro del Proyecto Hermes (desarrollado por el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de Sevilla) cuyo objetivo final es el vuelo autónomo de un helicóptero de radiocontrol, para lo cual se ha adaptado un helicóptero comercial de radiocontrol acoplándole un ordenador embebido (Placa Hércules EBX) y diversos sensores. La placa toma los datos de estos sensores, y, tras procesar la información, genera las señales de control para los distintos actuadores de los que está dotada la aeronave buscando su estabilización.

1.2. Justificación del proyecto.

1.2.1. Vehículos aéreos no tripulados.

Los vehículos aéreos no tripulados son aeronaves capaces de desplazarse en el espacio por sí mismas, pudiendo desempeñar diversas misiones sin intervención directa del ser humano. Estos vehículos tienen cada vez más usos gracias al gran desarrollo tecnológico en áreas como los sistemas de control, las telecomunicaciones, los sistemas en tiempo real, los sensores y los nuevos materiales.

Para que un vehículo aéreo llegue a tener un comportamiento autónomo, lo primero que hay que desarrollar es un modelo del sistema, es decir, un algoritmo que emule el comportamiento de helicóptero a utilizar. Con este modelo es con el que se trabajará para conseguir un sistema de control robusto que pueda dirigir a la aeronave en su tarea asignada.

Las ciencias a utilizar son:

-*Algoritmos de control*: con muestreo convencional y no convencional. Desarrollo y definición de un modelo matemático de vuelo.

-*Telemetría*: subsistema que permite el intercambio de información con la aeronave en tiempo real para que el ordenador de tierra conozca en todo momento el estado de la aeronave.

-*Sistemas Operativos en tiempo real*: debido a las características del control de parámetros en

vuelo, el ordenador de abordo habrá de cumplir requerimientos específicos de capacidad de respuesta ante eventos, independientemente de la carga del sistema.

-*Sensores*: para conseguir que una aeronave se mueva de forma autónoma serán necesarios diversos sensores que proporcionen información precisa sobre la orientación y la altura de ésta en cada instante.

1.2.2. Principios de control del vuelo de un helicóptero.

El vuelo de un helicóptero, ya sea tripulado o de radiocontrol, se basa en el control de su actitud (orientación) y su posición. Los movimientos de actitud poseen tres grados de libertad: pitch, roll y yaw, que sumados a los tres grados de la posición generan un sistema de seis grados de libertad.

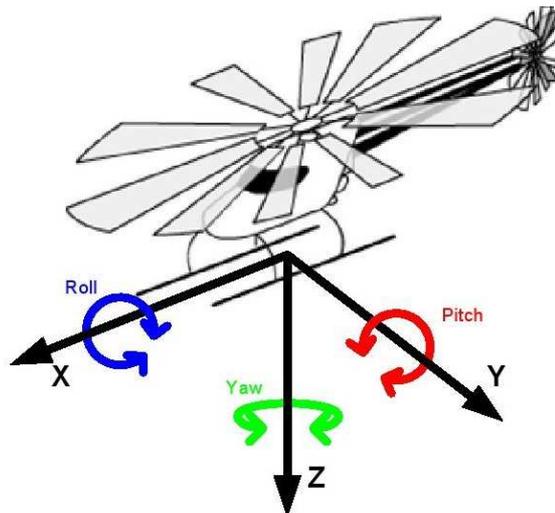


Figura 1.1: Actitud de la aeronave: pitch, roll y yaw.

Roll: movimiento de orientación en torno al eje longitudinal, correspondiente al alabeo del helicóptero es decir, cómo se inclina hacia uno u otro lado.

Pitch: movimiento en torno al eje transversal, correspondiente al movimiento de cabeceo que se entiende como el ángulo con que la nariz del helicóptero sube y baja.

Yaw: movimiento de orientación en torno al eje vertical, correspondiente a la guiñada de la aeronave y que define en el plano de desplazamiento la dirección de vuelo.

Un piloto de helicóptero deberá manejar tres controles fundamentales:

-Cíclico: control que opera sobre el grado de inclinación de las palas del rotor principal según su posición instantánea de giro, lo cual permite los movimientos laterales y longitudinales.

-Colectivo: control que también varía el ángulo de ataque de las palas del rotor principal, pero de manera que la fuerza de sustentación global resultante sobre el aparato aumente o disminuya. Este dispositivo también controla a su vez el paso del gas que afecta a las revoluciones del rotor, con lo cual se hacen posibles los movimientos verticales.

-Eje del rotor de cola: mando que varía el ángulo de ataque del rotor de cola. La misión de este rotor es la de crear un momento que compense la rotación del rotor principal, y evite que el cuerpo del aparato gire sobre sí mismo. Este rotor está conectado con el motor del helicóptero, de manera que siempre girará con la misma proporción de vueltas respecto al rotor de empuje. Sin embargo, el piloto podrá variar la inclinación de las palas consiguiendo así un mayor o menor empuje que se traduce en una variación del yaw.

Existe gran complejidad en el control de un helicóptero porque todos los controles se acoplan interactuando en su actitud y posición, además existen múltiples perturbaciones, tanto electromecánicas como naturales que continuamente obligan al piloto a cambiar las maniobras in situ. Así pues, para llegar a un vuelo no tripulado de estas máquinas se ha de conseguir un muy buen nivel de control, y previamente un modelo del sistema lo más fiable posible.

1.2.3. El proyecto Hermes.

El proyecto Hermes tiene como fin último el vuelo autónomo de un helicóptero de radiocontrol. Estos helicópteros son vehículos aéreos muy difíciles de controlar debido a las no linealidades que presentan y que tienen fuertes modos de acoplamiento. Son sistemas complejos, con múltiples estradas y salidas (MIMO).

Como ya hemos visto en la sección anterior, el primer paso es obtener los datos que provienen de la actitud de la aeronave, así pues, es necesario construir una arquitectura que permita conocer la orientación y la posición del helicóptero en cada momento. Una vez se capturan los datos, el controlador deberá generar la acción de control correcta para mantener el vuelo de la aeronave.

Para ello se utiliza un helicóptero comercial de aeromodelismo que consta de 5 actuadores, que son servomotores alimentados a 5v. Trabajan a 50Hz y son controlados mediante pulsos PWM.

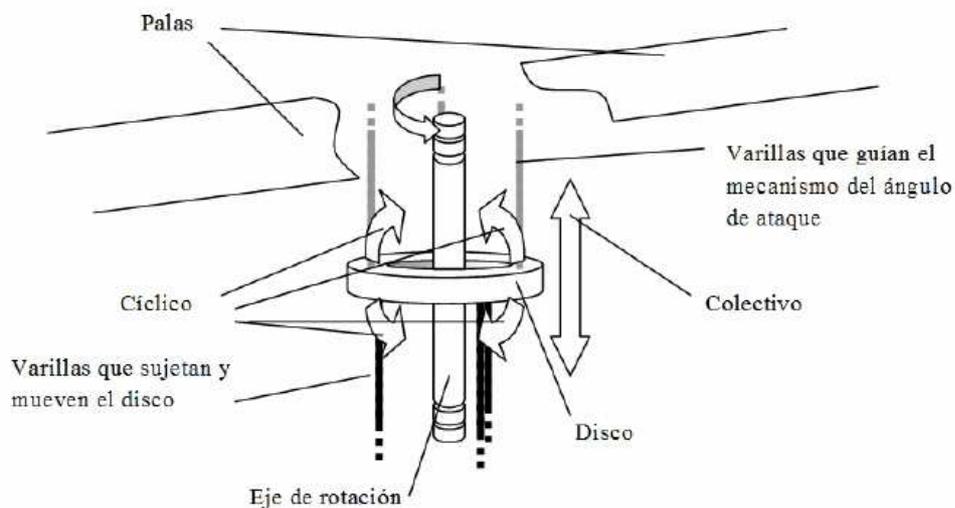


Figura 1.2: Detalle del cíclico y el colectivo.

En el rotor principal de cuatro palas tenemos un servomotor variando el ángulo del colectivo (que nos dará la potencia de sustentación) y otros dos actuadores cuya acción conjugada proporcionará el ángulo del cíclico (que, como ya hemos visto nos dará la dirección espacial, longitudinal y lateral). En la hélice de cola tenemos un rotor variable controlado por un cuarto servomotor, y el quinto se encuentra controlando la alimentación del motor de combustión interna que alimenta ambas hélices.

Al helicóptero se le ha adaptado un ordenador embebido (placa Hércules EBX de Diamond Systems) y ciertos sensores necesarios para llevar a cabo su control automático: dos sensores de altura

para tener información sobre la posición de la aeronave, y una unidad de medida inercial IMU que proporcionará la información sobre su actitud, es decir, el pitch, el roll y el yaw. La placa tomará los datos de estos sensores, los procesará y generará las señales de control de los actuadores, buscando la estabilización y el control del helicóptero. Tras su adquisición y tratamiento, estos datos serán grabados y enviados al ordenador de tierra.

Debido al riesgo que implica un minihelicóptero en vuelo y considerando la posibilidad que se estrelle y por consiguiente, la pérdida de los sensores, del computador de vuelo y de la aeronave misma, se hará uso de una plataforma para el desarrollo inicial de los experimentos. Esta plataforma permite realizar los experimentos con diferentes controladores de una forma segura dentro del Laboratorio del Departamento de Automática.

Ya que el objetivo final es desarrollar técnicas de control efectivas sobre nuestro helicóptero, se habrán de conseguir los siguientes objetivos:

-Modelado físico del sistema: el modelo correspondiente a un helicóptero es el de un sistema dinámico, multivariable e inestable. Se tomará como referencia el modelo dinámico teórico de un helicóptero en vuelo vertical, que proviene de la combinación de la teoría de los momentos y de la teoría de las palas.

-Identificación de los parámetros de las ecuaciones del modelo físico: las ecuaciones del modelo dinámico teórico contienen una serie de parámetros constantes no definidos que se tendrán que identificar a partir de los resultados experimentales que se realizarán en la aeronave montada en una plataforma de pruebas.

-Elección del tipo de control: una vez obtenido el modelo físico se procederá a la elección del tipo de control a implementar. En este caso se opta por el control en el espacio de estados y el control PID.

-Implementación del controlador en el ordenador.

Tanto el estudio del modelado físico como el tratamiento de las ecuaciones y parámetros para los modelos de control quedan fuera del propósito de este proyecto, tal y como se verá mejor en el siguiente apartado.

1.3. Alcance del proyecto.

Vemos el punto de partida para nuestro proyecto, es decir, los hitos ya alcanzados dentro del proyecto Hermes:

- Diseño y fabricación de la caja aviónica que irá acoplada al helicóptero y donde se encuentra toda la electrónica necesaria: placa Hércules, alimentación, IMU, etc.
- Instalación del sistema operativo de la placa Hércules.
- Diseño del software de una aplicación servidor de captura de datos de parte de los sensores (unidad de medida inercial y potenciómetro) y comunicación con una aplicación cliente. Ambas aplicaciones en lenguaje C que se comunican entre sí mediante protocolos TCP/IP y UDP.
- Diseño de otra aplicación C para captura de datos y representación gráfica de otra parte de los sensores (potenciómetro y sensor de ultrasonidos).

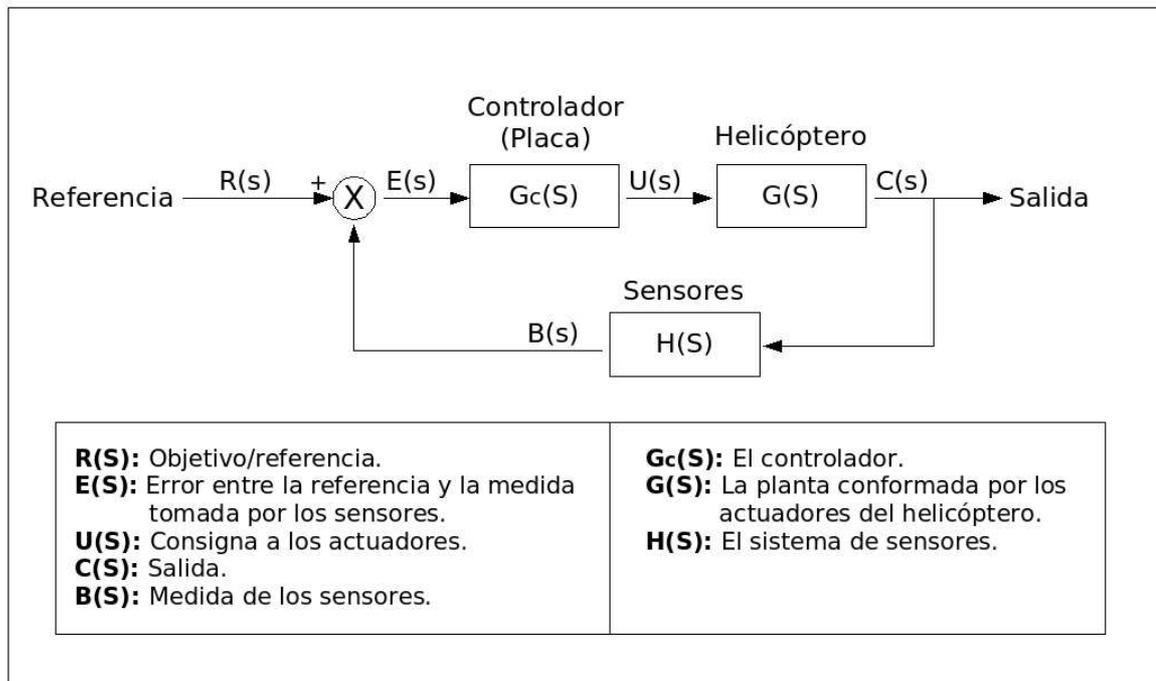


Figura 1.3: Esquema del sistema de control a implementar en el helicóptero.

- Construcción de una plataforma para los experimentos en vuelo, Ésta posee 6 grados de libertad, 3 de orientación y 3 de posición, permitiendo el movimiento libre de la aeronave como si estuviese en el aire.

Así pues, teniendo en cuenta la situación de partida, se enumeran los objetivos a cubrir en este proyecto:

- Integración de ambos códigos en C de captura de datos de sensores en una sola aplicación operativa en el helicóptero.
- Desarrollo de una aplicación gráfica utilizando GUIs (Graphical User Interfaces) de Matlab 7.0 en el ordenador de tierra que permita:
 1. Seleccionar de forma cómoda los parámetros de configuración de la placa, los sensores que van a ser muestreados, el tipo de tratamiento que se dará a los datos capturados y la acción sobre los actuadores.
 2. Solicitar al helicóptero que nos envíe los datos registrados. La recepción de estos datos se podrá hacer en tiempo real o en bloque en un archivo de datos.
 3. Procesado y representación de los datos recibidos de la placa Hércules para posteriores estudios.
- Completar los módulos dedicados a la comunicación cliente-servidor en la aplicación C del computador de vuelo de manera que se de una comunicación bidireccional que permita al control de tierra tener conocimiento preciso sobre el estado en que se encuentra.