

Capítulo 7

Conclusiones y aplicaciones futuras.

7.1. Resumen y conclusiones.

En este proyecto se ha diseñado una aplicación gráfica en un PC de tierra capaz de mantener una comunicación bidireccional con un ordenador (Hércules EBX) embebido en una caja aviónica destinada a ir adosada a un helicóptero de radiocontrol. Esta comunicación, realizada a través de la red IP, está orientada a conseguir el control y la monitorización de las funciones en la aplicación del ordenador de vuelo.

La interfaz gráfica se ha desarrollado en Matlab, y posee la siguientes funcionalidades:

1. Crear y enviar con éxito y de forma cómoda tramas de configuración al computador de vuelo para inicialización de parámetros de la placa y de los experimentos
2. Enviar directivas que gestionan el curso de los experimentos en la caja aviónica: inicio y detención de interrupciones, inicio y detención de captura de datos, grabación de datos en disco, envío de archivos creados tras los experimentos, eliminación del archivo de datos registrados y vuelta a un estado inicial para cambiar los parámetros de configuración inicial y comenzar así un nuevo experimento.
3. Exportar a tablas y representar gráficamente la información generada por los experimentos.
4. Gestionar de forma cómoda en tierra los datos de red de la aplicación.
5. Monitorización de los principales acontecimientos acaecidos en la placa Hércules, lo cual confiere al usuario un mayor control sobre el curso de los experimentos y mayor capacidad de reacción ante situaciones de error. Esto supone dotar a la caja aviónica de la autonomía suficiente como para acometer las pruebas de vuelo en la plataforma.
6. Recepcionar y representar en tiempo real la información captada por los sensores, permitiendo una visión en tiempo real de la actitud y altura del helicóptero.

Teniendo en cuenta que el objetivo final del proyecto Hermes es el vuelo autónomo del helicóptero de radiocontrol, teniendo que realizar para ello un modelado físico del sistema y posteriormente implementar un sistema de control, Matlab se revela como un sistema muy adecuado para los objetivos de este proyecto y de las acciones futuras encaminadas a conseguir el sistema de control de la aeronave, ya que su entorno de desarrollo es cómodo, versátil y sencillo, destacando las siguientes características:

-Capacidad para cálculos intensivos desde un punto de vista numérico. Durante los experimentos reales en vuelo la cantidad de información que se registrará para su posterior análisis y procesado será muy elevada. Las poderosas capacidades de cálculo técnico de Matlab son importantes.

-El lenguaje Matlab es de alto nivel y está basado a la gestión de datos mediante vectores y matrices; se trata de un scripting orientado a matemáticas lo cual hace muy flexible el trabajo computacional con los datos registrados. Matlab basa la arquitectura de su lenguaje en conceptos matemáticos, entre ellos uno muy importante: la función. Mientras los lenguajes clásicos se basan en subrutinas u objetos, Matlab dispone de una biblioteca formada exclusivamente por funciones, ésto proporciona capacidad de cálculo simbólico que hace muy intuitivo el programarlo.

-Posee un sistema de gráficos y visualización bastante avanzado (2-D y 3D).

- Todas las herramientas necesarias están dentro de la misma aplicación: posee una serie de Toolboxes especiales que serán de vital importancia en el modelado del sistema. Además toda documentación que puede necesitar el programador está embebida en el propio programa, aparte de una ayuda en línea completa con el servidor web de 'The Mathworks'.

-Su sintaxis es clara para que el código sea legible y fácilmente interpretable por otros programadores en posibles ampliaciones futuras de la aplicación.

En el desarrollo de este proyecto ha quedado patente la efectividad del Matlab, ya que se ha obtenido un código reducido, con una relación entre la calidad de los resultados finales y el tiempo empleado muy satisfactoria.

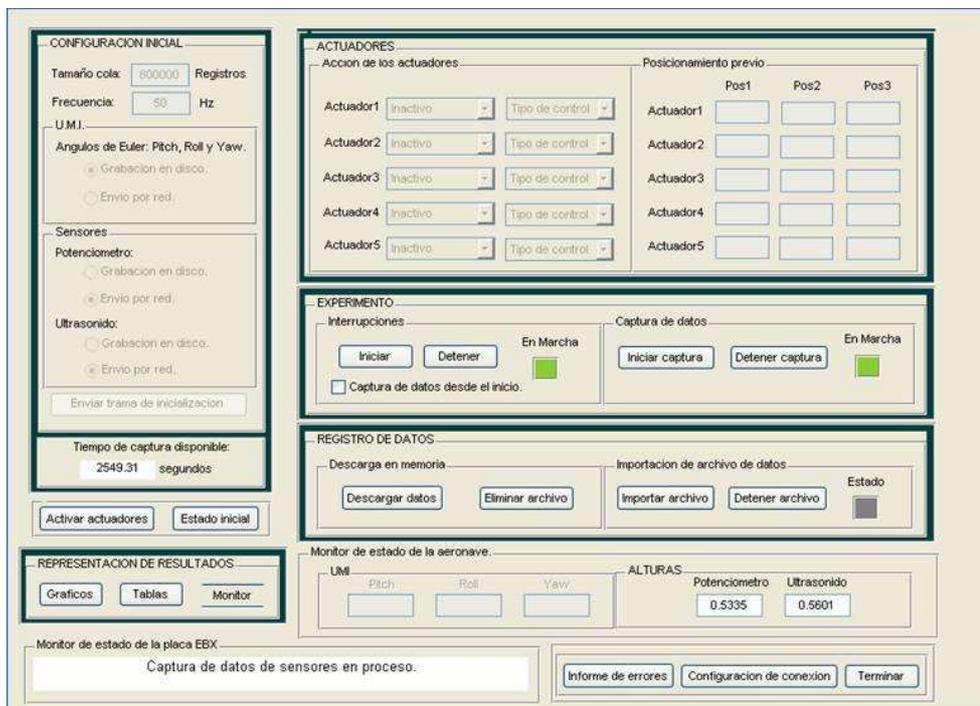


Figura 7.1: Interfaz gráfica Matlab en control de tierra.

Aparte del software en el control de tierra, también se ha realizado programación complementaria en la aplicación del computador de vuelo. Esta aplicación está realizada en C y su complementación a consistido en varios puntos:

1. Integración exitosa de los algoritmos independientes de captación de datos de altura del potenciómetro y sensor de ultrasonidos en el programa principal de la caja aviónica.
2. Modificaciones en el programa principal para posibilitar la realización de diversos experimentos dentro de una misma sesión de la aplicación.
3. Modificaciones en el programa principal y los hilos de comunicación para posibilitar comunicados helicóptero-tierra informando del estado de la aplicación en vuelo.

Con la comunicación bidireccional diseñada se consigue una visión muy aceptable de los principales acontecimientos en el transcurso de los experimentos en la caja aviónica. Para complementar esta información se han añadido funciones que crean informes de errores y los envían al control de tierra. Así pues, se alcanzan satisfactoriamente los objetivos de monitorización y control del helicóptero para las pruebas en la plataforma de vuelo.

En el proyecto se ha trabajado con dos lenguajes de programación distintos. El programa Matlab, al ser un scripting, no es ejecutable por sí mismo si no que es un intérprete el que lee línea por línea y envía los comandos al sistema operativo. Además no ejecutará la siguiente orden hasta que no haya terminado con la anterior. El C es un lenguaje de código fuente y se comunica directamente con el sistema operativo. Éstas son las diferencias fundamentales entre ellos. Sin embargo, de cara a la programación simultánea de ambos programas resaltar que no se han encontrado excesivos problemas, ya que ambos son muy similares en la definición y conversión de tipos y estructuras de datos. Las sentencias de control de flujo (if, for, while...) presentan sólo ligeras diferencias sintácticas, lo cual sí ha llevado a pequeños errores en alguna ocasión por mezclar elementos sintácticos de un lenguaje con el otro.

Una de las cosas que sí ha condicionado de forma importante la programación de las funciones de comunicación entre ambas aplicaciones es la diferente sintaxis de las funciones de E/S en ambos lenguajes (fwrite, fread). Pero esto no se considera un inconveniente: los matices introducidos por este tipo de diferencias ha contribuido a hacer más rica la experiencia del proyecto.

Los experimentos gestionados desde tierra son llevados a cabo satisfactoriamente en la caja aviónica, comprobando que los datos captados por los sensores son recibidos correctamente a través de la red. A su vez, se comprueba en el laboratorio que los datos captados por la UMI (tras una calibración) y el sensor de ultrasonidos son coherentes.

Se remite al comienzo de las pruebas en la plataforma de vuelo la comprobación del ajuste en la medida del potenciómetro, ya que las alturas calculadas por su algoritmo de captura están adaptadas a la conexión del sensor con el brazo de la plataforma, no pudiéndose certificar por tanto en el laboratorio la bondad de los datos obtenidos. Además se tiene presente que se habrá de hacer una nueva calibración de campo en la UMI con las nuevas condiciones del sistema dentro de la plataforma de pruebas. Cuando la caja esté fuera del laboratorio y adherida a un helicóptero con un motor en marcha es más que probable que las interferencias magnéticas cambien sensiblemente.

Tras todo lo expuesto podemos concluir que los programas desarrollados cumplen con las necesidades temporales de funcionamiento para acometer los experimentos en la plataforma de vuelo y comenzar así la fase de identificación de parámetros del modelo físico.

7.2. Ampliaciones futuras.

Implementación de los parámetros de modelado: uno de los trabajos futuros consiste en la identificación de los parámetros del modelo dinámico del helicóptero, que se realizará con el helicóptero en la plataforma de pruebas con las funcionalidades de la caja aviónica, los sensores y el software de la placa Hércules y del control de tierra.

Implementación del control: la implementación de los controladores podrá ser realizada ya que toda la estructura y las comunicaciones están definidas tanto en el programa de tierra como en el de la caja aviónica. El trabajo de implementar los controladores se basaría en modificar el archivo control.c en el software del helicóptero. Además se ha de implementar en Matlab el sistema de carga de secuencias de excitación para cada actuador, función que ha quedado fuera del alcance de este proyecto.

Control de velocidad del rotor: otro elemento a añadir es un control de velocidad de rotor independiente, que se encargaría de mantener la velocidad del rotor constante según la entrada que se le mande desde la radio, actuando sobre el servo del carburador. De este modo no se habría de estar controlando este servo, sólo se le proporcionaría la referencia a seguir. Debido a que cualquier cambio en la orientación de los ángulos de las palas o del helicóptero mismo afectarán a la potencia requerida este es un elemento muy útil.

Inclusión de paneles indicadores: en la interfaz gráfica del control de tierra los valores enviados en tiempo real son representados en cuadros de texto. La monitorización de la posición y actitud del helicóptero sería mucho más visual y fácil de analizar si estos ángulos y alturas se representaran en paneles indicadores como los que se muestran en la figura.

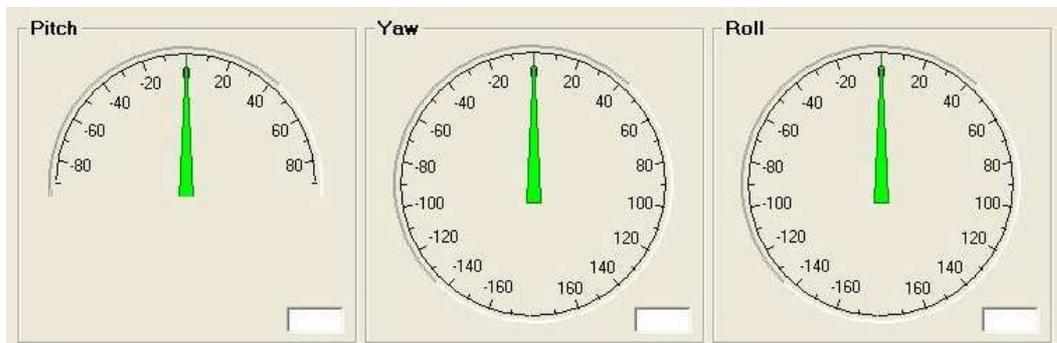


Figura 7.2: Ejemplo de cómo sería un sistema de indicadores de los ángulos de Euler para monitorización en tierra de la actitud del helicóptero.

Inclusión de un filtro digital: para evitar el ruido en la medida de la altura arrojada por el potenciómetro, consiguiendo una señal mucho más limpia para los controladores, se propone la inclusión de un filtro digital de primer o segundo orden en el algoritmo que calcula dicha altura. Este filtro sería de tipo paso baja y filtraría todas las frecuencias a partir de aquellas que están una década por encima de la máxima frecuencia que puede alcanzar la variación de la altura (determinada por los movimientos del helicóptero).

Instalación de nuevos sensores:

-Sensor de temperatura: puede ser muy recomendable adaptar el sistema para monitorizar la temperatura dentro de la caja aviónica durante los experimentos, de forma que se de un aviso en caso de peligro.

-*Nivel de batería:* pese a que se ha estimado que la batería tiene mucha mayor autonomía que el tanque de combustible del helicóptero, siempre será beneficioso proteger al sistema de quedarse sin alimentación en vuelo.

-*Unidad de medida inercial:* en la aplicación actual, los datos captados de la UMI son únicamente los ángulos de Euler. El software del computador de vuelo contempla la posibilidad de captación futura de la matriz de quaternions, sin embargo la interfaz gráfica de tierra no está preparada para ellos.

-*Sónar:* con vistas al futuro desarrollo del proyecto HERMES, se propone la adición de un sensor Sónar o un sensor de ultrasonidos de mayor frecuencia de emisión y mayor potencia, a la caja aviónica o al chasis del helicóptero de radiocontrol para obtener una medida de la altura en vuelo libre, fuera de la plataforma de pruebas. En vuelo, las condiciones de medida de la altura cambian, variando entre cero y decenas de metros de altura, por lo que el sensor destinado a las pruebas en la plataforma no sería válido y habría que utilizar los sensores propuestos para obtener una mayor precisión y un rango de alturas medibles mucho mayor.

Receptor de control: el helicóptero de radiocontrol recibe actualmente las señales que controlan sus actuadores a través de un receptor instalado en su base. Dichas señales de control son generadas a partir de la información enviada por una radio en tierra. Cuando se implemente este control a través de la placa Hércules lo que puede resultar más óptimo es que se conecte la placa a dicho receptor a través del puerto RS-232. Se implementaría así un dispositivo en la radio de tierra que permitiera al usuario permutar del control ejercido desde la radio al ejercido por la caja aviónica.

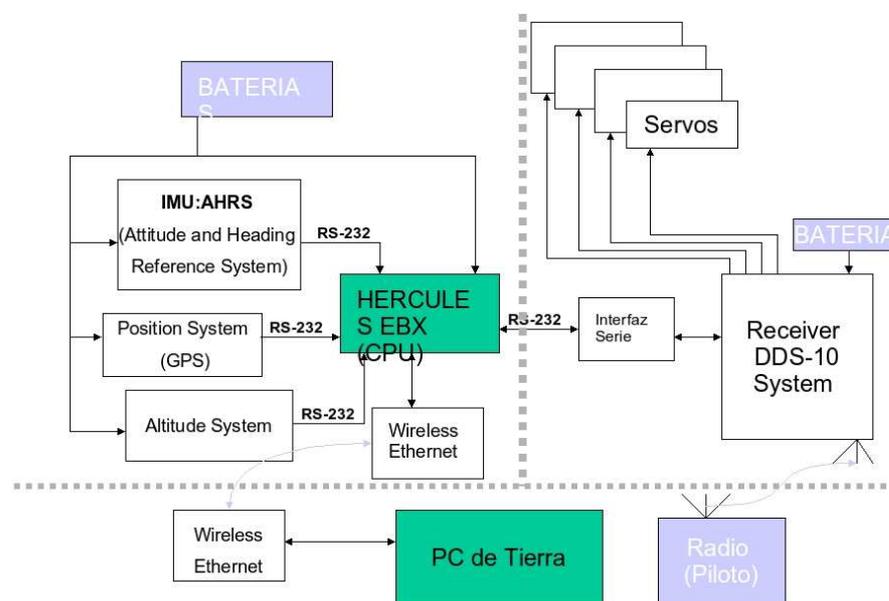


Figura 7.3: Esquema sobre el intercambio de información que existiría entre tierra, la Hércules, la radio y los actuadores a través del receptor.