

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 558 732**

21 Número de solicitud: 201431195

51 Int. Cl.:

G05D 1/00 (2006.01)
G05D 1/10 (2006.01)
B64C 39/02 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

05.08.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

08.02.2016

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE ALICANTE (100.0%)
Crta San Vicente del Raspeig, s/n
03690 San Vicente del Raspeig (Alicante) ES

72 Inventor/es:

AZNAR GREGORI, Fidel;
RIZO ALDEGUER, Ramón y
PUJOL LÓPEZ, Mar

54 Título: **Sistema y método para la planificación de vuelo autónomo**

57 Resumen:

Sistema y método para la planificación de vuelo autónomo.

La presente invención se refiere a un método para la planificación de vuelo autónomo que comprende las siguientes etapas: verificar estado del dispositivo, conectar con el controlador de vuelo, obtener flujo de datos de vuelo del controlador, adquirir flujo de señal y comunicaciones, verificar estado de seguridad del vuelo autónomo, determinar de manera autónoma el siguiente movimiento de la aeronave leyendo los datos del controlador y los sensores y actuando con base al plan de vuelo seleccionado, enviar comandos de vuelo al controlador y registrar el vuelo. La presente invención también se refiere a un sistema que incorpora los medios necesarios para ejecutar el método de planificación de vuelo autónomo.

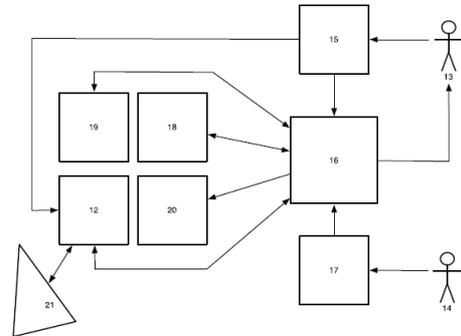


Figura 2

DESCRIPCIÓN

SISTEMA Y MÉTODO PARA LA PLANIFICACIÓN DE VUELO AUTÓNOMO

5 Sistema y método para la planificación de vuelo autónomo.

CAMPO DE LA INVENCION

10 El campo de invención del sistema y método presentado es el de los drones o Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT), tal y como pueden ser multicopteros o planeadores. Su aplicabilidad reside tanto en el ámbito del desarrollo de comportamiento para temas de investigación y docencia como para el prototipado inicial de modelos o la automatización efectiva de este tipo de aeronaves en tareas industriales.

15 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

El primer aspecto a tratar es el estado de los controladores de vehículos aéreos no tripulados. Existen varias patentes relacionadas con este tipo de dispositivos y con sus sistemas de control, como por ejemplo la patente AU2012273710, donde se describe un
20 dispositivo que además de realizar el control de la aeronave provee un mecanismo de comunicación con una base de control para realizar una acción ofensiva indicada desde tierra. Aunque se define un mecanismo de control remoto, éste únicamente está centrado en el desarrollo de una acción específica. Ni el operador ni la aeronave puede realizar ninguna otra acción complementaria que no haya sido programada anteriormente. Esto es una
25 limitación importante del sistema, ya que cambios en las condiciones iniciales planificadas pueden abortar la misión aun cuando el despegue y vuelo se hayan realizado correctamente. En misiones reales, que requieran acciones complejas, es muy complicado predecir y establecer todas las acciones posibles. Un sistema sin autonomía de decisión sobre la acción a realizar puede desembocar en un aborto prematuro de la misión actual
30 principalmente por falta de flexibilidad o por demoras en el ciclo de Percepción/Planificación/Acción.

En la solicitud CN203222108 se presenta un controlador de vuelo que realiza los controles de estabilización de la aeronave pero sin posibilidad de interactuar con ella a través de esta
35 placa de control. Se trata por tanto de un controlador que posibilita únicamente la sustentación de la aeronave, requiriendo por tanto de un piloto para la realización del vuelo.

El controlador provee de facilidades para el pilotaje pero no dota de autonomía a la misma, fuera de la posibilidad de planificar rutas estancas, guiadas por GPS. Se trata por tanto de un controlador únicamente destinado al vuelo convencional de este tipo de sistemas. Tampoco proporciona un interfaz sobre el cual se puedan diseñar sistemas más avanzados de planificación de vuelo, ya que la única interacción prevista es la habitual en este tipo de controladores, utilizando las señales provenientes de un mando de radiocontrol.

Por tanto, las patentes relativas a controladores de vehículos aéreos no tripulados que han sido detectadas no permiten flexibilidad en las acciones a realizar, no posibilitan la implementación de sistemas autónomos de vuelo no preestablecido bajo ruta y no aportan interfaces para poder utilizar dichos controladores en planificadores de más alto nivel.

El segundo aspecto susceptible de análisis es el estado de los dispositivos de control de vuelo comerciales. Existen varios controladores de vuelo disponibles en el mercado actualmente. Uno de los más conocidos es el controlador NAZA y WooKong de la empresa DJI INNOVATIONS (www.dji.com). Por ejemplo, la patente CN103342165 define las características del módulo de control Naza. Este dispositivo proporciona los mecanismos de control necesarios para que poder sustentar un multirrotor mediante control manual y además poder realizar tareas de control guiado por GPS. Como en el caso anterior, estas tareas de guiado son establecidas con anterioridad al vuelo (de manera directa por el usuario, o bien de manera indirecta, retornando al punto de despegue). Una vez despegada la aeronave, ésta sigue los puntos de control establecidos en el plan de vuelo sin posibilidad de variarlos ni de incorporar nuevas rutas una vez ha despegado el dispositivo. Aunque algunos componentes de la plataforma permiten la lectura restringida de algunos datos de vuelo (nunca la escritura), se trata de un sistema de conexión propietario, solo orientado a la conexión con otros periféricos de la marca. Se trata por tanto de dispositivos sin uso general que no proveen de protocolos o interfaces de comunicación de uso estándar. Estos dispositivos tampoco permiten ningún tipo de flexibilidad en cuando a las acciones a realizar y tampoco posibilitan ningún tipo de autonomía en vuelo a la aeronave, a parte de la realización de una única ruta preestablecida no modificable durante el vuelo.

Por último, existe una gran variedad de dispositivos de controlador de vuelo compatibles con el protocolo de uso general MAVLINK (<http://qgroundcontrol.org/mavlink/start>). Muchos de ellos utilizan licencias de uso y explotación muy permisivas de hardware y código libre. Entre estos dispositivos se encuentran:

- ArduPilotMega (protocolo principal)
 - pxIMU Autopilot (protocolo principal)
 - SLUGS Autopilot (protocolo principal)
 - FLEXIPILOT (protocolo opcional)
- 5 • UAVDevBoard/Gentlenav/MatrixPilot (soporte inicial)

Todos los dispositivos enumerados anteriormente proveen de facilidades de control (sustentabilidad) de aeronaves pero no de planificación de vuelo flexible ni autónomo como la invención objeto de esta patente.

10

Por ello, a la luz de todo lo expuesto anteriormente, se hace necesaria una solución que permita flexibilidad en las acciones a realizar por la aeronave, dando la posibilidad de alternar entre distintos planes de vuelo o incluso a dotar de autonomía en vuelo a la aeronave, siendo el propio sistema de planificación el que determine, mediante el estado percibido, hacia donde desplazar de manera efectiva la aeronave sin ayuda de ningún piloto, para la consecución de una misión.

15

Esta característica toma especial importancia en entornos peligrosos que requieran decisiones rápidas o entornos distantes donde la comunicación se pueda interrumpir en algún momento y el sistema deba tener una autonomía mínima, en aplicaciones educativas y científicas donde se desee programar el comportamiento de la aeronave utilizando técnicas de inteligencia artificial o incluso en aplicaciones industriales como base de prototipado y prueba de comportamientos.

20

Todas las patentes enumeradas anteriormente no son aptas para este tipo de entornos debido a su reducida flexibilidad de vuelo, la dificultad de interconexión al no utilizar protocolos/puertos de conexión estándar o a su falta de autonomía en la planificación de vuelo, ya que no desarrollan ningún tipo de comportamiento autónomo en la aeronave requiriendo siempre intervención humana para la realización de cualquier tarea compleja.

25

Como conclusión, aunque actualmente se pueden encontrar múltiples controladores de vuelo, no existe un dispositivo o sistema genérico que incorpore un método de planificación de vuelo, que permita planificar a alto nivel controladores de vuelo MAVLINK dotando a las aeronaves de flexibilidad, autonomía en vuelo, puertos de conexión generales y protocolos de comunicación estándar.

30

35

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

Se ha inventado un sistema y un método cuya finalidad es proveer de un mecanismo para permitir la planificación a alto nivel de placas de control de vuelo que implementen el protocolo MAVLINK, logrando ejecutar planes de vuelo dinámicos y con total autonomía adaptándose a las condiciones de la aeronave y del entorno.

El método y sistema presentado posibilitan:

- 10 ▪ Controlar de manera totalmente autónoma un VANT. Nuestro sistema se puede programar, mediante el subsistema correspondiente.
 - Dejar estacionario un VANT en un punto dado.
 - Aterrizaje/Despegue automático.
 - Vuelo solo en zona de seguridad.
 - 15 ○ Solicitar al VANT el vuelo a una determinada coordenada de manera totalmente autónoma.
 - Recibir los datos telemétricos del VANT.
 - Acceso a los registros de vuelo.
 - Obtención de imágenes HD en vuelo mediante cámaras compatibles y procesamiento de las mismas.
 - 20 ○ Realizar un vuelo totalmente autónomo, sin intervención humana, a partir de los datos sensoriales detectados (posibilidad de realizar tareas como el seguimiento de un marcador o la búsqueda de un recurso, sin ningún tipo de planificación de ruta previa).
- 25 ▪ Posibilidad de conectar cualquier sensor compatible con los protocolos USB, RS232 o I2C y realizar las lecturas en vuelo.
- Integrar un VANT en un grupo de vuelo multirobot, aportando:
 - Comunicación punto a punto con todos los miembros del grupo de vuelo, con enrutación de paquetes, con un alcance de hasta 1.5km.
 - 30 ○ Acceso a los datos telemétricos y el estado de un VANT en tiempo real por cualquier VANT conectado al grupo de vuelo.
 - Modo de seguridad. Ante cualquier incidencia del módulo electrónico el VANT queda estacionario en la posición actual.
 - Activación/desactivación del piloto automático desde tierra.
 - 35 ○ Sistema de log de todos los datos del piloto automático y vuelo.

El sistema toma como base cualquier controlador de vuelo que implemente el protocolo MAVLINK y ejecuta un método de planificación de vuelo autónomo, capaz de proporcionar una capa de funcionalidad inexistente en los controladores de vuelo actuales.

- 5 El método aquí presentado permite en primera instancia obtener datos de cualquier controlador de vuelo compatible con el sistema. Dentro de estos datos se encuentra información relativa a la placa, a la aeronave a controlar, lecturas de la odometría de la placa y de su configuración. Además permite comunicar la nueva trayectoria a seguir por la aeronave así como el tipo de vuelo (modo de vuelo) a desarrollar.
- 10 El método que se propone permite ejecutar un plan de vuelo de alto nivel, que desarrolle un comportamiento dependiendo no solo del estado de la aeronave, sino del entorno circundante.

En la ejecución de este método, el sistema integra un dispositivo encargado de la obtención de datos sensoriales, tanto del controlador de vuelo como de aquellos sensores conectados al dispositivo por medio de varios subsistemas. Además permite la comunicación con otros dispositivos del mismo tipo para lograr tarea de cooperación en sistemas con múltiples VANT. El sistema presentado provee de los mecanismos necesarios para establecer un plan de vuelo de alto nivel, que ejecute un comportamiento dependiendo no solo del estado de la aeronave, sino del entorno circundante. Así, el dispositivo integrado en este sistema utiliza una tarjeta empujada de pequeñas dimensiones y bajo peso que se conecta a un controlador de vuelo mediante el protocolo MAVLINK, lee las variables de vuelo de dicho controlador y además obtiene los datos de los sensores de abordaje de los que disponga la aeronave (principalmente módulos de comunicación o módulos de visión). Con toda esa información es capaz de ejecutar un plan de vuelo de manera totalmente autónoma utilizando como componente esclavo un controlador de vuelo. Dicho plan de vuelo puede ser seleccionado de un conjunto inicial de planes predefinidos o bien puede ser diseñado e introducido por el usuario en el sistema como un nuevo plan mediante una plataforma específica antes de que la aeronave se encuentre en movimiento. De forma que antes del desplazamiento, el plan de vuelo de alto nivel queda definido.

Este método posibilita una sensorización específica del dispositivo electrónico para la planificación de vuelo para una tarea determinada y la posterior adquisición de datos sensoriales en la frecuencia indicada en un plan de vuelo.

35 El método utilizado comprende las siguientes etapas:

- Verificar estado del dispositivo.
- Conectar con la controladora de vuelo.
- Obtener flujo de datos de vuelo de la controladora.
- 5 • Adquirir flujo de señal y comunicaciones.
- Verificar estado de seguridad del vuelo autónomo.
- Determinar de manera autónoma el siguiente movimiento de la aeronave.
- Enviar comandos de vuelo a la controladora.
- Registrar el vuelo.

10

La presente invención también incluye un sistema que incorpora los medios necesarios para ejecutar el método de planificación de vuelo. Este sistema comprende los siguientes elementos:

15

- Subsistema de ayuda a la planificación.
- Dispositivo electrónico para la planificación de vuelo.
- Receptor de radiofrecuencia.
- Subsistema de comunicaciones.
- Subsistema de adquisición de señal.
- 20 • Subsistema de notificaciones y logs.
- Controlador de vuelo.
- Aeronave.

20

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

25

Figura 1. Detalle del dispositivo electrónico para la planificación de vuelo integrado en el sistema final. Se observa la conexión del dispositivo electrónico para la planificación de vuelo con el controlador de vuelo así como con los distintos módulos para la obtención de datos y la consulta de registros de vuelo.

30

Figura 2. Detalle de los subsistemas que forman el sistema de planificación de vuelo presentado. Se muestran los subsistemas y la interconexión entre los mismos.

Figura 3. Caja de anclaje del dispositivo electrónico para la planificación de vuelo. Se muestran los puertos de entrada/salida, sus características físicas y la posición de los anclajes.

5 EXPOSICIÓN DETALLADA DE MODOS DE REALIZACIÓN

De manera más detallada se describe el método para la planificación de vuelo. De forma opcional, previamente pueden añadirse nuevas rutas a través del subsistema de ayuda a la planificación 17, que es el encargado de proporcionar un interfaz de adquisición y verificación de los planes de vuelo especificados por el usuario encargado de desarrollar la planificación 14. El subsistema determina el uso correcto de la API proporcionada por el dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16 y serializa el script de planificación en el dispositivo utilizando el módulo de guion de vuelo 6. Además establece los valores de los atributos necesarios para todas las funcionalidades básicas y verifica que aquellas introducidas en el script de planificación se encuentran dentro de los márgenes de funcionamiento permitidos para una aeronave concreta.

La aeronave 21 se trata del vehículo aéreo no tripulado donde se sitúan el dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16, el receptor de radiofrecuencia 15, el subsistema de comunicaciones 18, el subsistema de adquisición de señal 19, el subsistema de notificaciones y logs 20 y por último el controlador de vuelo 12.

Sus características físicas vienen determinadas por la tarea a realizar y por las capacidades de control que tenga el controlador de vuelo 12 para este tipo de aeronaves. Para el dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16 es independiente la aeronave a utilizar siempre que esté soportada por el controlador de vuelo 12.

El controlador de vuelo 12 es el encargado de la sustentabilidad de la aeronave 21 y por tanto es el encargado de la comunicación a bajo nivel tanto con los motores como con el receptor de radiofrecuencia 15. El dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16 envía órdenes de manera continuada al controlador para desplazar la aeronave 21 al lugar requerido. El sistema planteado puede utilizar cualquier controlador de vuelo capaz de comunicarse por RS232 utilizando el protocolo MAVLINK.

Por otra parte cabe destacar que por razones de seguridad siempre se permite que el usuario pueda desconectar el dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16 y

tomar el control manual de la nave, interaccionando directamente con el controlador de vuelo 12 a partir del receptor de radiofrecuencia 15.

Por tanto, el método de planificación de vuelo autónomo comprende las siguientes etapas:

5

1. **Verificar estado del dispositivo:** inicialmente se verifica el estado del dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16 y la integridad de los componentes. El dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16 es el encargado de leer el plan de vuelo especificado por el subsistema de ayuda para la planificación del vuelo 17 y ejecutarlo sobre el controlador de vuelo 12. Provee un API de alto nivel orientado al prototipo rápido de comportamientos que puede interactuar con todos los módulos del sistema. Tal y como se observa en la figura 1, el dispositivo consta de diversas capas organizadas de manera jerárquica. En las capas inferiores se define el hardware y los componentes dependientes de éste, mientras que en las superiores se encuentran los sistemas gestión y planificación. La primera capa define el hardware del dispositivo 1 que a grandes rasgos está formado por una CPU ARM, memoria DRAM y un sistema de almacenamiento SD junto con una memoria NAND Flash. Además dispone de múltiples puertos de E/S que le permiten comunicarse con distintos periféricos, entre ellos el controlador de vuelo. En la segunda capa se encuentra el sistema operativo 2, basado en el estándar POSIX. Dependiendo de los requerimientos de planificación de vuelo del dispositivo, este sistema operativo puede ser RTOS-Soft o RTOS-Hard. Dependiendo del RTOS utilizado puede ser necesaria la inclusión de una capa de virtualización 3 sobre la que se ejecutan las aplicaciones de niveles superiores. Más concretamente, en esta etapa, se comprueban los buses de comunicación y se verifica que se tenga acceso a los sensores del sistema y su funcionamiento. Se verifica que la temperatura del dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16 esté en su intervalo de funcionamiento (<90C), al igual que los procesos en ejecución y la memoria libre. Además se comprueba la capacidad de lectura/escritura de los puertos RS232 con el subsistema de comunicaciones 18 y se enumeran los dispositivos conectados a los puertos USB del subsistema de adquisición de señal 19. Se realiza una prueba de conexión a los dispositivos del subsistema de adquisición de señal 19 para validar su funcionamiento.

10

15

20

25

30

35

2. **Conectar con el controlador de vuelo:** a continuación se realiza una conexión de alta velocidad (115200bps) al controlador de vuelo 12 y se espera la recepción de un paquete HEARTBEAT que valida su correcto funcionamiento. En esta fase se notifica al

usuario que toda la fase de inicialización ha sido correcta mediante un aviso acústico (habilitando los pines específicos del puerto de conexión de Buzzers 24) y visual utilizando LEDs mediante el subsistema de notificaciones y logs 20 habilitando los pines correspondientes del puerto de conexión de LEDS de notificación 25. En caso de fallo se notifica el o los módulos que han provocado el problema.

El sistema de notificaciones y logs 20 es el encargado de monitorizar las constantes del sistema y de notificar al usuario de manera visual (LEDS) o de manera acústica (Buzzer) distintos cambios de estado o errores del dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16. Además permite almacenar, si así se requiere, el estado de funcionamiento del dispositivo electrónico para la planificación de vuelo así como los datos adquiridos por sus subsistemas de adquisición de señal 19 y de comunicaciones 18.

3. **Obtener flujo de datos de vuelo del controlador:** a continuación se obtiene de manera continua un flujo de los datos de vuelo a partir del controlador de vuelo 12. Dentro de estos datos están la velocidad actual del VANT, su orientación completa en el espacio 3D o las coordenadas GPS del mismo. Más concretamente se envía un mensaje MAVLINK al controlador de vuelo 12 por cada agrupación de datos que se quiera obtener. MAVLINK agrupa datos relacionados en paquetes, que serán devueltos por cada solicitud al dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16, mediante la conexión RS232 de alta velocidad establecida. El dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16 es el encargado de verificar la integridad de los paquetes recibidos y desempaquetar únicamente los datos requeridos. Por defecto se realizan tantas lecturas como le sea posible al dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16.

4. **Adquirir flujo de señal y comunicaciones:** de la misma manera se obtiene un flujo de datos a la frecuencia indicada en el plan de vuelo, de los sensores conectados al subsistema de adquisición de señal 19. Se provee un interfaz para integrar de manera inmediata módulos de comunicación 11 de largo alcance, compatibles con los módulos XBEE y cámaras de vídeo HD 10, compatibles con los drives video4linux. Los datos de vídeo pueden ser procesados en el módulo de visión por computador 5 para su posterior uso utilizando algoritmos de procesamiento de imagen estándar.

Más concretamente, el subsistema de adquisición de señal 19 se trata del sistema que amplía el dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16 para proveerle de

capacidades de adquisición de señales. Para la conexión de diversos módulos con el dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16 se proveen interfaces USB, RS232 y I2C. El dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16 está preparado para comunicarse de manera directa con sensores de cámara de alta resolución compatibles con el protocolo video4linux utilizando el subsistema de visión. El subsistema de visión por computador 5 es el encargado de procesar las imágenes recibidas por el subsistema de adquisición de señal 19 con los algoritmos especificados por el usuario. A priori el usuario tiene disponibles una serie de funciones de visión estándar, que a su vez pueden ser ampliadas.

El subsistema de comunicaciones 18 proporciona un sistema estándar de comunicación utilizando módulos compatibles con XBEE 11. La frecuencia y el modo de adquisición de datos se pueden especificar en el plan de vuelo. Este subsistema es el que posibilita obtener los datos de vuelo y la consecución del plan, en tiempo real, mediante el uso de una estación de tierra. De la misma manera es el subsistema necesario para la implantación de tareas colaborativas que requieran colaboración entre aeronaves.

Por otra parte, el módulo de mensajería 7 permite de manera totalmente distribuida, acceder a cualquier otro VANT o estación de tierra a la que tenga alcance directamente o mediante cualquier otro VANT interconectado utilizando el subsistema de comunicaciones 18. Se permite la comunicación punto a punto con cualquier dispositivo a una distancia de hasta 1,5 km. La frecuencia y el modo de adquisición de datos para cada uno de los módulos se puede especificar en el plan de vuelo.

5. **Verificar estado de seguridad del vuelo autónomo:** antes de proceder a ejecutar el plan de vuelo se verifica en la capa de seguridad 4 del dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16 que un determinado canal de radio frecuencia, programado de antemano, esté activado. Para ello se lee de manera continua un *flag* del receptor de radiofrecuencia 15 conectado al puerto Futaba para receptor RF 26. El receptor de radiofrecuencia 15 se encarga de recibir los datos de una emisora de radio frecuencia estándar. Su misión es doble, por una parte provee al usuario 13 del control de la aeronave 21 en modo manual y por otra parte, es el encargado de recibir la indicación de ejecución del plan de vuelo en modo automático, y por tanto es el receptor que verifica la capa de seguridad 4 del dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16 de manera continua. Esta comprobación se realiza en intervalos de 1s, de manera que en cualquier momento un usuario del sistema puede interrumpir inmediatamente el vuelo

automático y recobrar el control manual de la aeronave. Tanto la activación como el apagado del canal de emergencia se notifican al usuario mediante una señal acústica característica.

5 La capa de seguridad 4 proporciona soporte para que el usuario pueda en cualquier momento abortar una misión planificada y devolver el control manual a la aeronave. Es por tanto la encargada de verificar el receptor de radiofrecuencia 15 conectado tanto al controlador de vuelo 12 como al dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16.

10 **6. Determinar de manera autónoma el siguiente movimiento de la aeronave:** en la cuarta capa residen diversos módulos encargados de proporcionar funcionalidades específicas al dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16. El módulo de guion de vuelo 6 es el encargado de proporcionar una biblioteca de funciones de control básico de la aeronave, como puede ser seguir un determinado patrón de vuelo o
15 localizar un marcador determinado y además ejecutar el guion proporcionado por el usuario 13. Este proceso de ejecución requiere verificar que los datos enviados por el usuario están dentro de los valores establecidos como seguros para la aeronave 12, lo que se desarrolla en el subsistema de ayuda de planificación del vuelo 17. La capa de planificación 8 es el coordinador de todos los módulos de la capa anterior y es por tanto
20 el encargado de desarrollar de manera correcta la misión.

De esta manera, utilizando las capas anteriores, se dispone de información tanto de datos del controlador de vuelo 12, que permiten por ejemplo determinar la posición actual de la aeronave, como de las señales adquiridas hasta el momento como pueden
25 ser imágenes capturadas por subsistema de adquisición de señal 19 o comunicaciones adquiridas por el subsistema de comunicaciones 18. Utilizando dichos datos, el método permite planificar la nueva trayectoria de la aeronave de manera totalmente autónoma. Para ello solo requiere directrices de alto nivel que se establecen en un plan de vuelo. Estas directivas determinan como se calcula la nueva ruta en tiempo real, pudiendo
30 establecer el usuario por ejemplo si se desea seguir una pelota o realizar una formación en el aire cuando se alcance una determinada altura. Recalcamos que el plan de vuelo no es una ruta fija, sino un guion de alto nivel que permite desarrollar un vuelo totalmente autónomo, no preestablecido con anterioridad (cosa que no ocurre en el caso de los controladores de vuelo actuales).

35

Por tanto, en esta etapa se ejecuta el plan de vuelo seleccionado (elegido de entre una serie de planes ejemplo o programado por el usuario utilizando el API correspondiente) utilizando el módulo de guion de vuelo 6 de manera coordinada con la capa de planificación 8. Como se ha comentado anteriormente, el plan de vuelo utiliza la información sensorial del subsistema de adquisición de señal 19 y del controlador de vuelo 12 para establecer una nueva posición de la aeronave.

7. **Enviar comandos de vuelo al controlador:** una vez determinada la posición a alcanzar, el dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16 envía los comandos de vuelo de bajo nivel (movimientos a realizar por los motores o posición GPS a alcanzar) utilizando MAVLINK, para que el controlador de vuelo 12 alcance la posición de manera estabilizada. Por tanto el controlador de vuelo 12, solo se encarga de la sustentabilidad de la aeronave y del desplazamiento de la misma con los parámetros prefijados por la etapa anterior.

8. **Registrar el vuelo:** en el caso de que el sistema de depuración del dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16 esté activo, se registran tanto las lecturas como el resultado del script del usuario en un archivo de log y se envía un resumen de dicha información en tiempo real por un puerto UART por si el usuario quiere monitorizarla en el puerto de registro de logs 9 utilizando el subsistema de notificaciones y logs 20.

Como se observa en la figura 2, el sistema de planificación de vuelo comprende los siguientes elementos funcionales:

- Subsistema de ayuda a la planificación 17.
- Dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16.
- Receptor de radiofrecuencia 15.
- Subsistema de comunicaciones 18.
- Subsistema de adquisición de señal 19.
- Subsistema de notificaciones y logs 20.
- Controlador de vuelo 12.
- Aeronave 21.

De forma adicional, se describe una caja de anclaje para el dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16 así como el subsistema de adquisición de señal 19 y de notificaciones y logs 20. Estos subsistemas conforman varios puertos de comunicación, notificación y alimentación y requieren características específicas para su anclaje en los VANT:

5

10

15

20

25

30

35

- Pestañas de cierre de la caja de anclaje 22.
- Puerto de alimentación 23. Este puerto es compatible con algunos de los conectores más habituales para la alimentación de dispositivos de radiocontrol, como puede ser el puerto XT90. El voltaje de funcionamiento del dispositivo es de 5.5v, con un consumo máximo 2A.
- Puerto de conexión de Buzzers 24. En este tipo de dispositivos es fundamental poder notificar de manera remota al usuario. Se dispone un puerto que permite conectar un zumbador pasivo al dispositivo y poder situarlo en la aeronave de manera óptima. Este puerto es utilizado por el subsistema de notificaciones y logs 20.
- Puerto de conexión de LEDS de notificación 25. De la misma manera que los zumbadores puede ser importante contar con notificaciones visuales. El puerto de conexión de LEDS permite conectar 3 LEDS de alta intensidad que serán controlados por el dispositivo para comunicar información al usuario. Este puerto es utilizado por el subsistema de notificaciones y logs 20.
- Puertos de conectores Futaba para receptor RF 26. Conectores de tipo Futaba para receptores de señal de radiofrecuencia. Son utilizados por el receptor de radiofrecuencia 15.
- Puerto de conexión de comunicaciones para XBEE 27. Este puerto posibilita ubicar un receptor XBEE en la posición requerida de la aeronave. Es utilizado por el subsistema de comunicaciones 18.
- Puertos de ampliación USB 28. Proveen la opción de ampliar el subsistema de adquisición de señal 19.
- Puerto de expansión 29. Se utiliza para poder proveer de conexiones físicas específicas de aplicación o cuando se requiera acceder a bajo nivel para el control de la placa mediante conexiones tty (por ejemplo para leer los datos del subsistema de notificaciones y logs 20).
- Puerto RJ45 30. Para el acceso a red del dispositivo electrónico para la planificación de vuelo 16 con velocidad de 10 o 100Mbps.
- Hueco de anclaje del dispositivo 31.

- Zonas auxiliares de anclaje del dispositivo 32.

Las medidas de la caja de anclaje son 15x10x2.5cm (en la figura a x b x c) con un peso aproximado de 200g.

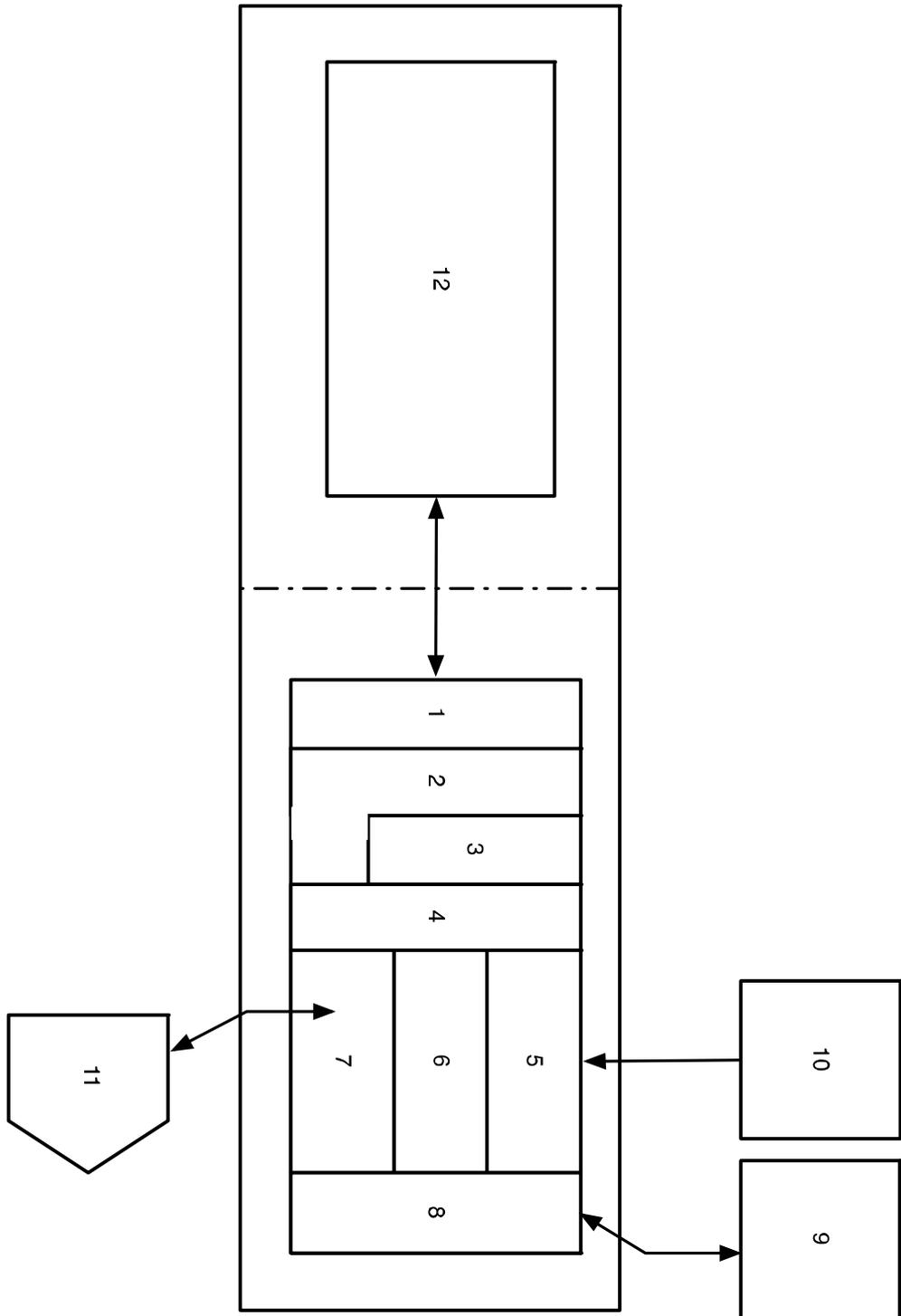
REIVINDICACIONES

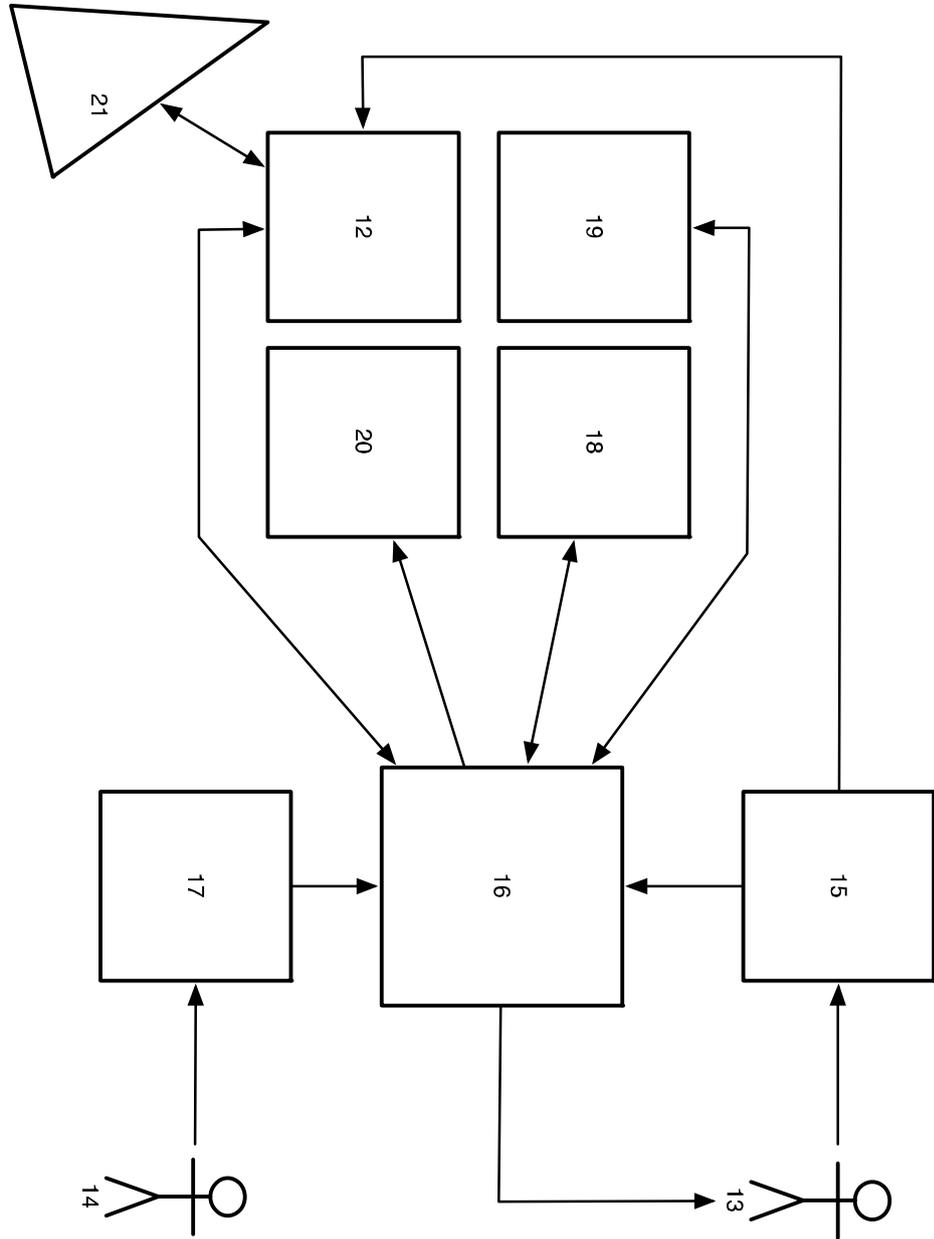
- 5
1. Método para la planificación de vuelo autónomo que comprende las siguientes etapas:
1. Verificar estado del dispositivo.
 2. Conectar con el controlador de vuelo.
 3. Obtener flujo de datos de vuelo del controlador.
 4. Adquirir flujo de señal y comunicaciones.
 5. Verificar estado de seguridad del vuelo autónomo.

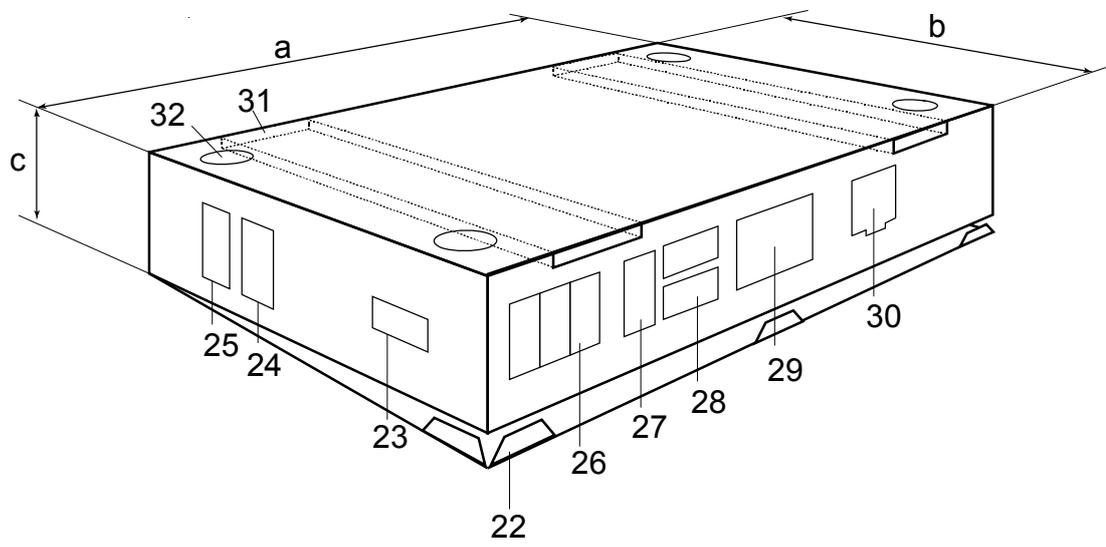
10

 6. Determinar de manera autónoma el siguiente movimiento de la aeronave leyendo los datos del controlador y los sensores y actuando con base al plan de vuelo seleccionado.
 7. Enviar comandos de vuelo al controlador.
 8. Registrar el vuelo.

15
2. Método para la planificación de vuelo autónomo según la reivindicación 1 que comprende una fase previa para definir nuevos planes de vuelo.
3. Sistema para la planificación de vuelo autónomo que comprende medios para ejecutar el método según cualquier de las reivindicaciones anteriores.
- 20
4. Caja de anclaje para incorporar el sistema de planificación de vuelo autónomo descrito según la reivindicación 3.
- 25









- ②① N.º solicitud: 201431195
 ②② Fecha de presentación de la solicitud: 05.08.2014
 ③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X A	US 20130345920 A1 (DUGGAN et al.) 26.12.2013, todo el documento.	3-4 1
X A	US 20100250022 A1 (HINES et al.) 30.09.2010, todo el documento.	3-4 1
X A	US 20140129055 A1 (MACH et al.) 08.05.2014, párrafos [0030]-[0110],[0115]-[0131]; figuras 1-7,11.	3-4 1
A	US 20110046817 A1 (HAMKE et al.) 24.02.2011	
A	US 20130338856 A1 (YELLAND et al.) 19.12.2013	
A	US 20090313199 A1 (HAGELIN et al.) 17.12.2009	
A	US 20100286824 A1 (SOLOMON) 11.11.2010	
A	US 20140172194 A1 (LEVIEN et al.) 19.06.2014	

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
30.04.2015

Examinador
L. J. Dueñas Campo

Página
1/4

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

G05D1/00 (2006.01)

G05D1/10 (2006.01)

B64C39/02 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G05D, B64C

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 30.04.2015

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-4	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-2	SI
	Reivindicaciones 3-4	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 20130345920 A1 (DUGGAN et al.)	26.12.2013
D02	US 20100250022 A1 (HINES et al.)	30.09.2010
D03	US 20140129055 A1 (MACH et al.)	08.05.2014
D04	US 20110046817 A1 (HAMKE et al.)	24.02.2011
D05	US 20130338856 A1 (YELLAND et al.)	19.12.2013
D06	US 20090313199 A1 (HAGELIN et al.)	17.12.2009
D07	US 20100286824 A1 (SOLOMON)	11.11.2010
D08	US 20140172194 A1 (LEVIEN et al.)	19.06.2014

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

La solicitud de invención presentada contiene una reivindicación principal o independiente de método y otra reivindicación más dependiente de la anterior, más una reivindicación independiente de sistema y otra reivindicación más independiente de aparato. Dicha invención define como objeto técnico de la misma, según se expresa en las primeras líneas de la reivindicación principal (de método), un método para la planificación de vuelo autónomo; dicho objeto técnico se centra funcionalmente o como aplicación en el campo de las aeronaves no tripuladas. La parte esencial de la invención que destaca el solicitante como novedosa frente al estado de la técnica de cara a resolver el problema técnico planteado y, por tanto, las características técnicas substanciales del aparato que de manera necesaria o suficiente afrontan dicho problema técnico, establecidas según el solicitante en la parte caracterizadora de la reivindicación independiente, comprende las etapas de: Verificar estado del dispositivo, conectar con el controlador de vuelo, obtener flujo de datos de vuelo del controlador, adquirir flujo de señal y comunicaciones, verificar estado de seguridad del vuelo autónomo, determinar de manera autónoma el siguiente movimiento de la aeronave leyendo los datos del controlador y los sensores y actuando con base al plan de vuelo seleccionado, enviar comandos de vuelo al controlador, y registrar el vuelo.

La reivindicación independiente de sistema, así como la reivindicación independiente de aparato definen sendos objetos técnicos aptos para realizar el método anterior. Sin embargo, deberían definirse a partir de características técnicas propias, por lo que el análisis de la actividad inventiva de ambas se basará en lo escaso que se presenta en dichas reivindicaciones.

Los documentos D01-D03 se consideran el estado de la técnica más próximo. Se consideran como un conjunto dado que, en principio, no afectan a la actividad inventiva de la reivindicación 1. Dichos documentos muestran diversos métodos de control de vuelo autónomo para vehículos aéreos no tripulados en los que es factible la planificación a alto nivel y la modificación de planes de vuelo dinámicamente, según otras características técnicas distintas. Sin embargo, en lo que se refiere a las reivindicaciones independientes 3-4, considerando como sistema cualquiera que pudiera ser apto para soportar el software necesario para llevar a cabo el método definido en la primera reivindicación, y como caja de anclaje, también cualquiera capaz de contener el hardware correspondiente, se consideran obvios para el hombre de la técnica, a partir del estado de la técnica presente en cualquiera de los documentos citados D01-D03, y, por tanto, las reivindicaciones 3-4 carecen de actividad inventiva.

Los documentos D04-D08 se presentan otras formas de realización que no anticipan la novedad o la actividad inventiva de la reivindicación 1, y se incluyen como estado de la técnica y para el conocimiento del solicitante.