

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 564 085**

21 Número de solicitud: 201430615

51 Int. Cl.:

A01M 29/00 (2011.01)

A01M 29/06 (2011.01)

B64C 39/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

25.04.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

17.03.2016

71 Solicitantes:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS (CSIC) (25.0%)**

C/ Serrano, 117

28006 Madrid ES;

MORENTE SÁNCHEZ, Francisco Juan (70.0%) y

MORENTE SÁNCHEZ, Jesús David (5.0%)

72 Inventor/es:

SOJO BALLESTEROS, Raúl;

GANGOSO DE LA COLINA, Laura;

MORENTE SANCHEZ, Francisco Juan;

MORENTE SÁNCHEZ, Jesús David;

FIGUEROLA BORRAS , Jordi;

SOJO BALLESTEROS , Raül;

GANGOSO DE LA COLINA , Laura y

MARTINEZ DE LA PUENTE, Josue

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **VEHÍCULO AÉREO BIOMIMÉTICO Y ZOOSEMIÓTICO DIRIGIDO POR PILOTO AUTÓMATICO**

57 Resumen:

Vehículo aéreo biomimético y zoosemiótico dirigido por piloto automático.

El objeto de la presente invención es un vehículo aéreo biomimético y zoosemiótico que incorpora sensores y medios para detectar y ahuyentar animales, siendo su principal característica el que está dotado de un piloto automático programable.

Constituye igualmente un objeto de la presente invención el uso de este vehículo en aplicaciones como el control de determinadas plagas, así como la inspección de zonas ambientalmente protegidas.

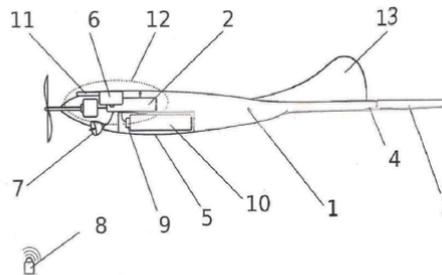


FIG. 1

ES 2 564 085 A2

**VEHÍCULO AÉREO BIOMIMÉTICO Y ZOOSEMIÓTICO DIRIGIDO POR PILOTO
AUTÓMATICO**

DESCRIPCIÓN

5

SECTOR Y OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se encuadra en el sector de los dispositivos voladores para aplicaciones tales como ahuyentar animales.

10

Específicamente, constituye el objeto de la presente invención un vehículo aéreo biomimético y zoosemiótico que incorpora sensores y medios para detectar y ahuyentar animales, siendo su principal característica el que está dotado de un piloto automático programable.

15

Constituye igualmente un objeto de la presente invención el uso de este vehículo en aplicaciones como el control de determinadas plagas, así como la inspección de zonas ambientalmente protegidas.

20 **ESTADO DE LA TECNICA**

Las concentraciones de animales salvajes pueden representar un riesgo para los cultivos, explotaciones ganaderas y para la salud de los humanos y otros animales de interés económico o para su conservación. Los animales rehúyen las situaciones que perciben como un riesgo para su vida y poder reproducir los estímulos que perciben como amenazante constituye un método efectivo para ahuyentarlos. La invención trata de escenificar los mismos actos que se dan en la naturaleza para conseguir reacciones previsibles en los animales con vehículos aéreos biomiméticos que imiten su zoosemiótica pura y descriptiva: visual, acústica, táctil y química, mediante el estudio de la zoología, robótica, biomecánica, mecatrónica y aeronáutica para mimetizarse con el entorno, atraer, o ahuyentar animales. Con la mimetización se consigue no invadir los hábitats naturales y realizar estudios veraces sobre el comportamiento animal y persecuciones discretas con importantes aplicaciones de investigación y policiales. Atraer y/o tranquilizar animales resulta interesante en estudios zoológicos, por ejemplo, para la captura y toma de muestras biológicas de individuos de especies amenazadas y otras aplicaciones como la ganadería, un vehículo con la apariencia biomimética y comportamiento zoosemiótico es capaz de

35

atraer individuos de la misma u otras especies hacia las zonas de captura u observación. Cada especie, en cada momento, puede requerir vehículos aéreos no tripulados biomiméticos distintos. Para ahuyentar se eligen maquetas del orden Falconiformes, Accipitriformes o Estrigiformes y la familia, género y especie que más teman los animales.

- 5 También puede ser efectivo en algunos casos mimetizar el vehículo aéreo como cualquier animal, aunque no sea volador.

Los pilotos automáticos comerciales disponibles no tienen capacidad de hacer movimientos zoosemióticos ya que están pensados para realizar una navegación sencilla hacia una serie
10 de puntos de paso que previamente se han programado desde una estación de control por un operador del sistema y no está previsto que desde un ordenador, gobernado por los sensores del propio vehículo, pueda realizarse un control autónomo del vuelo ni imitar movimientos biomecánicos propios de animales voladores y colaborar con otras utilidades que simplifican, abaratan trabajos relacionados y costes de producción en procesos de:
15 estudio, control, investigación, seguridad, medio ambiente, zoología, agricultura, apicultura, ganadería y pesca. La FAO considera que el control integrado de plagas puede suponer un ahorro del 30% de agua y el 60% de energía. Es posible incluso incrementar los rendimientos hasta seis veces, según demuestran los ensayos con maíz realizados recientemente en África meridional, con rendimientos medios de las explotaciones que
20 aplicaban este tipo de técnicas en 57 países de bajos ingresos aumentaron en casi un 80 por ciento.

Como antecedentes de la invención cabe destacar los siguientes:

- 25 1) documento de patente CN 101627752, publicado el 20 de enero de 2010 el cual muestra un dispositivo volador no tripulado que simula a un águila para proteger los cultivos agrícolas. Utiliza un controlador para accionar un motor de un pequeño turbo-ventilador que impulsa el dispositivo que una vez en el aire, es controlado por un mando a distancia.
- 30 2) Documento de patente JP 2003304795, publicado el 28 de octubre de 2003, el cual muestra un dispositivo que simula un águila o halcón para repeler plagas de aves empleando su agudeza visual y auditiva con ojos chispeantes, cola móvil y unos altavoces que emiten sonidos de rapaces.
- 35 3) Modelo de utilidad CN 201563537, publicado el 1 de septiembre de 2010, que describe un tipo de águila que flota en el cielo con medios parlantes.

4) Documento de patente US 2005224636, publicado el 13 de octubre de 2005, el cual muestra una cometa con forma de ave rapaz que, al llegar a una determinada altura da vueltas sobre un área.

5) Documento de modelo de utilidad CN 2626860, publicado el 21 de julio de 2004, que muestra el empleo de técnicas de aerodelismo por control remoto para dispersar los pájaros en los aeropuertos, reproduciendo sonidos, ultrasonidos y luces.

Estos documentos imitan la forma externa de las aves rapaces para provocar la tatanofobia.

10 Algunos intentan imitar el sonido y el vuelo de las aves rapaces accionando manualmente un dispositivo o con técnicas de control a distancia. Pero ninguna habla de simular su zoosemiótica para atraer a otros animales, mimetizarse con su hábitat o aumentar el miedo, pues no basta la simple presencia de la rapaz pasando por unas coordenadas satelitales. Un falconiforme, más especializado en campo abierto, desarrolla un vuelo circular a
15 determinada altura con las alas extendidas. Si imita un accipitriforme, más oportunista y especializado en zonas boscosas, su ataque se situará por detrás o ligeramente por debajo de la presa. Los movimientos ayudan a los animales a identificar con claridad y precisión la amenaza que representa la especie reproducida por el vehículo aéreo o a un compañero de su especie.

20

El vehículo aéreo objeto de la presente invención tiene ventajas con respecto a los comerciales incapaces de llevar a cabo funciones de vuelo, desplazamiento y simulación de ataques reales típicos de cada especie, combinando la lectura de señales satelitales con las del microprocesador y los sensores. Es una herramienta muy útil para colaborar en la
25 agricultura compatible con la conservación del medio ambiente pues su uso no solo evita la depredación animal sino la contaminación de otras zonas, cuando transportan en sus patas, picos, pelos y plumas, insectos, parásitos, hongos y patógenos.

EXPLICACION DE LA INVENCION

30

En un primer aspecto, constituye un objeto de la presente invención un vehículo aéreo biomimético y zoosemiótico que comprende un fuselaje (1), el cual incorpora:

- al menos un motor eléctrico alimentado por baterías recargables (10) y sistemas de retroalimentación (9)

35

- hélice y un rotor acoplado al eje de salida del motor eléctrico

- servomotores para los mecanismos de accionamiento de las partes móviles del vehículo aéreo, incluyendo timones de profundidad (3) y timón de dirección (13).
 - sistemas de disparo accionados por un servomotores
 - micrófonos y medios parlantes
- 5 - cámara fotográfica de visión y grabación, térmica y/o termográfica e infrarroja (7) y además comprende un piloto automático configurable (2) en código abierto con tarjetas de control y relés (6) conectado a una base de control en tierra (8), así como módulos inerciales que incorporan:
- brújula digital
- 10 - giroscopios
- magnetómetros
 - unidades de medición inercial
 - barómetro
 - telemetría
- 15 - compás digital
- así como sónar y medios para la medida de la presión.

El vehículo mimetiza preferentemente falconiformes, accipitriformes o estrigiformes.

- 20 En sucesivos modos de realización preferente de la invención, los servomotores accionan los mecanismos de alas y cola si el vehículo es de ala fija o el plato cíclico y alerones para el giro cíclico si el vehículo es un helicóptero del tipo monorrotor, birrotor, entrelazado o coaxial, en tándem multirrotor, aerostato u ornitóptero.
- 25 En un modo de realización preferente del vehículo objeto de la invención, el piloto automático configurable está basado en una placa, la cual incorpora un microcontrolador de 32 bits y tarjetas de comunicación.

- 30 Un módulo satelital del Sistema de Navegación Global por Satélite permite al vehículo navegar por puntos de paso predefinidos.

Los medios de medida de la presión incluidos en el vehículo aéreo se seleccionan entre anemómetros de presión o tubos Pitot.

- 35 Opcionalmente, el vehículo aéreo incluye al menos uno de los siguientes dispositivos:
- placas solares (11)

- radiobaliza (12)
- cámara de control estabilizada
- sistema de comunicación por radiofrecuencia
- control de obturador
- 5 - control mediante "joystick"
- enlace de vídeo programable en pantalla en vivo
- cono del motor con espejos cuando se utiliza para ahuyentar
- dispositivo de ondas ultrasónicas y/o láser (7)
- sensores volumétricos y de calor (4),
- 10 así como medios para la iluminación (5) de los contornos, formas y tinturas que favorezcan la mimetización, la repulsión o la atracción.

Constituye otro objeto de la presente invención el uso del vehículo aéreo para las siguientes aplicaciones:

- 15 - ahuyentar, atraer o mimetizarse con especies animales, especialmente en campos de cultivo.
- inspección de zonas protegidas, especialmente tendidos eléctricos y subestaciones.

BREVE DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

20

Figura 1: Representación esquemática de una forma de realización del vehículo aéreo biomimético y zoosemiótico en la cual:

- 1.-Fuselaje
- 2.- Piloto automático
- 25 3.- Timones de profundidad
- 4.- Sensores volumétricos y de calor
- 5.- Sistema de iluminación externa
- 6.- Tarjetas de control y relés
- 7.- Láser, sensores, cámara fotográfica, de video, infrarroja y/o térmica
- 30 8.- Base de control en tierra
- 9.- Sistemas de retroalimentación
- 10.- Batería
- 11.- Placas solares
- 12.- Radiobaliza
- 35 13.- Timón de dirección

Figura 2: Algunas representaciones biomiméticas que puede adoptar el vehículo aéreo.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

5 La invención representa la figura y zoosemiótica típica de cualquier animal volador, mediante un vehículo aéreo biomimético con la intención de: mimetizarse con el entorno, atraer animales, ahuyentarlos y con aplicaciones en agricultura de precisión y seguridad.

10 Cuando la aeronave tiene forma de rapaz, su presencia es suficiente para ahuyentar a otros vertebrados, pero su efectividad aumenta al reproducir los movimientos típicos del ataque de las rapaces. El miedo aumenta con un dispositivo con el que reproduce los sonidos de agonía, auxilio y/o dolor de la especie a combatir. El microprocesador acepta diversos paquetes digitalizados de interpretación para simular estas escenas. La invención tiene en
15 cuenta la sensibilidad espectral de cada especie a distintas longitudes de onda. Esta cualidad es utilizada por el dispositivo para atraer, molestar, dañar y/o atacar con las luces estroboscópicas, los reflejos lumínicos y/o el láser. La química juega un papel fundamental en animales como los mamíferos e invertebrados y les provoca una repulsión o atracción que les tranquiliza, confunde o combaten. El disparo de cualquier dispositivo evita el
20 acomodamiento visual y el riesgo de habituación ante la presencia continuada de la amenaza. El fuselaje incorpora, al menos, un motor eléctrico alimentado por baterías recargables en cuyo eje de salida se acopla un rotor, servomotores para los mecanismos de accionamiento de alas y cola si es de ala fija y/o aerostato, servomotores para el plato
25 cíclico si es un helicóptero en cualquiera de sus variedades: monorrotor, birrotor, entrelazado o coaxial, en tándem y multirrotor o una combinación de ornitóptero y ala fija o ala rotatoria para mejorar la percepción visual y aerostato donde la propia presión del gas mantiene la estructura biomimética. Sistema de disparo accionado por un servomotor. Los micrófonos y altavoces permiten comunicarse directamente desde la aeronave, grabar y/o emitir sonidos.

30 Puede incorporar cámara fotográfica, de visión y grabación, cromatográfica, térmica e infrarroja para inspeccionar zonas de difícil acceso, detecta intrusiones animales en total oscuridad y bajo cualquier condición meteorológica. La visión multispectral supone ampliar la respuesta de las cámaras a los espectros ultravioleta e infrarrojo, detectando formas y problemas que pueden pasar inadvertidos, especialmente cuando se reduce la luminosidad.

35 El funcionamiento del vehículo aéreo objeto de la presente invención para ahuyentar aves granívoras de un campo de girasol sería el siguiente:

- 1.- Cuando se activa manualmente una misión o se detecta un amenaza por medios tales como radar u otros sensores, el vehículo despegar y se dirige al primer punto de paso configurado.
- 5 2.- Se introduce el software de navegación para activar acelerómetros, magnetómetros, compás y demás actuadores digitales y mecánicos como servomotores y propulsión.
- 3.- Al llegar al punto satelital, el piloto puede iniciar o no la simulación de un ataque activando un paquete algorítmico de estabilización zoosemiótico específico durante el tiempo programado. Después se dirige hacia el siguiente punto de paso y así sucesivamente. También se puede programar su zoosemiótica durante toda la trayectoria entre los dos puntos satelitales. Estos movimientos, exigen un mayor consumo energético.
- 10
- 4.- Admite datos de otros sensores colocados en tierra y puede activar cualquier dispositivo o actuador físico para aumentar el miedo.
- 15
- 5.- Finalizada la misión, aterriza y espera el siguiente disparo, mientras, carga las baterías. En una configuración opcional, el vehículo podría volver a despegar o provocar la salida de otro vehículo.

20

MODO DE REALIZACION DE LA INVENCION

En un modo de realización particular, el vehículo aéreo objeto de la invención incorpora un piloto automático programable basado en una placa Arduino con un microcontrolador CortexM3 de ARM (*Advanced Risc Machines*) cuyos módulos inerciales pueden integrar diferentes tipos de sensores, como el sónar LV MaxSonar EZ-1 de MaxBotics con salidas en serie y analógicas que son las que se utilizan por motivos de latencia, con una pulgada de resolución y un alcance de 6 metros.

30 Su disparo puede activar cualquier dispositivo. Brújula digital, giroscopios para realizar giros y piruetas definidas y creíbles, magnetómetros, Unidades de Medición Inercial (IMU), barómetro, telemetría en general y compás digital, sensores de orientación (que combinan el acelerómetro y el magnetómetro con la lectura de los campos gravitatorios y magnéticos terrestres) y anemómetro de presión o tubo Pitot. Los acelerómetros junto a los sensores de ultrasonidos y/o laser miden la altitud hasta unos 9 metros, a partir de la cual intervienen los

35

sensores de presión de silicio que dan una precisión centimétrica y ayudan a estabilizar la aeronave.

- 5 Las tarjetas de comunicación del piloto automático están basadas en el transceptor FT232R con microcontrolador ATmega8U2. El vehículo incluye un módulo satelital del Sistema de Navegación Global por Satélite (GNSS) que permite navegar por los puntos de paso. Incorpora radiobaliza, vuelta a casa por fallo vital del sistema (*FailSafe*), despegue y aterrizaje autónomo, cámara de control y estabilización de tres ejes, control de obturador, sistema de comunicación por radiofrecuencia, control mediante joystick, enlace de video
- 10 programable en pantalla en vivo, visibilidad mediante gráficos en programas de aplicación de los sistemas de información geográfica destinados a mostrar y editar cartografía en entornos *web mapping* como Google Earth desde donde se pueden diseñar los puntos de paso y los vuelos.
- 15 Se ha modificado el código de la base de control y ficheros como el *ACME* del acelerómetro para los puntos de paso, añadiendo funciones y comportamientos propios con un software de control en eclipse que controla sensores, motores y aceleraciones y se han introducido paquetes digitalizados y configurados de cada especie.
- 20 El microprocesador regula el cumplimiento en cada punto de paso satelital de la misión preestablecida en la plataforma de desarrollo con un software de código abierto, donde se crean los programas para los dispositivos que permiten la lectura y control de cualquier sensor o actuador físico con una arquitectura robusta y un control de sensores con bucles superpuestos para su realimentación. Su programación en Arduino y el lenguaje basado en
- 25 Wiring permite su ampliación a través de librerías de C++ en un entorno de programación basado en Processing. El puerto de entrada I2C (*Inter-Integrated Circuit*), caracterizado por tener dos líneas de información: una para la transmisión de datos y otra para el reloj, permite construir matrices de sensores, programar rutas en 3D y comandos de misión.
- 30 El control de los servomotores se efectúa por hardware, algoritmos y filtros avanzados basados en matrices de cosenos directrices que mejoran el sensor de fusión de datos como el *Premerlani-Bizard robust direction cosine matrix estimator* que, para transformarlo en un filtro Kalman, más pesado, utiliza una matriz de rotación o matriz de cosenos directrices que describe la orientación de un sistema de coordenadas con respecto al otro. La
- 35 transformación contraria se realiza con la inversa de la matriz de rotación, que resulta ser idéntica a la matriz transpuesta, de modo que al ser una matriz ortogonal y relacionarse con

los ángulos de Euler, cambia conforme a la orientación del vehículo aéreo. La integración numérica se consigue haciendo sucesivas multiplicaciones con las medidas aportadas por el giroscopio en milisegundos. Como los errores numéricos del producto vectorial del vector de referencia con el de la matriz de cosenos directores son acumulativos en el tiempo, la matriz va perdiendo una ortogonalidad que hay que corregir volviendo a escalar sus filas para que sean vectores de magnitud 1 y retomar la medida del giroscopio para anular los errores añadidos al offset, que desaparecen con la integral, con la toma de otra medida de orientación sin offset como la del GPS (cuando es un vehículo de ala fija para obtener la guiñada) y magnetómetros de tres ejes (para vehículos de despegue vertical).

5

10

El control de los ángulos de guiñada, alabeo y cabeceo, ordena la estabilización y la navegación. Los dos últimos son supervisados por dos controladores con componentes proporcional y derivativo, e independientes de la guiñada que es controlada además con la acción integral del algoritmo de cálculo del control por realimentación. Sus análisis determinan las ganancias independientes de cada controlador para establecer velocidades y/o posición de los servomotores en cada punto satelital, según sus algoritmos zoosemióticos. Existen tantas alternativas de programación como vehículos biomiméticos, sensores y misiones. Para que el vehículo aéreo se mueva con cierta ligereza y despierte el miedo cuando se utiliza para ahuyentar, necesita que el procesador trabaje a la máxima frecuencia para obtener una aceleración que mejore su zoosemiótica. Al introducir el *sketch* (boceto) mediante la tarjeta de comunicación para controlar el vehículo se reciben las cadenas con formato del programa. Esta operación también se puede hacer en vuelo aunque está supeditada al alcance del WiFi que también exige un mayor consumo energético. Después de la función *setup* se inicia un programa *sketch* que se emplea para iniciar variables, establecer el estado de los pins e inicializar librerías. Esta función se ejecuta una sola vez después de conectar la placa a la fuente de alimentación. Luego, el algoritmo *loop* se ejecuta consecutivamente una vez por ciclo, pudiendo utilizar las estructuras de control para definir los periodos de ejecución deseados, implementando un completo planificador que selecciona el código a ejecutar en cada ciclo, permitiéndole al programa variar y responder. En el interior de esta función se ubica el algoritmo para controlar de forma activa la placa de Arduino. El método *loop* estructura la ejecución de la entrada en diferentes métodos y funciones que, limitadas por la memoria, a veces ha exigido una codificación optimizada y exigente frente a un código legible. Mediante la librería Libcompass y tras abrir el Sistema de Desarrollo Integrado (*IDE: Integrated Development Environment*) el *GetHeadingSerial* devuelve por el puerto serie el ángulo del sensor respecto del norte y *CalibrateCompass* permite calibrar el sensor. Después de subir este *sketch* mide

15

20

25

30

35

los campos magnéticos de alrededor y se calibra para obviarlos respecto al terrestre. Esta calibración hay que hacerla cuando todos los componentes están ubicados en su lugar definitivo para no crear perturbaciones magnéticas ni medidas incorrectas provenientes, por ejemplo, de los motores. Instalada la librería y efectuado el conexionado y la alimentación
 5 aparece en la pantalla gráfica el dato del sensor que se utilizará para recibir por serie el ángulo y solicitar a *compass.GetHeading*.

Una vez calibrado se establece el firmware, verifican los valores y configuran el sistema de emisión, los modos de vuelo, los algoritmos de cálculo del PID (*proporcional, integral y derivativo*) y las misiones con sus puntos de paso. Las variables que se envían, cada pocos milisegundos, en cada paquete solicitado por la estación de tierra para actualizar las etiquetas de la pantalla son: latitud, longitud y altitud actual del vehículo, número de satélites que observa el GPS, 3 ángulos de orientación de la IMU y distancia al punto de destino. El vehículo se dirige hacia ese punto definido por la latitud, la longitud y la altitud usando la
 10 información proporcionada por el GPS y manteniendo una trayectoria en línea recta. Existe un margen configurable alrededor del punto de paso donde se considera que la aeronave se encuentra y que también puede ser utilizado para introducir algoritmos zoosemióticos ejecutables sin que suponga un avance hacia el siguiente punto de paso. Como en cualquier otro caso, este radio de acción modificable, permite activar en los vuelos circulares una
 15 simple tarjeta de relé que corta un servomotor durante algunos segundos, para provocar caídas y pérdidas de control momentáneas, emitiendo sonidos que significará para algunos animales, el inicio y el éxito de los ataques.

Esta configuración se programa con una altura suficiente para no poner en riesgo el vehículo aéreo. Establecer trayectorias zoosemióticas entre los puntos de paso exige un mayor coste energético y computacional que un vuelo normalizado. La IMU proporciona la latitud, longitud y el ángulo de guiñada, que corresponde con la dirección del vehículo, medido como el ángulo que forma con respecto a la dirección norte comprendido entre 0° y 360°, donde 90° corresponde con la dirección este y 270° la dirección oeste. De modo que, para
 25 que la ecuación arcotangente devuelva un ángulo que englobe toda la circunferencia habrá que tener en cuenta los signos del numerador y denominador. Esta función del compilador *atan2*, se utiliza para el diseño zoosemiótico.

Para comenzar el código, se implementan los drivers de los motores de propulsión y servomotores, instalando un control de posición, velocidad y aceleración, que utiliza una
 35 rampa de aceleración con un perfil *S-profile* en el arranque para que algunos movimientos

sean más suaves, naturales y eviten la fatiga de materiales. El control de velocidad puede llegar a generar pulsos máximos de 25 khz y el control de posición funciona a 1 khz. Las modificaciones que se hacen en la aplicación de prueba se trasladan al código final que se carga, como cuando un motor no gira en el sentido adecuado y se modifica el código *delfine* 5 *INVERT_X_ASIS*. Otra forma de programación consiste en utilizar el dispositivo de disparo de encendido/apagado de video para la simulación de movimientos carenciados por tiempo determinado y/o el dispositivo de la cámara fotográfica para activar los paquetes de algoritmos zoosemióticos en los puntos de paso establecidos hasta la línea de código pertinente, grabando incluso un evento en el LOG que muestre las coordenadas en las que 10 fueron realizados.

Para conseguir que el código sea más asíncrono, se evita usar la función *delay* que detiene la ejecución del código haciendo una parada síncrona. El piloto automático ejecuta con cierta frecuencia, según los casos, un llamamiento a varias subfunciones por lo que no se 15 debe parar sino que, en cada ejecución de APM (*Advanced Power Management*) solicita en qué estado se encuentra la cámara y, en función de esto actuar sobre el *delay*. Es decir, para no realizar paradas se define el estado en el que está durante un tiempo determinado, tras el cual pasa a otro estado. Se crea una clase denominada *APM_ataque*, que representa el dispositivo. Esta clase es la que hace todo lo que tenga que ver con la simulación de 20 ataques. Con ello, se aísla al máximo su funcionamiento del código original de APM. Cuando se utiliza el sistema de disparo de la cámara fotográfica que ya incorpora el piloto para iniciar las escenificaciones, un atributo de la clase representa el estado de la cámara: *apagada*, *encendiéndose*, *apagándose*, *encendida*. Dentro de la clase, se definen los tiempos como constantes. Si se utiliza otra versión de otro piloto en la que los tiempos sean 25 diferentes, solo hay que retocar este atributo.

En el programa principal de Ardupilot, cuando se desee encender el dispositivo se hace una llamada a una función de la clase que comprueba que la variable de estado toma el valor “*apagada*”, de lo contrario se saldrá del punto de paso. En caso de que el valor de la 30 variable sea “*apagada*”, cambia el valor de la variable a “*encendiéndose*”, y continúa la ejecución. La función se ejecuta siempre en el programa principal comprobando si el estado de la cámara es diferente a “*apagada*”. Si es así, hay que comprobar si ha transcurrido el tiempo necesario para pasar al siguiente estado y, en caso afirmativo, actuar sobre el relé, cambiar el valor de la variable de estado y continuar la ejecución. En este caso, el tiempo 35 entre foto y foto, es decir, entre un paquete zoosemiótico y otro, es de unos 8 segundos.

En esta programación no se controla con exactitud cuándo se ha terminado de tomar la foto y por tanto, el fin de la misión, pues no define cuándo se está *encendiendo* que es justo cuando han pasado los 2 segundos necesarios para pulsar el botón de encendido o, *apagando* (*static void take_picture* y *one button mode*), cuando pasan los 2.5 segundos necesarios para el apagado. Por eso, si se desea mostrar alguna zoosemiótica en ese punto de paso, hay que empezar el proceso antes y calcular cuándo debe empezar para que, después de 4.5 segundos, el vehículo esté dentro del punto de paso. Cuando ejecuta este *sketch* el piloto se queda varios segundos en espera mientras el relé en cuestión continúa activado. En definitiva, para evitar la función relay, se crea un subrutina dentro de la función *void_loop* y sus respectivas funciones y sentencias o se trabaja con la función $PORTL|=B00000100$ y $PORTL\wedge=B00000100$. Para primar el número de pasos de los motores sobre su duración sin que el sistema se bloquee y poder trabajar con otras funciones, se evita la instrucción *delay(1000)* usando la función *loop* y desde aquí, controlar el valor de una variable establecida de modo que al ordenar la activación se requieran los milisegundos con *milis* y se almacenen en una variable previamente establecida en el *setup*. Desde *loop* se observa cómo se trabaja con el resto del código pero la diferencia entre el tiempo actual y los almacenados al inicio (que serán superiores a 1000) permite cambiar el estado de esa función. Otra forma de programación más práctica consiste en tomar fotos continuamente, es decir, el dispositivo mantiene constantemente activados los dispositivos zoosemióticos, mientras, se puede enviar a la salida *live* por video inalámbrico la información georeferenciada incrustada a través *del On Screen Display* y observar en tiempo real en qué lugar la plaga es mayor para la toma de decisiones posteriores. Este diseño obliga a tomar datos continuos de la navegación. Para no tocar la programación en el piloto, se instala el controlador de Texas Instruments MSP430 que permite infinidad de combinaciones, un consumo casi nulo y ampliaciones mediante sus entradas. Entre sus programaciones posee activaciones con lapsos de tiempo que oscilan entre 1, 2, 5, 10, 30 o 60 segundos. Este diseño puede estar condicionado a la activación de otros sensores como los de presencia. Por último, la versatilidad de la plataforma permite añadir una placa de control Arduino Pro Mini con el chip 328 con 16 puertos digitales de los cuales 6 se pueden utilizar como PWM (*pulse-width modulation*) que, para evitar las interferencias por radiofrecuencia típicas de estos circuitos, se instala cerca de la carga y se filtra la fuente de alimentación. Las demás también pueden ser configuradas como salidas PWM mediante hardware incorporado en el microcontrolador y realizar la conversión a pulsos PWM en el resto de pines.

35

Para el diseño correcto de un algoritmo de navegación es necesario conocer la orientación que aporta la brújula digital de tres ejes HMC5843 que se comunica a través de las dos líneas I2C de la placa y sus dos entradas analógicas. Se conectan los sensores de infrarrojos y/o de ultrasonidos. Si son necesarias más entradas se utiliza un multiplexor analógico (como el MC14051) que amplía ocho líneas más. Como la plataforma tiene dificultades para la depuración de códigos se implementa un sistema complementario de mensajes de depuración tanto para poder realizar pruebas unitarias, como para depurar códigos en casos de comportamientos anómalos. Se han optimizado códigos para mejorar los *timers* y otros mecanismos específicos del hardware, se han instalado planificadores para controlar y limitar el tiempo de ejecución de cada rutina y se ha modificado la forma de modularizar y estructurar el código para optimizar tanto el rendimiento como el uso de la memoria.

Para el archivo del GPS se crean algoritmos basados en la obtención de la posición actual y el cálculo de la distancia que en vez de usar la trigonometría se utiliza un método que relaciona las coordenadas de latitud y longitud de ambos puntos con el radio de la tierra basado en la fórmula de Haversine. La arquitectura del software está sujeta a la estructura general de un programa desplegable en la plataforma Arduino que debe contar con dos procedimientos a modo de punto de entrada (*entry point*) que se reclaman automáticamente por el planificador del framework. A partir de *loop* el resto del código se puede modularizar y estructurar como se desee. Tras el *setup* se inicializan los registros y variables de cada driver y se ejecutan los posibles procedimientos de calibrado de los sensores analógicos y protocolos de inicialización necesarios. Para gestionar los recursos y controlar la ejecución de cada módulo software, se implementó un planificador en el procedimiento *loop* que realiza las llamadas al resto de los módulos como los drivers de entrada/salida encargados de comunicarse con los sensores de diferentes maneras, así como de proveer una interfaz de acceso a los valores recibidos de los sensores y/o escritura (del tipo *get/set*) de los valores de salida hacia los motores, de manera que el resto de módulos pueda comunicarse con todos los dispositivos de entrada/salida sin preocuparse del protocolo o tecnología usada por el driver.

Incorpora bobinas resonantes con antenas de captación de campos magnéticos, interferencias radioeléctricas y ruido electromagnético (*energy-harvesting*) que actúan como un transformador. Esta señal senoidal, de la misma frecuencia que la generada, se rectifica para conseguir una señal continua utilizando diodos de germanio. Conectando otro receptor con los bucles de la bobina enrollados en sentido contrario a la primera, imita un rectificador

de onda completa que, junto a una resistencia y un condensador hace un filtro eficaz con unas pérdidas mínimas. Esta amplificación es efectiva conectando en serie hasta cinco dobladores de voltaje que van recibiendo la señal alterna del condensador, amplificada en cada etapa de modo que al quinto ya no genera ningún voltaje e incluso pierde tensión por los diodos. Los rizados superpuestos acaban generando una señal continua. Esta energía junto a la de las células solares, el motor Bedini y/o motor Stirling, son amplificadas por el ladrón de Joules (*Joules Thief*) para aumentar la autonomía de las baterías.

La configuración del piloto automático admite los datos de otros sensores de visión o atención colocados en tierra o el reconocimiento de voz que permite intervenir en el vuelo mediante órdenes verbales que pueden ser encriptadas para que no se pueda pilotar por personal no autorizado.

En aplicaciones de inspección de tendidos eléctricos, el vehículo incluye una cámara ultravioleta de efecto corona que busca la presencia de contaminantes en las cadenas de aislamiento de las líneas y de un lavado poco efectivo en las mismas, campanas de las cadenas en cortocircuito, daños en conductores, tornillería, herrajes, conexiones flojas de los componentes y verificación de reparaciones realizadas. Con la cámara termográfica e hiperspectral se detectan fotones emitidos por calor para prevenir fallas eléctricas optimizando el mantenimiento y paros no programados.

Para la transmisión de video, el vehículo incorpora una cámara que trabaja en frecuencias de 5.8 GHz, eliminando las interferencias sobre el enlace de control y un amplificador de fidelidad inalámbrica (*WiFi*), IEEE 802.11b de 1000 mW de potencia de salida que permite extender aplicaciones durante varios kilómetros como el FPV (*First-person view*).

REIVINDICACIONES

- 1.- Vehículo aéreo biomimético y zoosemiótico que comprende un fuselaje (1), el cual
5 incorpora:
- al menos un motor eléctrico alimentado por baterías recargables (10) y sistemas de retroalimentación (9)
- hélice y un rotor acoplado al eje de salida del motor eléctrico
- servomotores para los mecanismos de accionamiento de las partes móviles del vehículo
10 aéreo, incluyendo timones de profundidad (3) y timón de dirección (13)
- sistemas de disparo accionados por servomotores
- micrófonos y medios parlantes
- cámara fotográfica, de visión y grabación, térmica y/o termográfica e infrarroja (7)
15 con tarjetas de control y relés (6) conectado a una base de control en tierra (8), así como módulos inerciales que incorporan:
- brújula digital
- giroscopios
- magnetómetros
20 - unidades de medición inercial
- barómetro
- telemetría
- compás digital
así como sónar y medios para la medida de la presión.
25
- 2.- Vehículo según la reivindicación 1, caracterizado porque mimetiza falconiformes, accipitriformes o estrigiformes.
- 3.- Vehículo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque los
30 servomotores accionan los mecanismos de alas y cola si el vehículo es de ala fija.
- 4.- Vehículo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque los servomotores accionan el plato cíclico y alerones para el giro cíclico si el vehículo es un helicóptero del tipo monorrotor, birrotor, entrelazado o coaxial, en tándem, multirrotor,
35 aerostato u ornitóptero.

- 5.- Vehículo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el piloto automático configurable está basado en una placa, la cual incorpora un microcontrolador de 32 bits y tarjetas de comunicación.
- 5
- 6.- Vehículo según la reivindicación 5, caracterizado porque incluye un módulo satelital del Sistema de Navegación Global por Satélite que permite navegar por puntos de paso predefinidos.
- 10
- 7.- Vehículo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque los medios de medida de la presión se seleccionan entre anemómetros de presión o tubo Pitot.
- 8.- Vehículo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque incluye adicionalmente al menos uno de los siguientes dispositivos:
- 15
- placas solares (11)
 - radiobaliza (12)
 - cámara de control estabilizada
 - sistema de comunicación por radiofrecuencia
 - control de obturador
- 20
- control mediante "joystick"
 - enlace de vídeo programable en pantalla en vivo
 - cono del motor con espejos cuando se utiliza para ahuyentar
 - dispositivos de ondas ultrasónicas y/o láser (7)
 - sensores volumétricos y de calor (4)
- 25
- 9.- Vehículo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque incluye medios para la iluminación (5) de los contornos, formas y tinturas que favorezcan la mimetización, la atracción o la repulsión.
- 30
- 10.- Uso de un vehículo según se define en las reivindicaciones 1 a 9, para ahuyentar especies animales, atraerlas o mimetizarse.
- 11.- Uso de un vehículo según se define en las reivindicaciones 1 a 9 para la inspección de zonas protegidas.
- 35

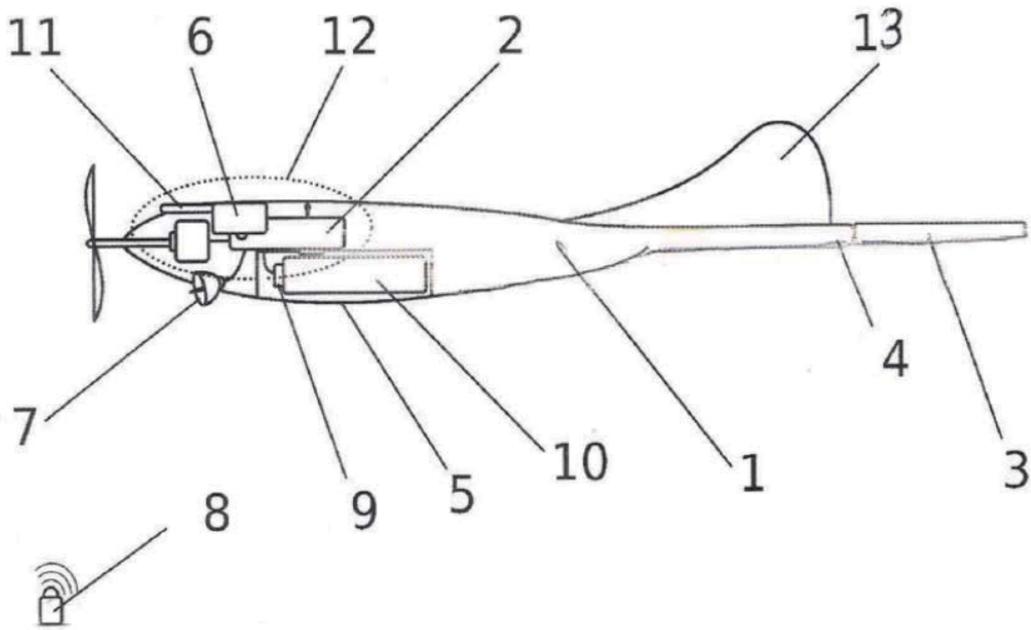


FIG. 1

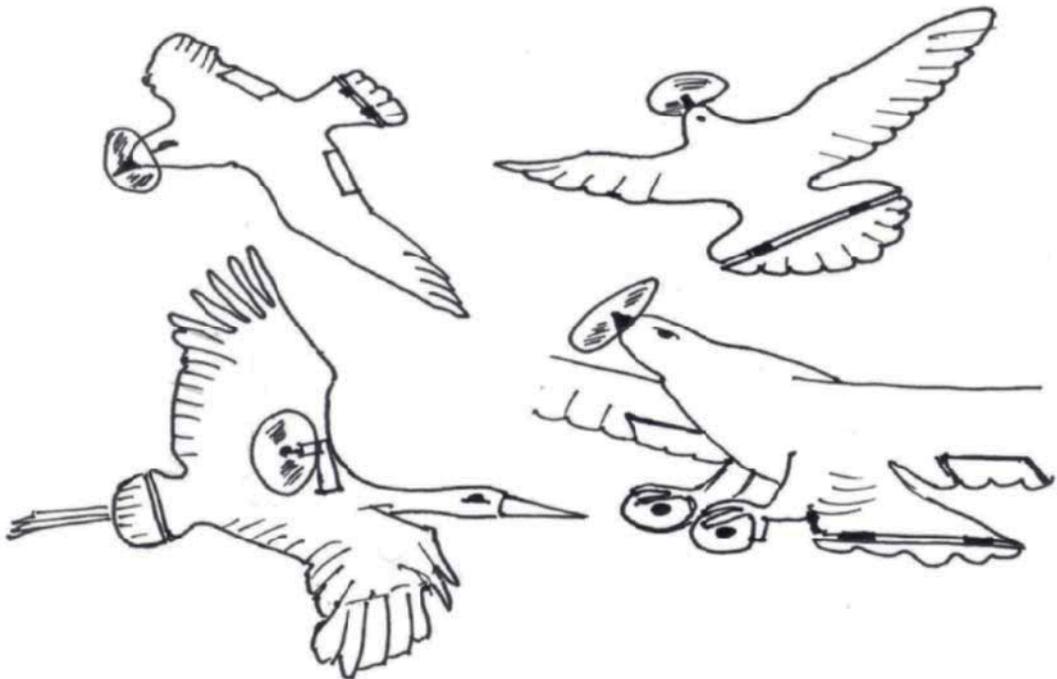


FIG. 2