

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 615 527**

51 Int. Cl.:

**G01S 1/14** (2006.01)

**G01S 1/42** (2006.01)

**F41G 7/28** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.03.2013 E 13159068 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2016 EP 2639596**

54 Título: **Objeto volador guiado sobre haces electromagnéticos**

30 Prioridad:

**15.03.2012 FR 1200786**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**07.06.2017**

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)  
Tour Carpe Diem, Place des Corolles, Esplanade  
Nord  
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**GARREC, PATRICK;  
CORNIC, PASCAL y  
KEMKEMIAN, STÉPHANE**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 615 527 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Objeto volador guiado sobre haces electromagnéticos

La presente invención se refiere al campo de los objetos voladores en dirección a un objetivo. La presente invención se refiere de manera más particular a un objeto volador en dirección a un objetivo guiado sobre haces electromagnéticos.

Se conocen en la técnica anterior unos sistemas de autoguiado, en los cuales el vehículo volador es capaz de dirigirse por sí mismo en dirección a un objetivo.

Estos sistemas de guiado autónomo implementan por lo general unos medios inerciales instalados a bordo, asociados a un conjunto de designación electromagnética, láser o infrarrojo, apuntado en la dirección del objetivo. En dicho caso, el volumen de la electrónica instalada a bordo es significativo y repercute directamente en el coste del vehículo. Es posible descargar en el objeto volador la posición del blanco según el sistema de posicionamiento por satélites (o GNSS por *Global Navigation Satellite System*) como, por ejemplo, el sistema GPS, Galileo o Glonass y solicitar un encuentro del objeto hacia esta posición. Esto presupone un sistema GNSS instalado a bordo y un punto de encuentro fijo.

También se conocen unos sistemas de guiado controlados a distancia desde una instalación fija en el suelo. Estos sistemas utilizan un sensor activo o pasivo capaz de localizar el vehículo volador con respecto al objetivo. En este caso, es interesante utilizar la tecnología de radar en modo activo o pasivo, permitiendo esta tecnología un funcionamiento "en cualquier momento". Sin embargo, el modo radar activo es difícil de utilizar cuando la superficie equivalente de los vehículos implementados es pequeña. Por otra parte, no permite una identificación directa del blanco o designación. Es la razón por la cual se utiliza más bien en este caso un emisor instalado a bordo, al que localizará un sistema de recepción adaptado, posicionado en el suelo o a su vez instalado a bordo de una aeronave o un navío, según la aplicación. Sin embargo, cuando el vehículo vuela a una altura de algunos decímetros o de algunos metros por encima del suelo o del mar, la localización en elevación se muestra muy delicada, a causa de las reflexiones. Por otra parte, la localización también se puede perturbar en el plano horizontal y/o por reflexiones laterales sobre los objetos circundantes, como las construcciones humanas por ejemplo. Además, tradicionalmente, el emisor instalado a bordo no permite la medición de la distancia recorrida, salvo si dispone de una función "contestador automático". En este último caso, el coste y el volumen de la electrónica se incrementan de forma significativa.

Por último, cuando el vehículo gira sobre sí mismo, puede resultar interesante conocer el ángulo de balanceo en cada instante para garantizar un guiado eficaz. Esto no es accesible con los dispositivos clásicos.

Se conoce en la técnica anterior, en particular de la patente americana US 7 193 556, un sistema que permite medir la posición y la orientación de un objeto en vuelo con respecto a un sistema de referencia.

También se conoce de la patente americana US 5 344 099 un sistema de guiado sobre haces basado en la agilidad de polarización.

Un objetivo de la invención es, en particular, corregir los inconvenientes citados con anterioridad y en concreto minimizar para los objetos voladores en dirección a un objetivo la masa, el volumen, la potencia consumida y/o el coste de la electrónica instalada a bordo.

Para ello, la invención tiene por objeto un objeto volador en dirección a un objetivo guiado sobre haces electromagnéticos como se describe en las reivindicaciones.

Se mostrarán otras particularidades y ventajas de la presente invención de manera más clara en la lectura de la siguiente descripción, dada a título ilustrativo y no limitativo, y hecha en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1a representa un ejemplo de realización del guiado de un objeto volador en dirección a un objetivo según la invención;
- la figura 1b representa otro ejemplo de realización del guiado de un objeto volador según la invención en el caso de una iluminación por franjas interferométricas;
- la figura 2 representa un ejemplo de vista en sección de haces de guiado utilizados para guiar un objeto volador según la invención;
- las figuras 3a y 3b representan un ejemplo de haces de guiado en fase utilizados para guiar un objeto volador según la invención respectivamente utilizando varias antenas y utilizando una antena lacunar;
- la figura 4 representa un ejemplo de realización de un dispositivo de emisión de guiado utilizados para guiar un objeto volador según la invención;
- las figuras 5a y 5b representan un ejemplo de realización de un objeto volador según la invención respectivamente visto de lado y visto de espalda;
- la figura 6 representa un ejemplo de realización del dispositivo de recepción y del módulo de guiado según la invención;
- la figura 7 representa un ejemplo de realización de un receptor de lectura de la posición en los haces de guiado;

- la figura 8 representa otro ejemplo de realización de un receptor de lectura de la posición en los haces;
- la figura 9 representa un ejemplo de representación gráfica de la modulación de amplitud, en dB, en función de la distancia, a causa de los trayectos múltiples debido a la reflexión sobre el suelo;
- la figura 10 representa un ejemplo de representación gráfica, en dB, de la diferencia de amplitud de las señales recibidas en función de la distancia;
- las figuras 11a y 11b representan unas vistas diferentes del objeto volador que ilustra los fenómenos de trayectos múltiples;
- la figura 12 representa un ejemplo de localización del objeto volador en un sistema de referencias circular a partir de los campos eléctricos en función de la polarización de la señal.

Conviene señalar que los planos horizontales y verticales designan respectivamente un plano sustancialmente paralelo y un plano sustancialmente perpendicular al suelo, tomándose este último como referencia.

Por convención, los sentidos de desplazamiento del objeto volador se seleccionarán para definir la parte delantera y la parte trasera de los objetos.

A continuación en la descripción, se dirá que una antena es "baja" cuando esta última está situada en el semiplano comprendido entre el suelo y un eje horizontal que pasa por el eje de revolución del fuselaje del objeto volador.

Las figuras 1a y 1b representan unos ejemplos de realización de un guiado de al menos un objeto 2 volador en dirección a un objetivo 3.

Un dispositivo 1 de guiado por haces 21, 22 electromagnéticos de al menos un objeto 2 volador en dirección a un objetivo 3 comprende, entre otros elementos, un medio de apuntamiento, un conjunto que comprende al menos tres antenas 46 de emisión y al menos un emisor que funciona por ejemplo según una longitud de onda milimétrica. Cada emisor puede comprender un generador de forma de onda que remite una señal en cada una de las antenas de emisión de forma que se formen los haces de guiado. De forma ventajosa, el empleo de una onda de longitud de onda milimétrica, permite obtener unos haces más finos, más directivos y, por lo tanto, aumentar la precisión del guiado. Además, se conoce que para una misma superficie de antena, un aumento de la frecuencia provoca un aumento de la ganancia de la antena. También se sabe que las pérdidas, por ejemplo por absorción atmosférica, son muy elevadas en esta banda de frecuencia. De forma ventajosa, estas pérdidas van a permitir una mayor discreción del dispositivo y, por lo tanto, a reducir la posibilidad de detectar el dispositivo de guiado según la invención. La finura de los haces, así como la de los lóbulos secundarios permite también aumentar la discreción del dispositivo. Por supuesto, el o los emisores según la invención no se limitan a esta banda de frecuencia y también pueden funcionar en otras longitudes de onda.

Según una forma particular de realización, la frecuencia de emisión se sitúa alrededor de una frecuencia sustancialmente igual a 80 gigahercios.

Según una variante de realización el dispositivo de guiado comprende tres emisores idénticos e independientes. Estos emisores pueden estar separados o bien constituir un único conjunto físico. De forma ventajosa, con el fin de limitar el peso y/o las dimensiones, el o los emisores pueden ser unos emisores en miniatura. De forma preferente, el o los emisores serán de baja potencia con el fin de limitar el consumo de energía y, por lo tanto, de aumentar la autonomía del objeto 2 volador. Cada emisor puede alimentar una o varias antenas por ejemplo de forma secuencial. Según una forma preferente de realización, el o los emisores generan los haces según una o varias polarizaciones rectilíneas.

El medio de apuntamiento puede por ejemplo ser un radar, una bola optrónica, una cámara de día y/o térmica como, por ejemplo, una cámara infrarroja o cualquier otro sistema óptico u optoelectrónico de apuntamiento equivalente. Este medio tiene como función designar el punto de llegada o el objetivo que tiene que alcanzar el objeto volador y "engancharlo". Este objetivo 3 o blanco puede ser fijo o móvil. Una vez el blanco 3 enclavado mediante el medio de apuntamiento, los haces 21, 22 electromagnéticos se armonizan en ángulo en la dirección de designación del medio de apuntamiento. La dirección de estos haces está de este modo supeditada al medio de apuntamiento de forma que estos apunten hacia el objetivo 3 y que estén orientados según una línea recta que pasa por el medio de apuntamiento y el objetivo que tiene que alcanzar el objeto 2 volador. De aquí en adelante, a esta recta se la llamará eje 35 de designación. La armonización o supeditación del eje radioeléctrico, es decir el eje de los haces 21, 22 electromagnéticos, con respecto al eje de puntería del medio de apuntamiento óptico, o eje 35 de designación, se efectúa de forma estática en la plataforma sobre la cual está montado el medio de apuntamiento. Según una forma de realización, los valores de corrección, es decir los sesgos en azimut o en elevación, se pueden compensar por ejemplo mediante unas cuñas retirables. Según una variante de realización, el dispositivo de guiado puede tenerlas en cuenta para la formación y la orientación de los haces durante la salida del objeto 2 volador. Según otra forma de realización, estos valores de corrección se pueden transmitir al receptor del objeto 2 volador que hay que guiar como unos parámetros de corrección antes de la salida de este último.

La o las antenas de emisión del dispositivo 1 de guiado se reparten sobre el medio de apuntamiento y se orientan según un eje idéntico de forma que se puedan emitir los diferentes haces electromagnéticos de forma centrada alrededor de un eje 35 de designación dirigido hacia el blanco.

Cada haz se emite en unos planos diferentes de forma que se pueda ubicar al objeto volador en el espacio.

De forma que se pueda permitir la localización del objeto 2 volador en el interior de los haces 21, 22 y de este modo guiar al objeto volador, cada haz se codifica de forma diferente. Según una forma de realización de una configuración con varias antenas, los ángulos de inclinación de estas antenas son tales que los haces emitidos, considerados de dos en dos, se cortan por ejemplo en 3 dB a la mitad del lóbulo de emisión. La figura 2 ilustra el recubrimiento de los lóbulos de los haces de emisión al 50 % según una forma de realización de un guiado de tipo monopolso de amplitud. En esta representación, se representa un corte de los haces de emisión de guiado según un único plano de forma que no se recargue la figura. La misma representación existe en los demás planos ortogonales.

- 5
- 10 Según una forma de realización, un sistema de codificación consiste en emitir cada haz con una frecuencia diferente. Para ello, las antenas emiten en frecuencias diferentes para que el receptor pueda diferenciar los diferentes lóbulos en frecuencia. Otro sistema de codificación puede consistir en emitir cada haz con la misma frecuencia pero con unos códigos de fases diferentes. De este modo, la medición de la diferencia de amplitud o de la diferencia de las señales codificadas, por ejemplo en fase, permite posicionar el vehículo en el haz.
- 15 En otras formas de realización, los haces se emiten con la misma frecuencia pero según unos códigos ortogonales diferentes. Según otra variante de realización, los haces se codifican según una combinación de frecuencias y de códigos ortogonales diferentes.

Los diferentes haces electromagnéticos se apuntan en la misma dirección de puntería y se orientan de forma que las ganancias de sus antenas respectivas sean idénticas para dos polarizaciones rectilíneas ortogonales.

- 20 El guiado del vehículo volador en dirección a un objetivo se puede hacer según varias estrategias. Una primera estrategia de guiado puede consistir en iluminar el objetivo que hay que alcanzar utilizando unos haces de aberturas diferentes. La figura 1a ilustra un ejemplo de dicha forma de realización en una configuración de tipo monopolso de amplitud.

Según una forma preferente de realización, se utiliza la configuración de tipo monopolso de fase. En esta configuración, de monopolso de fase, las amplitudes emitidas son idénticas y las fuentes elementales o las antenas se disponen de forma que estas suministren unas señales de amplitudes idénticas sea cual sea la dirección considerada del blanco 3 o del punto designado. Las fases relativas de las señales medidas en cada canal dependen de la dirección del eje de designación. Si llamamos  $\alpha$  al ángulo con respecto a este eje,  $\phi$  a la fase,  $\lambda$  a la longitud de onda de la señal y  $d$  a la distancia con respecto al dispositivo 1 de guiado, tenemos la relación:

30 
$$\Delta\phi = 2\pi \cdot d/\lambda \cdot \text{sen}(\alpha)$$

La medición de la fase de la señal recibida por las antenas de recepción del objeto 2 volador permite, por lo tanto, obtener el ángulo de la trayectoria del objeto 2 volador con respecto al eje 35 de designación del dispositivo 1 de guiado.

- 35 La utilización de una red ambigua permite obtener unos lóbulos de redes y, por ejemplo, una eliminación de ambigüedad en amplitud permitirá la selección de la red correcta. La figura 3b ilustra a través de un ejemplo de realización, dicho modo de guiado.

De forma que se guíe el conjunto que comprende al menos un objeto 2 volador, el o los emisores del dispositivo 1 de guiado generan unas señales en la o las antenas 46 con el fin de emitir un conjunto de haces que consta al menos de tres haces electromagnéticos de guiado distintos.

- 40 En referencia a la figura 1a, el dispositivo 1 de guiado emite unos haces 21 gruesos y unos haces 22 finos que apuntan todos en la misma dirección. La solución propuesta consiste en tener un haz 21 ancho para hacer un preguiado del objeto 2 volador hacia el centro de dicho haz ancho y a continuación un haz fino que permite obtener la precisión final para un guiado hacia el objetivo 3.

Según una variante de realización, los haces anchos podrán alternarse con unos haces finos.

- 45 En la configuración de tipo monopolso de amplitud, cada haz 21, 22 se emite con unas ganancias diferentes para una dirección dada y proceden del mismo centro de fase. Los haces 21 gruesos se utilizan en la fase inicial para guiar al objeto volador y posicionarlo en los haces 22 más finos. Los haces 21 finos los utiliza a continuación el objeto 2 volador en su fase de vuelo para dirigirse hacia el objetivo 3. Estos haces 22 tienen como objetivo realizar un guiado fino. La localización del objeto 2 volador en el interior de los haces se hace naturalmente por el propio objeto, efectuando una separación mediante filtración adaptada a las señales recibidas de cada haz del iluminador 1, luego mediante una ponderación de las amplitudes de los haces 22 gruesos y a continuación de los haces 22 finos.
- 50

En referencia a las figuras 3a y 3b, según una variante de realización, se utiliza el mismo principio con una configuración de tipo monopolso de fase. En este caso, los haces 21 gruesos y los haces 22 finos tienen la misma ganancia sea cual sea la dirección considerada y es la fase de llegada la que cambia en función de la dirección

considerada. Para ello, el centro de fase en la emisión es diferente para cada haz. Las fuentes 31 elementales o las antenas 46 de emisión del dispositivo 1 de guiado se disponen de forma que estas suministren unas señales de amplitud idénticas sea cual sea la dirección considerada del blanco 3 o del punto designado.

5 Las fases relativas de las señales medidas en cada canal dependen del ángulo con respecto a la dirección del eje 35 de designación. La diferencia de fase  $\Delta\phi$  entre la trayectoria del objeto 2 volador y el eje 35 de designación viene dada por la relación:

$$\Delta\phi = 2\pi*d/\lambda \text{ sen}(\alpha)$$

10 donde  $\alpha$  representa el ángulo con respecto al eje de designación,  $d$  la distancia y  $\lambda$  la longitud de onda de la señal. La medición de la fase permite, por lo tanto, obtener el ángulo con respecto al eje 35, la localización del objeto volador en el interior de los haces puede, por lo tanto, hacerse mediante ponderaciones múltiples en las fases de las señales de los haces de guiado.

Según una forma preferente de realización, tres haces 21 gruesos y tres haces 22 finos, por ejemplo emitidos de forma equilateral, son necesarios para una correcta localización del objeto 2 volador. Con el fin de mejorar la precisión y/o por razones de redundancia, se puede utilizar un número más elevado de haces.

15 Con el fin de minimizar el consumo del dispositivo 1 de guiado, se puede realizar una gestión de potencia durante la emisión de los haces 21, 22. Para ello, el dispositivo 1 de guiado sobre haces electromagnéticos puede constar de unos amplificadores controlados en amplitud. Por ejemplo, los haces 21, 22 pueden emitirse con una potencia más o menos elevada según la distancia del objetivo o del blanco 3 que hay que alcanzar. Además, de manera ventajosa, esto permite que el dispositivo 1 de guiado aumente su discreción y, por lo tanto, que se reduzca su probabilidad de detección.

20 Al utilizarse los haces 21 gruesos solo durante la fase inicial del guiado del objeto volador, estos pueden emitirse con una potencia inferior a la de los haces finos. En efecto, los haces gruesos sirven para guiar el objeto volador hacia los haces finos y una vez encontrados estos haces, lo lógico es no alejarse de estos, en esta fase no son por lo tanto de ninguna utilidad.

25 La figura 1b ilustra otra solución de guiado sobre haces electromagnéticos que consiste en iluminar el blanco emitiendo unos tramos de interferometría ambiguos. Con el fin de simplificar la representación, esta figura muestra las franjas tal como se ven en un único plano. Una misma representación de las franjas de interferencia existe en otro plano, perpendicular a este último, emitidas por dos emisores separados preferiblemente la misma distancia.

30 Para ello, la emisión se puede realizar mediante unas antenas 30 lacunares que emiten una red de haces 22 muy finos, cada una en unas frecuencias diferentes. Los haces 22 emitidos por cada antena tienen todos la misma frecuencia, el resultado de la medición hecha por el receptor es totalmente ambiguo. El emisor sabe de forma muy precisa posicionarse en el interior de cada haz 22 fino sin saber en cual está situado. Para eliminar esta ambigüedad, se emiten unos haces 21 gruesos. De este modo el receptor se puede posicionar entre los diferentes haces efectuando una ponderación sobre las amplitudes y/o sobre las fases de las señales de los haces 22 gruesos, según si la técnica utilizada en la emisión es discriminante en fase, en amplitud o según una combinación de ambas.

35 Una ventaja de esta solución es que permite conocer con precisión la posición del objeto 2 volador en el conjunto del haz 21 grueso. En la configuración anteriormente descrita y representada en la figura 1a, el haz 21 grueso presentaba en su centro un haz 22 fino. En esta configuración la precisión obtenida solo era la del haz ancho. El aumento de la precisión solo se obtenía cuando el objeto volador penetraba dentro del haz 22 fino. Con esta nueva configuración, se obtiene una precisión fina en todo el volumen del haz 21 grueso.

40 Con el fin de hacer una localización en los tres ejes, la red de emisión comprende al menos tres emisores coherentes separados más de la mitad de una longitud de onda cada uno y que emiten en frecuencias diferentes. Esto permite tener unas franjas de ambigüedad.

45 La utilización de más de tres emisores permite aumentar la precisión. Dicha configuración permite también aumentar la fiabilidad y la seguridad de funcionamiento ofreciendo una redundancia de las señales.

También se puede obtener una solución de guiado con unos lóbulos de emisión ambiguos para los haces finos o mediante unos desplazadores de fase conocidos por el experto en la materia con el nombre de "true time delay" (retardo de tiempo real, en español) que permiten "inclinarse" el lóbulo del valor deseado.

50 En referencia a la figura 4, se presenta un ejemplo de realización de la parte de emisión del dispositivo 1 de guiado utilizado para guiar un objeto 2 volador en dirección a un objetivo según la invención. En esta forma de realización, el dispositivo de guiado consta de cuatro antenas 56 y emite cuatro haces con código de polarización rectilínea.

La parte de emisión del dispositivo 1 comprende un controlador 41 y un oscilador 42 controlado en frecuencia y en fase o sintetizador digital de frecuencia directa (DDS por *Direct Digital Synthesis* según el término anglosajón). Las señales procedentes de estos dos dispositivos 41, 42 se mezclan a continuación utilizando unos mezcladores 43.

5 Las señales en la salida de cada mezclador 43 se amplifican a continuación mediante un amplificador 44 y se filtran utilizando un filtro 45 de paso de banda. Después del tratamiento, las señales se envían hacia unas antenas 46 para emitir las. En este ejemplo, dos antenas funcionan en polarización horizontal y dos en polarización vertical. Por supuesto, este ejemplo no es en modo alguno limitativo y es posible un sistema en polarización oblicua como, por ejemplo, según unos ángulos de entre +45° y -45°.

En esta configuración, las frecuencias de emisión pueden ser distintas o idénticas. En el caso en el que las frecuencias son idénticas, las señales se emiten con unos códigos de fases diferentes de forma que se diferencien los haces.

10 Hay que señalar que las dos polarizaciones en la emisión están ligadas a la voluntad de tener redundancia. Es posible otra solución de mono polarización, pero menos robusta.

Las figuras 5a y 5b representan respectivamente una vista de lado y de la parte de atrás de un ejemplo de realización de un objeto 2 volador en dirección a un objetivo según la invención.

15 En este ejemplo, el objeto 2 volador tiene un fuselaje 52 de forma sustancialmente cilíndrica con en un extremo una cabeza o una punta 51 delantera con una forma sustancialmente cónica. Por supuesto, son posibles otras formas de punta delantera como, por ejemplo, una forma sustancialmente troncocónica o una forma de ojiva. Este objeto 2 volador consta de un propulsor 53 colocado en la parte trasera del objeto 2, es decir en el extremo opuesto de la punta 51 delantera y cuatro aletas 54 de guiado o *canards* de guiado. Cada aleta 54 de guiado pasa por un eje sustancialmente perpendicular al eje de revolución del fuselaje 52. De forma general, el objeto 2 volador consta al menos de una aleta 54 de guiado. La orientación de la o las aletas 54 de guiado está controlada por un módulo de mando que comprende unos medios de cálculo y apto para establecer unas órdenes de control, en dirección a la o las aletas de guiado, permitiendo modificar la trayectoria del objeto 2 volador de forma que se guíe a este último.

20 El objeto 2 volador consta también, en la parte delantera de su fuselaje 52, de cuatro antenas 56 de recepción repartidas de forma uniforme alrededor del fuselaje 52 y orientadas de forma sustancialmente perpendicular al eje de revolución del fuselaje. Estas antenas 56 de recepción están orientadas de forma que se pueda recibir una señal que proviene de la parte trasera del objeto 2 volador. De forma preferente, las antenas 56 de recepción se colocan en la parte trasera de las aletas 54 de guiado. Según una primera forma de realización, las cuatro antenas 56 están conectadas cada una a un receptor 62. Según una variante de realización un receptor 62 está unido a varias antenas 56, tratándose por ejemplo las señales recibidas después de la multiplexación.

30 Según una forma particular de realización, la o las aletas 54 de guiado son retráctiles. Antes de disparar el objeto 2 volador, las aletas 54 se introducen dentro de las escotaduras previstas en el cuerpo del fuselaje 52. Después de dispararlo, estas aletas 54 se despliegan fuera de su alojamiento de forma que puedan guiar al objeto 2 volador en su fase de vuelo.

35 En referencia a la figura 5b, según una forma de realización, el objeto 2 volador tiene dos pares de antenas 56 de recepción dispuestas alrededor de su fuselaje de forma perpendicular de dos en dos y cada una de forma perpendicular al eje de revolución del fuselaje. Estas antenas 56 están orientadas hacia la parte trasera de forma que reciban las señales que provienen del dispositivo 1 de guiado y de forma preferente dispuesta en la parte trasera de las aletas de guiado. Las antenas de recepción se polarizan según una polarización rectilínea, un par de antenas diametralmente opuestas según una polarización horizontal y un segundo par según una polarización vertical. A continuación en la descripción, en el caso en el que el objeto volador tiene dos pares de antenas de recepción polarizadas según dos polarizaciones rectilíneas diferentes, las antenas 1 y 3 impares se polarizarán según una polarización vertical y las antenas 2 y 4 pares según una polarización horizontal. Por supuesto, los números de las antenas de emisión del dispositivo de guiado según la invención siguen la misma regla. Del mismo modo, llevarán la referencia F1 a F4 las frecuencias respectivas de las señales emitidas por las antenas 1 a 4 de emisión.

45 Según una forma particular de realización, el objeto 2 volador tiene dos antenas 56 de recepción dispuestas alrededor de su fuselaje 52 según un eje perpendicular al eje de revolución del fuselaje 52, siendo las dos antenas 56 diametralmente opuestas.

50 De forma general, el módulo de recepción del objeto 2 volador consta al menos de un receptor instalado a bordo y al menos de una antena. La configuración con una única antena es posible debido a que el objeto volador está animado con un movimiento de rotación sobre sí mismo a lo largo de su desplazamiento. En el caso de un receptor único, la velocidad de conmutación deberá adaptarse a la velocidad de rotación del vehículo que hay que guiar. El módulo de recepción permite una decodificación de las señales emitidas por el dispositivo de guiado lo que permite de este modo una localización natural del objeto volador en los diferentes haces emitidos.

55 De forma ventajosa, las antenas 56 de recepción del objeto 2 volador están dispuestas de forma que la señal recibida por al menos una de estas no se vea alterada por las reflexiones sobre el suelo o sobre un obstáculo lateral en un lado de la trayectoria del objeto volador sea cual sea la posición del objeto volador. Hay que señalar que al rotar sobre sí mismo el objeto 2 volador, las señales las reciben de forma periódica las diferentes antenas 56 según la misma geometría, lo que permite realizar una calibración de las ganancias de las cadenas de recepción asociadas

a cada una de estas antenas.

Según una particularidad de la invención, el objeto 2 volador establece su propia localización angular en situación y en rumbo por goniometría en las señales recibidas por su o sus antenas 56, a partir de los haces de señales emitidos por cada una de las fuentes de emisión del dispositivo 1 de guiado. Para efectuar su localización, el objeto 2 volador comprende al menos un receptor 62 de onda que funciona, por ejemplo, en una longitud de onda milimétrica, su mando, un circuito de control 56 de recepción y de calibración, un distribuidor 61 y de manera preferente, cuatro antenas en polarización rectilínea (por ejemplo dos en polarización horizontal y dos en polarización vertical) de conformidad con el diagrama de funcionamiento de la figura 6. Como se ha visto con anterioridad, debido a la rotación del objeto volador, es posible una configuración con al menos una antena 56 de recepción.

El o los receptores 62 funcionan en onda milimétrica en una banda de frecuencia correspondiente al dispositivo de emisión. Tradicionalmente, la frecuencia de emisión es del orden de 80 GHz.

Mediante la lectura de esta información, el receptor conoce su posición en situación y en rumbo con respecto a la trayectoria lineal que une el medio de designación o apuntamiento al blanco 3 o al punto designado.

Por lo tanto, el objeto volador está controlado, dirigido por los haces y al mismo tiempo, el objeto volador lee la información de los haces para ubicarse e ir hacia el centro de los haces para dirigirse hacia el objetivo apuntado por el designador. Una ventaja de esta forma de realización es que varios objetos 2 voladores se pueden guiar al mismo tiempo sobre los mismos haces. En efecto, según la invención no hay una verdadera comunicación directa entre el emisor y el receptor del objeto 2 volador. Los haces actúan como una especie de pasillo o de embudo en el cual los objetos 2 voladores se autodirigen hacia el centro leyendo la información de los haces. De este modo, la carga de trabajo para el emisor es la misma sea cual sea el número de objetos 2 voladores que hay que guiar. Según la invención, la carga de guiado está asegurada por los receptores instalados a bordo en los objetos 2 que hay que guiar.

En referencia a la figura 6, el circuito 65 de control de recepción tiene como objetivo dirigir al selector de cuatro canales hacia uno o cuatro canales hacia cuatro de forma que diversas cadenas de recepción puedan recibir la misma señal. De forma ventajosa, esto se puede utilizar, por ejemplo, para calibrar la ganancia de cada canal.

Según un ejemplo de realización, el circuito de selección puede ser un circuito de conmutación con una entrada y con cuatro salidas, conocido por el experto en la materia con la denominación SP4T o *Single-Pole Four-Throw (switch)* según el término anglosajón. También es posible una variante con un circuito de conmutación del tipo SP2T por *Single-Pole Double-Throw (switch)* limitada a las evaluaciones pares impares.

En teoría, dos canales situados de forma opuesta, es decir que corresponden a unas antenas diametralmente opuestas por lo tanto dos antenas "pares" o dos antenas "impares", deben ver una señal idéntica por construcción. En efecto, el objetivo para los receptores "pares" o "impares" es tener la misma señal en los dos canales correspondientes de forma que se coloque el objeto volador en el centro del haz.

Según una primera forma de realización, durante la calibración, haciendo conmutar los dos canales "pares" (o los dos canales "impares") muy rápidamente y comparando los valores medidos antes y después de la conmutación, se puede detectar una disimetría de los canales. En este caso, se puede realizar un ajuste de ganancia en un canal para tener en cuenta las diferencias de ganancia de la cadena y compensar esta disimetría. De forma preferente, y con el fin de minimizar los costes, la compensación del error de ganancia se puede hacer digitalmente. En efecto, teniendo en cuenta la aplicación, no es necesaria una compensación analógica. Por supuesto, esta compensación se debe hacer en todas las frecuencias empleadas por los pares emisores-receptores.

Esta verificación de la simetría de dos canales diametralmente opuestos también se puede hacer seleccionando el mismo canal y haciendo una medición simultánea de las señales recibidas por una antena utilizando dos receptores diferentes.

También son posibles otras soluciones de calibración como, por ejemplo, la implantación de un quinto receptor que sirve de referencia. Al conmutar secuencialmente en los canales 1 a 4 y al medir las señales recibidas en cada uno de los canales, este emisor puede analizar sus variaciones relativas con respecto a las señales medidas en el quinto canal de referencia. Esta función se puede asignar a un canal que pseudoaleatoriamente se pondrá en paralelo con otro canal para calibrar este último.

Al ser los emparejamientos críticos los canales "pares" entre sí y los canales "impares" entre sí, no es necesario compensar los canales "pares" con los canales "impares". Además, al ser las polarizaciones de los canales "pares" diferentes de las de los canales "impares", los valores medidos serán diferentes.

En caso de utilización de un código, la decodificación participará en la elaboración de la precisión. Las codificaciones permitirán eliminar las ambigüedades ligadas a la utilización de frecuencias idénticas que se diferenciarán con la decodificación.

Una integración de los valores medidos durante las rotaciones puede también permitir hacer esta calibración.

5 Según una particularidad de la invención al objeto 2 volador lo guían los diferentes haces 21, 22 pero utiliza también estos haces para ubicarse en el espacio. Los medios de cálculo del módulo de mando del objeto 2 volador pueden calcular sus parámetros de localización y de guiado a partir de la información transmitida por los haces 21, 22 de guiado. Los medios de cálculo del módulo de mando pueden por ejemplo calcular los parámetros de localización angular en elevación y en azimut del objeto 2 volador mediante la medición de la desviación dos planos a partir de las señales recibidas por las antenas 56 de recepción. De forma preferente, los medios de cálculo rechazarán las señales perturbadas por al menos una reflexión antes de establecer los parámetros de guiado y de localización.

10 De forma ventajosa, si el objeto 2 volador es capaz de saber dónde está en el espacio utilizando la información de los haces, se puede retirar una parte de los giroscopios simplificando y aligerando de este modo la unidad inercial del objeto 2 volador. La ganancia de peso se puede utilizar por ejemplo para aumentar la autonomía del objeto 2 volador y/o aumentar el peso de la "carga útil".

15 En referencia a las figuras 7 y 8, en algunas formas de realización, cada receptor comprende un oscilador de referencia coherente controlado en frecuencia, unos circuitos de amplificación de bajo ruido, unos circuitos de filtración, un mezclador y unos medios de muestreo, de codificación y de tratamiento de señal basado en particular en un análisis espectral por ejemplo mediante transformada rápida de Fourier (o FFT) o analógica (o AFT según la abreviatura anglosajona).

20 La figura 7 presenta un ejemplo de realización de un receptor de lectura de la posición en los haces según la invención. En este ejemplo, el receptor analiza los valores de amplitud de las señales recibidas. Según una variante de realización, la fase de estas señales se tiene en cuenta para los cálculos. La medición de fase es un poco más complicada de integrar aunque permite obtener unos resultados más precisos.

25 En este ejemplo, el receptor utiliza un método de autotransposición para evaluar su posición. Las señales recibidas por las antenas diametralmente opuestas (por ejemplo las antenas 1 y 3 o 2 y 4 en una configuración con 4 antenas de recepción), por lo tanto con la misma polarización, se mezclan entre sí. Una señal se toma como referencia y se mezcla con la otra señal de forma que se obtenga la desviación entre estas dos frecuencias. De este modo, se identifica la posición del objeto mediante la decodificación de las desviaciones de frecuencia entre las señales recibidas por las antenas diametralmente opuestas sin tener que conocer las frecuencias exactas de cada una de las señales recibidas.

30 La desviación de frecuencia entre las señales emitidas en las frecuencias F1 y F3 y la desviación de frecuencia entre las señales emitidas en las frecuencias F2 y F4 se seleccionan de forma voluntaria diferentes. Además, las desviaciones de frecuencia se seleccionarán de forma sean significativas con respecto a las posibilidades de los medios 71 de filtración de los receptores y a las prestaciones de los mezcladores 70. Las frecuencias se seleccionarán de forma que estas no estén demasiado alejadas y que su diferencia permita utilizar un filtro 71 y un convertidor 72 analógico digital (CAN) de bajo coste.

35 Según una forma de realización, la señal de amplitud más elevada se inyectará en la entrada FI (Frecuencia Intermedia) del mezclador 70 y las líneas de los productos de mezcla se analizarán mediante un análisis 73 de frecuencia. Este análisis se podrá realizar por ejemplo mediante transformada de Fourier rápida (FFT por *Fast Fourier Transform* según la abreviatura anglosajona), mediante transformada de Fourier analógica (AFT por *Analogic Fourier Transform* según la abreviatura anglosajona) o cualquier otro método de paso del campo del tiempo al campo de la frecuencia. La medición de las amplitudes relativas y/o de las fases relativas entre las señales permite que el objeto móvil se localice en los haces recibidos. Al estar supeditada la trayectoria de estos haces a la puntería óptica, el guiado se efectúa de forma natural.

45 De forma ventajosa esta forma de realización no utiliza ningún oscilador local como, por ejemplo, un cuarzo o un generador de frecuencia. Por ello, no es necesario un generador de frecuencia preciso y/o estabilizado mecánicamente, por ejemplo para resistir a las importantes aceleraciones del despegue. Esto permite reducir el peso y el coste del objeto 2 volador. Esta solución también permite liberarse del problema de no arranque del oscilador local durante la salida del objeto volador. Los problemas de estabilidad y de complejidad de los osciladores libres se encuentran en la plataforma de guiado y no en el interior del objeto volador, lo que reduce las limitaciones de integración en este último.

50 Como solo se tienen en cuenta las diferencias de frecuencia, las señales analizadas tienen unas frecuencias relativamente bajas, tradicionalmente unas frecuencias del orden de la decena o de la centena de Mega Hercios, por ello, un convertidor 72 analógico digital de baja gama puede bastar para los cálculos lo que permite simplificar el circuito de los receptores y reducir su coste.

55 La figura 8 presenta una variante de realización en la que se utiliza la autotransposición con retardo. Las dos señales de igual polarización, por ejemplo las dos señales emitidas en polarización horizontal en la frecuencia F2 y F4 las recibe la misma antena 56. Un filtro 81, por ejemplo de paso alto, separa la señal en la frecuencia baja y la retarda. Esta señal, en la frecuencia baja, se mezcla a continuación con la otra señal recibida en un mezclador 70. De este modo, se obtiene en la salida del mezclador 70 una señal mezclada en la frecuencia F4-F2 que se tratará a

continuación como en la forma de realización anterior. En esta configuración, la frecuencia baja se utiliza para demodular la frecuencia alta pero también son posibles combinaciones diferentes.

De forma ventajosa, esta solución permite una redundancia de las señales.

5 Debido a la rotación del objeto volador, es posible la utilización de una única antena y de un único canal de recepción. Esto permite, utilizando la rotación del objeto, un posicionamiento en los dos ejes. El tiempo de refresco de la información depende, en este caso, de la velocidad de rotación. La medición de la rotación del objeto volador se obtiene mediante la medición de la amplitud de las señales recibidas y mediante la determinación del máximo de estas señales.

10 Aunque menos precisa y menos redundante que las soluciones anteriores, esta configuración es la más económica. Hay que considerarla en función de los criterios de fiabilidad y de las prestaciones de guiado deseadas y en función de la velocidad de rotación del vehículo. En función de la forma de realización, el dispositivo de recepción puede comprender más de dos receptores, en particular para detectar y rechazar las señales perturbadas por las reflexiones, por ejemplo sobre el suelo, el relieve o sobre las paredes o cualquier otro obstáculo.

15 La función de autotransposición se puede sustituir también por un oscilador controlado en frecuencia, asociado al menos a una filtración adaptada a la frecuencia o al código esperado, que a su vez puede ser común a los receptores. Sin embargo, teniendo en cuenta la aceleración en la salida del objeto volador, el generador deberá estabilizarse mecánicamente lo que tiene como consecuencia aumentar la complejidad del sistema, su volumen y sobre todo su coste. La codificación puede ser una codificación en frecuencia y/o una codificación en fase. En este caso, se puede emplear un sistema de código de fases ortogonales entre sí.

20 El emisor del dispositivo de guiado emite los haces de guiado en dirección al blanco, sin embargo existen unas pérdidas o fuga de señales, por ejemplo a causa de los lóbulos secundarios. Antes de la separación de su plataforma de lanzamiento, el objeto volador está próximo a este emisor, por lo tanto sus antenas pueden captar las pérdidas de señales, por ejemplo las pérdidas por los lóbulos difusos, los lóbulos secundarios, etc. De forma ventajosa, las señales captadas se pueden utilizar para una etapa de inicialización. Las fugas de señales captadas por las antenas del objeto volador se pueden utilizar para verificar el correcto funcionamiento del receptor del objeto volador o hacer unas funciones de auto prueba o "prueba de funcionamiento correcto". Por ejemplo, en el interior del alojamiento del objeto volador y antes de su separación de la plataforma de lanzamiento, una primera prueba puede consistir en verificar que el receptor del objeto volador capta bien las señales emitidas por el dispositivo de guiado.

30 Estas fugas de señales las puede utilizar el objeto volador para "engancharse" en frecuencia y en fase en el generador del dispositivo de guiado. Una vez captadas las frecuencias de guiado, el corrector de frecuencia del receptor del objeto volador puede conceder las frecuencias. De este modo, después de la separación de su plataforma de lanzamiento, el receptor del objeto volador se podrá enganchar en frecuencia y en fase en el generador del dispositivo de guiado.

35 Según otra forma de realización, estas fugas se pueden utilizar con el objeto volador en una fase de inicialización para efectuar una medición de las frecuencias de batido  $F_b(0) = |F_2 - F_1|$  o  $F_b(0) = |F_4 - F_3|$ , mientras que la velocidad  $V_r$  del objeto volador todavía es nula. Esta medición se podrá utilizar, por ejemplo, con posterioridad para medir la velocidad Doppler. Estas mediciones de desviaciones de frecuencia se pueden almacenar en una zona de memoria del objeto volador. Según una forma particular de realización, estas mediciones se almacenan en una zona de memoria del tratamiento común 74.

40 Una vez el objeto volador en vuelo, el receptor va a medir la diferencia de frecuencia entre los diferentes haces. Debido al efecto Doppler, esta diferencia de frecuencia es diferente de aquella cuando el objeto está inmóvil. Al haber registrado el objeto volador la frecuencia de batido en parado, el receptor de este puede medir, mediante un cálculo diferencial, el efecto Doppler y, por lo tanto, estimar su velocidad.

45 Se puede obtener información sobre los parámetros relativos a la trayectoria en el espacio y la presentación del objeto 2 volador a partir de los haces 21, 22 de guiado.

Puede ser interesante, para el módulo de mando, conocer la velocidad radial del objeto volador, por ejemplo, para dosificar la inclinación de las aletas de guiado durante el desplazamiento del objeto 2 volador. En efecto, para compensar por ejemplo una desviación de dirección el módulo de mando del objeto 2 volador enviará una orden de mando de forma que se incline(n) la o las aletas 54 de guiado un ángulo más o menos elevado según si el objeto 2 volador maniobra a alta velocidad o a baja velocidad. El conocimiento de la velocidad del objeto volador también puede servir para verificar que el vuelo se efectúa correctamente. Esto puede permitir que un módulo del objeto 2 volador destruya dicho objeto 2 en vuelo si se da cuenta de que, por ejemplo, la velocidad es incoherente, es decir que la velocidad medida se sale de un intervalo de valores predefinidos.

55 El cálculo de la velocidad se puede obtener mediante la integración del tiempo. La operación de detección en la salida FFT se repite en intervalos de tiempo  $t$  regulares tal que  $t = kT_r$  (donde  $k$  representa un entero cualquiera y  $T_r$  el tiempo entre dos mediciones sucesivas) mientras el vehículo está en movimiento, haciendo que aparezcan nuevas frecuencias de batido. De una forma general, estas nuevas frecuencias de batido se pueden expresar en el

instante  $t = kTr$  por:

$$Fd(kTr) = Fb(0) + Fd(kTr)$$

donde  $Fd(kTr)$  representa la frecuencia Doppler,  $k$  un entero cualquiera,  $Tr$  el tiempo entre dos mediciones sucesivas y  $\lambda$  la longitud de onda utilizada.

5 Hay que señalar que la expresión anterior solo es rigurosamente válida en la medida en que el efecto de la aceleración sobre las frecuencias emitidas es insignificante. Este es el caso cuando se utiliza una autotransposición. En el caso de la utilización de una síntesis digital de frecuencia (DDS según el término anglosajón) interna al objeto volador, el oscilador libre deberá ser estable en el eje de lanzamiento del objeto. Otra solución puede consistir en integrar en el cálculo la tabla de compensación de la frecuencia en función de la aceleración si esta es conocida.

10 La velocidad radial  $Vr(kTr)$  del vehículo en el instante  $kTr$  se puede entonces deducir de la relación:

$$Fd(kTr) = \frac{Vr(kTr)}{\lambda}$$

De la misma forma, la aceleración  $\gamma r(kTr)$  en el instante  $kTr$  se puede estimar mediante:

$$\gamma r(kTr) = \frac{Vr((k+1)Tr) - Vr(kTr)}{Tr}$$

Y, por último, la distancia recorrida en el instante  $(k+1)Tr$  se puede estimar de forma recursiva mediante:

15 
$$Dr((k+1)Tr) = \frac{1}{2} \gamma r(kTr) Tr^2 + Vr(kTr) Tr + Dr(kTr)$$

La distancia media se estima calculando el valor central del espectro de frecuencia calculado en la salida FFT, en una duración  $Tr$ . El resultado del análisis espectral de esta estimación en el intervalo de tiempo  $[kTr, (k+1)Tr]$  corresponde a la estimación de la velocidad radial en el tiempo  $t = ((k+1/2)Tr/2, Vr((k+1/2)Tr/2)$

$$Vr((k + \frac{1}{2})Tr) = \lambda Fd(kTr)$$

20 Por ejemplo, para una longitud de onda de 4 mm y una duración de análisis  $Tr = 1,28ms$ , la resolución doppler  $\Delta Fd = 1/Tr$  de un filtro FFT es de 781 Hz, lo que corresponde a una resolución velocidad  $\Delta Vr = \lambda \Delta Fd$  de 3,1 m/s. De forma clásica, la precisión de la estimación de la velocidad es sustancialmente igual a  $1/10^a$  parte de la anchura del filtro de análisis, esto es 0,3 m/s y los tiempos de utilización para el guiado se estima en aproximadamente 10 segundos. Esto da una incertidumbre del orden de 3 m en la medición de la distancia radial.

25 En el caso de un disparo plano, los ángulos con respecto al plano horizontal, es decir un plano sustancialmente paralelo al suelo, son pequeños. Por ello, esta precisión es suficiente para las necesidades del objeto volador.

El módulo de mando utiliza también la información de los haces 21, 22 de guiado para calcular una estimación del sitio del objeto 2 volador.

30 Las señales recibidas por las diferentes antenas del emisor instalado a bordo se separan después de la transposición en el campo de la frecuencia por ejemplo después de una transformada rápida de Fourier. Esta separación puede ser directa si estas señales corresponden a unas sinusoides de frecuencias diferentes. En el caso en el que las señales se han codificado en fase, en amplitud o en frecuencia, esta separación se efectúa por ejemplo mediante un correlador adaptado.

35 En función del ángulo de balanceo del objeto volador, en un instante dado, las señales recibidas por al menos una antena de recepción del objeto volador pueden haberse perturbado por unas reflexiones sobre el suelo.

Para una antena situada a la altura  $a_1$  con respecto al suelo y para un emisor situado a la altura  $a_2$  con respecto al suelo, la periodicidad de las franjas de interferencia viene dada por la relación:

$$D_i = \frac{2a_1 a_2}{\lambda i}$$

40 donde  $i$  es un número entero que corresponde a la  $i$ -ésima franja y  $D_i$  corresponde a la distancia entre el mínimo de la  $i-1$ -ésima franja y el mínimo de la  $i$ -ésima franja.

A título de ejemplo, la figura 9 muestra, para un coeficiente de recepción de 0,9 y una longitud de onda de 4 mm, la apariencia de la amplitud de las franjas de interferencias en función de la distancia en un caso en el que el objeto vuela a 1 m por encima del suelo, y en el que el receptor está a su vez también a 1 m de altura con respecto al suelo.

5 Una primera solución para rechazar las señales que han sido objeto de una reflexión puede consistir en verificar la coherencia de amplitud de la señal recibida a lo largo del tiempo por ejemplo analizando la amplitud de la señal recibida a lo largo del tiempo. En efecto, al desplazarse el vehículo con una velocidad muy elevada, por ejemplo superior a 100 m/s, la amplitud de la señal recibida varía muy rápidamente en función del tiempo, en presencia de reflexiones sobre el suelo, en particular en los primeros instantes que siguen a la salida del tubo de lanzamiento.

10 De forma preferente, una segunda solución puede consistir en utilizar en la recepción al menos una antena de polarización adaptada. La determinación de la antena "alta" se hace comparando las amplitudes recibidas por las dos antenas diametralmente opuestas. Se designa como "alta" a la antena sustancialmente perpendicular al suelo y no enfrentada a este último. Esta antena de recepción se toma como referencia ya que, por su posición, la probabilidad para que a esta le alcance una señal que ha sido objeto de una reflexión es muy baja. En efecto, el fuselaje del objeto volador impide que las señales reflejadas sobre el suelo alcancen esta antena.

15 La estimación del sitio se obtiene entonces mediante la medición monopulso en las señales cuya amplitud no está perturbada. Se puede efectuar una medición de la velocidad de rotación y se controla una determinación completa de la posición del vehículo con respecto a la vertical. La posición se conoce a excepción de  $k\pi$ , representando  $k$  un entero, y se utilizan los trayectos múltiples para eliminar la ambigüedad.

20 A título de ejemplo, la figura 10 presenta la amplitud de la diferencia de las señales recibidas por dos antenas de recepción dispuestas de forma perpendicular al suelo y diametralmente opuestas en función de la distancia, en las mismas hipótesis que con anterioridad, para dos antenas de emisión, del dispositivo de guiado, separadas 10 cm en altura.

25 El módulo de mando puede calcular una estimación del azimut del objeto 2 volador por ejemplo mediante un cálculo basado en una información de medición de desviación monopulso.

30 Como para la medición de sitio, es posible, en caso de necesidad, eliminar las mediciones que están perturbadas por las reflexiones laterales con los mismos métodos. Estas reflexiones laterales pueden por ejemplo provenir de la reflexión sobre las paredes o sobre el relieve. En la figura 11 se representa un ejemplo de configuración del dispositivo de recepción que permite liberarse a la vez de las reflexiones sobre el suelo y las reflexiones laterales por la diversidad de posición de las antenas. En esta configuración, las antenas se disponen de tal forma que el cuerpo del fuselaje del objeto volador actúa como una máscara para al menos una antena de recepción e impide a esta última que la perturben los trayectos múltiples causados por las reflexiones laterales o sobre el suelo. Para ello se partirá de la hipótesis de que no pueden producirse dos reflexiones laterales que provienen de dos lados diferentes.

35 Como se ha descrito con anterioridad, en referencia a la figura 4, los haces 21, 22 de guiado se emiten en frecuencias diferentes y según dos polarizaciones diferentes como, por ejemplo, una polarización horizontal y una polarización vertical. A la altura del objeto 2 volador, la medición del valor de las amplitudes de las señales recibidas en las frecuencias F1 y F3 dan el posicionamiento con respecto a los haces verticales y la medición del valor de las amplitudes de las señales recibidas en las frecuencias F2 y F4 dan el posicionamiento del objeto 2 volador con respecto a los haces horizontales. La amplitud de estas señales es máxima cuando las antenas de recepción del objeto volador están en fase con las antenas de emisión.

40 La amplitud de las señales recibidas en las antenas 1 y 3 será máxima cuando estas últimas sean verticales y nula cuando estas sean horizontales. De forma similar, la amplitud de las señales recibidas en las antenas 2 y 4 será máxima cuando estas últimas sean horizontales y nula cuando estas sean verticales.

45 Cuando el objeto guiado efectúa una rotación de  $90^\circ$ , la medición de la posición efectuada por las antenas puede entonces cambiar, instalándose naturalmente las antenas que servían anteriormente para medir la elevación en la medida del azimut mediante el simple cambio de frecuencia. Se efectúa una medición de las amplitudes de las frecuencias F1 y F3 en receptores diferentes. Las desviaciones se pueden entonces analizar. Esta solución es por supuesto válida para el azimut.

50 A título de ejemplo, la figura 10 representa la diferencia de amplitud, en dB, entre las señales recibidas por dos antenas de recepción diametralmente opuestas en función de la distancia. En teoría, las señales recibidas deberían ser idénticas a la atenuación relacionada con la excepción de los trayectos múltiples. En el caso de trayectos múltiples, solo las antenas "bajas" en dirección al suelo pueden ser objeto de perturbaciones. En efecto, el cuerpo del fuselaje del objeto volador actúa como una pantalla que protege las antenas "altas" de las reflexiones sobre el suelo como se ilustra en las figuras 11a y 11b.

55 Este principio se puede generalizar, considerando una generación de haces más finos, centrados en el eje del dispositivo de guiado / objetivo y de frecuencia diferentes. Una vez minimizada la desviación de amplitud entre las señales en F1/F3 y F2/F4, los receptores podrán esta vez sincronizarse en unas frecuencias  $F_{p1}$  a  $F_{p4}$  ( $F_{p1}$  a  $F_{p4}$ )

representan las frecuencias de los haces finos). Al ser el haz más fino, la ganancia será superior y la autotransposición se enganchará naturalmente en la frecuencia Fp1 en lugar de engancharse en F1 (respectivamente Fp3 en lugar de F3). Los algoritmos de cálculo son los mismos que para la medición en el haz grueso. El paso dentro del haz preciso lo detectará el objeto guiado utilizando unos códigos portados por las diversas frecuencias Fp1 a Fp4. El objetivo sigue siendo el encuentro del objeto 2 volador que hay que guiar en el centro del haz.

Otra posibilidad puede consistir en medir las amplitudes de las franjas de interferometría y solo se considerarán como no perturbadas por el multitrayecto a causa de las reflexiones las antenas del objeto volador que reciben unas amplitudes idénticas. Las antenas que miden las variaciones de amplitudes se considerarán por el contrario como que están en presencia de trayectos múltiples.

Se hace referencia a continuación a la figura 12. Como se ha mencionado con anterioridad, el dispositivo de emisión utiliza unas antenas de polarización rectilínea vertical u horizontal. La polarización de la onda recibida por el dispositivo de recepción comprende para cada antena de emisión una componente de polarización vertical, y una componente de polarización horizontal, en función del ángulo de balanceo. La relación de amplitud entre las dos componentes puede permitir por medio del cálculo del módulo de mando establecer una estimación del balanceo.

Tomando como referencia para el ángulo de balanceo  $\theta_{ri}$  el ángulo entre el eje horizontal perpendicular al eje longitudinal del fuselaje 52 del objeto volador y el eje de la antena i, el campo eléctrico  $E_i$  irradiado por la antena i de emisión comprende una componente vertical  $E_{vi}$  y una componente horizontal  $E_{hi}$  tales que:

$$E_{hi} = E_i \cos(\theta_{ri})$$

$$E_{vi} = E_i \sin(\theta_{ri})$$

En la recepción, en un instante t dado, una antena polarizada en polarización horizontal recibe de la antena i de emisión una señal con la forma:

$$R_{hi} = KE_i \cos(\theta_{ri})$$

y una antena polarizada en polarización vertical recibe de la misma antena i una señal con la forma:

$$R_{vi} = KE_i \sin(\theta_{ri})$$

donde K representa una constante que tiene en cuenta las pérdidas de propagación.

El ángulo de balanceo se puede entonces evaluar con la excepción de  $\pi$ , mediante la relación:

$$\theta_{ri} = \arctg\left(\frac{R_{vi}}{R_{hi}}\right)$$

$$\theta_{ri} = \arctg\left(\frac{R_{vi}}{R_{hi}}\right) + \pi$$

El mismo cálculo se puede efectuar en las señales procedentes de las diferentes antenas del dispositivo de emisión, de forma que se consolide la medición.

Por otra parte, también es posible estimar la velocidad de rotación del vehículo sobre sí mismo, bien directamente repitiendo la medición a intervalos de tiempos regulares y estimando el ángulo de balanceo recorrido durante este intervalo de tiempo regular, o midiendo la frecuencia de rotación mediante la transformada de Fourier en la amplitud de las señales recibidas de una misma antena a lo largo del tiempo. La ambigüedad en la medición del ángulo de balanceo se puede entonces eliminar a partir del conocimiento del ángulo de balanceo inicial y del sentido de rotación del objeto, integrando la velocidad de balanceo estimada a lo largo del tiempo.

Como se ha indicado con anterioridad, los trayectos múltiples también se pueden utilizar para determinar la posición del objeto volador que hay que guiar con respecto al suelo.

También es posible medir directamente la posición de cada antena de recepción cuando el objeto volador aun está a poca distancia, tradicionalmente por debajo de 100 m, y a continuación contar el número de vueltas sobre sí mismo efectuado por el vehículo a lo largo del tiempo. En efecto, a poca distancia, los ángulos medidos por los receptores permiten diferenciar las antenas de emisión "altas" de las antenas de emisión "bajas", siendo significativa la medición de los ángulos.

Si se considera un fuselaje con una sección sustancialmente circular y con un diámetro de 10 cm girando alrededor de su eje de revolución, la posición angular de dos antenas dispuestas diametralmente opuestas sobre el fuselaje

difiere entre 1 mrd y 50 m. Esta desviación angular se puede detectar mediante una base de medición con una longitud suficiente, tradicionalmente del orden de entre 10 cm y 80 GHz. Al espaciar las antenas de emisión del dispositivo de guiado 10 cm, se puede medir la posición de cada antena de recepción de un objeto volador con un diámetro de aproximadamente 10 cm cuando este último está poca distancia.

- 5 Una vez eliminada la ambigüedad de la posición inicial, por ejemplo mediante este método, la deducción de la posición instantánea de cada una de las antenas se puede calcular integrando el número de vueltas al contar las medias rotaciones del objeto volador.

Esta solución también se puede mejorar mediante la medición comparando la diferencia de las variaciones de amplitud de las señales recibidas que corresponden a las antenas diametralmente opuestas con respecto al fuselaje.

- 10 En referencia a las figuras 11a y 11b, cuando la antena de recepción está situada en el semiplano entre el suelo y un eje horizontal que pasa por el centro del fuselaje del objeto volador, la probabilidad para que la señal recibida se vea afectada por las reflexiones sobre el suelo es muy elevada. Por el contrario, cuando la antena está situada en el segundo semiplano, la señal recibida no se ve afectada por las reflexiones sobre el suelo, ocultando el cuerpo del fuselaje estas reflexiones. Una vez establecida esta discriminación, aunque temporalmente se puede efectuar un conteo de las medias vueltas mediante la medición de la polarización de la onda recibida.
- 15

Según una variante de realización, la indeterminación se puede eliminar aplicando un desvío en una dirección dada y correlacionando las mediciones con la reacción del objeto volador. Una ventaja de este método es que la eliminación de la indeterminación es inmediata.

- 20 Esta detección se puede hacer de forma instantánea si por ejemplo 4 antenas de recepción están repartidas de forma uniforme sobre la sección del fuselaje o de forma secuencial cuando solo dos antenas diametralmente opuestas están repartidas sobre la sección del fuselaje 52. Según una variante de realización, en función de la velocidad de rotación y de la celeridad del objeto volador, al hacer unas mediciones secuenciales, la detección también se puede realizar cuando el objeto volador solo consta de una única antena de recepción.

- 25 Según otra forma de realización, la ambigüedad en el ángulo de balanceo se puede eliminar disponiendo en el fuselaje 52 del objeto 2 volador un sensor instalado a bordo. Este sensor puede ser, por ejemplo, de tipo acelerómetro o magnetómetro. La señal remitida por este sensor permitirá obtener una información de posición angular de baja precisión, pero suficiente para eliminar la ambigüedad "arriba-abajo" o "izquierda-derecha".

- 30 Estos diferentes algoritmos de estimación de la velocidad radial, de la distancia recorrida, del sitio, del azimut y del balanceo se pueden almacenar, por ejemplo, en una o varias zonas de memoria del objeto volador de forma que los puedan ejecutar los medios de cálculo del módulo de mando del objeto volador.

- 35 El objeto 2 volador en dirección a un objetivo puede formar parte de un sistema de lanzamiento de al menos un vehículo 2 volador en dirección a un objetivo. Este sistema puede comprender un dispositivo de guiado de un objeto volador que implementa el procedimiento de guiado descrito con anterioridad y al menos un objeto 2 volador en dirección a un objetivo como se describe en la descripción. El sistema también puede comprender al menos un medio 10 de soporte de al menos un objeto 2 volador antes de enviarlo.

- Según una primera forma de realización, el sistema de lanzamiento se puede instalar a bordo de una plataforma móvil como, por ejemplo, una plataforma aeronáutica o marítima o un vehículo terrestre.

- 40 Según otra forma de realización, el sistema se puede portar a espaldas de una persona. Lo puede portar, por ejemplo, un militar como por ejemplo un misil antiaéreo disparado desde el hombro (o MANPADS por *MAN-Portable Air-Defense Systems* según la terminología anglosajona) o suelo-suelo.

- 45 Según el tipo de sistema de lanzamiento utilizado, el objeto 2 volador puede tener diferentes tipos de trayectoria. La trayectoria puede ser rectilínea como, por ejemplo, en el caso de un sistema de lanzamiento instalado a bordo de una plataforma aerotransportada. Según otro ejemplo, la trayectoria puede ser balística y luego rectilínea. En este caso, el guiado del objeto 2 volador por el dispositivo 1 de guiado se puede efectuar, por ejemplo, sobre la parte rectilínea de dicha trayectoria.

**REIVINDICACIONES**

1. Objeto (2) volador en dirección a un objetivo (3) apto para ser guiado mediante un dispositivo (1) de guiado sobre haces electromagnéticos,  
 5 comprendiendo el dispositivo (1) de guiado un medio de apuntamiento apto para designar un objetivo (3), al menos tres antenas (46) de emisión y al menos dos emisores, siendo las antenas (46) de emisión aptas para emitir un conjunto de haces que constan al menos de tres haces electromagnéticos de guiado distintos en planos diferentes, estando el conjunto de haces centrado alrededor de un eje (35) de designación y estando cada haz codificado de forma diferente de forma que permita la localización de dicho conjunto de objeto (2) volador en el interior de los haces,  
 10 constando el objeto (2) volador de un fuselaje (52), al menos de una aleta (54) de guiado alrededor de dicho fuselaje (52), pasando dicha aleta (54) de guiado por un eje sustancialmente perpendicular al eje de revolución del fuselaje (52), comprendiendo el objeto (2) al menos dos antenas (56) de recepción orientadas según un eje sustancialmente perpendicular al eje de revolución del fuselaje (52) del objeto (2) volador y aptas para recibir una señal del dispositivo (1) de guiado procedente de la parte trasera del objeto (2) volador, un módulo de recepción conectado a la al menos una antena (56), un módulo de mando conectado al dispositivo de recepción y apto para orientar la o las aletas (54) de guiado, transmitiendo el módulo de recepción al módulo de mando unas señales representativas de la corrección de trayectoria a efectuar según las señales recibidas por la al menos una antena (56) y porque los medios de cálculo del módulo de mando son aptos para calcular los parámetros de localización del objeto (2) volador efectuando una separación mediante la filtración adaptada de las señales recibidas por la al menos una antena (56)  
 20 de recepción procedente de cada haz del dispositivo (1) de guiado, a continuación mediante la ponderación de las amplitudes o de las fases de estas señales, estando el objeto (2) **caracterizado porque** el módulo de mando está adaptado para detectar y medir las frecuencias de las señales recibidas por las antenas (56) de recepción mediante autotransposición, comprendiendo cada emisor de dispositivo (1) de guiado un generador de forma de onda que remite una señal a cada una de las antenas (46) de emisión según una codificación diferente.
2. Objeto (2) volador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el módulo de recepción funciona según una longitud de onda milimétrica, funcionando el grupo de al menos un emisor del dispositivo (1) de guiado según una longitud de onda milimétrica.
3. Objeto (2) volador según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** tiene dos antenas (56) de recepción dispuestas de forma diametralmente opuesta alrededor del fuselaje (52), siendo cada antena apta para recibir una onda polarizada según la misma polarización rectilínea, generando cada emisor del dispositivo (1) de guiado unos haces electromagnéticos según una polarización rectilínea.
4. Objeto (2) volador según una de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado porque** tiene cuatro antenas (56) de recepción, estando cada una de ellas dispuesta alrededor del fuselaje (52) sustancialmente perpendicular de dos en dos y siendo cada par de antenas diametralmente opuesto apto para recibir una onda polarizada según la misma polarización rectilínea, generando cada emisor del dispositivo (1) de guiado unos haces electromagnéticos según una polarización rectilínea.
5. Objeto (2) volador según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la o las antenas está(n) montada(s) en la parte trasera de la o las aletas (54) de guiado.
6. Objeto (2) volador según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las antenas (56) están dispuestas alrededor del fuselaje (52) de forma que la señal recibida por al menos una de ellas no haya sido objeto de reflexiones sobre al menos un obstáculo, actuando el fuselaje (52) del objeto (2) volador como una máscara, para la señal que ha sido objeto de al menos una reflexión, entre la al menos una antena (56) y el al menos un obstáculo.
7. Objeto (2) volador según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el módulo de recepción de dicho objeto (2) volador es apto para rechazar una señal recibida por una antena (56) y que ha sido objeto de al menos una reflexión al analizar las fluctuaciones de la amplitud de esta señal a lo largo del tiempo.
8. Objeto (2) volador según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el módulo de recepción de dicho objeto (2) volador es apto para rechazar una señal recibida por una antena (56) y que ha sido objeto de al menos una reflexión al analizar las fluctuaciones de la amplitud de esta señal mediante la comparación de las señales recibidas de una misma antena (46) de emisión del dispositivo (1) de guiado por dos antenas (56) de recepción separadas entre sí una distancia conocida.
9. Objeto (2) volador según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los medios de cálculo del módulo de mando son aptos para calcular los parámetros de localización angular en elevación y en azimut del objeto (2) volador mediante la medición de la desviación de dos planos a partir de las señales recibidas por las antenas (56) de recepción procedentes de los diferentes haces (21, 22) electromagnéticos del dispositivo (1) de guiado, después de rechazar las señales perturbadas por al menos una reflexión.
10. Objeto (2) volador según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los medios de cálculo son aptos para calcular la frecuencia Doppler del objeto (2) volador y de integrar la velocidad Doppler que

corresponde a esta frecuencia Doppler a lo largo del tiempo de forma que se calcula la distancia radial recorrida por dicho objeto (2) volador.

5 11. Objeto (2) volador según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los medios de cálculo son aptos para calcular la velocidad de balanceo y el ángulo de balanceo de dicho objeto (2) volador, en función del tiempo, mediante la comparación de las amplitudes de las señales recibidas por la al menos una antena (56) de recepción según dos polarizaciones ortogonales diferentes.

12. Objeto (2) volador según la reivindicación 11, **caracterizado porque** los medios de cálculo son aptos para calcular la posición angular de las antenas (56) en rotación mediante interferometría de forma que se elimina la indeterminación de posición de balanceo de dicho objeto (2) volador.

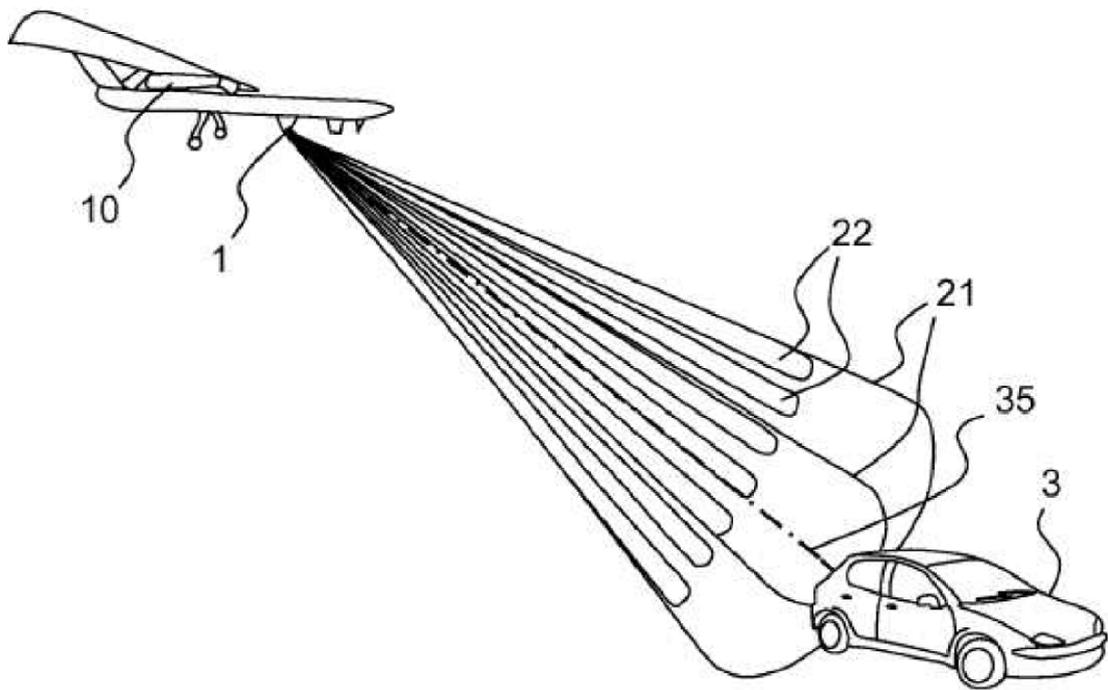
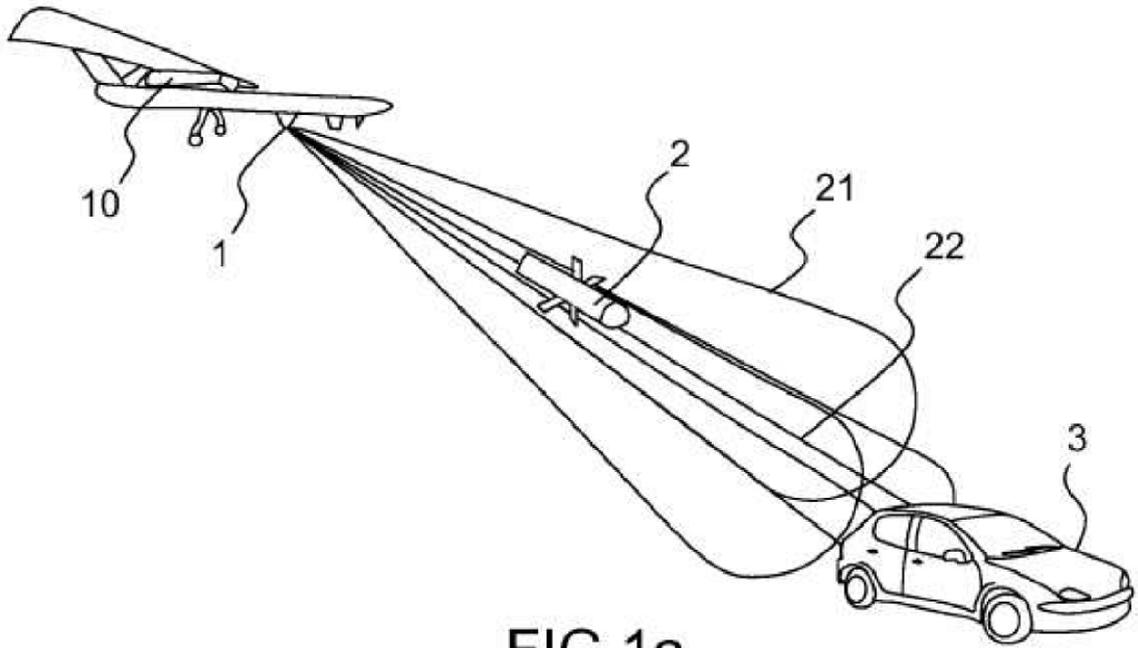
10 13. Objeto (2) volador según la reivindicación a 11, **caracterizado porque** los medios de cálculo son aptos para calcular la evolución de la amplitud de las señales recibidas por la al menos una antena (56) a lo largo del tiempo de forma que se elimina la indeterminación de posición de balanceo de dicho objeto (2) volador.

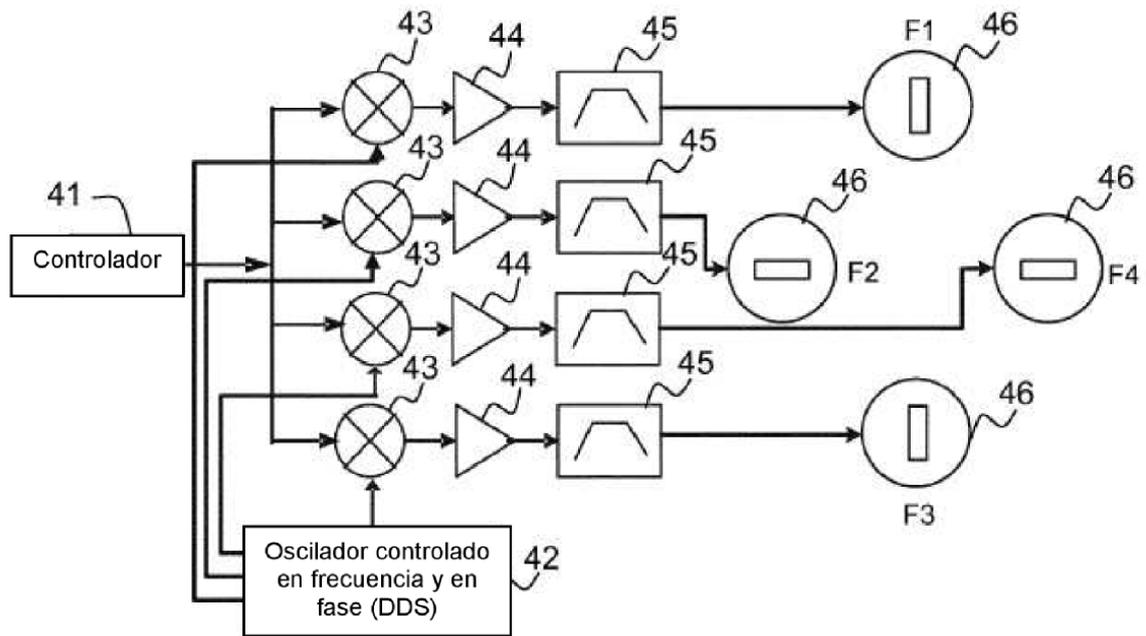
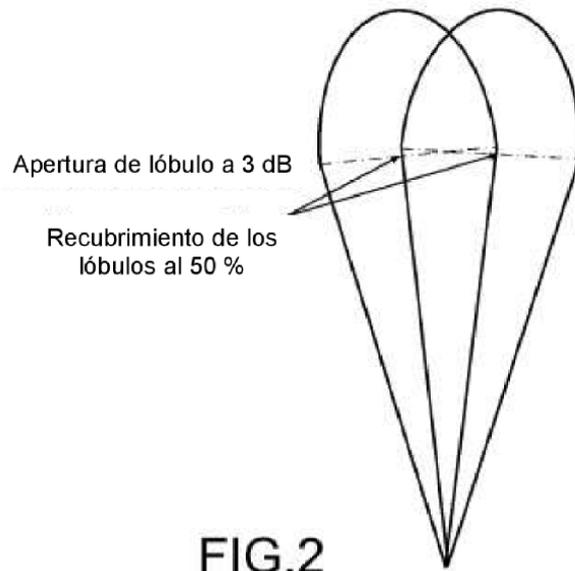
15 14. Objeto (2) volador según la reivindicación 11, **caracterizado porque** consta de un sensor de tipo magnetómetro o acelerómetro, y **porque** los medios de cálculo son aptos para eliminar la indeterminación de posición de balanceo del objeto (2) volador gracias a la señal remitida por dicho sensor.

15. Objeto (2) volador según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** su trayectoria es rectilínea.

16. Objeto (2) volador según una de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizado porque** su trayectoria es balística, a continuación rectilínea, efectuándose el guiado del objeto (2) volador sobre la parte rectilínea de dicha trayectoria.

20





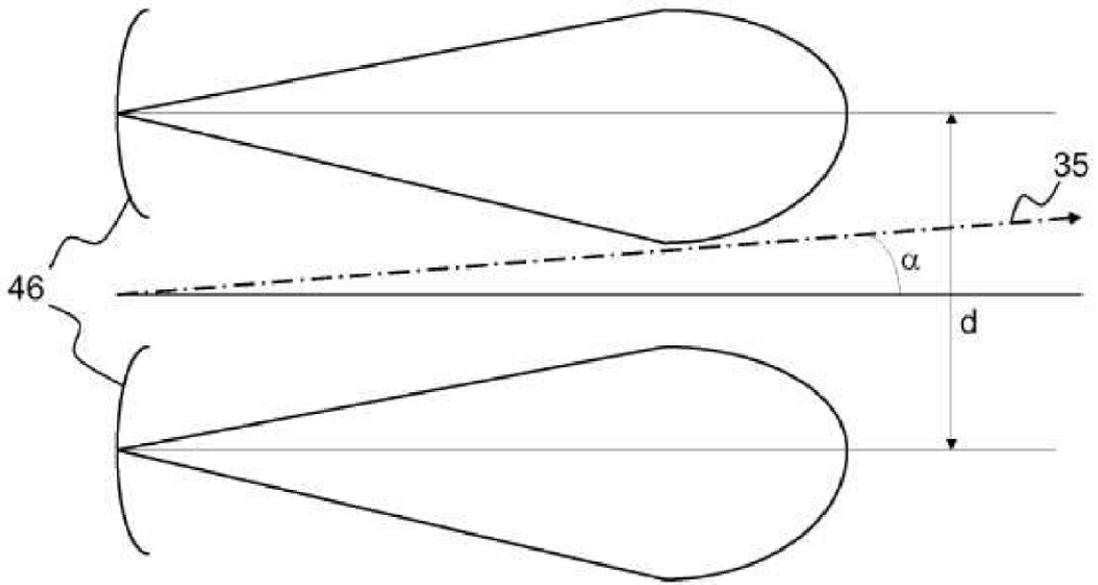


FIG. 3a

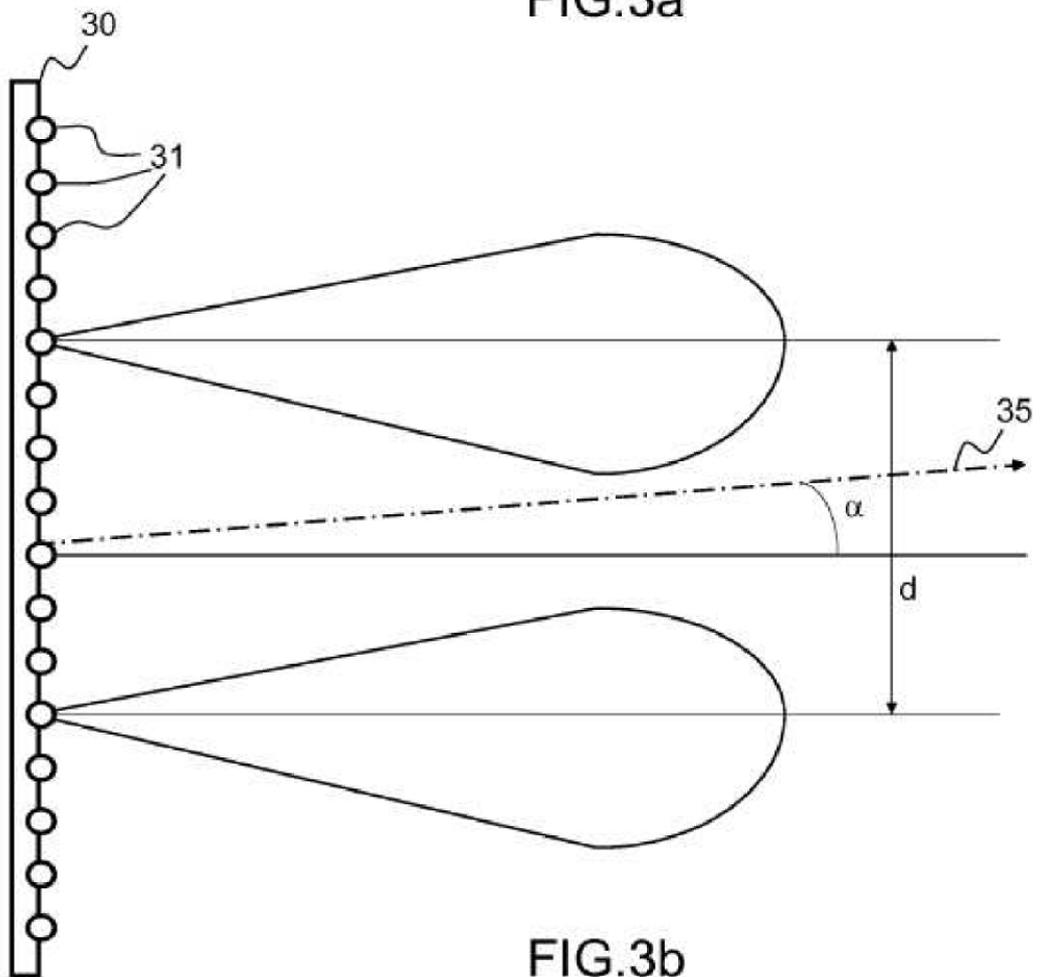


FIG. 3b

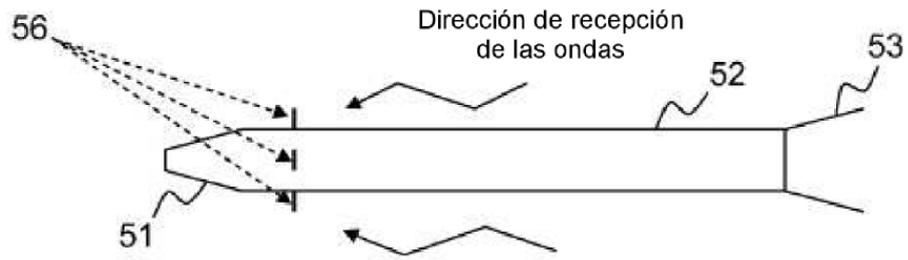


FIG. 5a

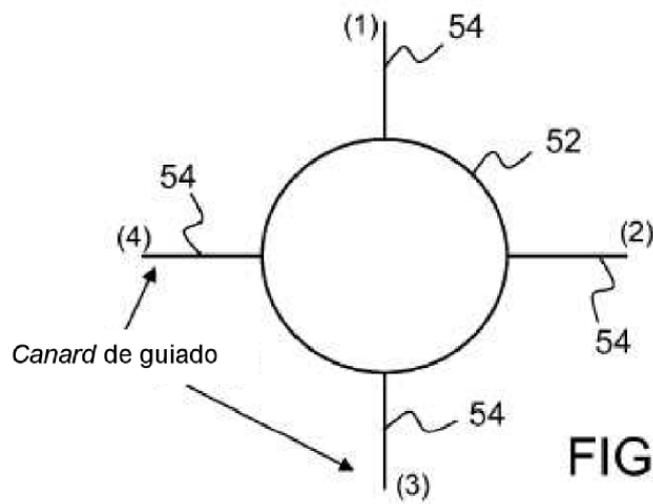


FIG. 5b

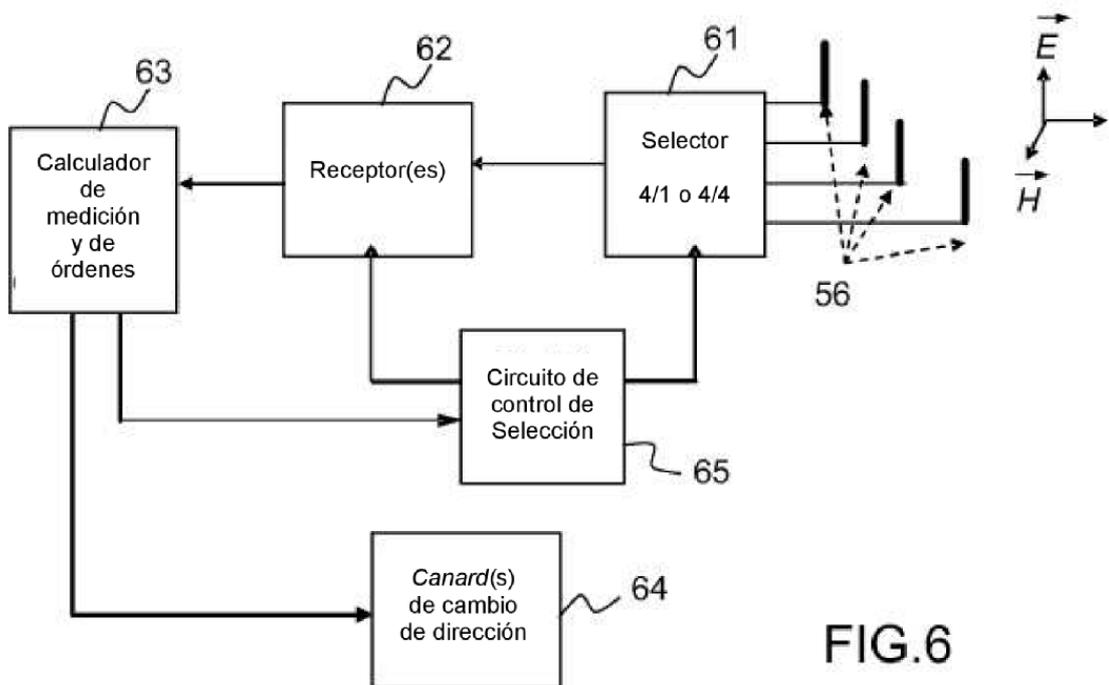


FIG. 6

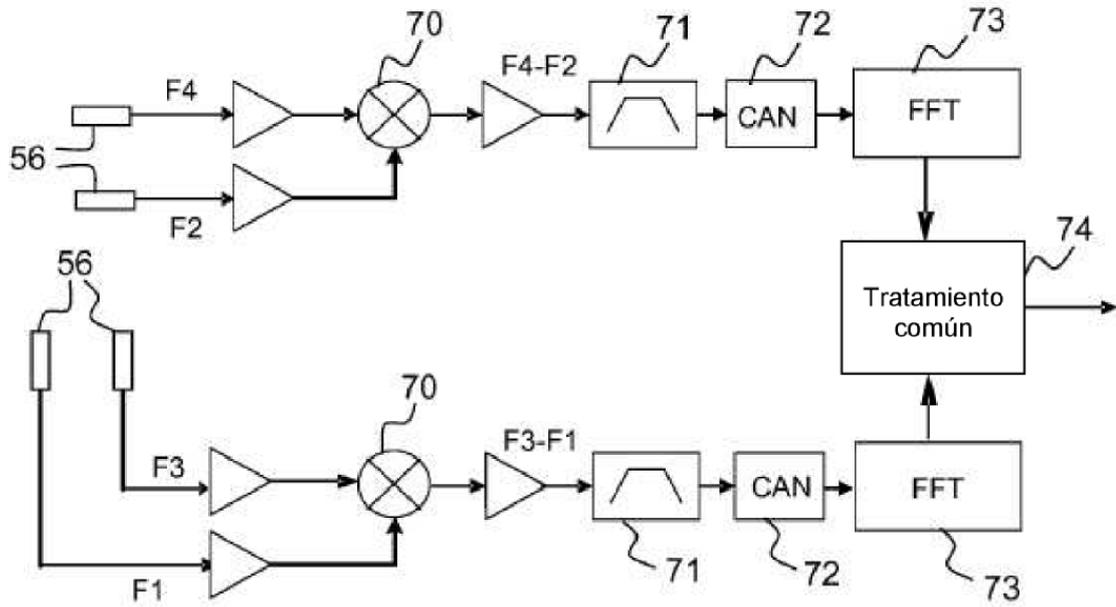


FIG.7

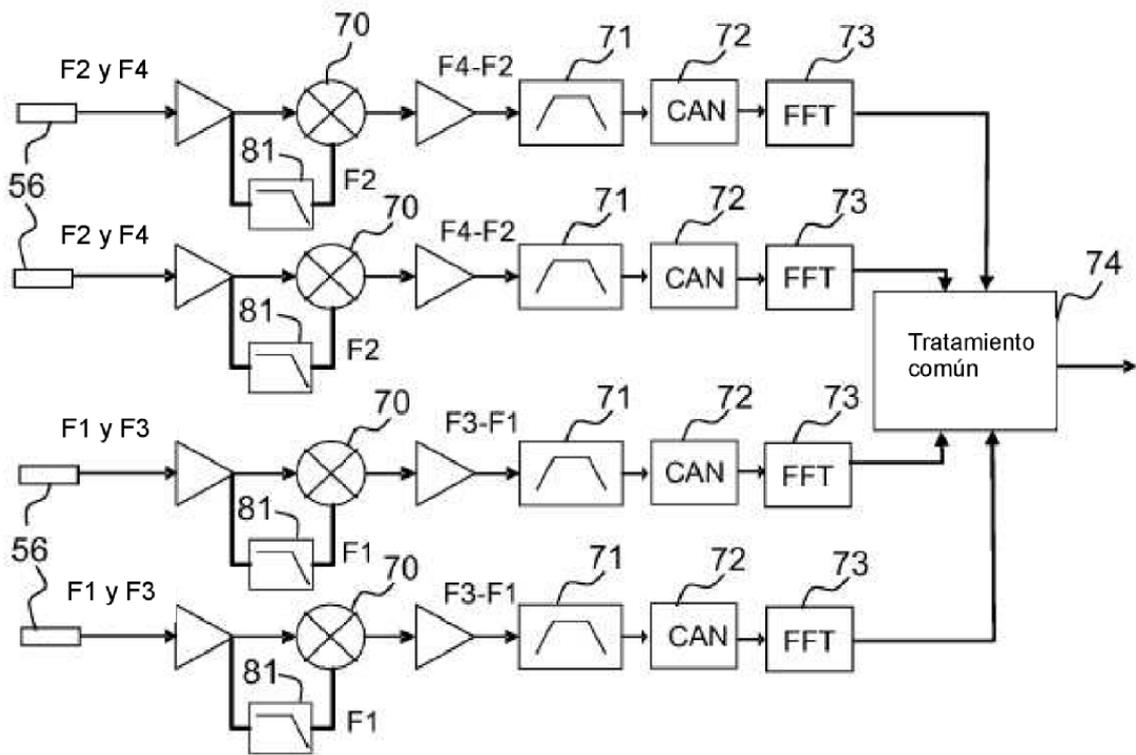


FIG.8

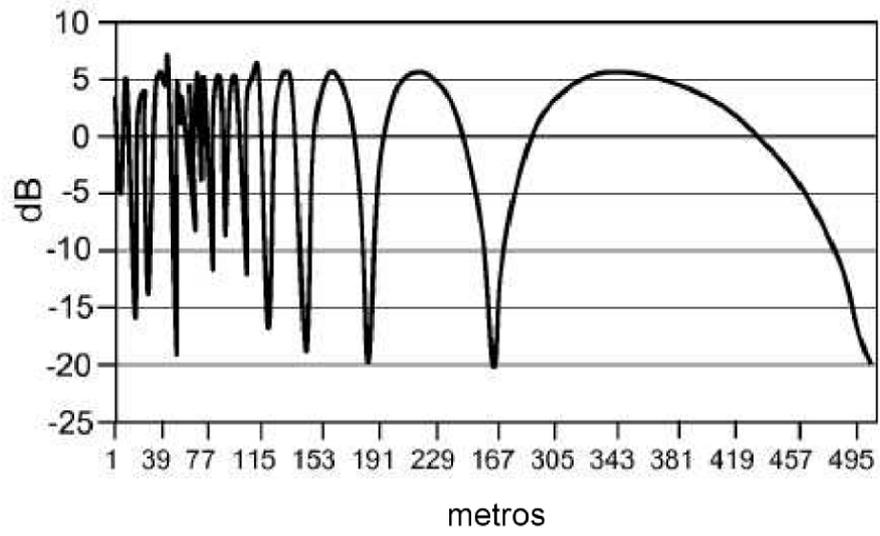


FIG.9

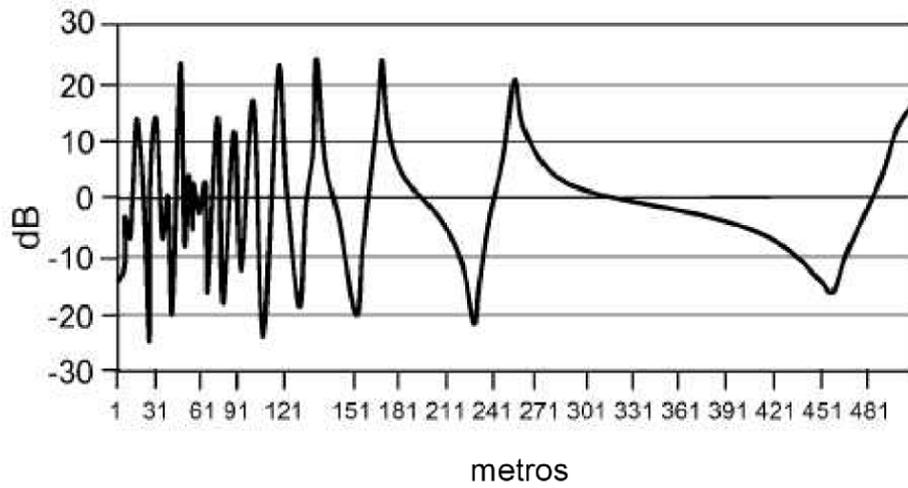


FIG.10

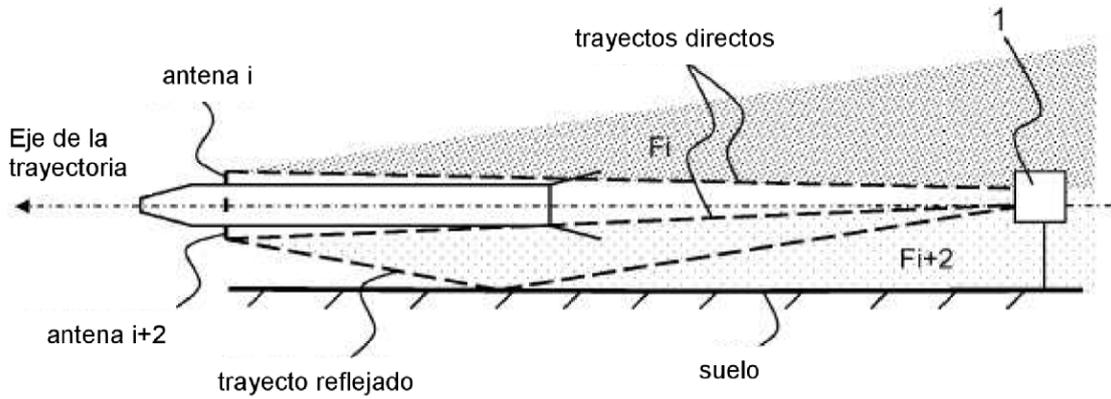


FIG.11a

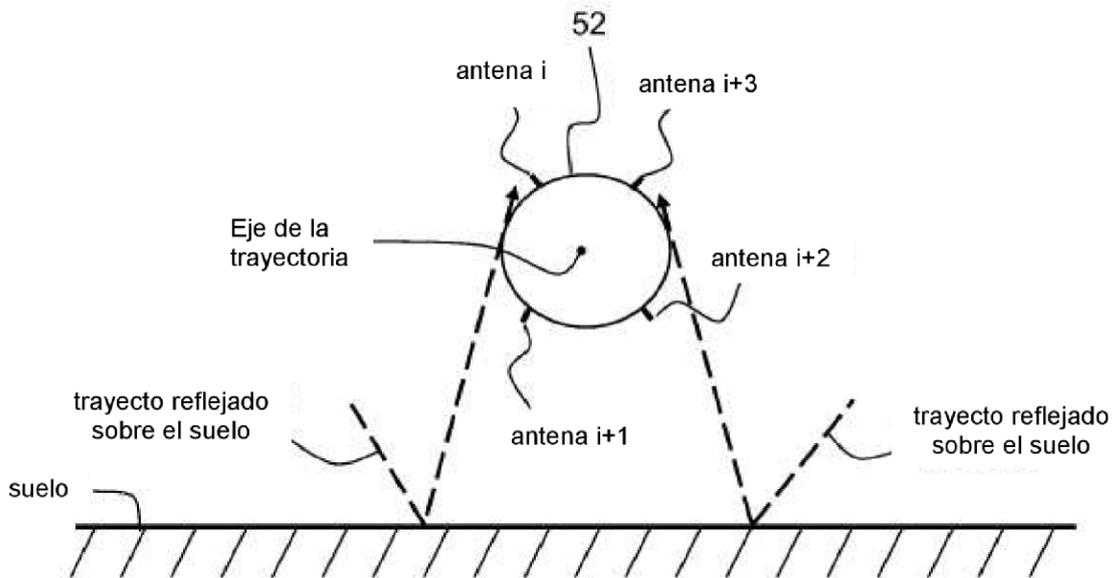


FIG.11b

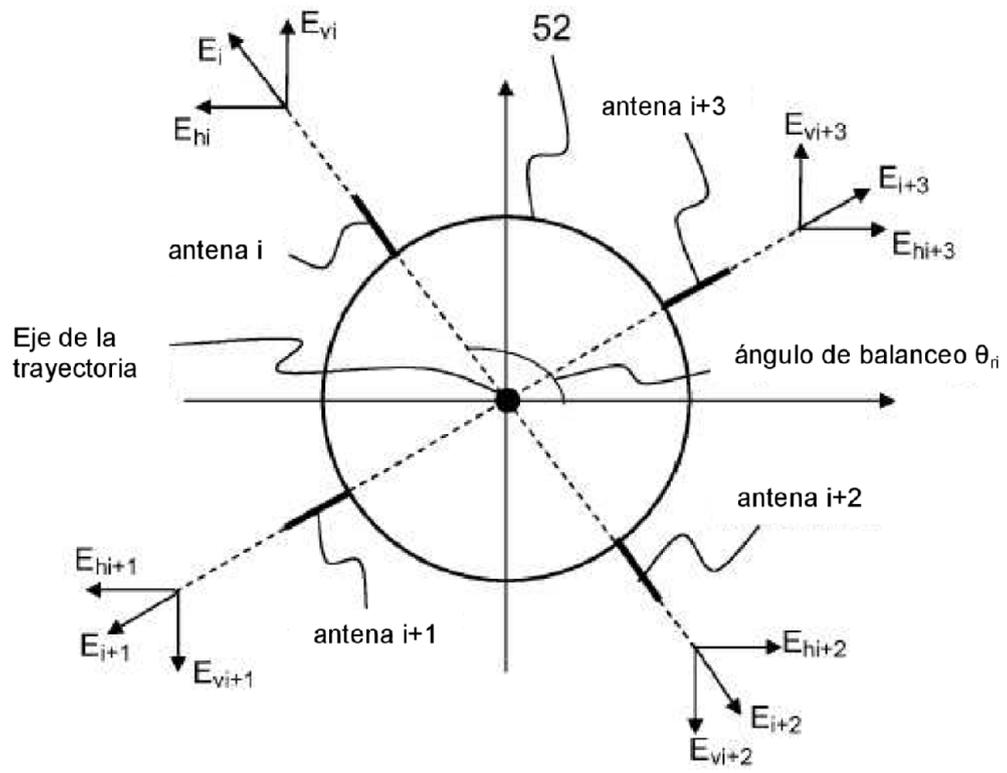


FIG.12