

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 642 115**

51 Int. Cl.:

G01S 1/70 (2006.01)

G01S 5/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2015** E 15382230 (9)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.07.2017** EP 3009856

54 Título: **Método y sistema para determinar una posición relativa con respecto a un objetivo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.11.2017

73 Titular/es:

AIRBUS DEFENCE AND SPACE, S.A.U. (100.0%)
Paseo John Lennon, s/n
28906 Getafe - Madrid, ES

72 Inventor/es:

ANGELINA FERNÁNDEZ, HANIA;
ÁLVAREZ ORTIZ, JAVIER;
ACEDO GALLARDO, PABLO;
RUIZ LLATA, MARTA y
LÓPEZ FERNÁNDEZ, JOSÉ RAMÓN

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 642 115 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

Método y sistema para determinar una posición relativa con respecto a un objetivo

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere de manera general al campo de los sistemas de navegación relativa y a métodos de navegación relativa. Los sistemas de navegación relativa son útiles para diversas aplicaciones tales como navegación de vehículos autónoma, repostaje en vuelo y acoplamiento espacial. En algunas aplicaciones, sólo se necesita la distancia entre dos objetos. Más particularmente, la invención se refiere a sistemas de instrumentación optoelectrónicos y a la generación y el uso de OFCG (*Optical Frequency Comb Generators*, generadores de peines de frecuencia óptica) para determinar la posición relativa de un objetivo.

15 **Antecedentes**

Los sistemas de navegación relativa son útiles para diversas aplicaciones tales como navegación de vehículos autónoma, repostaje en vuelo y acoplamiento espacial. En algunas aplicaciones se necesitan la distancia y la actitud relativa (cabeceo, guiñada y alabeo) entre dos objetos. Tal información se recopila normalmente como serie en el tiempo y se usa para hacer correcciones de rumbo en uno o más de los objetos para permitir una maniobra deseada o posición relativa final.

El documento US8326523 da a conocer un método para determinar una distancia entre objetos primero y segundo con movimiento relativo, en el que una pluralidad de líneas de cuadrícula procedentes de un primer punto de origen sobre el primer objeto se proyectan en el espacio. Cada una de las líneas de cuadrícula se modula para portar una palabra de cuadrícula para identificar cada línea de cuadrícula dentro de la cuadrícula. Las líneas de cuadrícula y las correspondientes palabras de cuadrícula se detectan desde al menos tres ubicaciones que tienen una relación triangular predeterminada sobre los vértices que definen el segundo objeto. Un ángulo se basa en la ubicación dentro de la cuadrícula de cada uno de los vértices. La distancia entre los objetos primero y segundo se determina basándose en el conjunto de ángulos.

El documento US8352100 describe un método para proporcionar un sistema de navegación relativa proyectando una cuadrícula que define un primer marco de referencia relativo asociado con un primer origen, detectándose la cuadrícula repetidamente a partir de un segundo objeto que tiene un segundo marco de referencia relativo asociado con un segundo punto de origen sobre un segundo objeto. La actitud o distancia de al menos uno de los objetos primero y segundo se ajusta basándose en la distancia determinada y la actitud relativa medidas.

El documento US8872081 describe un método para estabilizar una cuadrícula proyectada desde un generador de cuadrícula que incluye determinar un cambio en el marco de referencia del generador de cuadrícula en relación con una proyección de cuadrícula anterior, y modificar los datos de cuadrícula de una proyección de cuadrícula posterior de manera que la proyección de cuadrícula posterior aparece estabilizada en relación con una proyección de cuadrícula anterior.

El documento US8314928 B2 describe un sistema de posicionamiento para determinar una posición angular de un vehículo (10) respecto a una posición predeterminada. El sistema comprende al menos una baliza (12) cuya posición respecto a la posición determinada es conocida, para generar al menos un haz de características ópticas conocidas que permite derivar la posición angular.

Las soluciones mencionadas anteriormente del estado de la técnica implementan algoritmos que requieren mucho tiempo para reconocer la posición relativa de un objetivo y habitualmente dependen de más de un detector o sistema, tal como dos cuadrículas, para la detección de por ejemplo una aeronave.

50 **Exposición de la invención**

La presente invención proporciona una solución alternativa para determinar la dirección angular relativa θ entre un objetivo y un transmisor mediante un método según la reivindicación 1. También se proporciona un método para determinar una posición relativa entre un objetivo y un transmisor en una zona, en el que la posición relativa se define por los parámetros dirección angular relativa y distancia, según la reivindicación 6, un sistema para determinar la dirección angular relativa entre un objetivo y un transmisor según la reivindicación 7 y un sistema para determinar una posición relativa entre un objetivo y un transmisor según la reivindicación 12. Las reivindicaciones dependientes definen realizaciones particulares de la invención. Todas las características descritas en esta memoria descriptiva (incluyendo reivindicaciones, descripción y dibujos) y/o todas las etapas del método descrito pueden combinarse en cualquier combinación, con la excepción de combinaciones de tales características y/o etapas mutuamente excluyentes.

65 En particular, en un primer aspecto de la invención se proporciona un método según la reivindicación 1.

En la presente descripción, la luz de banda ancha debe entenderse como una radiación en el intervalo de longitud de onda óptico (o infrarrojo) caracterizada por una cobertura espectral amplia (continua o discreta) alrededor de una longitud de onda central.

5

La lectura de la longitud de onda de frecuencia óptica puede realizarse mediante un espectrómetro, de tal manera que la posición angular en el espacio se determina o se indica por el haz de luz que se recibe o se lee. En términos de colores, esto puede entenderse como recibir el color amarillo de un haz inicial que se difracta. El color amarillo se difracta en una dirección angular específica, por ejemplo, por una red de difracción. Por tanto, si el elemento configurado para leer la longitud de onda de frecuencia óptica que se recibe, por ejemplo el espectrómetro, está configurado para relacionar el color amarillo con una dirección angular determinada o específica en una zona, entonces se realiza la determinación.

10

En determinadas realizaciones la luz de banda ancha que se genera no es un espectro óptico continuo; es decir, la luz de banda ancha comprende líneas espectrales discretas (supercontinuo) o luz multimodo.

15

En determinadas realizaciones al menos la luz multimodo comprende un peine de frecuencia óptica.

Un peine de frecuencia es un haz de luz cuyo espectro consiste en una serie de elementos discretos, igualmente separados. Los peines de frecuencia pueden generarse mediante

20

- modulación de amplitud de un láser de onda continua o
- estabilización de un tren de impulsos generado por un láser de modo bloqueado.

La representación del dominio de la frecuencia de un peine de frecuencia perfecto es una serie de funciones delta separadas según

25

$$f(n) = f_0 + n \cdot f_r$$

donde

- n es un número entero, que corresponde a diferentes colores
- f_r es la separación entre dientes del peine o tasa de repetición de modo,
- f_0 es la frecuencia de desplazamiento de portadora, que es menor que f_r . Esta frecuencia está en el dominio óptico ($f_0 = 200$ THz para una longitud de onda de 1,5 micrómetros).

30

Pueden usarse varios métodos para obtener f_r y f_0 .

En determinadas realizaciones al menos un haz de luz comprende al menos dos peines de frecuencia óptica o peine de frecuencia doble:

35

- un primer peine de frecuencia óptica y
- un segundo peine de frecuencia óptica,
- comprendiendo los peines de frecuencia primero y segundo la misma f_0 y comprendiendo respectivas f_{r1} y f_{r2} donde f_{r1} es diferente de f_{r2} , y

en los que

40

- f_r es la separación entre dientes del peine o tasa de repetición de modo,
- f_0 es la frecuencia de desplazamiento de portadora.

Dicho de otro modo, el haz de luz que se transmite comprende un peine doble que, a su vez, está difractado.

Generar un peine de frecuencia de la luz multimodo con una segunda señal de referencia, un segundo peine de frecuencia óptica a una tasa de repetición diferente, permite mediar una longitud de onda recibida mapeando las frecuencias ópticas en frecuencias electrónicas o de radio. Ventajosamente, medir frecuencias de radio requiere equipos menos sofisticados pues es más fácil y rápido de realizar que la medición mediante un espectrómetro.

45

En una realización preferida f_r es mucho menor que f_0 . Por ejemplo, $f_r / f_0 \sim 10^{-9}$ y $\Delta f = f_{r1} - f_{r2} \ll f_{r1}, f_{r2}$.

50

En determinadas realizaciones al menos un haz de luz comprende dos peines de frecuencia dobles que comprenden tasas de repetición diferentes, transmitiéndose dichos dos peines de frecuencia dobles en dos direcciones diferentes formando una cuadrícula en dos direcciones angulares. Ventajosamente, esto permite posicionar un objetivo en dos direcciones angulares de tal manera que, si las direcciones son perpendiculares entre sí, es posible diferenciar altura y anchura.

55

La combinación de un peine doble y una red de difracción permite detectar una dirección angular relativa θ leyendo una frecuencia electrónica asociada a una mezcla entre los diferentes modos.

60

En determinadas realizaciones la dirección angular relativa θ se determina por parte del objetivo que recibe el uno o más haces de luz. Este es el caso de tener un objetivo activo, en el que el objetivo puede conocer su posición y la posición se reenvía por parte del objetivo activo al transmisor para que ambos conozcan la posición.

65

En determinadas realizaciones la dirección angular relativa θ se determina además por parte del transmisor que recibe la reflexión del uno o más haces de luz procedentes del objetivo. Esto permite usar objetivos pasivos. Esta

realización es opuesta o complementaria al caso anterior. En caso de tener un objetivo pasivo, el objetivo refleja el haz; el detector en el transmisor recibe la reflexión del objetivo pasivo sin necesidad de reenviar el haz mediante ningún objetivo activo. En determinadas realizaciones tanto el transmisor como el objetivo determinan la dirección angular relativa θ ; ventajosamente, la redundancia hace el método más fiable.

5

Un método según las realizaciones mencionadas anteriormente permite determinar el cabeceo y la guiñada o la guiñada y el alabeo de una aeronave en vuelo cuando entra en una zona de detección.

10

En determinadas realizaciones un método según la invención comprende determinar una posición entre un objetivo y un transmisor, en el que la posición relativa se define por los parámetros

- dirección angular relativa y
- distancia,

comprendiendo el método las etapas de:

15

- determinar dos o más direcciones angulares relativas θ_1 , θ_2 entre dos o más receptores comprendidos en el objetivo y el transmisor mediante un método según la invención, y
- determinar la distancia entre el objetivo y el transmisor mediante triangulación, dada una distancia predeterminada entre los dos o más receptores y las dos o más direcciones angulares relativas θ_1 , θ_2 .

20

Esta realización permite ventajosamente la detección de, no sólo la posición angular o cabeceo y guiñada o guiñada y alabeo de una aeronave en vuelo, sino también la tercera dimensión o distancia hasta un objetivo o aeronave. En el estado de la técnica, determinar una posición angular y distancia hasta un objetivo se realiza usando al menos tres detectores. Como diferencia, la solución de la presente invención permite determinar la tercera dimensión con el uso de dos detectores.

25

En un segundo aspecto de la invención se proporciona un sistema para determinar la dirección angular relativa entre un objetivo y un transmisor configurado para generar haces de luz, en el que la generación del uno o más haces de luz comprende difractar luz de banda ancha de tal manera que longitudes de onda de frecuencia óptica diferentes se difractan de manera diferente y se detecta una dirección angular relativa θ leyendo la longitud de onda de frecuencia óptica, que comprende

30

- un transmisor que comprende
 - una o más fuentes de luz de banda ancha,
 - una o más redes de difracción, configuradas para recibir luz de banda ancha procedente de la fuente de luz de banda ancha,

35

- un objetivo que comprende
 - uno o más receptores configurados para recibir uno o más haces de luz generados mediante un método según el primer aspecto de la invención,
 - medios en conexión con el uno o más receptores configurados para determinar la dirección angular relativa leyendo la longitud de onda de frecuencia óptica mediante un método según el primer aspecto de la invención.

40

Medios configurados para determinar la dirección angular relativa son medios que pueden ser, por ejemplo, medios informáticos, o un microprocesador o un dispositivo configurado para determinar la dirección angular relativa leyendo una longitud de onda de frecuencia óptica del uno o más haces de luz. Los medios informáticos, o microprocesador o dispositivo, pueden estar en conexión con un fotodetector que recibe y lee los haces de luz y los medios informáticos, o microprocesador o dispositivo, convierten la frecuencia óptica en frecuencia electrónica.

45

En determinadas realizaciones el sistema comprende

50

- una o más fuentes de luz multimodo que comprenden
 - una fuente de luz monomodo, por ejemplo una fuente de luz láser, y
 - uno o más generadores de peine de frecuencia óptica doble, OFCG, configurados para recibir luz de la fuente de luz monomodo
- una o más redes de difracción, configuradas para recibir el peine de frecuencia óptica doble del OFCG, y
- medios configurados para determinar la dirección angular relativa leyendo una longitud de onda de frecuencia óptica del uno o más haces de luz, estando relacionada dicha longitud de onda de frecuencia con una frecuencia electrónica recibida por parte del receptor.

55

60

En determinadas realizaciones el sistema comprende además un generador de cuadrícula, preferiblemente dos lentes cilíndricas.

En determinadas realizaciones el sistema comprende además una aeronave, en el que la aeronave comprende el objetivo.

65

En determinadas realizaciones el sistema comprende además una aeronave adicional, en el que la aeronave adicional comprende el transmisor.

- 5 En un aspecto adicional de la invención se proporciona un sistema para determinar una posición relativa entre un objetivo y un transmisor en una zona, en el que la posición relativa se define por los parámetros
- dirección angular relativa (θ_1 , θ_2) y
 - distancia (d),
- comprendiendo el sistema
- 10 - un transmisor configurado para generar haces de luz, en el que la generación del uno o más haces de luz comprende difractar luz de banda ancha de tal manera que longitudes de onda de frecuencia óptica diferentes se difractan de manera diferente y se detecta una dirección angular relativa θ leyendo la longitud de onda de frecuencia óptica, comprendiendo el transmisor
- una o más fuentes de luz de banda ancha,
 - una o más redes de difracción,
- 15 y
- un objetivo que comprende dos o más receptores,
 - medios en conexión con los dos o más receptores, estando configurados dichos medios para determinar dos o más direcciones angulares relativas θ_1 , θ_2 leyendo dos o más longitudes de onda de frecuencia óptica mediante un método según el primer aspecto de la invención, y
- 20 - medios configurados para determinar la distancia (d) entre el objetivo y el transmisor mediante triangulación, dada una distancia predeterminada entre los dos o más receptores y las dos o más direcciones angulares relativas θ_1 , θ_2 según el primer aspecto de la invención.

25 Los medios configurados para determinar la distancia (d) entre el objetivo y el transmisor mediante triangulación pueden ser medios informáticos, o un microprocesador configurado para calcular una distancia mediante triangulación, dada una dirección angular relativa (θ_1 , θ_2) y una distancia predeterminada entre los dos o más receptores.

30 En determinadas realizaciones el sistema comprende además un generador de cuadrícula, preferiblemente dos lentes cilíndricas. Ventajosamente, la cuadrícula puede cubrir una zona amplia en el espacio, por ejemplo, y puede determinarse una posición relativa con dos coordenadas.

35 En determinadas realizaciones el sistema comprende además una aeronave, en el que la aeronave comprende el objetivo.

40 En determinadas realizaciones el sistema comprende además una aeronave adicional, en el que la aeronave adicional comprende el transmisor. Ventajosamente, la invención permite determinar la posición relativa entre dos aeronaves en un corto periodo de tiempo en comparación con los sistemas y métodos del estado de la técnica.

Esta solución combina técnicas espectrométricas con conceptos ópticos tales como la difracción, de modo que puede determinarse una posición relativa entre dos elementos, por ejemplo para determinar la posición relativa entre dos aeronaves en vuelo.

45 En el estado de la técnica las posiciones relativas se miden usando luces láser monomodo con amplitud modulada. La invención permite ventajosamente obtener un barrido del espacio con el uso de una única fuente, aprovechando la difracción en múltiples modos.

50 Descripción de los dibujos

Estas y otras características y ventajas de la invención se entenderán más claramente en vista de la descripción detallada de la invención que resulta evidente a partir de una realización preferida de la invención, dada sólo como ejemplo y sin limitarse a la misma, con referencia a los dibujos.

55 Figura 1 Esta figura muestra un sistema según la invención.

Figura 2 Esta figura representa una red de difracción y el principio de reflexión de dos rayos paralelos, y la influencia de la longitud de onda de la luz incidente en el ángulo de reflexión.

60 Figura 3 Esta figura muestra la parte de transmisor de un sistema según la invención.

Figura 4 Esta figura representa el espectro óptico de la fuente de peine doble y la frecuencia recibida asociada con la mezcla de los lóbulos superpuestos mostrados en la figura como $\Delta f = f_{r1} - f_{r2} \ll f_{r1}, f_{r2}$.

65

Figura 5A Esta figura muestra un transmisor y un detector activo según la invención.

Figura 5B Esta figura muestra un transmisor y un detector pasivo según la invención.

5 Figura 6 Esta figura muestra un sistema según la invención en el que la distancia se calcula mediante un método según la invención.

Descripción detallada de la invención

10 Los ejemplos a continuación se refieren de manera general a un sistema para la determinación de posiciones angulares y relativas entre dos objetos, particularmente entre un objetivo (1) y un transmisor (2).

Transmisor y receptor

15 La figura 1 representa un transmisor 2, que puede instalarse en un avión cisterna, y un receptor (1).

El transmisor (2) comprende

- una fuente de luz de banda ancha (4) que comprende
- una fuente de luz monomodo (41),
- 20 – un generador de peine de frecuencia óptica OFCG (42), configurado para recibir la luz (10) procedente de la fuente de luz monomodo (41), y configurado para generar la luz multimodo (5) o peine de frecuencia óptica (5).
- una o más redes de difracción (25), configuradas para recibir el peine de frecuencia óptica (5) procedente del OFCG (42).

25

En un ejemplo particular el transmisor (2) comprende las siguientes características (en un eje):

- cobertura cónica de 35°
- resolución angular = 0,005° para 30 metros (se estiman 7000 lóbulos)
- apertura del lóbulo en la dirección ortogonal = 35°
- 30 – transmisión de señal en el dominio óptico, particularmente en el intervalo infrarrojo usado para comunicaciones ópticas (Longitud de onda = 1550 nm). Esto proporciona varios beneficios:
 - bajo coste asociado con el uso de componentes de comunicaciones,
 - alta resolución espacial (angular) debido a la baja longitud de onda usada,
 - longitud de onda tradicionalmente “segura para los ojos”.

35

El receptor (1) en la figura 1 comprende

- un receptor (26), con la capacidad de leer la longitud de onda de luz incidente (espectrómetro) configurado para recibir uno o más haces de luz (3) procedentes de una o más redes de difracción (25),
- 40 – medios (29) para determinar la dirección angular relativa leyendo la longitud de onda de luz incidente en conexión con el receptor (26).

El transmisor (2) está configurado para producir el uno o más haces de luz (3) y al menos dos peines de frecuencia óptica en una configuración de peine de frecuencia óptica doble:

- 45 – un primer peine de frecuencia óptica y
- un segundo peine de frecuencia óptica,
- comprendiendo los peines de frecuencia primero y segundo la misma f_0 y comprendiendo respectivas f_{r1} y f_{r2} donde f_{r1} es diferente de f_{r2} , y

en el que

- 50 – f_{r1} , f_{r2} es la separación entre dientes del peine o tasa de repetición de modo,
- f_0 es la frecuencia de desplazamiento de portadora.

El ejemplo descrito usa una modulación de alta frecuencia. Las frecuencias usadas en este ejemplo son:

- 55 – $f_0 = 200$ THz ($\lambda = 1500$ nm, longitud de onda de telecomunicaciones).
- $f_{r1} = 10$ GHz,
- $f_{r2} = 10,00001$ GHz.

60 Con una diferencia de frecuencias tan pequeña, las longitudes de onda de ambos peines son idénticas desde el punto de vista de la difracción ($\Delta\lambda/\lambda \ll 1$) así que el análisis para sólo uno de los mismos puede realizarse como sigue, por ejemplo para una longitud de onda central de 1550 nm, y teniendo en cuenta la figura 2.

En la figura 2 se muestra una red de difracción que funciona en reflexión. Dada una red convencional de 1000 líneas/mm ($d = 1$ μ mm), para la longitud de onda central dada la ecuación de red indica que $d(\sin \alpha + \sin \beta = \lambda)$; dado $c = \lambda \cdot f$; $\partial\beta / \partial\alpha$, y $\Delta f = f_{r1} - f_{r2} = 10$ GHz da como resultado $\partial\beta \sim 0,1$ mrad. Por tanto 0,1 mrad por línea

= 0,005° por línea de cuadrícula. El hecho de que la separación entre dos lóbulos ($m, m + 1$) sea de 0,1 mrad implica que se necesitan al menos $35^\circ/0,005^\circ = 7000$ líneas para tener un intervalo de medición de 35°. Puesto que la separación angular θ_β viene dada por f_{r1} y f_{r2} (que pueden ajustarse), la invención permite reducir el número de líneas de cuadrícula necesarias teniendo $\theta_\beta=1$ mrad, o bien cambiando f_{r1} y f_{r1} o usando varias redes en cascada para aumentar el ángulo de divergencia.

Transmisor

La figura 3 muestra una serie de entidades que pueden estar comprendidas en un sistema según la invención, en el transmisor (2). La figura 3 muestra:

- una fuente de luz (41),
- un generador de peine de frecuencia óptica doble OFCG (42), configurado para recibir la luz (10) procedente de la fuente de luz (41),
- una o más redes de difracción (25), configuradas para recibir uno o más peines de frecuencia óptica dobles (5) procedentes del OFCG (42),
- un generador de cuadrícula (27), por ejemplo una pareja de lentes cilíndricas, a partir de las cuales se forma una cuadrícula (9).

Otros datos para el transmisor

- Potencia emitida: 5 W
- Número de líneas: 700
- Pérdidas en la óptica: 10 dB
- Colimador de divergencia: 0,047°
- Anchura de punto en la dirección ortogonal (35° a 30 m): 9,46 m
- Diámetro de punto de salida: 12 mm
- Tamaño de punto en detección: 76 x 9460 mm.
- Con estos datos, la potencia recibida en recepción puede ser: Prec= 75 nW.

En un ejemplo particular el transmisor puede comprender un modulador acústico-óptico en el OFCG de tal manera que inserta una frecuencia de desplazamiento, f_{AOM} , de modo que en la dirección $\theta=0$ el detector resolvería una frecuencia positiva en lugar de una frecuencia de 0 Hz.

Receptor

En la detección los dos peines de frecuencia óptica (5) se solapan, o las longitudes de onda de ambos peines son idénticas desde el punto de vista de la difracción ($\Delta\lambda/\lambda \ll 1$), así que la frecuencia electrónica real detectada (en caso de usar un modulador acústico-óptico) es $f_{out} = f_{AOM} + m (f_{r1} - f_{r2}) = f_{AOM} + m 10 \text{ kHz}$. Esto se representa en la figura 4, donde "m" representa los modos o "colores" de la luz recibida. Por ejemplo, para $m=0$, se obtiene el color amarillo detectando una frecuencia $f_{out} = f_{AOM}$, de modo que significaría una posición angular respectiva al color amarillo. Para $m=1$ se obtendría el color naranja, así que es posible conocer el color y por tanto la dirección detectando la frecuencia $f_{out} = f_{AOM} + m 10 \text{ KHz}$.

La recuperación de la frecuencia electrónica (f_{out}) se implementará digitalmente usando una FPGA con FFT de implementación.

Extracción de guiñada y alabeo.

En una primera aproximación, existen dos posibles alternativas para implementar una forma de dos ejes, es decir, para extraer información únicamente de guiñada y alabeo.

1. División de longitud de onda: En este caso pueden usarse dos peines en dos longitudes de onda diferentes (1550 nm y 1310 nm para aprovechar componentes de comunicaciones convencionales). Este enfoque requiere diferentes dispositivos de escucha para cada uno de los ejes, lo que duplica la electrónica de detección.
2. División en el dominio de la frecuencia: En este caso los dos peines dobles producen diferentes salidas f_{out} : pueden usarse $f_{out} = f_{AOM} + m (f_{r1} - f_{r2}) = f_{AOM} + m 10 \text{ kHz}$. (10, 20, 30 KHz para el primer eje o peine doble) y $f_{out} = f_{AOM} + 5 \text{ kHz} + m 10 \text{ KHz}$ (15, 25 kHz para el segundo eje o peine doble). Esto conllevaría las siguientes implicaciones:
 - pueden usarse los mismos sensores y la misma electrónica de detección (no es necesario duplicar el sistema de detección);
 - es necesario modificar ligeramente la electrónica de detección aumentando su resolución de frecuencia (mayor FPGA), sin embargo esto puede ayudar con aspectos asociados al ancho de banda de ruido;

- es muy deseable sincronizar el transmisor y el receptor.

5 La figura 5A muestra un ejemplo de la dirección angular relativa θ que se determina por parte de un objetivo, una aeronave (28), que recibe el uno o más haces de luz (3). Este es el caso de tener un objetivo activo en la aeronave (28), donde el objetivo puede conocer su posición y la posición se reenvía mediante el objetivo activo o aeronave (28) al transmisor (2), que puede ser una aeronave adicional, para que ambos conozcan la posición.

10 La figura 5B muestra un ejemplo de la dirección angular relativa θ que se determina por parte del transmisor (2) que recibe la reflexión del uno o más haces de luz (3) procedentes del objetivo (28). Esto permite el uso de objetivos pasivos. Esta realización es opuesta o complementaria al caso anterior. En caso de tener un objetivo pasivo en la figura 5B, el objetivo refleja el haz; un detector en el transmisor (2) recibe la reflexión del objetivo pasivo sin necesidad de reenviar el haz (3) mediante ningún objetivo activo.

15 Tercera dimensión (z).

El sistema propuesto puede proporcionar, con dos coordenadas (guiñada y alabeo), una tercera coordenada (distancia) que es necesaria para obtener la posición del objeto. Esto se representa en la figura 6 en la que se muestra un sistema (30) para determinar una posición relativa entre un objetivo (1) y un transmisor (2). En este ejemplo la posición relativa se define por los parámetros

- 20 - dirección angular relativa (θ_1, θ_2) y
- distancia (d).

La figura 6 muestra un sistema (30) que comprende

- 25 - un transmisor (2) y
- un objetivo (1) que comprende dos receptores (7, 8), por ejemplo fotodiodos.

El sistema (30) en la figura 5 comprende además

- 30 - medios (31) en conexión con los dos o más receptores (7, 8), estando configurados dichos medios (31) para determinar dos o más direcciones angulares relativas θ_1, θ_2 leyendo dos o más frecuencias electrónicas, y
- medios (32) configurados para determinar la distancia (d) entre el objetivo (1) y el transmisor (2) mediante triangulación, dada una distancia predeterminada (6) entre los dos o más receptores (7, 8) y las dos o más direcciones angulares relativas θ_1, θ_2 .

35 Ventajas

Algunas de las ventajas de un método según la invención son:

- 40 - mediciones rápidas puesto que debe detectarse una frecuencia electrónica en lugar de escanear una luz láser; esto conlleva que es posible detectar varios objetivos en un corto periodo de tiempo;
- posibilidad de trabajar con receptores pasivos;
- puede permitir el guiado de una aeronave durante la trayectoria de aproximación a un avión cisterna;
- el tamaño del objeto detectado no es relevante en el caso de un detector activo.

45 En el caso de un objetivo pasivo el receptor puede comprender un retrorreflector para evitar que toda la aeronave refleje una amplia zona de haces (3). El retrorreflector puede estar montado, por ejemplo, en las alas de la aeronave para proporcionar las dos ubicaciones para extraer también la tercera dimensión.

REIVINDICACIONES

- 1.- Método para determinar la dirección angular relativa θ entre un objetivo (1) y un transmisor (2), comprendiendo el método las siguientes etapas:
- 5 - producir uno o más haces de luz (3),
 - transmitir mediante el transmisor (2) tales uno o más haces de luz (3), en el que un haz de luz (3) indica una dirección angular relativa desde el transmisor (2),
 - recibir, por el objetivo (1), uno o más de los haces de luz (3),
 en el que la generación del uno o más haces de luz (3) comprende difractar luz de banda ancha (5) de tal manera que longitudes de onda de frecuencia óptica diferentes se difractan de manera diferente y se detecta una dirección angular relativa θ leyendo la longitud de onda de frecuencia óptica, y
 10 en el que la luz de banda ancha (5) o la luz multimodo comprende un peine de frecuencia óptica (5), el método estando caracterizado por que
 al menos un haz de luz (3) comprende al menos dos peines de frecuencia óptica (5) o peine de frecuencia doble, que comprende:
- 15 - un primer peine de frecuencia óptica y
 - un segundo peine de frecuencia óptica,
 - comprendiendo los peines de frecuencia primero y segundo la misma f_0 y comprendiendo respectivas f_{r1} y f_{r2} donde f_{r1} es diferente de f_{r2} , y
- 20 en el que
 - f_{r1} , f_{r2} es la separación entre dientes del peine o tasa de repetición de modo,
 - f_0 es la frecuencia de desplazamiento de portadora.
- 2.- Método según la reivindicación 1, en el que la luz de banda ancha (5) comprende líneas espectrales discretas o luz multimodo.
- 25 3.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos un haz de luz (3) comprende dos peines de frecuencia dobles que comprenden tasas de repetición diferentes, transmitiéndose dichos dos peines de frecuencia dobles en dos direcciones diferentes formando una cuadrícula (9) en dos direcciones angulares.
- 30 4.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la dirección angular relativa θ se determina por parte del objetivo (1) que recibe el uno o más haces de luz (3).
- 35 5.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la dirección angular relativa θ se determina por parte del transmisor (2) que recibe la reflexión del uno o más haces de luz (3) procedentes del objetivo (1).
- 40 6.- Método para determinar una posición relativa entre un objetivo (1) y un transmisor (2) en una zona, en el que la posición relativa se define por los parámetros
 - dirección angular relativa y
 - distancia (d),
 caracterizado por que el método comprende las etapas de:
- 45 - determinar dos o más direcciones angulares relativas θ_1 , θ_2 entre dos o más receptores (7, 8), comprendidos en el objetivo (1), y el transmisor (2) mediante métodos respectivos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, y
 - determinar la distancia entre el objetivo (1) y el transmisor (2) mediante triangulación, dada una distancia predeterminada (6) entre los dos o más receptores (7, 8) y las dos o más direcciones angulares relativas θ_1 , θ_2 .
- 50 7.- Sistema (20) para determinar la dirección angular relativa entre un objetivo (1) y un transmisor (2) configurado para generar haces de luz (3), en el que la generación del uno o más haces de luz (3) comprende difractar luz de banda ancha (5) de tal manera que longitudes de onda de frecuencia óptica diferentes se difractan de manera diferente y se detecta una dirección angular relativa θ leyendo la longitud de onda de frecuencia óptica, que comprende
- 55 - un transmisor (2) que comprende
 - una o más fuentes de luz de banda ancha (4),
 - una o más redes de difracción (25), configuradas para recibir luz de banda ancha procedente de la fuente de luz de banda ancha (4), y
 60 - un objetivo (1)
 caracterizado por que el objetivo (1) comprende
 - uno o más receptores (26) configurados para recibir uno o más haces de luz (3) generados mediante un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6,
 - medios (29) en conexión con el uno o más receptores (26) configurados para determinar la dirección angular relativa leyendo la longitud de onda de frecuencia óptica según un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.
- 65

- 8.- Sistema (20) según la reivindicación 7, en el que
- la fuente de luz de banda ancha (4) comprende:
 - una fuente de luz monomodo (41), por ejemplo una fuente de luz láser, y
 - uno o más generadores de peine de frecuencia óptica OFCG (42), configurados para recibir la luz (10) procedente de la fuente de luz monomodo (41),
 - y la longitud de onda de frecuencia óptica está relacionada con una frecuencia electrónica que se recibe por parte del receptor (26).
- 9.- Sistema (20) según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 8, que comprende además un generador de cuadrícula (27), preferiblemente dos lentes cilíndricas.
- 10.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 7 u 9, que comprende además una aeronave (28), en el que la aeronave comprende el objetivo (1).
- 11.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, que comprende una aeronave adicional, en el que la aeronave adicional comprende el transmisor (2).
- 12.- Sistema (30) para determinar una posición relativa entre un objetivo (1) y un transmisor (2) en una zona, en el que la posición relativa se define por los parámetros
- dirección angular relativa (θ_1 , θ_2) y
 - distancia (d),
- comprendiendo el sistema (30)
- un transmisor (2) configurado para generar haces de luz (3), en el que la generación del uno o más haces de luz (3) comprende difractar luz de banda ancha (5) de tal manera que longitudes de onda de frecuencia óptica diferentes se difractan de manera diferente y se detecta una dirección angular relativa θ leyendo la longitud de onda de frecuencia óptica, comprendiendo el transmisor (2)
 - una o más fuentes de luz de banda ancha (4),
 - una o más redes de difracción (25), y
 - un objetivo (1)
- caracterizado por que el objetivo (1) comprende
- dos o más receptores (7, 8),
 - medios (29, 31) en conexión con los dos o más receptores (7, 8), estando configurados dichos medios (29, 31) para determinar dos o más direcciones angulares relativas θ_1 , θ_2 leyendo dos o más longitudes de onda de frecuencia óptica mediante un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, y
 - medios (32) configurados para determinar la distancia (d) entre el objetivo (1) y el transmisor (2) mediante triangulación, dada una distancia predeterminada (6) entre los dos o más receptores (7, 8) y las dos o más direcciones angulares relativas θ_1 , θ_2 .
- 13.- Sistema (30) según la reivindicación 12, en el que
- la fuente de luz de banda ancha (4) comprende:
 - una fuente de luz monomodo, por ejemplo una fuente de luz láser, y
 - uno o más generadores de peine de frecuencia óptica OFCG (42), configurados para recibir la luz (10) procedente de la fuente de luz monomodo (41),
 - y la longitud de onda de frecuencia óptica está relacionada con una frecuencia electrónica que se recibe por parte del receptor (26).

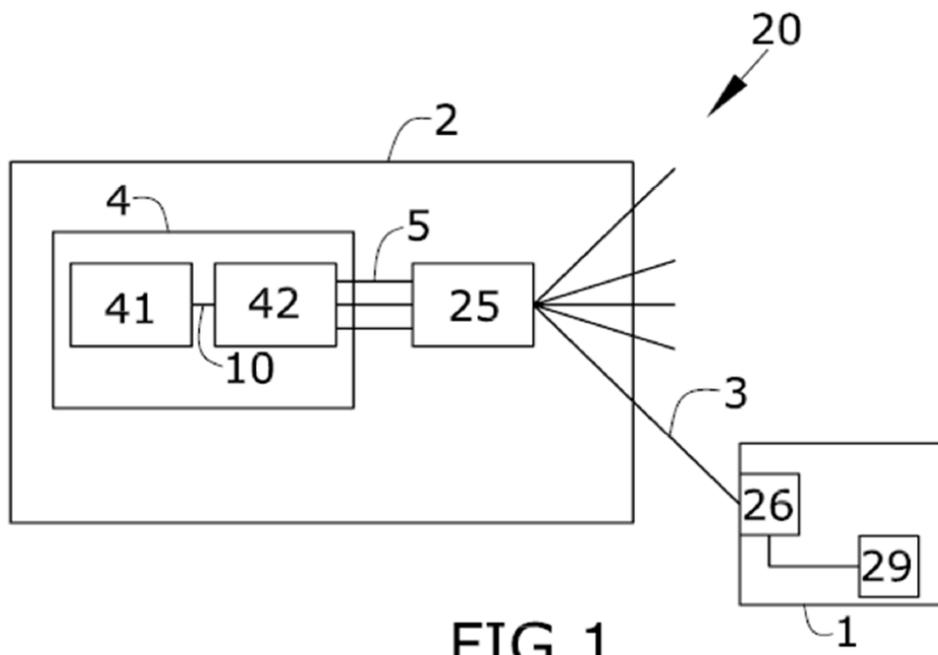


FIG.1

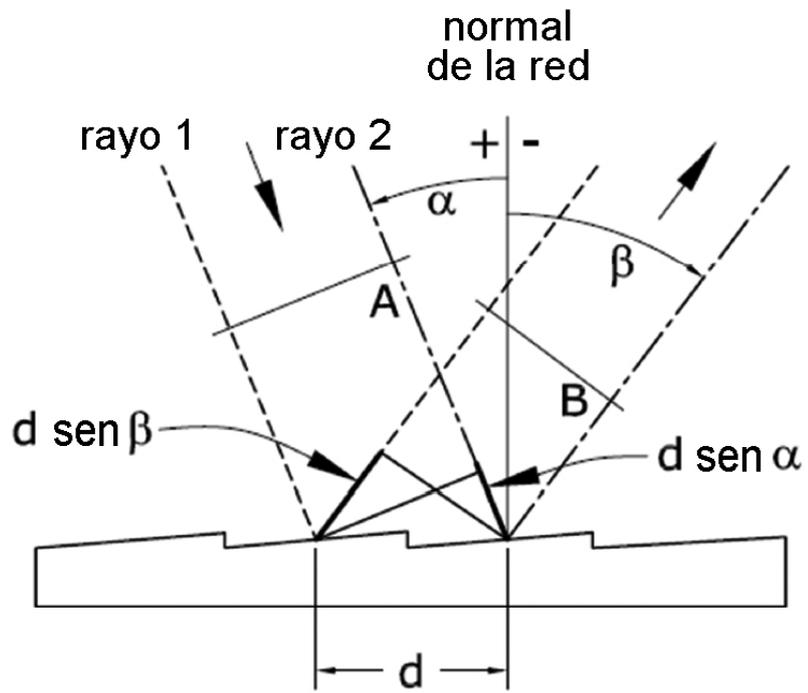


FIG.2

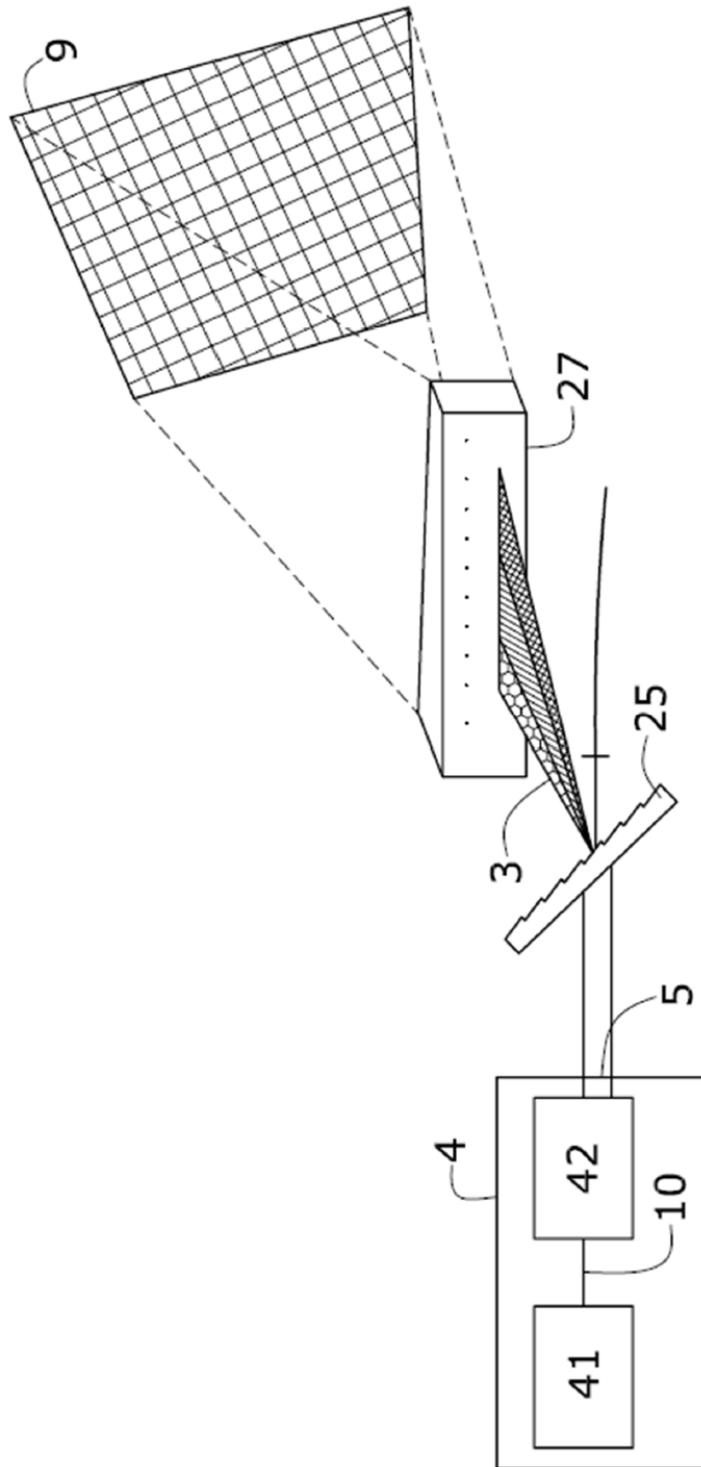
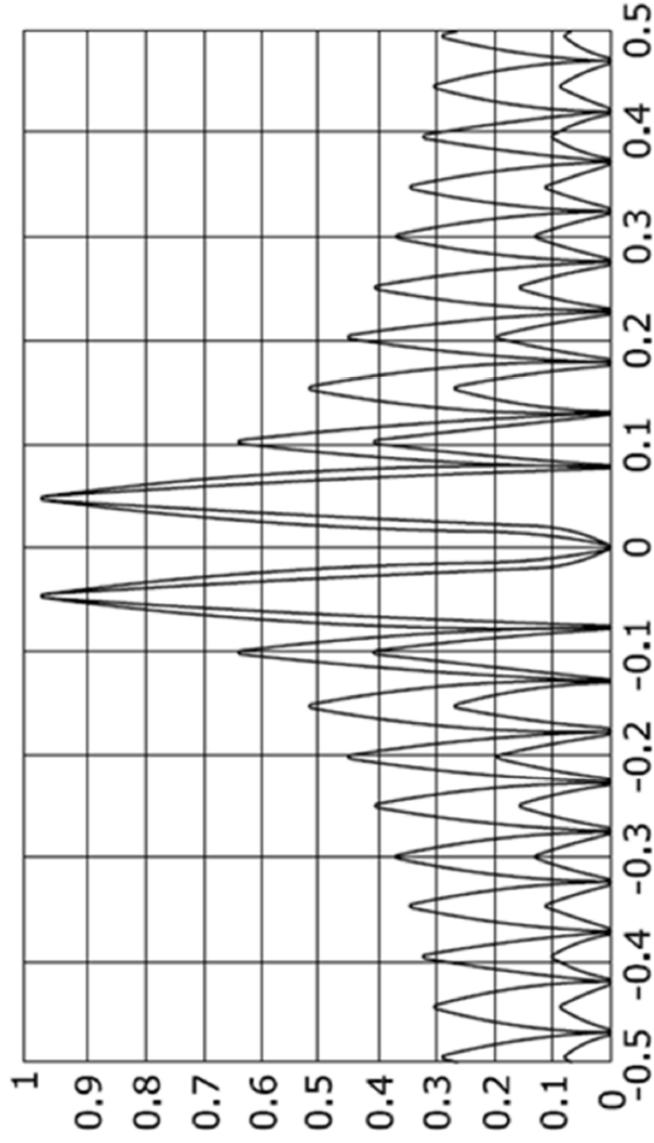


FIG.3



$$f_{\text{out}} = f_{0\text{AM}} + m(f_{r1} - f_{r2})$$

FIG.4

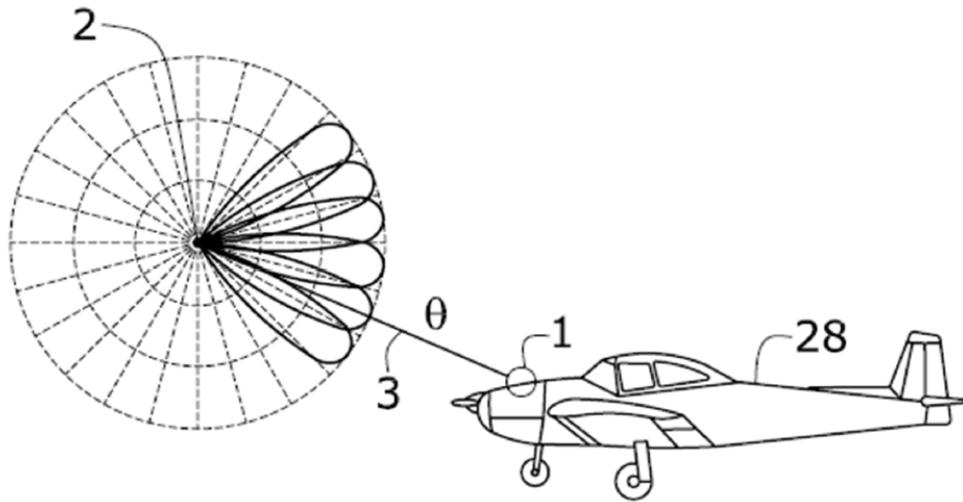


FIG. 5A

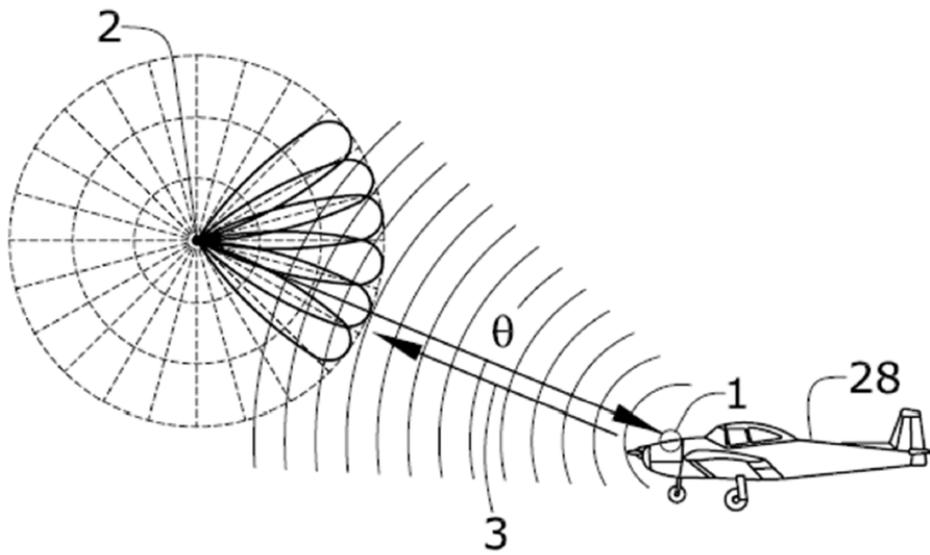


FIG. 5B

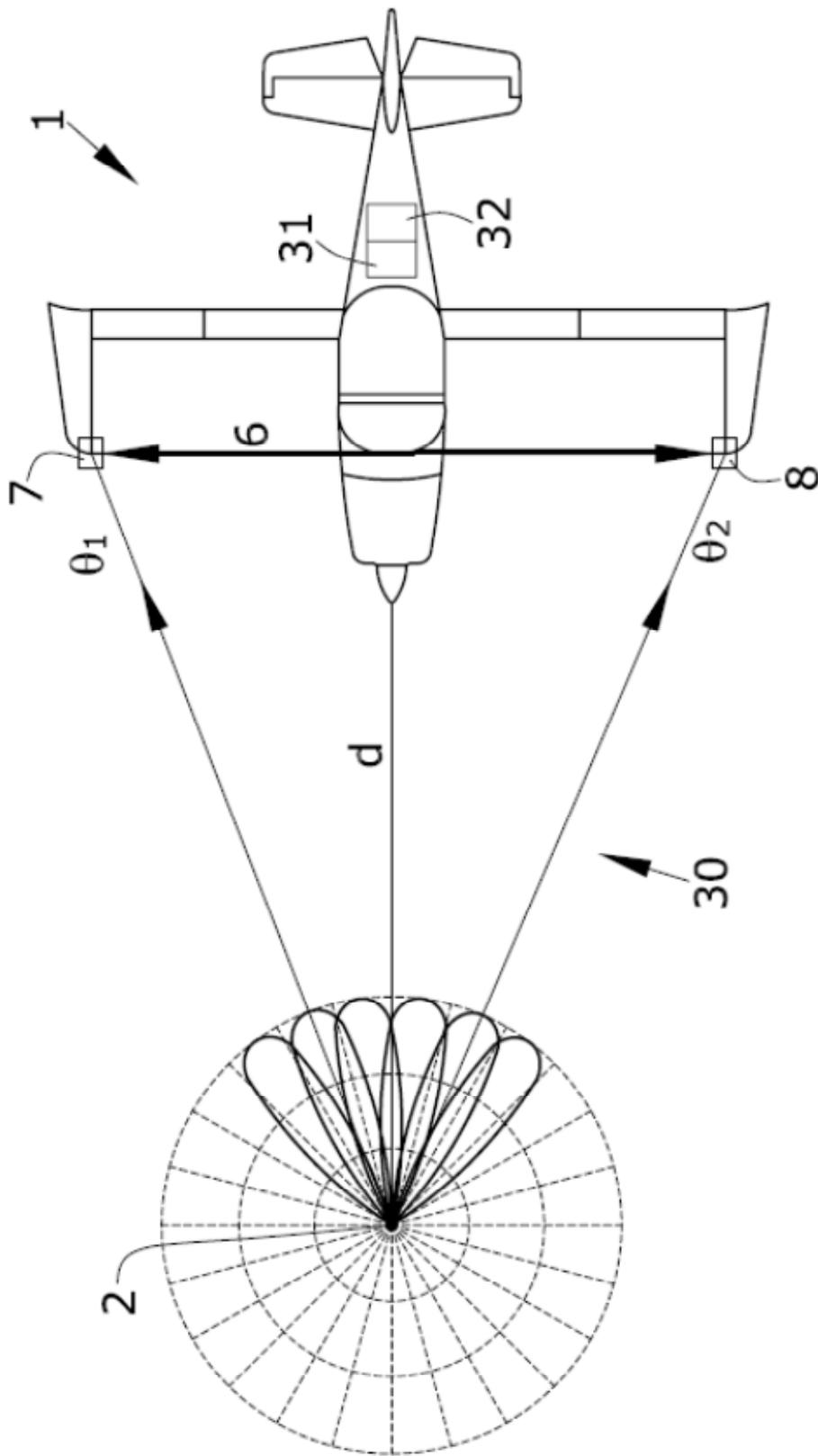


FIG.6