

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 813 906**

51 Int. Cl.:

G01S 13/00 (2006.01)

G01S 13/87 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.01.2013** **E 15000289 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.06.2020** **EP 2889638**

54 Título: **Método de funcionamiento de un radar pasivo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
25.03.2021

73 Titular/es:

HENSOLDT SENSORS GMBH (100.0%)
Willy-Messerschmitt-Straße 3
82024 Taufkirchen, DE

72 Inventor/es:

EDRICH, MICHAEL y
SCHRÖDER, ALEXANDER

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 813 906 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 de funcionamiento de un radar pasivo

5 La invención se refiere a un método de funcionamiento de un radar pasivo de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

De acuerdo con el estado general de la técnica, un radar pasivo tiene las siguientes características, ver la Figura 1:

- 10 – Está compuesto, esencialmente, por una unidad receptora 1 para la recepción de la señal y una unidad de procesamiento 2 para el procesamiento de la señal.
- No tiene su propia unidad transmisora.
- El transmisor 3 necesario para la iluminación del objetivo (llamado también en lo adelante "iluminador") no es cooperativo (por ejemplo, el transmisor de FM, DAB, DVB-T, GSM, etc.).
- 15 – La constelación es biestática, es decir, el transmisor 3 y la unidad receptora 1 están dislocados, es decir, separados espacialmente.

En la Figura 1 se explica el procedimiento básico para la localización de objetivos mediante el uso de radares pasivos:

- El transmisor no cooperativo 3, que se utiliza para la iluminación del objetivo, emite una señal 101, 103.
- Esta señal se transmite por propagación de ondas
 - 20 • en una trayectoria directa desde el transmisor 3 hasta la unidad receptora 1 del radar pasivo - esto se denomina "señal directa" 103 en la literatura técnica, así como en lo adelante. Una señal directa en el sentido de la presente descripción de la invención es también una señal recibida por la unidad receptora 1 en una trayectoria directa desde otro transmisor, en tanto este otro transmisor emita el mismo contenido de señal en la misma frecuencia.
 - 25 • por medio de la reflexión desde un objetivo 4, por ejemplo, una aeronave, a través de un desvío 101 hacia la unidad receptora 1 del radar pasivo - esto se denomina en la literatura técnica y en lo sucesivo "señal del objetivo" 102.
- La detección de objetivos se basa en un proceso de correlación de la señal del objetivo 102 con una señal de referencia en la unidad de procesamiento 2, en donde
 - 30 • la señal de referencia se obtiene de la señal directa 103.
 - la señal directa 103 generalmente llega a la unidad receptora 1 orden de magnitud más fuerte que la señal del objetivo 102.
 - 35 • la señal del objetivo 102 llega a la unidad receptora 1 en relación con la señal directa 103 con un retardo y (en el caso del movimiento del objetivo) con un desplazamiento Doppler y, por lo tanto, se produce una matriz rango-Doppler como resultado del proceso de correlación, en la que el objetivo 4 se encuentra en la posición correspondiente en rango y Doppler.
 - la señal de referencia y la señal del objetivo 102 deben estar presentes obligatoriamente en la unidad de procesamiento 2 con una relación señal-ruido suficiente.

40 En las Figuras 1 a 3 se muestran diferentes variantes para el diseño y el funcionamiento de los radares pasivos conocidos. Lo siguiente es válido para las tres variantes:

- La señal de referencia, obtenida de la señal directa 103, y la señal del objetivo 102 provienen del mismo transmisor 3.
- 45 – La señal directa 103 y la señal del objetivo 102 son recogidas por la misma unidad receptora 1 del radar pasivo.
- La señal directa 103 se transmite directamente desde el transmisor 3 hacia la unidad receptora 1 mediante propagación de ondas.

La unidad receptora puede tener diferentes diseños, entre otros:

- 50 – Unidad receptora 1 en la Figura 1: Matriz circular para la recepción directa de la señal mediante la formación de haces y para la vigilancia omnidireccional del espacio meta, [1]
- Unidad receptora 1a en la Figura 2: Antena direccional para la recepción directa de la señal, otra antena direccional para la vigilancia sectorial del espacio meta, [2].
- 55 – Unidad receptora 1b en la Figura 3: Antena direccional para la recepción directa de la señal, matriz circular para la vigilancia omnidireccional del espacio meta.

Las antenas de la unidad receptora están situadas a una distancia máxima de unos pocos metros.

60 La presencia de una señal de referencia en la unidad de procesamiento del radar pasivo es esencial para el proceso de correlación. En el caso de los radares pasivos conocidos se plantean las siguientes limitaciones con respecto a un proceso de correlación óptimo:

- Si, de acuerdo con el estado de la técnica, la señal directa llega a la unidad receptora del radar pasivo directamente mediante propagación de ondas desde el transmisor no cooperativo, entonces esta es generalmente de órdenes de magnitud más fuertes que la señal del objetivo en la unidad receptora. Por un lado, esta señal limita el alcance dinámico

de la unidad receptora y, por otro lado, enmascara los objetivos del radar en la matriz rango-Doppler debido al comportamiento de la correlación de las señales utilizadas (señal del objetivo y señal directa).

– Para un proceso de correlación óptimo, la señal del objetivo debe estar completamente limpia de todos los componentes de la señal directa. Esto se resuelve algorítmicamente en la unidad de procesamiento, [3] y solo proporciona una supresión incompleta de la señal directa en la señal del objetivo, lo que conduce a una reducción de la capacidad de detección.

– Para un proceso de correlación óptimo, la señal de referencia también debe estar completamente limpia de todos los componentes de interferencia. De acuerdo con el estado de la técnica, esto se realiza esencialmente de forma algorítmica en la unidad de procesamiento y solo proporciona una limpieza incompleta de las interferencias y, por lo tanto, reduce el rendimiento de la detección.

La patente europea núm. EP 1 972 962 A2 describe un método de radar pasivo en el que las señales reflejadas en el objetivo son recibidas por varios receptores, en donde en estos receptores no se recibe ninguna señal de transmisión directamente del transmisor no cooperativo. La posición del objetivo no se determina por medio de una señal de referencia, que recibe la señal de un transmisor no cooperativo en una trayectoria directa, sino a partir de las diferencias de tiempo con que los receptores individuales reciben las señales reflejadas en el objetivo.

Un método de radar pasivo que supera las limitaciones de los métodos conocidos mencionados anteriormente se describe en INGG S M R y otros: "Commensal radar using separated reference and surveillance channel configuration", ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, Vol. 48, Núm. 18, 30 de agosto de 2012 (2012-08-30), páginas 1158-1160, XP006041177, ISSN:0013-5194, DOI:10.1049/EL.2012.1124. Este documento constituye el preámbulo de la reivindicación. Aquí, la unidad receptora del radar pasivo se posiciona de manera que la señal recibida por el transmisor no cooperativo en una trayectoria directa sea lo más pequeña posible. La señal de referencia se obtiene recibiendo la señal del transmisor no cooperativo directamente desde un segundo receptor, colocado de manera que sea posible la recepción directa.

En general, se conocen los radares biestáticos donde el transmisor y el receptor se encuentran físicamente separados. La patente alemana núm. DE 698 05 576 T2, por ejemplo, describe un radar biestático, en el que la correlación entre el emisor y el receptor se hace por medio de información adicional (por ejemplo, información del portador del emisor, identificador de la señal pseudoaleatoria especial, posición relativa del emisor con respecto al receptor, etc.), que se transmite del emisor al receptor a través de un canal auxiliar (cable, fibra óptica o canal de radio).

Otro ejemplo de un radar biestático se describe en la patente de los Estados Unidos núm. US 5,296,860 A. También en este caso, entre el transmisor y el receptor hay una línea de datos, diseñada como un cable de fibra óptica. Aquí el receptor devuelve la señal recibida al transmisor. Solo en el transmisor tiene lugar el proceso de correlación. Con esta medida, el procesamiento se puede llevar a cabo en la ubicación del transmisor como en un radar monostático.

La invención tiene el objetivo de crear un otro método para operar un radar pasivo que supera las limitaciones mencionadas y, en particular, logra un aumento significativo de la sensibilidad y, por tanto, de la capacidad de detección del radar pasivo.

Este objetivo se logra con el método de acuerdo con la reivindicación. De acuerdo con la presente invención, la señal de referencia no se proporciona en la unidad de procesamiento del radar pasivo mediante la recepción de la señal transmitida por propagación de ondas directamente desde el transmisor no cooperativo. Más bien, la constelación espacial del transmisor y del radar pasivo se elige de manera que la señal directa en el lugar del dispositivo de recepción es muy baja (es decir, en el rango del límite de ruido térmico) o no se puede detectar en absoluto. Esto es particularmente cierto si el transmisor se encuentra a una distancia considerable de la unidad receptora y/o está claramente ensombrecido por el terreno.

Al suprimir la señal directa en el lugar del receptor, se elimina el obstáculo esencial para un rendimiento óptimo de la correlación. La señal de referencia que aún se requiere para la correlación se puede obtener por otras vías -indirectas- de transmisión. De esta manera se puede lograr un aumento significativo de la sensibilidad y, por tanto, del rendimiento de la detección.

Para lograr la señal más fuerte posible del objetivo, la trayectoria de conexión entre el transmisor y el objetivo, así como la trayectoria de conexión entre el objetivo y la unidad receptora deben estar tan libres de sombras como sea posible, lo cual se logra fácilmente en el caso de los objetivos aéreos.

Al obtener indirectamente la señal de referencia también es posible obtenerla en gran medida libre de interferencias.

Otras ventajas de la invención son:

– Aumento significativo del alcance del radar pasivo.

– Mejora de la detección de los objetivos aéreos en el espacio aéreo superior, ya que éstos solo pueden ser iluminados de forma fiable por transmisores distantes debido a las características de elevación de la antena transmisora.

– Un mayor número de transmisores utilizables, lo que da como resultado mejores posibilidades de configuración del radar pasivo con respecto a los requisitos concretos de detección.

Los ejemplos de modalidades concretos de la invención se explican más detalladamente a través de las figuras. Se muestran:

En las Figuras 1 a 3 varias modalidades conocidas para el funcionamiento de los radares pasivos como se explica en la introducción de la descripción;

En la Figura 4 varias modalidades de acuerdo con la invención para el funcionamiento de un radar pasivo.

Todas las modalidades mostradas en la Figura 4 tienen en común que la señal del objetivo 102 (en la medida en que sea idéntica al estado de la técnica) se obtiene mediante la iluminación 101 con un transmisor no cooperativo 3. Sin embargo, las modalidades mostradas difieren en la forma en que se obtiene la señal de referencia.

En la Figura 4, la señal de referencia se obtiene tomando la señal no modulada en la fuente de la señal 13 (simbolizada aquí como un micrófono) de un radiotransmisor antes de que sea transmitida por el iluminador 3. La señal tomada se transmite a través de otros canales de transmisión 107, 109, 108, a saber

- a. Transmisión de la señal 107 por Internet 9
- b. Transmisión de la señal 109 vía satélite 11
- c. Transmisión de la señal 108 por línea 10

al radar pasivo, donde es recibida por otra unidad receptora 12 para obtener la señal de referencia, que se adapta al correspondiente canal de transmisión. Desde allí, la señal se introduce en la unidad de procesamiento 2 a través de una conexión 110 y se modula en consecuencia. Las compensaciones de tiempo y frecuencia se compensan algorítmicamente en la unidad de procesamiento 2. En el caso de los métodos digitales, el contenido de los paquetes de datos se adapta en correspondencia.

Lista de referencia

Número	Objeto
1	Unidad receptora del radar pasivo
2	Unidad de procesamiento del radar pasivo
3	Transmisor (iluminador)
4	Objetivo del radar, por ejemplo, objetivo aéreo
6	Terreno/elevación
9	Internet
10	Línea
11	Satélite
12	Otra unidad receptora del radar pasivo para la señal de referencia
13	Fuente de la señal del transmisor 3

Número	Señal/trayectoria de la señal
101	Trayectoria de la señal entre el transmisor y el objetivo del radar
102	Señal del objetivo
103	Señal directa
107	Transmisión de la señal por Internet
108	Transmisión de la señal por línea
109	Transmisión de la señal vía satélite
110	Conexión entre la unidad receptora adicional 12 y la unidad de procesamiento 2

Bibliografía

- [1]A. Schröder, M. Edrich, Cassidian, Alemania; "CASSIDIAN Multiband Mobile Passive Radar System"; IRS 2011 Leipzig
- [2]Dale Gould, Robert Pollard, Carlos Sarno, Paul Tittensor; "DVB-T trials with the Multiband Passive Radar Demonstrator System"; IRS 2007 Colonia
- [3]K.S.Kupta, Z.Czekala; "Masking Effects and its Removal in PCL-Radar"; IEE Proc Radar, Sonar & Navigation, Vol. 152, Núm. 3, junio de 2005

REIVINDICACIONES

1. Un método de funcionamiento de un radar pasivo, que comprende una unidad receptora (1) para recibir una señal (102) reflejada en un objetivo del radar (4) y una unidad de procesamiento (2), en donde la unidad receptora (2) sirve para procesar la señal reflejada (102) incluida una señal de referencia para la detección del objetivo, que se correlaciona con la señal reflejada (102),
5
– la unidad receptora (1) del radar pasivo está posicionada espacialmente con respecto a un transmisor no cooperativo (3) utilizado para la iluminación del objetivo de manera que la señal (103) del transmisor no cooperativo (3) recibida por la unidad receptora (1) en un trayecto directo se expresa solo muy débilmente, es decir, se encuentra en el rango del límite de ruido térmico o no está presente en absoluto,
10
– la señal de referencia se obtiene más por vías de transmisión alternativas (107, 108, 109) que por transmisión (103) en un trayecto directo desde el transmisor no cooperativo (3) hacia el radar pasivo, y se pone a disposición de la unidad de procesamiento (2),
15
caracterizado porque la señal del transmisor no cooperativo (3) utilizada para la iluminación del objetivo es la señal de transmisión emitida por un radiotransmisor, y la señal de referencia es derivada por el radar pasivo que recibe una señal por medio de una unidad de recepción adicional (12), cuya señal se ha captado, antes de la transmisión, por el radiotransmisor (3) en la fuente de la señal (13) asociada con el radiotransmisor y se ha transferido a la unidad de recepción adicional (12) del radar pasivo por uno de los siguientes canales de transmisión adicionales (107, 109, 108):
20
– transmisión de la señal (107) por Internet (9)
– transmisión de la señal (109) por satélite (11)
– transmisión de la señal (108) por cable (10)

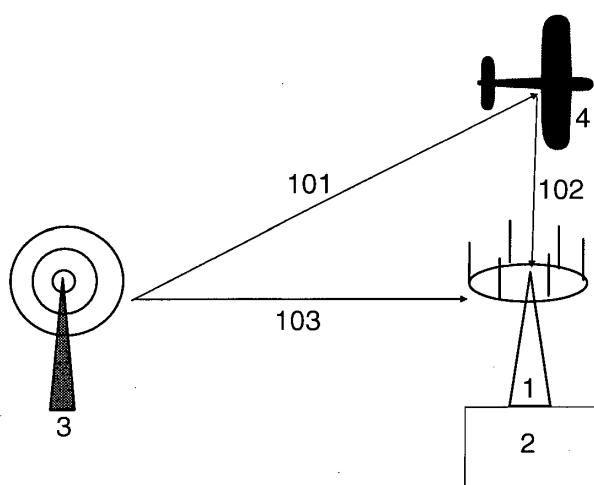


Fig. 1

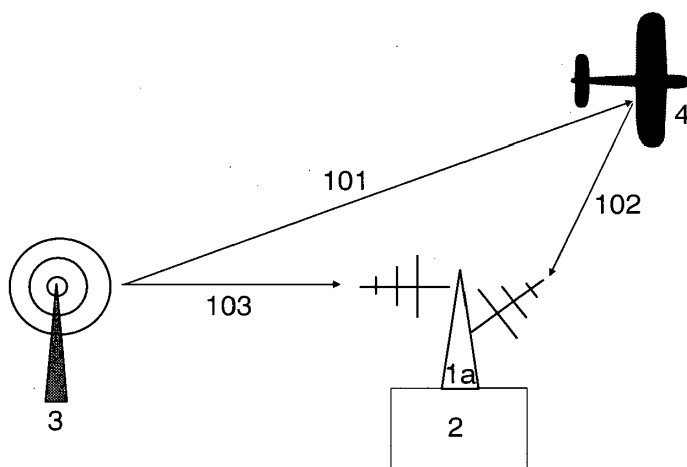


Fig. 2

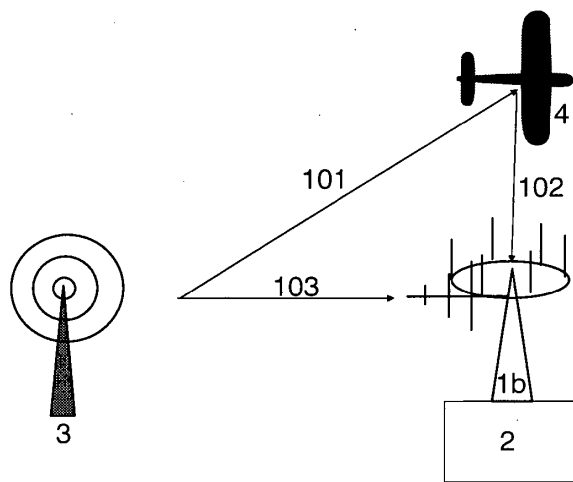


Fig. 3

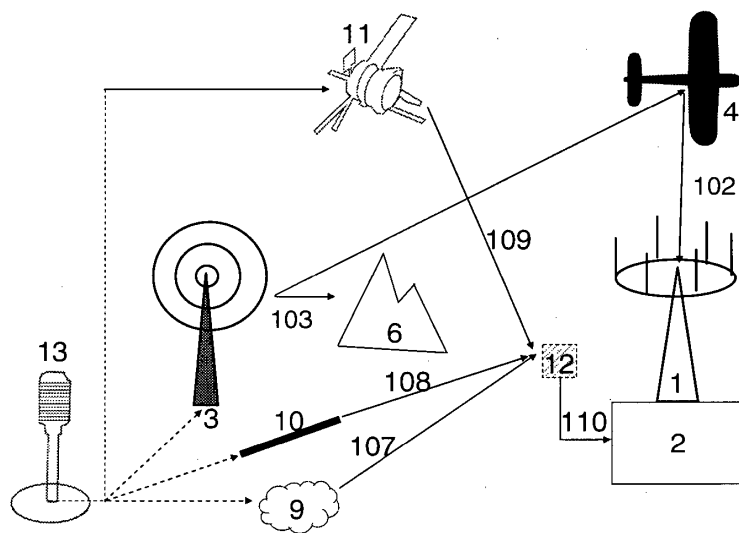


Fig. 4