

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 704 050**

51 Int. Cl.:

G01S 13/00 (2006.01)

G01S 13/87 (2006.01)

G01S 7/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.05.2014 PCT/EP2014/060539**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.11.2014 WO14187898**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.05.2014 E 14726572 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2018 EP 3004920**

54 Título: **Procedimiento de localización de un blanco y sistema radar multiestático de implementación de tal procedimiento**

30 Prioridad:

24.05.2013 FR 1301182

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

14.03.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

MULLER, DANIEL

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 704 050 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

Procedimiento de localización de un blanco y sistema radar multiestático de implementación de tal procedimiento

5 La invención se refiere a un procedimiento de detección y localización de un blanco que puede ser, en concreto, una aeronave, a su aplicación en la vigilancia primaria del tráfico aéreo, a un sistema radar multiestático para la implementación de tal procedimiento y a un sistema de vigilancia del tráfico aéreo que comprende tal sistema radar multiestático.

La invención se aplica, concretamente, a la vigilancia primaria del tráfico aéreo por medio de señales de oportunidad tales como unas señales de televisión.

10 La vigilancia primaria (sin cooperación por parte de las aeronaves-blancos) del tráfico aéreo se hace convencionalmente por medio de radares "monoestáticos", que emiten pulsos radio y reciben las reflexiones de dichos pulsos radio en los blancos (aeronaves) a detectar, estando el emisor y el receptor de cada radar colocalizados. También existen sistemas denominados "multiestáticos", que incluyen uno o varios emisores de señales radio y una pluralidad de receptores no colocalizados con el o los emisores para recibir las reflexiones. En todos estos casos, se trata de sistemas "activos", que emiten señales radio específicamente destinadas a la detección de blancos.

15 También existen unos sistemas de detección denominados pasivos, que se aprovechan, en un diagrama de detección de tipo multiestático, de unas señales radioeléctricas disponibles por otra parte ("señales de oportunidad"), por ejemplo, de señales radiofónicas o de televisión. Se habla entonces de localización coherente pasiva (PCL por sus siglas en inglés de "Passive Coherent Location"). Los sistemas puramente pasivos no convienen para aplicaciones tan críticas como la vigilancia del tráfico aéreo; sin embargo, sería posible - al menos en principio - realizar unos sistemas "semiactivos", utilizando emisores de oportunidad según una modalidad cooperativa, basada en un acuerdo con los operadores de estos emisores.

20 La figura 1 ilustra el principio de base de la detección multiestática, ya sea activa o pasiva. Un emisor ER emite una señal radioeléctrica SRE que se propaga por el aire y alcanza un receptor RR siguiendo dos caminos:

- 25
- un trayecto directo, T_1 , cuya longitud L_1 es igual a la distancia D entre el emisor y el receptor; y
 - un trayecto indirecto, T_2 , que comprende una reflexión por un blanco a detectar C (en el presente documento, una aeronave), que presenta una longitud $L_2 > L_1$ que depende de la posición de dicho blanco.

30 La señal que ha seguido el trayecto directo (señal de referencia) y la que ha seguido el trayecto indirecto llegan al receptor desde direcciones diferentes; pueden, por tanto, discriminarse, por ejemplo, por medio de una antena de red equipada con un circuito formador de haz (síntesis digital del diagrama de recepción). Su retardo de propagación relativa, $\Delta t_p = \Delta L/c = (L_2 - L_1)/c$ (siendo c la velocidad de propagación de las señales radioeléctricas, es decir, la velocidad de la luz) puede entonces determinarse por correlación cruzada, lo que permite calcular L_2 (siendo L_1 supuestamente conocida). Se sabe entonces que el blanco se encuentra en un elipsoide cuyos focos son el emisor y el receptor, definida como el lugar de los puntos cuya suma de las distancias a los dos focos es igual a L_2 ("distancia biestática"). Si al menos otros dos pares emisor/receptor están disponibles (por ejemplo, si hay al menos tres receptores para un emisor único o, a la inversa, o bien dos emisores y dos receptores...), el blanco C puede localizarse mediante la intersección entre los diferentes elipsoides. En el caso de un blanco en movimiento, la señal reflejada está desfasada en frecuencia por efecto Doppler. La correlación se calcula, por tanto, varias veces introduciendo desfases frecuenciales diferentes entre las dos señales; el valor de desfase frecuencial para el que la correlación es máxima permite determinar una "velocidad biestática" qui es la derivada de la distancia biestática L_2 con respecto al tiempo. El vector de velocidad del blanco puede obtenerse a partir de tres "velocidades biestáticas" diferentes.

35 Se comprende fácilmente que, para que la propagación directa sea posible, el emisor y el receptor deben estar "en la línea de visión" lo que implica que, debido a la curvatura de la Tierra, su distancia difícilmente puede superar unas decenas de kilómetros, salvo si al menos uno de los dos está colocado a gran altitud, lo que no siempre es posible o deseable. Esto no es un problema en los radares multiestáticos activos, en los que los diagramas de radiación de los emisores se definen en función de las exigencias de detección, pero se convierte en uno en el caso de los sistemas de detección pasiva aplicada en la vigilancia del tráfico aéreo.

40 La localización del blanco está afectada por una incertidumbre cuyo valor depende del ancho de banda de las señales radioeléctricas utilizadas para la detección. Esto limita la elección de los emisores de oportunidad que pueden utilizarse para la vigilancia del tráfico aéreo. En efecto, la utilización de emisores radiofónicos FM (ancho de banda de aproximadamente 20 kHz) lleva a incertidumbres del orden de 1 km y por tanto, no está adaptado para la vigilancia del tráfico aéreo civil (si bien conviene para otras aplicaciones, por ejemplo, para la detección de aeronaves), mientras que las señales de televisión (ancho de banda de aproximadamente 10 MHz) permiten alcanzar incertidumbres del orden de 20 m, lo que es satisfactorio para la vigilancia del tráfico aéreo civil. No obstante, los emisores de televisión emiten unos haces sustancialmente paralelos al suelo y presentan, en un plano vertical, una débil abertura angular (de aproximadamente de 2° a 4°). Esto significa que un avión volante a una altitud de 30.000 pies (de aproximadamente 9144 m) solo está iluminado por unos emisores de televisión situados a

más de 300 km.

5 está situación está ilustrada con la ayuda de la figura 2. Esta figura (que no está a escala) representa un emisor ER sobre la superficie - esférica - de la Tierra, ST. El emisor transmite una señal radioeléctrica SRE en forma de un haz relativamente estrecho, que se propaga a lo largo de una dirección media paralela al plano tangente a la superficie terrestre ST al nivel del emisor. La línea discontinua TV representa la trayectoria de vuelo de un blanco constituido por un avión civil. Esta línea es paralela a la superficie terrestre y se mantiene a una distancia H, del orden de 9.000 m, de esta última. Se puede ver que el haz SRE intercepta la trayectoria TV en una zona de detección ZD que está muy alejada del emisor ER. Por el contrario, el receptor RR, que presenta una altura de unas decenas de metros como máximo con respecto a la superficie ST, debe estar mucho más cerca del emisor ER para poder interceptar el haz SRE.

10 Por consiguiente, la cobertura asegurada por un grupo de emisores de televisión y de receptores que forman un radar multiestático pasivo presenta un "cono ciego" a las altitudes elevadas que interesan para la vigilancia aérea. Las figuras 3A y 3B ilustran este efecto en el caso de un sistema multiestático que comprende un emisor de televisión Tx y tres receptores Rx situados en un radio de aproximadamente 30 km alrededor del emisor para estar "en la línea de visión" ("LOS", por sus siglas en inglés de "Line of Sight"). En la figura 3A, la región RC₁₀₀₀ representa la cobertura a una altitud de 1000 pies (304,8 m): se puede ver que presenta una forma aproximadamente convexa. En la figura 3B, por el contrario, la región RC_{30.000} representa la cobertura a una altitud de 30.000 pies (9144 m, que tiene forma de corona circular; no hay cobertura en la región central donde se encuentran el emisor y los receptores. Las interrupciones de la corona corresponden a las direcciones de alineación entre el emisor y un receptor, para las que los diagramas de radiación de los receptores presentan ceros para rechazar las señales directas. Se comprenderá fácilmente que no resulta práctico realizar una cobertura integral de un territorio utilizando unas regiones de detección en forma de corona, tanto más cuando la ubicación de los emisores de televisión no está optimizada para esta aplicación. Por otra parte, la localización pasiva de un blanco situado a una distancia de varias centenas de kilómetros de los emisores y receptores se vería dificultada por la importante atenuación sufrida por las señales.

15 El documento WO 03/014764 divulga un procedimiento de localización coherente colaborativo que no exigen que los receptores estén en la línea de visión del o de los emisores. Este procedimiento utiliza la detección de secuencias predefinidas insertadas en las señales transmitidas por los emisores para paliar la ausencia de señales directas de referencia. Esta técnica es limitante, ya que necesita una modificación de las señales emitidas. Además, la integración de las señales recibidas solo puede hacerse durante el periodo de duración de las secuencias predefinidas, que por lo general son bastante breves; esto implica que el procedimiento solo puede funcionar con buenas condiciones de relación de señal sobre ruido.

20 El documento EP 1 972 962 divulga un procedimiento de localización coherente pasiva y no cooperativa que no exige que los receptores estén en la línea de visión de los emisores. Este procedimiento utiliza la extracción de características distintivas ("fingerprints", es decir, literalmente, "huellas digitales") de las señales recibidas tras su reflexión en el blanco para paliar la ausencia de señales directas de referencia. Tal técnica solo puede funcionar bajo hipótesis restrictivas, concretamente, con respecto a una relación elevada de señal sobre ruido. Además, parece mejor adaptada a las modulaciones analógicas que a las modulaciones digitales, cada vez más frecuentes en las señales de oportunidad.

25 El Informe Final "ADT - Alternative Détection Techniques to Supplément PSR Coverage", preparado por la sociedad Thales Air Systems para Eurocontrol (Organización europea para la seguridad de la navegación aérea), describe un sistema radar multiestático activo en el que la señal de referencia puede transmitirse de los emisores a los receptores por medio de un enlace de transmisión de datos, por ejemplo, cableado. Tal sistema está constituido por emisores y receptores dedicados, dispuestos según un patrón predefinido y a unas distancias de unas decenas de kilómetros. La utilización de señales de oportunidad no se contempla.

30 El artículo de M.R. Inggs y col. "Commensal radar using separated reference and surveillance channel configuration", Electronics Letters, Vol. 48, n.º 18, del 30 de agosto de 2012 divulga un radar biestático para la vigilancia aérea utilizando señales de oportunidad que comprende un emisor de oportunidad y un receptor fuera de la línea de visión de dicho emisor.

35 La invención busca remediar los inconvenientes de la técnica anterior mencionados anteriormente.

Un objeto de la invención que permite alcanzar esta meta es un procedimiento de localización de un blanco caracterizado por que incluye las siguientes etapas:

- 40 a) recibir, por medio de $N \geq 1$ receptores, unas señales radioeléctricas de oportunidad emitidas por $M \geq 1$ emisores y reflejadas por dicho blanco, con $N \cdot M \geq 3$, estando dicho o dicho al menos un emisor situado fuera de la vista de dicho o de dicho al menos un receptor;
- 45 b) recibir, por medio de un enlace de transmisión de datos, una o varias señales denominadas de referencia, representativas de las señales radioeléctricas emitidas por dicho o cada dicho emisor situado fuera de la vista de dicho o de dicho al menos un receptor; y

5 c) a partir de dichas señales radioeléctricas y de dicho o de dichas señales de referencia, determinar la posición de dicho blanco; caracterizado porque dicha etapa c) incluye la reconstrucción, a partir de dicha o de dichas señales de referencia, de réplicas de las señales radioeléctricas que serían recibidas por dicho o cada dicho receptor por propagación directa a partir de dicho o de cada dicho emisor situado fuera de la vista si tal propagación directa fuera posible, incluyendo dicha reconstrucción una operación de compensación del retardo de transmisión de dicha o de dichas señales de referencia a lo largo de dicha línea de transmisión de datos; y porque dicha etapa c) se implementa con la ayuda de una referencia temporal común a dicho o a dichos emisores y a dicho o a dichos receptores.

10 De manera conocida en sí misma, se entiende por "señales de oportunidad" unas señales que no se emiten con el fin de permitir la detección de un blanco, sino para desempeñar otra función, por ejemplo, de transmisión de información. Se tratará principalmente de señales radiofónicas o de televisión. Se prefiere la utilización de señales de oportunidad, pero tal procedimiento podría utilizar asimismo unas señales que no sean de oportunidad.

El enlace de datos puede ser digital (modo de realización preferente) o analógico.

15 De acuerdo con invención, la utilización de un enlace de transmisión de datos - que puede ser una red pública o privada de comunicaciones o un enlace dedicado, concretamente, cableado - para transmitir las señales de referencia permite disponer los receptores a una distancia más elevada del o de los emisores que si la condición de línea de visión tuviera que satisfacerse.

Según los diferentes modos de realización de la invención:

- 20 - Dicha reconstrucción puede implicar una operación de desfase de frecuencia de dichas réplicas.
- Dicha reconstrucción puede incluir asimismo una operación de desfase temporal de dichas réplicas para introducir un retardo proporcional a la distancia entre dicho o cada emisor situado fuera de la vista y dicho o cada dicho receptor.
- Dicha etapa c) puede comprender: el cálculo de al menos tres distancias biestáticas entre dicho o dicho al menos un receptor, dicho o dicho al menos un emisor y dicho blanco, efectuándose este cálculo por correlación entre las
- 25 señales recibidas por dicho o dichos receptores y dichas réplicas; y la localización de dicho blanco a partir de dichas distancias biestáticas.
- De manera más particular, dicha etapa c) puede comprender una operación de sincronización iterativa de dichas réplicas con dicha referencia temporal común, realizada por minimización de las desviaciones entre las posiciones de dicho blanco determinadas utilizando diferentes conjuntos de tres de dichas distancias biestáticas.
- 30 O bien, dicha etapa c) puede comprender una operación de sincronización de dichas réplicas con dicha referencia temporal común por medio de marcadores temporales contenidos en dichas señales radioeléctricas y en dicha o cada dicha señal de referencia.
- Dicha correlación puede efectuarse utilizando una pluralidad de versiones de dichas réplicas que presentan desfases Doppler diferentes, utilizándose asimismo su resultado para determinar una velocidad de desplazamiento de dicho blanco.
- 35 - Dicha etapa c) puede incluir asimismo una operación de ecualización de dichas réplicas para simular una propagación directa entre dicho un emisor y dicho un receptor.
- Dichas señales radioeléctricas pueden ser señales de televisión.
- Dicha o cada señal de referencia puede ser una señal fuente, a partir de la cual una pluralidad de dichos
- 40 emisores genera las señales radioeléctricas correspondientes utilizando unos parámetros de modulación respectivos.

Otro blanco de la invención consiste en la aplicación de tal procedimiento para la localización de aeronaves, concretamente, para la vigilancia primaria del tráfico aéreo.

45 Otro blanco más de la invención consiste en un sistema radar multiestático que comprende $M \geq 1$ emisores de señales radioeléctricas de oportunidad, $N \geq 1$ receptores para recibir dichas señales radioeléctricas, con $N \cdot M \geq 3$, estando dicho o dicho al menos un emisor situado fuera de la vista de dicho o de dicho al menos un receptor, así como unos medios de tratamiento de datos; caracterizado porque comprende asimismo un enlace de transmisión de datos para transmitir a dichos medios de tratamiento de datos una o varias señales denominadas de referencia, representativas de las señales radioeléctricas emitidas por dicho o cada dicho emisor situado fuera de la vista de

50 dicho o de dicho al menos un receptor, estando dichos medios de tratamiento de datos configurados o programados para determinar la posición de un blanco que refleja las señales radioeléctricas emitidas por dicho o dichos emisores a partir de las señales radioeléctricas recibidas por dicho o dichos receptores y de dicha o dichas señales de referencia. Este sistema está caracterizado porque dichos medios de tratamiento de datos están configurados y programados para reconstruir, a partir de dicha o de dichas señales de referencia, réplicas de las señales

55 radioeléctricas que serían recibidas por dicho o cada dicho receptor por propagación directa a partir de dicho o de cada dicho emisor situado fuera de la vista si tal propagación directa fuera posible y para utilizar dichas réplicas para determinar la posición de dicho blanco, incluyendo dicha reconstrucción una operación de compensación del retardo de transmisión de dicha o de dichas señales de referencia a lo largo de dicha línea de transmisión de datos; y porque dichos medios de tratamiento de datos están configurados o programados para determinar la posición de

dicho blanco con la ayuda de una referencia temporal común a dicho o dichos emisores y a dicho o dichos receptores.

Según los diferentes modos de realización de tal sistema:

- 5 - Dicha señal de referencia puede ser representativa de una señal fuente a partir de la cual una pluralidad de dichos emisores genera las señales radioeléctricas correspondientes utilizando unos parámetros de modulación respectivos.
- Dichas señales radioeléctricas pueden ser señales de televisión digital terrestre.
- 10 - Dichos medios de tratamiento de datos pueden comprender: unas unidades locales, asociadas a receptores respectivos, programadas o configuradas para: recibir dicha o dicha al menos una señal de referencia; reconstruir, a partir de dicha o de dichas señales de referencia, réplicas de las señales radioeléctricas que serían recibidas por dichos receptores por propagación directa a partir de dicho o de cada dicho emisor situado fuera de la vista si tal propagación directa fuera posible; y calcular, por correlación entre las señales recibidas por dichos receptores y dichas réplicas, una pluralidad de distancias biestáticas entre dicho receptor, dicho o dicho al menos un emisor y dicho blanco; y una unidad central configurada o programada para recibir de dichas unidades locales las distancias biestáticas correspondientes y utilizarlas para determinar la posición de dicho blanco.
- 15 - El sistema puede comprender asimismo un dispositivo para procurar una referencia temporal común a dicho o dichos emisores, a dicho o dichos receptores y a dichos medios de tratamiento de datos.

Otro objetivo más de la invención consiste en un sistema de vigilancia del tráfico aéreo que incluye, como radar primario, tal sistema radar multiestático.

20 Un procedimiento y un sistema según la invención puede calificarse de "semi-activos" o "semi-pasivos". En efecto, al igual que los procedimientos y sistemas puramente pasivos, se aprovechan de las señales de oportunidad, que no deben modificarse para adaptarse a la detección de blancos. No obstante, se requiere una forma de cooperación por parte de los emisores, que deben transmitir las señales de referencia por medio de un enlace de datos previsto para este efecto.

25 Otras características, detalles y ventajas de la invención se apreciarán tras la lectura de la descripción realizada con referencia a los dibujos adjuntos aportados a modo de ejemplo y que representan, respectivamente:

- la figura 1, el principio de la detección multiestática;
- la figura 2, la propagación de un haz de ondas electromagnéticas generado por un emisor de televisión;
- 30 - las figuras 3A y 3B, la cobertura radar obtenida por medio de un sistema multiestático pasivo convencional a dos altitudes diferentes;
- la figura 4, un diagrama que ilustra el principio que sirve de base para un procedimiento según la invención;
- la figura 5, el diagrama funcional de un sistema según un primer modo de realización de la invención;
- la figura 6, el diagrama funcional de un sistema según un segundo modo de realización de la invención como alternativa a dicho primer modo de realización;
- 35 - la figura 7, un diagrama de conjunto de un sistema según dicho segundo modo de realización de la invención; y
- las figuras 8A y 8B, un resultado técnico de la invención.

Como se ilustra en la figura 4, un procedimiento de detección según la invención se basa en la utilización de al menos un receptor RR que está situado fuera de la vista de un emisor ER. En el caso de la figura, es la curvatura de la superficie terrestre la que se interpone entre el emisor y el receptor; en otros modos de realización, puede tratarse de un obstáculo tal como una montaña. El emisor y el receptor que no están en la misma línea de visión están conectados entre sí por una línea de transmisión de datos LD que dirige una señal SLD. El receptor RR utiliza esta señal para reconstruir una réplica de la que habría recibido por propagación directa procedente del emisor si tal propagación hubiera sido posible. La distancia biestática del blanco C se determina, por tanto, a partir de dicha réplica así reconstruida y de la señal radioeléctrica generada por el emisor ER y que llega al receptor tras ser reflejada por dicho blanco.

La línea de transmisión de los datos puede ser cableada (cable coaxial, fibra óptica...), e incluso inalámbrica (en cuyo caso, es necesario recurrir a repetidores). Puede estar dedicada o formar parte de una red de telecomunicaciones. Es preferible que su latencia sea conocida o mensurable, por ejemplo, gracias a un mecanismo de sincronización que se detallará más adelante o al menos constante e incluso lentamente variable.

50 La señal de referencia SLT puede ser analógica o, preferentemente, digital. Puede tratarse de una réplica (eventualmente digitalizada) de la señal radioeléctrica SRE - la mayoría de las veces convertida a una frecuencia intermedia, incluso en banda base - pero puede tratarse de manera más general, de cualquier señal que transporte toda la información necesaria para reconstituir dicha señal radioeléctrica.

55 La figura 5 ilustra con más detalle la estructura y el funcionamiento de un sistema de detección según un primer modo de realización de la invención. El emisor ER es un emisor de televisión digital, que recibe de una estación central de difusión SCD una señal fuente SS, digital, que representa la sucesión de bytes que constituyen un archivo MPEG. Esta señal controla un modulador digital MOD, parametrado con unos parámetros de modulación propios del emisor, que genera una señal de frecuencia intermedia. Esta señal:

- por una parte, se convierte en radiofrecuencia para ser irradiada por una antena de emisión en forma de señal radioeléctrica SRE;
- por otra parte, se toman muestras y se cuantifican para transmitirse en formato digital a lo largo de la línea de transmisión de datos LD, en forma de señal digital de referencia SLD. Al nivel del receptor RR, un módulo RSR de reconstrucción de réplica utiliza esta señal digital para reconstruir o regenerar una señal SREF que "imita" una señal que habría sido recibida por una antena de dicho receptor por propagación directa (convertida a frecuencia intermedia y, en caso necesario, digitalizada). Para ello, el módulo RSR debe retardar la réplica reconstituida SREF un tiempo equivalente al tiempo de propagación hipotético de una señal radioeléctrica a la distancia que separa el emisor y el receptor, menos la latencia de la línea de transmisión de los datos LD. Esto es posible debido a la existencia de una referencia temporal común HOR entre el emisor y el receptor. Puede tratarse, por ejemplo, de un reloj GPS.

También puede preverse una ecualización de la señal reconstituida, para imitar el filtrado frecuencial introducido por la propagación en la atmósfera.

De manera convencional, el receptor comprende asimismo una antena de red AR para recibir la señal radioeléctrica SRE que le llega por medio de una reflexión sobre un blanco a detectar. Esta antena de red está controlada por un circuito sintetizador de haz SF que determina sus lóbulos de recepción de manera que se maximice la señal recogida. En efecto, incluso si el emisor no está en la línea de visión, si no se utilizara una antena adaptativa el receptor podría captar las interferencias procedentes de emisores más cercanos que operan en la misma frecuencia. La señal recibida por la antena, tras un pretratamiento que incluye una conversión a frecuencia intermedia, así como la réplica reconstituida SREF se comunican a un módulo correlador XC. Este último calcula la correlación cruzada de estas dos señales con unos desfases temporales y frecuenciales diferentes y determina los que maximizan esta correlación. El desfase temporal así identificado suministra una información ΔL sobre la distancia biestática del blanco y el desfase frecuencial Δf sobre su velocidad biestática. De este modo, cada receptor determina un par de valores (ΔL , Δf) para cada emisor al que está conectado por la línea de transmisión de datos LD. Una unidad central de tratamiento UC recoge estos valores, comunicados por una pluralidad de receptores y los utiliza - de conformidad con la técnica anterior - para localizar dicho blanco y determinar su vector de velocidad.

El diagrama de la figura 6 ilustra un segundo modo de realización, en el que es la señal fuente SS la que se transmite a lo largo de la línea de transmisión LD. Un modulador MOD' se debe prever entonces al nivel del receptor para reconstituir la señal de frecuencia intermedia que sirve para la reconstrucción de la señal de referencia. Esta complejidad del receptor constituye la contrapartida de una simplificación importante de la línea de transmisión de datos. En efecto, la estación central de difusión SCD puede transmitir una misma señal fuente SS a varios emisores diferentes, que le aplican sus propios parámetros de modulación para generar las señales radioeléctricas respectivas. En el segundo modo de realización, la línea de transmisión de datos debe transmitir a los receptores esta señal fuente única y no las diferentes señales moduladas generadas por los emisores como en el caso del primer modo de realización.

La figura 7 ilustra esquemáticamente la estructura general de un sistema según dicho segundo modo de realización. Este sistema comprende una estación central de difusión SCD que transmite la señal fuente SS a dos emisores ER1, ER2 y (a través de la línea de transmisión de datos LD) a tres receptores RR1, RR2, RR3. Cada receptor incluye una antena y una unidad local de tratamiento de datos UL1 - UL3. Cada dicha unidad local de tratamiento comprende los bloques de modulación, de reconstitución de las réplicas y de correlación cruzada cuyo funcionamiento se ha descrito más arriba y genera dos pares de valores (ΔL_i , Δf_i), donde "i" identifica al emisor ($i=1,2$) y "j" al receptor ($j=1,2,3$). Estos valores se transmiten a la unidad central de tratamiento UC, que se sirve de ellos para calcular la posición \vec{P} y la velocidad \vec{V} del (o de cada) blanco.

Cabe destacar que, para localizar un blanco, bastan tres valores ΔL_i . Ahora bien, en el sistema de la figura 7 hay seis de estos valores; se puede calcular, por tanto, la posición \vec{P} de veinte formas diferentes - y a causa de los errores y faltas de precisión inevitables se obtendrán veinte posiciones diferentes. Es posible utilizar esta redundancia para mejorar la sincronización entre los receptores y los emisores, determinando las correcciones de dilatación que permiten minimizar el error cuadrático medio entre las diferentes posiciones calculadas. En último extremo, esto puede permitir determinar una referencia temporal común sin necesidad de recurrir a un reloj exterior, siempre que la latencia del enlace de transmisión sea constante o, al menos, lentamente variable. Para ello, basta con añadir al sistema de mínimos cuadrados una incógnita para cada vía de emisión y de recepción; si el número de mediciones es suficiente, la identificación de estos términos desconocidos es posible.

Las figuras 8A y 8B permiten apreciar el resultado técnico de la invención. Muestran la cobertura de detección obtenida por medio de un sistema de detección según la invención, que comprende un emisor y cuatro receptores que no están a la vista de dicho emisor debido a su distancia. En la figura 8A, la región RC'_{1000} representa la cobertura a una altitud de 1000 pies (304,8 m); en la figura 3B, la región $RC'_{30.000}$ representa la cobertura a una altitud de 30.000 pies (12.192 m. Incluso a esta última altitud, no hay "cono ciego" debido a la mayor separación emisor - receptores.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de localización de un blanco que incluye las siguientes etapas:

- 5 a) recibir, por medio de $N \geq 1$ receptores (RR1, RR2, RR3), unas señales radioeléctricas de oportunidad (SRE) emitidas por $M \geq 1$ emisores (ER) y reflejadas por dicho blanco (C), con $N \cdot M \geq 3$, estando dicho o dicho al menos un emisor situado fuera de la vista de dicho o de dicho al menos un receptor;
- b) recibir, por medio de un enlace de transmisión de datos (LD), una o varias señales denominadas de referencia, representativas de las señales radioeléctricas emitidas por dicho o cada dicho emisor situado fuera de la vista de dicho o de dicho al menos un receptor; y
- 10 c) a partir de dichas señales radioeléctricas y de dicho o de dichas señales de referencia, determinar la posición de dicho blanco;

caracterizado porque dicha etapa c) incluye la reconstrucción, a partir de dicha o de dichas señales de referencia, de réplicas de las señales radioeléctricas que serían recibidas por dicho o cada dicho receptor por propagación directa a partir de dicho o de cada dicho emisor situado fuera de la vista si tal propagación directa fuera posible, incluyendo dicha reconstrucción una operación de compensación del retardo de transmisión de dicha o de dichas señales de referencia a lo largo de dicha línea de transmisión de datos; y **porque:**

15 dicha etapa c) se implementa con la ayuda de una referencia temporal común (HOR) a dicho o a dichos emisores y a dicho o a dichos receptores.

2. Procedimiento según la reivindicación 1 en el que dicha reconstrucción incluye una operación de desfase de frecuencia de dichas réplicas.

20 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores en el que dicha reconstrucción incluye asimismo una operación de desfase temporal de dichas réplicas para introducir un retardo proporcional a la distancia entre dicho o cada emisor situado fuera de la vista y dicho o cada dicho receptor.

25 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores en el que dicha etapa c) comprende: el cálculo de al menos tres distancias biestáticas entre dicho o dicho al menos un receptor, dicho o dicho al menos un emisor y dicho blanco, efectuándose este cálculo por correlación entre las señales recibidas por dicho o dichos receptores y dichas réplicas; y la localización de dicho blanco a partir de dichas distancias biestáticas.

30 5. Procedimiento según la reivindicación 4 en el que dicha etapa c) comprende una operación de sincronización iterativa de dichas réplicas con dicha referencia temporal común, realizada por minimización de las desviaciones entre las posiciones de dicho blanco determinadas utilizando diferentes conjuntos de tres de dichas distancias biestáticas.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha etapa c) comprende una operación de sincronización de dichas réplicas con dicha referencia temporal común por medio de marcadores temporales contenidos en dichas señales radioeléctricas y en dicha o cada dicha señal de referencia.

35 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 o 5 en la que dicha correlación se efectúa utilizando una pluralidad de versiones de dichas réplicas que presentan unos desfases Doppler diferentes, utilizándose asimismo su resultado para determinar una velocidad de desplazamiento de dicho blanco.

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores en el que dicha etapa c) incluye asimismo una operación de ecualización de dichas réplicas para simular una propagación directa entre dicho un emisor y dicho un receptor.

40 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores en el que dichas señales radioeléctricas son señales de televisión.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores en el que dicha o cada señal de referencia es una señal fuente, a partir de la cual una pluralidad de dichos emisores genera las señales radioeléctricas correspondientes utilizando unos parámetros de modulación respectivos.

45 11. Aplicación de un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores para la localización de aeronaves, concretamente, para la vigilancia primaria del tráfico aéreo.

50 12. Sistema radar multiestático que comprende $M \geq 1$ emisores (ER) de señales radioeléctricas de oportunidad, $N \geq 1$ receptores (RR1, RR2, RR3) para recibir dichas señales radioeléctricas, con $N \cdot M \geq 3$, estando dicho o dicho al menos un emisor situado fuera de la vista de dicho o de dicho al menos un receptor, así como unos medios de tratamiento de datos; que comprende asimismo un enlace de transmisión de datos (LD) para transmitir a dichos medios de tratamiento de datos una o varias señales denominadas de referencia, representativas de las señales radioeléctricas emitidas por dicho o cada dicho emisor situado fuera de la vista de dicho o de dicho al menos un receptor, estando dichos medios de tratamiento de datos configurados o programados para determinar la posición de un blanco que refleja las señales radioeléctricas emitidas por dicho o dichos emisores a partir de las señales radioeléctricas

recibidas por dicho o dichos receptores y de dicha o dichas señales de referencia.

- 5 **caracterizado porque** dichos medios de tratamiento de datos están configurados y programados para reconstruir, a partir de dicha o de dichas señales de referencia, réplicas de las señales radioeléctricas que serían recibidas por dicho o cada dicho receptor por propagación directa a partir de dicho o de cada dicho emisor situado fuera de la vista si tal propagación directa fuera posible y para utilizar dichas réplicas para determinar la posición de dicho blanco, incluyendo dicha reconstrucción una operación de compensación del retardo de transmisión de dicha o de dichas señales de referencia a lo largo de dicha línea de transmisión de datos; **y porque** dichos medios de tratamiento de datos están configurados o programados para determinar la posición de dicho blanco con la ayuda de una referencia temporal común (HOR) a dicho o dichos emisores y a dicho o dichos receptores.
- 10 13. Sistema según la reivindicación 12 en el que dicha señal de referencia es una señal fuente a partir de la cual una pluralidad de dichos emisores genera las señales radioeléctricas correspondientes utilizando unos parámetros de modulación respectivos.
14. Sistema según una de las reivindicaciones 12 o 13 en el que dichas señales radioeléctricas son señales de televisión digital terrestre.
- 15 15. Sistema según una de las reivindicaciones 12 a 14 en el que dichos medios de tratamiento de datos comprenden:
- 20 - unas unidades locales (UL1, UL2, UL3), asociadas a receptores respectivos, programadas o configuradas para: recibir dicha o dicha al menos una señal de referencia; reconstruir, a partir de dicha o de dichas señales de referencia, réplicas de las señales radioeléctricas que serían recibidas por dichos receptores por propagación directa a partir de dicho o de cada dicho emisor situado fuera de la vista si tal propagación directa fuera posible; y calcular, por correlación entre las señales recibidas por dichos receptores y dichas réplicas, una pluralidad de distancias biestáticas entre dicho receptor, dicho o dicho al menos un emisor y dicho blanco; y
- una unidad central (UC) configurada o programada para recibir de dichas unidades locales las distancias biestáticas correspondientes y utilizarlas para determinar la posición de dicho blanco.
- 25 16. Sistema según una de las reivindicaciones 12 a 15 que comprende asimismo un dispositivo para procurar una referencia temporal común a dicho o dichos emisores, a dicho o dichos receptores y a dichos medios de tratamiento de datos.
17. Sistema de vigilancia del tráfico aéreo que incluye, como radar primario, un sistema radar multiestático según una de las reivindicaciones 12 a 16.

30

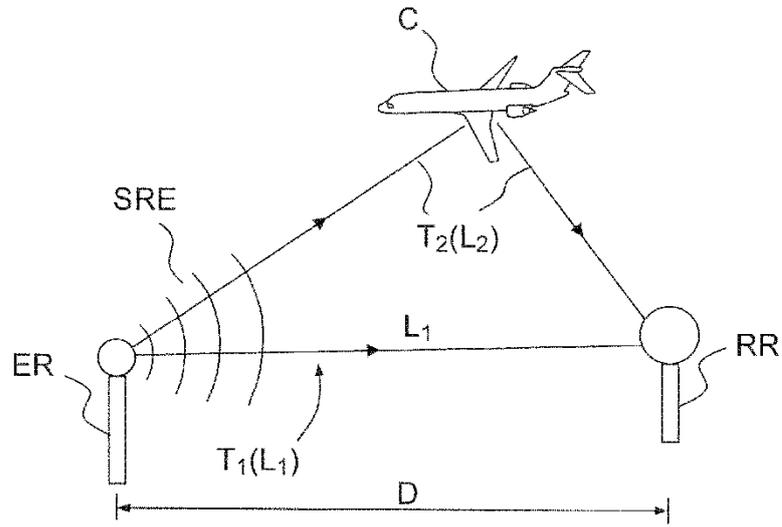


FIG.1

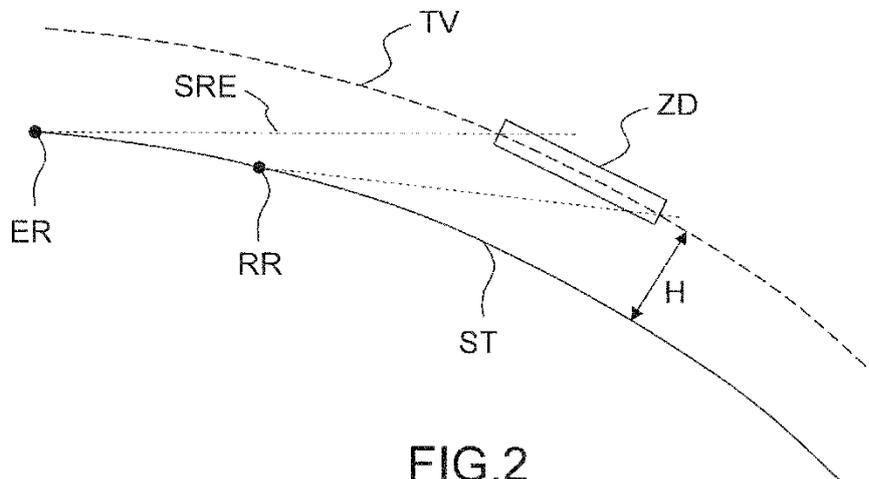


FIG.2

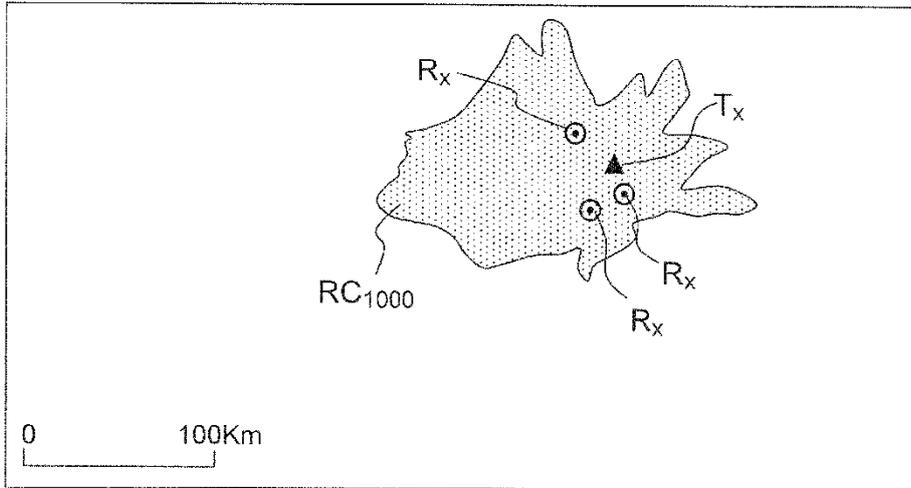


FIG.3A

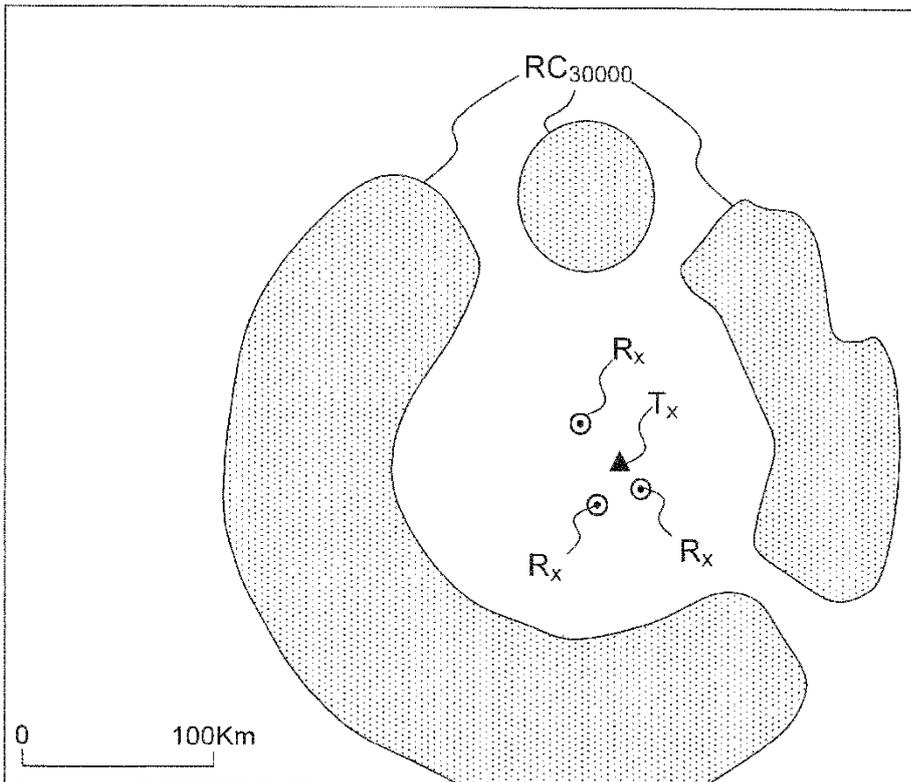


FIG.3B

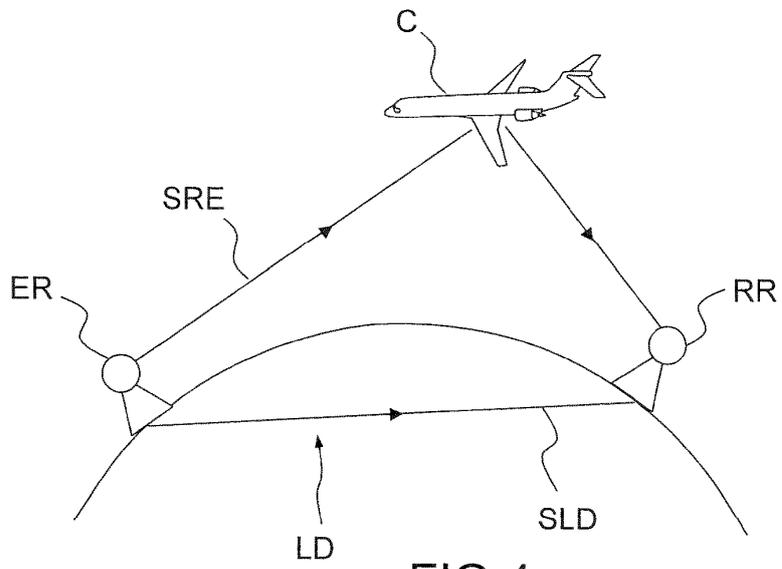


FIG. 4

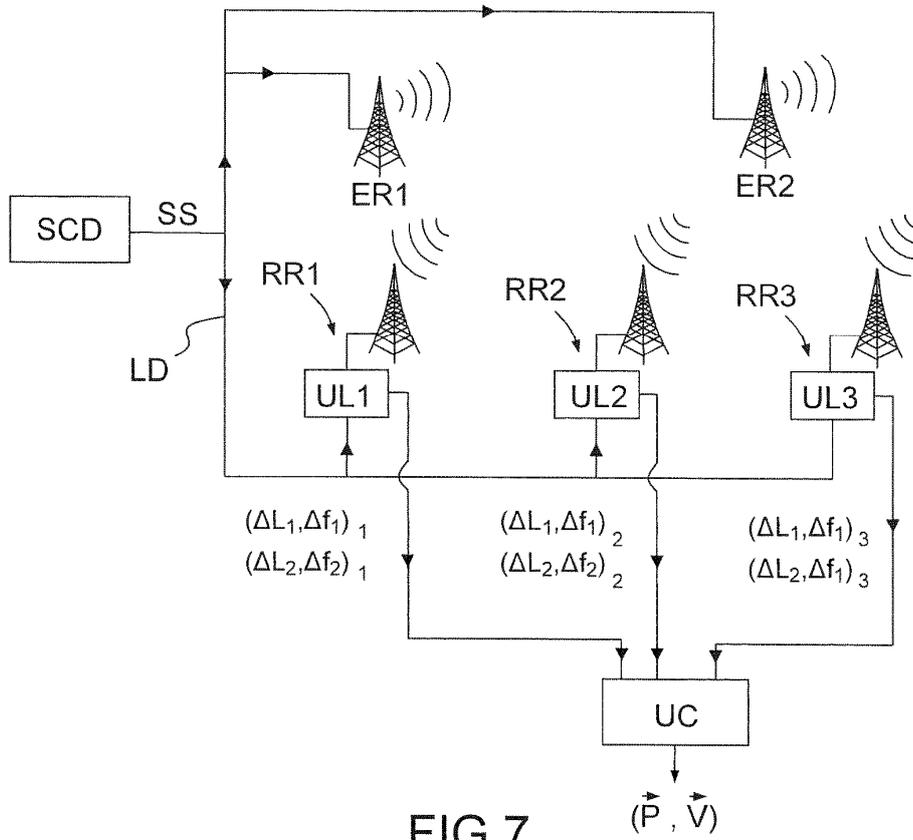


FIG. 7

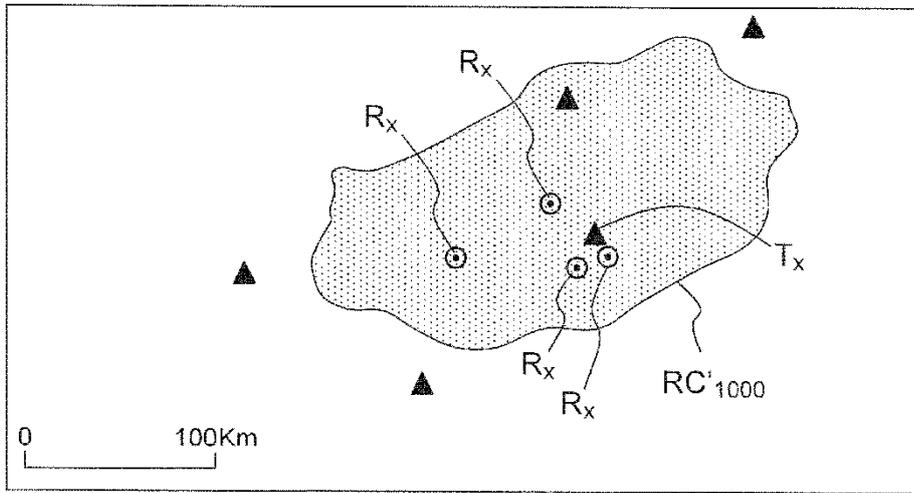


FIG.8A

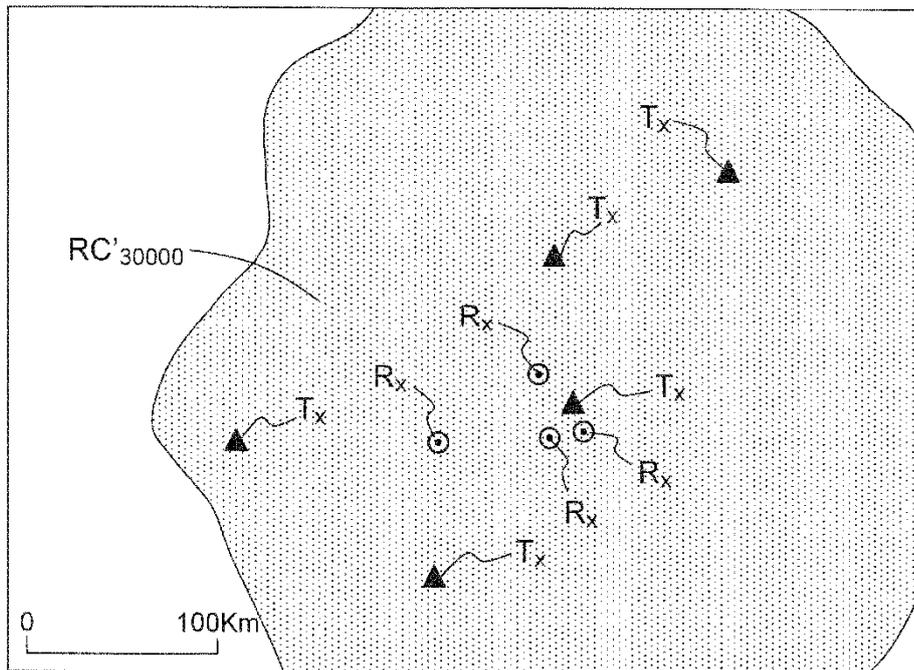


FIG.8B