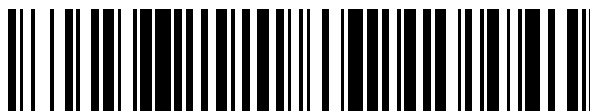


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 428 333**

51 Int. Cl.:

G01S 13/78 (2006.01)

G01S 13/87 (2006.01)

G01S 7/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.08.2009 E 09802533 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2013 EP 2318858**

54 Título: **Mejora en la localización de aeronaves mediante un radar primario por la explotación de un radar secundario en modo S**

30 Prioridad:

01.08.2008 FR 0804410

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

07.11.2013

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
45, rue de Villiers
92200 Neuilly-sur-Seine, FR**

72 Inventor/es:

ROGER, LAURENT

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 428 333 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

Mejora en la localización de aeronaves mediante un radar primario por la explotación de un radar secundario en modo S

5 La invención concierne al ámbito general de la vigilancia aérea. Más particularmente, concierne al ámbito de la localización de aeronaves por radar.

10 En materia de vigilancia aérea se sabe cómo efectuar la localización de aeronaves utilizando las mediciones proporcionadas por un sistema de radar primario. Dicho sistema permite, en efecto, localizar una aeronave sin que ésta esté activamente asociada a esta localización. El radar primario efectúa esta localización utilizando la señal correspondiente al eco retrodifundido por la aeronave. A partir de este eco es, en efecto, teóricamente posible
 15 determinar con precisión, mediante diversos medios conocidos, la distancia que separa a la aeronave del radar, así como el rumbo de llegada en situación y la demora del eco reflejado por la aeronave. La detección de ecos mediante un radar da lugar, de forma conocida, a la creación de unos bloques que representan la asociación de los diferentes ecos recibidos y atribuidos a una misma aeronave en función de diversos criterios, particularmente de criterios de posición y de fecha. Por consiguiente, tras la confirmación de verosimilitud, un bloque da lugar a la creación de una pista, o incluso es integrado en una pista existente. Una pista constituye en la práctica la huella dejada por una aeronave cuando atraviesa el espacio observado por el radar.

20 No obstante, la precisión de las mediciones realizadas por el radar es función de los datos aleatorios, tales como la proporción entre la señal y el ruido (S/B), del eco recibido. Igualmente es función de la precisión de funcionamiento de ciertos elementos del radar, tales como los relojes. Además es función de los diversos sesgos relacionados con la realización del radar, tales como, por ejemplo, los sesgos de alineación del eje radioeléctrico sobre el eje de la antena.

Excepto algunos sesgos bien identificados, compensados sistemáticamente al poner en funcionamiento el radar, las demás causas de alteraciones en la precisión son difícilmente cuantificables y manejables, ya que además la precisión requerida es importante, del orden de 0,3° para la medición del azimut, por ejemplo.

25 Una solución para incrementar la precisión de las mediciones consiste en tratar por separado las diferentes causas. Así, diversos sesgos mecánicos (antena, dirección...) se miden por separado en fábrica, mientras que otros parámetros, tales como los ángulos de caída y de alabeo (es decir, los dos ángulos de inclinación del conjunto de radar con respecto a una dirección de referencia dada), se miden en estática al colocar el radar en su lugar de
 30 utilización. Generalmente dan lugar a la determinación, mediante cálculo, de un sesgo acumulado que es memorizado como parámetro de corrección.

Paralelamente, los diversos elementos del radar que representan fuentes potenciales de una alteración en la precisión de las mediciones, son el objeto de una concepción y una realización más elaborada, de forma que se alcance la precisión obtenida y se limiten las desviaciones en el transcurso del tiempo.

35 No obstante, esta solución produce unos efectos limitados en la práctica, en la medida en que los sesgos son conocidos por sí mismos con una cierta incertidumbre, y eso media aritmética no se corresponde necesariamente con el sesgo real resultante que distorsiona la medición. Por otro lado, la puesta en práctica de los componentes de gran precisión se traduce en una mejora sustancial de la complejidad y del coste de realización del radar utilizado. Además, dicha solución solamente permite proceder a una compensación *a priori*, a partir de la estimación de un
 40 sesgo global en un instante dado, sesgo global cuyo valor es susceptible de variar con el transcurso del tiempo en función de las condiciones exteriores.

Un objeto de la invención es proponer una solución simple que permita mejorar la precisión de la localización de una aeronave cualquiera mediante un radar primario, determinando el error cometido por el radar sobre la determinación de la posición de esta aeronave, error que halla su origen en las mediciones realizadas sobre el eco retrodifundido por este último. Otro objeto es permitir una corrección en tiempo real de la determinación de la posición de esta
 45 aeronave.

A este efecto, la invención tiene por objeto un procedimiento para determinar el error que afecta a la determinación de la posición de aeronaves en vuelo, realizada a partir de los ecos radares retrodifundidos por estas aeronaves. Este procedimiento comprende principalmente:

- 50 - una primera etapa de interrogación de una aeronave de referencia durante la cual esta aeronave transmite su posición geográfica y su altitud;
- la aeronave de referencia se elige de entre aquellas cuya posición puede ser calculada a partir de su eco radar y que están equipadas con un transpondedor capaz de intercambiar la información en modo S con un radar secundario y transmitir su posición geográfica y su altitud a través de dicho canal;
- 55 - una segunda etapa de determinación de la posición de la aeronave de referencia a partir de las mediciones realizadas sobre el eco radar retrodifundido por esta aeronave;
- una tercera etapa de determinación de la desviación $\Delta_{R/G}$ entre la posición proporcionada por la aeronave de referencia en un instante dado y la posición de esta aeronave determinada, para el mismo instante, a partir de

- las mediciones de radar realizadas por los ecos retrodifundidos por esta aeronave;
- una cuarta etapa durante la cual se calcula una desviación media $\mu_{\Delta R/G}$ definida por:

$$\mu_{\Delta R/G}(n) = K \cdot \mu_{\Delta R/G}(n-1) + (1-K) \cdot \Delta_{R/G}(n)$$

en la que:

- 5 - $\mu_{\Delta R/G}(n)$ representa la desviación media calculada en la iteración actual,
- $\mu_{\Delta R/G}(n-1)$ representa la desviación media calculada en la iteración precedente,
- $\Delta_{R/G}(n)$ representa la desviación calculada en la iteración actual,

representando K un factor de integración dado.

- 10 Según la invención, la primera etapa comprende una operación de validación de la información de la posición geográfica transmitida por la aeronave de referencia, repitiéndose esta operación siempre que la información de la posición transmitida no sea validada.

Según la invención, cuando la información de la posición geográfica es validada, las coordenadas geográficas (latitud, longitud) y la altitud, extraídas de la información de la posición, son convertidas en coordenadas expresadas en la orientación (distancia, situación, demora) del radar.

- 15 Según un modo de realización preferido, la tercera etapa comprende una operación previa de prueba de la verosimilitud de la posición extraída a partir de la información de posición.

La invención tiene igualmente por objeto una aplicación del procedimiento según la invención para corregir en tiempo real el cálculo de la posición de una aeronave cualquiera efectuado a partir de las mediciones realizadas sobre el eco radar retrodifundido por ésta en el instante t considerado. Esta aplicación comprende:

- 20 - una etapa de determinación de la posición de la aeronave a partir de las mediciones realizadas sobre el eco radar primario correspondiente a dicha aeronave;
- una etapa de corrección de la medición, que se efectúa teniendo en cuenta la última desviación de la posición media de fecha $\mu_{\Delta R/G}$ y sustrayéndola de la medición; siendo determinada la desviación $\mu_{\Delta R/G}$ por la puesta en práctica del procedimiento según la invención.

- 25 La invención tiene igualmente por objeto una aplicación del procedimiento según la invención para realizar una calibración periódica de las mediciones de la posición efectuadas a partir de un radar primario. Esta aplicación consiste en poner en práctica el procedimiento según la invención y registrar de forma simultánea la posición geográfica de una aeronave de referencia, así como la posición de la misma aeronave de referencia determinada para el mismo instante por el radar primario. Una desviación en la posición media $\mu_{\Delta R/G}$ se calcula a partir de los datos registrados y se utiliza como estimación del sesgo de medición presentado por el radar primario.
- 30

Las características y las ventajas de la invención se apreciarán mejor gracias a la descripción que sigue, descripción que expone la invención apoyándose en las figuras anexas, que representan:

- la figura 1, un organigrama de principio de las etapas principales del procedimiento según la invención;
- la figura 2, un organigrama de principio de una aplicación característica del procedimiento según la invención.

- 35 El procedimiento según la invención reposa sobre el principio de que la medición de la posición realizada por un radar primario está afectada necesariamente por una imprecisión resultante de varias causas, la contribución de cada una de las causas, tomada por separado de las otras, por la imprecisión de la medición en un instante t no es determinante de una forma simple. Por consiguiente, en lugar de realizar una compensación clásica, basada por ejemplo en la estimación *a priori* de un sesgo a partir del cual se conocen las imperfecciones del radar, o incluso
- 40 sobre mediciones de calibración realizadas previamente a la utilización operativa del radar, el procedimiento según la invención propone un modo de compensación consistente en calcular, con ayuda de una referencia de posición conocida, la desviación existente entre la posición de esta referencia calculada a partir de las mediciones efectuadas por el radar y la posición real de dicha referencia. Esta desviación se utiliza después para corregir todas las mediciones de posición realizadas por el radar.

- 45 Según la invención, la referencia utilizada para efectuar la corrección de las mediciones efectuadas por el radar primario es una referencia móvil, una referencia de oportunidad, constituida por una aeronave que evoluciona en el espacio cubierto por el radar primario y elegida por su aptitud para transmitir periódicamente, a demanda, su posición geográfica y su altitud. La posición geográfica se determina generalmente mediante los equipos de a bordo utilizando los medios conocidos de posicionamiento por satélite, de tipo GPS o Galileo, por ejemplo.

- 50 Esta aeronave, denominada "aeronave de referencia", se define en un instante dado, de forma que según el instante considerado, la aeronave de referencia puede ser diferente, siendo determinada una nueva aeronave de referencia cada vez que hay disponible una aeronave capaz de proporcionar su posición geográfica y su altitud.

Así, según al instante de la medición efectuada por el radar, la corrección se realiza a partir de la última aeronave de referencia definida en fecha.

El procedimiento según la invención no necesita, ventajosamente, poner en práctica una referencia fija posicionada en un entorno preciso del espacio cubierto por el radar, ni siquiera una referencia móvil permanente.

- 5 Así podemos realizar ventajosamente, de manera simple y económica, una actualización periódica de la estimación del error cometido por un radar primario en la medición de la posición de una aeronave cualquiera.

Esta estimación puede utilizarse así para corregir la medición efectuada.

El procedimiento según la invención puede ser descrito así en su principio, según se ilustra en la figura 1, como un procedimiento que comprende principalmente cuatro etapas:

- 10 - una primera etapa 14 de interrogación de una aeronave de referencia durante la cual ésta transmite su posición geográfica y su altitud en el instante considerado;
- una segunda etapa 13 durante la cual se determina la posición de la aeronave de referencia a partir de las mediciones realizadas, para el instante considerado, sobre el eco radar correspondiente a esta aeronave;
- 15 - una tercera etapa 17 durante la cual se determina la desviación $\Delta_{R/G}$ entre la posición proporcionada por la aeronave de referencia en el instante considerado y la posición de esta aeronave, determinada para el mismo instante a partir de las mediciones de radar;
- una cuarta etapa 18 durante la cual se determina una desviación media $\mu_{\Delta R/G}$ determinada a partir de N cálculos consecutivos de la desviación $\Delta_{R/G}$.

20 Esta desviación media así estimada sobre la aeronave de referencia caracteriza el error cometido por el radar en la determinación de la posición de un objeto a partir de las mediciones realizadas sobre el eco radar correspondiente. Según la invención, se utiliza como sesgo estimado para corregir el conjunto de las mediciones de posición realizadas sobre todas las aeronaves detectadas en el espacio cubierto por el radar primario.

25 La primera etapa del procedimiento está precedida normalmente por una etapa previa durante la cual se define la aeronave de referencia considerada. En un modo de realización preferido del procedimiento según la invención, la elección de una aeronave dada como aeronave de referencia y la adquisición en diferentes instantes de la posición geográfica y de la altitud de esta aeronave (operación 15), se basa en la utilización de las informaciones proporcionadas por un radar secundario que funciona en modo S, modo de funcionamiento por otro lado conocido y no descrito aquí. Por este canal, la estación de medición en tierra determina aquellas aeronaves que se encuentran en el instante considerado iluminadas por el radar secundario que están equipadas con un transpondedor que permite la utilización del modo S, y de entre ellas, aquellas que son capaces de transmitir su posición geográfica y su altitud. Para las aeronaves que responden a éste último criterio, estas informaciones de posición y de altitud están disponibles generalmente en un registro particular, especialmente en el registro BDS 5. En la práctica, el radar secundario realiza por tanto una interrogación previa, en modo S, de todos los aviones iluminados por el haz del radar para conocer el contenido del registro BDS17 de cada una de estas aeronaves, registro que indica las capacidades del transpondedor que equipa la aeronave considerada. A continuación, éste trata las respuestas recibidas y memoriza las direcciones en modo S de las aeronaves que indican que están en condiciones de informar del registro BDS 5. Entonces se elige una de estas aeronaves, según unos criterios por otra parte definidos, para que constituya la aeronave de referencia.

35 Por consiguiente, la primera etapa 14 del procedimiento comprende una operación 15 que consiste en que el radar secundario solicite a la aeronave de referencia la comunicación del contenido del registro BDS 5 y memorice ese contenido.

45 La segunda etapa 13 del procedimiento consiste en determinar mediante cualquier procedimiento conocido, la posición de la aeronave de referencia, a partir de los ecos radares retrodifundidos por esta última. Esta posición está determinada, en la orientación relacionada con el radar primario, por la distancia objetivo ρ medida, el azimut o la demora θ , es decir, una información relativa a la desviación angular entre una dirección de referencia y la dirección señalada por la antena del radar, así como la situación φ , es decir, una información relativa a la desviación angular entre el plano horizontal y la dirección señalada por la antena del radar. La posición de la aeronave de referencia está determinada por un instante correspondiente a aquel en el que la aeronave ha transmitido su posición geográfica.

50 La tercera etapa 17 consiste en calcular, para la aeronave de referencia, la desviación $\Delta_{R/G}$ entre la posición de esta aeronave, tal como ésta la transmite al radar secundario, y la posición de la misma aeronave tal como es medida por el radar primario a partir del eco radar correspondiente. Según la invención, las posiciones tenidas en cuenta para el cálculo de la desviación $\Delta_{R/G}$ son las posiciones correspondientes a un mismo instante t . La identificación de la posición determinada a partir de las mediciones del radar primario en la posición proporcionada por la aeronave al radar secundario se realiza, por otro lado, mediante cualquier medio de asociación conocido.

La desviación se calcula para cada una de las coordenadas ρ , θ y φ . Asimismo también se calcula $\Delta_{R/G}(\rho) = \rho_R - \rho_G$, $\Delta_{R/G}(\theta) = \theta_R - \theta_G$ y $\Delta_{R/G}(\varphi) = \varphi_R - \varphi_G$, que aquí representan las coordenadas de la aeronave de referencia considerada, obtenidas respectivamente a partir de la información de posición proporcionada por esta última o calculadas para el radar primario.

- 5 En un modo de realización preferido, el procedimiento según la invención comprende unas operaciones de control o de prueba, realizadas durante la primera etapa, que permiten garantizar la validez intrínseca de la información de posición proporcionada por la aeronave de referencia. Sólo se utilizan las informaciones validadas durante el transcurso de la tercera etapa para realizar el cálculo las desviaciones $\Delta_{R/G}$.

- 10 Así, particularmente, para la aeronave de referencia, la información extraída del registro BDS 5 sólo se retiene si el bit T del mensaje contenido en este registro está posicionado en 1, lo que significa que la hora de aplicación de los datos está sincronizada con la hora UTC (tiempo universal) que sirve, en particular, de referencia temporal común para el radar primario y para el radar secundario. En este caso, las informaciones de latitud, de longitud y de altitud, así como la fecha relativa a estas informaciones, son extraídas del mensaje.

- 15 Además, si después de la extracción, uno de estos cuatro datos resulta nulo, lo que significa generalmente que el dato no estaba disponible en la fecha considerada, entonces estos datos son rechazados y la posición transmitida no se tiene por tanto en cuenta. Entonces no se calcula ningún valor de desviación de la posición.

Finalmente, en el caso en el que la posición transmitida por la aeronave de referencia sea validada, los datos de posición (latitud, longitud y altitud) expresados en una orientación geográfica absoluta, son convertidos en coordenadas (ρ, θ, φ) (distancia, demora y situación) en la orientación del radar primario.

- 20 Aquí debe apreciarse que para asegurar una buena sincronización entre las mediciones efectuadas por el radar primario y la posición proporcionada por el radar secundario, en el momento del cálculo de la desviación, podemos ser llevados a actualizar la posición proporcionada por la aeronave de referencia para determinar la posición exacta de esta en el instante de las mediciones efectuadas por el radar primario. La actualización puede realizarse, por ejemplo, mediante la extrapolación a partir de la posición transmitida.

- 25 Estas operaciones de control pueden completarse mediante una operación de control complementaria, que consiste en aplicar a los datos, al comienzo de la tercera etapa 17, un filtro relativo a la verosimilitud de las mediciones de las posiciones obtenidas bien a partir del eco radar o bien a partir de la información de posición obtenida a partir del mensaje BDS 5. El objeto de este filtrado es, bien entendido, eliminar los datos aberrantes.

- 30 En la práctica, esta última operación de filtrado sobre la verosimilitud de los datos es efectuada para cada aeronave de referencia, antes del cálculo de la desviación de la posición $\Delta_{R/G}$. Para hacer esto, la posición $(\rho, \theta, \varphi)_G$ extraída a partir de la información de la posición geográfica se compara con la posición $(\rho, \theta, \varphi)_R$ proporcionada por el radar primario. A continuación se comparan las magnitudes $|\rho_G - \rho_R|$ y $|\theta_G - \theta_R|$ con sus respectivos umbrales S_ρ y S_θ .

Por consiguiente, en el caso en el que estamos tenemos:

$$|\rho_G - \rho_R| < S_\rho \text{ et } |\theta_G - \theta_R| < S_\theta$$

- 35 Se efectúan los cálculos de las desviaciones $\Delta_{R/G}$ sobre ρ y θ . De forma análoga, la calidad de φ_R , que está determinada en función de la situación deseada y de la proporción entre la señal y el ruido, se compara la magnitud $|\varphi_G - \varphi_R|$ con un umbral S_φ . Por consiguiente, si $|\varphi_G - \varphi_R| < S_\varphi$, entonces se realiza el cálculo de la desviación sobre φ . En la práctica, los valores de los umbrales S_ρ , S_θ y S_φ se fijan de forma arbitraria a partir de las mediciones realizadas de otro modo. Así podemos tomar unos valores típicos tales como $S_\rho < 0,20 \text{ Nm}$, $S_\theta < 3,5^\circ$, $S_\varphi < 3,5^\circ$.

- 40 Debe apreciarse que podría obtenerse un cálculo más preciso si no se tuviera en cuenta, para la estimación de la desviación $\Delta_{R/G}$, es decir, para la elección de una aeronave de referencia, que los bloques radares obtenidos a partir de los ecos relativos a una aeronave siguen una trayectoria rectilínea. Para hacer esto, un procedimiento es considerar las pistas relativas a las aeronaves detectadas, en coordenadas (x, y, z) , y efectuar, sobre una ventana deslizante, un ajuste lineal de cada pista mediante el método de los mínimos cuadrados. Entonces se calcula el coeficiente de correlación lineal entre los bloques que constituyen la ventana. Por consiguiente, si el valor de este está por debajo de un valor fijado de otro modo, los bloques correspondientes a la ventana son rechazados y la aeronave correspondiente no es considerada para la elección de una aeronave de referencia. El tamaño de la ventana de análisis se fija, por ejemplo, de forma típica, en 10 bloques.

- 50 Con el fin de franquear eventuales fluctuaciones de las mediciones de radar efectuadas sobre la aeronave de referencia, fluctuaciones que pueden tener el efecto de variar de forma significativa el valor de la desviación de la posición estimada de una estimación a otra de la desviación de posición $\Delta_{R/G}$, el procedimiento según la invención comprende una cuarta etapa 18 que efectúa el cálculo de una desviación de la medición de la posición media $\mu_{\Delta_{R/G}}$, desviación media que se utiliza para efectuar la corrección de las mediciones de posición efectuadas por el radar primario.

Esta etapa se realiza, por ejemplo, efectuando el cálculo de la media sobre N mediciones consecutivas de las desviaciones $\Delta_{R/G}$ calculadas.

Según la invención, esta desviación media se estima, por ejemplo, calculando mediante integración temporal de la magnitud $\mu_{\Delta_{R/G}}$ definida por la siguiente relación:

$$\mu_{\Delta_{R/G}}(n) = K \cdot \mu_{\Delta_{R/G}}(n-1) + (1-K) \cdot \Delta_{R/G}(n)$$

5

en la que:

$\mu_{\Delta_{R/G}}(n)$ representa el valor de $\mu_{\Delta_{R/G}}$ calculado para el instante de medición actual n,

$\mu_{\Delta_{R/G}}(n-1)$ representa el valor de $\mu_{\Delta_{R/G}}$ calculado para el instante de medición precedente,

10 $\Delta_{R/G}(n)$ representa la desviación calculada para el instante de medición actual n, la aeronave de referencia utilizada para el cálculo

$\Delta_{R/G}(n)$ es la última aeronave de referencia definida en fecha, a partir del radar secundario.

K representa aquí un factor de integración definido en función de los recursos de cálculo del sistema y del número de resultados de cálculo de $\Delta_{R/G}(n)$ necesarios *a priori* para constatar una convergencia de $\mu_{\Delta_{R/G}}$.

Según la invención, el cálculo de $\mu_{\Delta_{R/G}}$ se inicia además poniendo en la primera iteración $\mu_{\Delta_{R/G}}(1) = \Delta_{R/G}(1)$.

15 La magnitud $\mu_{\Delta_{R/G}}$ constituye una estimación final de la desviación media entre la posición geográfica proporcionada por la aeronave de referencia y la posición determinada por el radar primario encargado de determinar la posición de las aeronaves que evolucionan en el espacio del que se encarga.

20 El procedimiento según la invención permite así estimar en tiempo real la desviación media existente entre la posición determinada a partir de las mediciones realizadas por un radar primario sobre el eco retrodifundido por una aeronave de referencia, y la posición determinada a partir de las coordenadas geográficas y la altitud proporcionada por esta aeronave a un radar secundario. Esta desviación, representativa del error cometido por el radar primario debido a las imperfecciones por las que se ve afectado, puede ser utilizada ventajosamente para corregir la medición de la posición realizada sobre cualquiera aeronave presente en el espacio cubierto por el radar primario.

25 La figura 2 ilustra la forma en la que puede aplicarse el procedimiento según la invención en el marco particular de un procedimiento de medición de la posición, de localización, pudiendo ser llevado a cabo por una estación de medición que comprende un radar primario y un radar secundario. El procedimiento aquí ilustrado se presenta a título de ejemplo no limitante. Tiene como objeto corregir en tiempo real el error efectuado por el radar primario sobre la determinación de la posición de cualquier aeronave detectada.

30 El procedimiento de localización, ilustrado por la figura 2, se aplica de forma iterativa a cada una de las aeronaves seguidas por el radar primario a la velocidad de barrido del haz del radar. A este efecto, asocia el resultado del cálculo 21 de la posición de una aeronave cualquiera, efectuado sobre la media de las mediciones 11 proporcionadas por el radar primario, con el resultado del cálculo de la desviación 19 efectuado sobre la aeronave definida como aeronave de referencia en el instante considerado. A continuación, efectúa un cálculo de corrección 22 a partir del cual se obtiene el valor corregido 23 de la posición de la aeronave seguida.

35 El cálculo de la corrección del error 22 consiste en restar, en valor algebraico, la desviación media $\mu_{\Delta_{R/G}}$ estimada, de la medición de la posición realizada por el radar primario, la desviación media restada correspondiente a la última desviación media calculada en fecha.

Este procedimiento de localización lleva así a la práctica dos tratamientos iterativos de los datos obtenidos por medio de los radares primarios y secundarios, cuyas periodicidades son diferentes:

- 40 - un primer tratamiento, ilustrado por la figura 2, que es ejecutado para cada aeronave detectada a la velocidad de barrido de la antena del radar primario;
- 45 - un segundo tratamiento, ilustrado por la figura 1, que es ejecutado a la velocidad de detección por el radar secundario de una aeronave susceptible de constituir una aeronave de referencia. Este segundo tratamiento se implementa llevando a cabo el procedimiento de cálculo del error de posición según la invención, tal como se ha descrito anteriormente.

En cada ejecución de este segundo tratamiento, se dispone de una estimación recién actualizada de la desviación media de la posición, valor que se utiliza para corregir las mediciones efectuadas por el radar primario.

50 Así, el procedimiento según la invención permite efectuar ventajosamente una calibración periódica, en funcionamiento operativo ("on line") del radar primario sin necesitar de recurrir a una baliza de prueba o a una aeronave de calibración. Asimismo permite igualmente realizar una calibración del radar primario fuera de su funcionamiento operativo ("off line"), incluso para una estación de medición con un radar primario y un radar secundario, no conlleva los medios de tratamiento necesarios para llevarlo a cabo. Para hacer esto, es suficiente

- 5 con disponer de unos medios de registro externos y realizar simultáneamente una adquisición del registro BDS5 en modo S por el radar secundario y un registro de la posición GPS capturada, así como un registro de la posición proporcionada por el radar primario. Las operaciones de conversión (etapa 14) y de comparación se realizan en un segundo tiempo con el fin de determinar (etapa 17 y 18) la desviación de la medición, y por lo tanto, la precisión de medición del radar. Este procedimiento "off line" presenta la ventaja, con respecto a una calibración "off-line" clásica, de no necesitar la intervención de una aeronave de calibración.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar el error que afecta a la determinación de la posición de aeronaves en vuelo, realizado a partir de los ecos radares retrodifundidos por estas aeronaves, **caracterizado porque** comprende principalmente:

- 5 - una primera etapa (14) de interrogación de una aeronave de referencia durante la cual esta aeronave transmite su posición geográfica y su altitud; eligiéndose la aeronave de referencia de entre aquellas cuya posición puede ser calculada a partir de su eco radar y que están equipadas con un transpondedor capaz de intercambiar informaciones en modo S con un radar secundario y de transmitir su posición geográfica y su altitud a través de dicho canal;
- 10 - una segunda etapa (13) de determinación de la posición de la aeronave de referencia a partir de las mediciones realizadas sobre el eco radar retrodifundido por esta aeronave;
- una tercera etapa (17) de determinación de la desviación $\Delta_{R/G}$ entre la posición proporcionada por la aeronave de referencia en un instante dado y la posición de esta aeronave determinada para el mismo instante, a partir de las mediciones de radar realizadas sobre los ecos retrodifundidos por esta aeronave;
- 15 - una cuarta etapa (18) durante la cual se determina una desviación media $\mu_{\Delta R/G}$ definida por:

$$\mu_{\Delta R/G}(n) = K \cdot \mu_{\Delta R/G}(n-1) + (1-K) \cdot \Delta_{R/G}(n)$$

en la que:

- $\mu_{\Delta R/G}(n)$ representa la desviación media calculada en la iteración actual,
- $\mu_{\Delta R/G}(n-1)$ representa la desviación media calculada en la iteración precedente,
- 20 - $\Delta_{R/G}(n)$ representa la desviación calculada en la iteración actual,

representando K un factor de integración dado.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la primera etapa comprende una operación de validación de la información de la posición geográfica transmitida por la aeronave de referencia, repitiéndose esta operación siempre que la información de la posición transmitida no sea validada.

25 3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** cuando la información de la posición geográfica es validada, las coordenadas geográficas (latitud, longitud) y de altitud, extraídas a partir de la información de la posición son convertidas (16) en coordenadas expresadas en orientación (distancia, situación, demora) del radar.

30 4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la tercera etapa (17) comprende una operación previa de prueba de la verosimilitud de la posición extraída a partir de la información de posición.

5. Utilización del procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes para corregir en tiempo real el cálculo de la posición de una aeronave cualquiera efectuado a partir de las mediciones realizadas sobre el eco radar retrodifundido por ésta en el instante t considerado, **caracterizado porque** comprende:

- 35 - una etapa (21) de determinación de la posición de la aeronave a partir de las mediciones (11) realizadas sobre el eco radar primario correspondiente a esta aeronave;
- una etapa (22) de corrección de la medición, efectuada teniendo en cuenta la última desviación de la posición media en fecha $\mu_{\Delta R/G}$ (19) y restándosela a la medición

40 6. Procedimiento para realizar una calibración periódica de las mediciones de posición (21) efectuadas a partir de un radar primario, **caracterizado porque** consiste en poner en práctica el procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4 y registrar de forma simultánea la posición geográfica de una aeronave de referencia, así como la posición de la misma aeronave de referencia determinada para el mismo instante por el radar primario; calculándose una desviación de la posición media $\mu_{\Delta R/G}$ a partir de los datos registrados y utilizándose como estimación del sesgo de medición presentado por el radar primario.

45

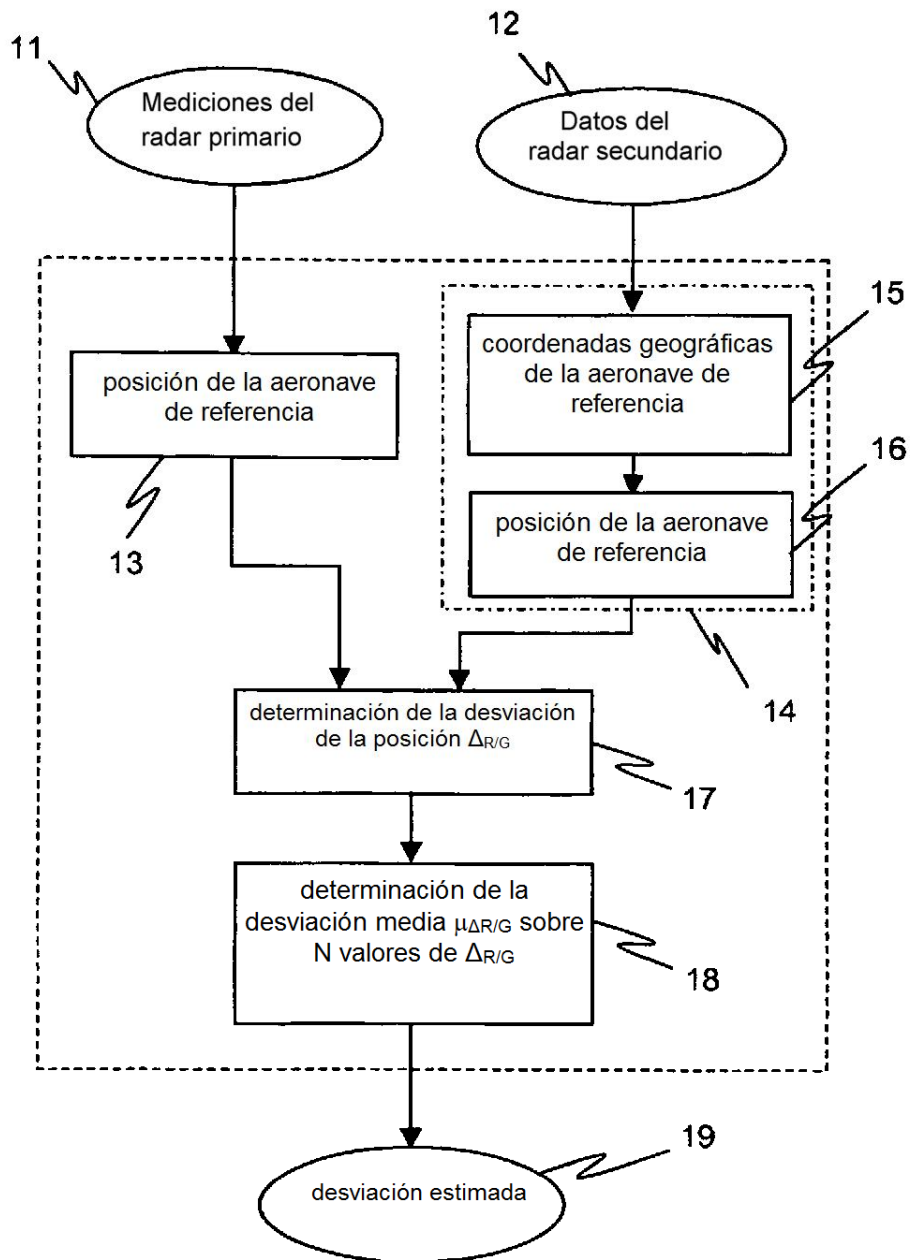


Fig. 1

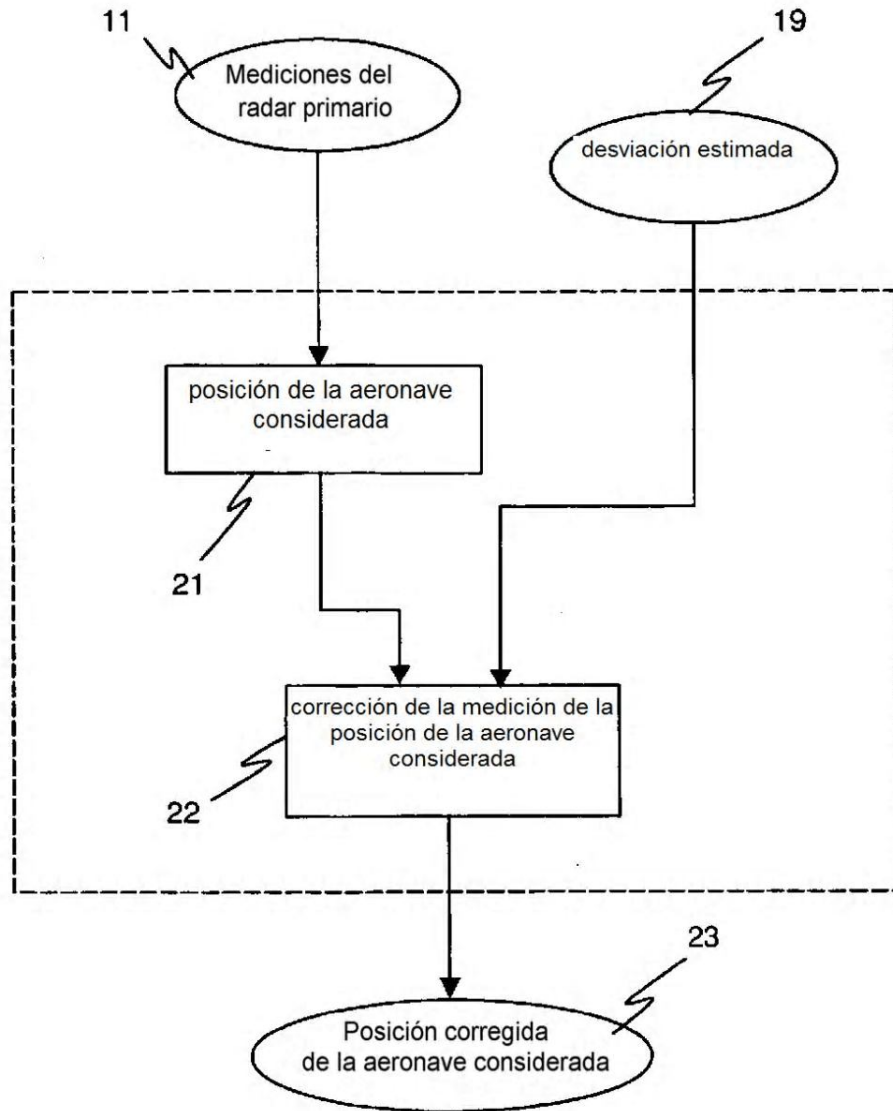


Fig. 2