

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 634 418**

51 Int. Cl.:

G01S 13/524 (2006.01)

G01S 7/292 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.08.2008 PCT/GB2008/050663**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.03.2009 WO09027718**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2008 E 08788634 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2183615**

54 Título: **Método para evitar falsas detecciones en sensores**

30 Prioridad:

31.08.2007 GB 0716967
31.08.2007 EP 07253452

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.09.2017

73 Titular/es:

BAE SYSTEMS PLC (100.0%)
BAE SYSTEMS INTEGRATED SYSTEM
TECHNOLOGIES LIMITED NEWPORT ROAD
COWES ISLE OF WIGHT HAMPSHIRE, GB

72 Inventor/es:

EDWARDS, PHILIP TREVELYAN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 634 418 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 para evitar falsas detecciones en sensores

La presente invención se refiere a un método para evitar falsas detecciones en sensores.

Existen diversos métodos para controlar falsas alarmas en radares y otros sensores. Éstos incluyen la aplicación de umbral, el filtrado Doppler, promediado de fondo y mapas de "ecos parásitos" ("*clutter*"). Ejemplos de tales métodos pueden encontrarse en el documento WO98/22834 y US5.644315. Sin embargo, estos métodos tienen limitaciones cuando son usados individualmente y la mayoría de los sistemas de radar utilizan una combinación de estos métodos.

Aun así, esto es de uso limitado para regular falsas detecciones a partir de imágenes de alta frecuencia de ecos fuertes procedentes del entorno de fondo. Esto es el caso particularmente en sensores montados sobre una plataforma móvil. Estas falsas detecciones tienden a ser generadas principalmente por inestabilidades del sistema que pueden interactuar con "ecos parásitos" procedentes del entorno de fondo. (El término "ecos parásitos" se refiere a señales indeseadas.)

Cuando la aplicación de umbral es usada como el único método de control de falsas alarmas, el umbral podría ser superado por señales fuertes procedentes del entorno de fondo.

Aunque el filtrado Doppler es generalmente bueno de cara a eliminar el grueso de las señales parásitas, ya que estas señales se producen a frecuencias relativamente bajas, es incapaz de discriminar entre las componentes de alta frecuencia de los "ecos parásitos" y objetivos con ecos de alta frecuencia, para cuya detección está diseñado el sensor.

El promediado de fondo estima el nivel de fondo para cada "celda" de detección mediante el promediado de las señales en celdas cercanas. Este promedio es usado entonces para determinar adaptativamente el nivel del umbral de detección en la celda a prueba. Habitualmente, el umbral es establecido como este nivel de fondo estimado más un desplazamiento fijo, aunque algunos algoritmos modernos de tasa constante de falsas alarmas (CFAR, del inglés "Constant False Alarm Rate") analizan también la estadística de las señales en las celdas cercanas y usan este análisis para modificar el valor umbral. Aunque esta técnica es muy buena para eliminar "ecos parásitos" que están distribuidos a través de múltiples celdas de detección, tiene una baja capacidad para eliminar falsas alarmas a partir de "ecos parásitos" altamente localizados (tales como edificios, paredes rocosas, plataformas petrolíferas, etc.).

Un mapa de "ecos parásitos" puede usarse exitosamente para eliminar falsas alarmas a partir de "ecos parásitos" altamente localizados cuando el sensor es estacionario. El mapa de "ecos parásitos" opera construyendo un mapa de la intensidad de señales recibidas sobre un periodo de tiempo largo, típicamente muchos minutos, y estableciendo el umbral de detección para una celda de detección en el valor del mapa más un desplazamiento fijo.

Sin embargo, en una plataforma móvil el fondo cambiará de observación en observación, de modo que esta opción no es adecuada para uso con un sensor montado sobre una plataforma móvil, por ejemplo en un sistema de radar Doppler de impulsos portado por un barco o un avión.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un método para evitar falsas detecciones en

sensores, de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas. Para una mejor comprensión de la presente invención, se hará referencia ahora, a modo de ejemplo, a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 es un diagrama de bloques de un procesador de señales de un sensor en un sistema de radar; y

la figura 2 es un diagrama de bloques de un sistema de control de falsas alarmas de acuerdo con la presente invención.

Generalmente, la presente invención estriba en regular falsas detecciones procedentes de sensores de detección o seguimiento provocadas por la componente de alta frecuencia de ecos fuertes procedentes del entorno de fondo. Se supone que las señales recibidas por tales sensores pueden ser filtradas por frecuencia en un número de bandas mediante una serie de filtros Doppler. De este modo, la presente invención es adecuada para el uso dentro de procesadores de señales de sistemas de radar Doppler de impulsos montados sobre plataformas móviles, tales como barcos o aviones.

Debe observarse, sin embargo, que la presente invención no está limitada al uso en sistemas de radar Doppler de impulsos en los que el número de bandas de frecuencia tiende a ser grande, sino que puede ser usado igualmente en un sistema de radar en el que el número de bandas de frecuencia es considerablemente menor. Por ejemplo, el número de bandas de frecuencia puede ser tan bajo como dos (con filtrado de paso alto y de paso bajo), y por lo tanto la

presente invención puede ser utilizada en un sistema de radar con procesamiento de indicación de objetivos móviles (MTI, del inglés "Moving Target Indication").

5 Se supone que, antes del filtrado Doppler, las señales de entrada son rotadas en fase para compensar el movimiento de la plataforma y la antena, de modo que los ecos procedentes de un objetivo no fluctuante que es estacionario con respecto a la superficie terrestre son presentados a filtros Doppler con la misma fase en cada impulso de una "ráfaga" coherente de impulsos.

10 Normalmente, excepto en condiciones meteorológicas excepcionalmente extremas, los "ecos parásitos" (es decir, ecos indeseados procedentes del entorno) tales como ecos procedentes de la superficie terrestre o de la precipitación meteorológica, estarán contenidos dentro de un número pequeño de los filtros Doppler en el sistema de radar con bandas de paso en o cerca del valor Doppler nulo (que serán denominados a continuación filtros "lentos").

15 Sin embargo, es un hecho que estos ecos pueden ser tan fuertes que inestabilidades dentro de las cadenas de transmisión/recepción del sistema de radar resultan en que imágenes de los "ecos parásitos" aparecen en filtros Doppler distintos a aquéllos en los que cae la banda de paso de la extensión Doppler verdadera de los "ecos parásitos". Si los "ecos parásitos" cambian significativamente de celda de resolución de alcance a celda de resolución de alcance, esto podría resultar en falsas indicaciones o en que se generen diagramas de radar de objetivos rápidos.

20 El modo en el que es tratado a menudo este problema en sistemas de radar en instalaciones estacionarias fijas consiste en construir un mapa con el tiempo de los "ecos parásitos", pero en un sistema de radar montado en una plataforma móvil, este método no es inmediato y está sujeto a restricciones temporales debido al movimiento de la plataforma.

25 De acuerdo con la presente invención, se toma una instantánea de la potencia de "ecos parásitos" estacionaria, contenida en el filtro Doppler centrado en el valor Doppler nulo, para cada ráfaga coherente de impulsos, y un conocimiento a priori de la estabilidad del sistema de radar es usado para estimar el nivel de avance para cada celda de resolución y cada filtro Doppler "rápido" (es decir, no "lento"). Si esta estimación es mayor que el nivel de "promedio de fondo" calculado por los algoritmos CFAR del sistema de radar, entonces la señal de salida proporcionada por el CFAR es atenuada por la diferencia.

30 Adicionalmente, la intensidad de las señales en los filtros Doppler "lentos" distintos al filtro Doppler nulo es comparada con un umbral con el fin de identificar "ecos parásitos" centrados en el valor Doppler nulo con una dispersión Doppler significativa, o "ecos parásitos" con un desplazamiento Doppler significativo. En la presencia de "ecos parásitos" así, la estimación de avance será demasiado baja. En el caso en que son identificados "ecos parásitos" así, una atenuación adicional es aplicada a la señal de salida proporcionada por los algoritmos CFAR.

35 Con referencia ahora a la figura 1, es mostrada una parte de un sistema de procesamiento de señales 100 para un sensor en un sistema de radar Doppler de impulsos que recibe señales de entrada y proporciona de salida señales listas para la aplicación de umbral. El sistema de procesamiento de señales 100 comprende una unidad receptora sensible a fase 10, una unidad de compensación de movimiento 20, una unidad de filtrado Doppler 30, una unidad de "complejo a logaritmo de módulo" 40 y una unidad de control de falsas alarmas 50.

45 Las señales de impulsos 1 recibidas son introducidas en la unidad sensible a fase 10 donde son "mezcladas hacia abajo" para formar señales de banda base 12 complejas y digitalizadas que comprenden componentes "real" e "imaginaria" conocidas como I y Q respectivamente.

50 Las componentes de señal de banda base digitalizada 12 son pasadas entonces a la unidad de compensación de movimiento 20 donde son procesadas para compensar el movimiento de la plataforma y de la antena. Las componentes I y Q 12 son rotadas en fase para formar componentes compensadas en cuanto a movimiento 22. Esto se produce de modo que los ecos procedentes de un objetivo no fluctuante (no mostrado) que es estacionario con respecto a la superficie de la tierra tienen la misma fase en cada impulso de una "ráfaga" coherente de impulsos.

55 Las componentes compensadas en cuanto a movimiento 22 son pasadas entonces a la unidad de filtrado Doppler 30 donde son filtradas por frecuencia en un número de bandas mediante una serie de filtros Doppler (no mostrados) para formar componentes filtradas 32. El número de bandas debe ser de al menos dos, pero en la mayoría de los sistemas de radar Doppler de impulsos, el número de bandas excede de cuatro.

Tras el filtrado, las componentes 32 son convertidas a valores de logaritmo de módulo 42 usando la ecuación:

60
$$\text{Logmod} = \alpha \cdot \log_{\beta}(I^2 + Q^2)$$

donde α y β son constantes escogidas para ser consistentes con el resto del procesador de señales (no mostrado) y no afectan a la operación de la presente invención. Si el procesador de señales al que es añadida esta invención no incluye

ninguno de estas componentes, deben ser añadidas. Los valores 42 incluyen valores de logaritmo de módulo para cada canal de filtro Doppler.

5 Los valores 42 son pasados entonces a la unidad de control de falsas alarmas 50 donde son modificados para proporcionar señales de salida 52 que pueden ser comparadas con un valor umbral fijo o constante para detección.

10 Las salidas de filtros Doppler para cada "ráfaga" de señales coherentes son divididas en dos conjuntos o "canales", a saber, un canal lento y un canal rápido. Normalmente, excepto en condiciones meteorológicas excepcionalmente extremas, los ecos indeseados o "ecos parásitos" procedentes del entorno tal como la superficie de la tierra o la precipitación meteorológica estarán contenidos dentro de un pequeño número de los filtros Doppler. En particular, los "ecos parásitos" estarán contenidos dentro de filtros Doppler con bandas de paso en o cerca del valor Doppler nulo. Los filtros con tales bandas de paso son escogidos para el canal lento. El canal rápido contendrá todos los demás filtros.

15 Para cada filtro de canal lento, las falsas alarmas son controladas usando sólo un algoritmo CFAR estándar.

Para cada filtro de canal rápido y cada celda de alcance, son generadas dos estimaciones del fondo de "ecos parásitos". La mayor de éstas es restada (en el dominio logarítmico) de la señal en la celda de prueba.

20 La primera estimación es calculada usando la intensidad de señal en la misma celda de alcance procedente del filtro Doppler centrado en el (o más próximo al) valor Doppler nulo (denominado a continuación filtro Doppler 0). Es una estimación de los residuos de "ecos parásitos" de superficie (y puede perfectamente caer por debajo del nivel de ruido).

25 La segunda es una estimación del fondo en las celdas de alcance en torno a la celda de prueba en el filtro de canal rápido. Ésta está basada en el fondo estimado usando un algoritmo CFAR estándar o técnica de promediado de fondo que estima el nivel de fondo para cada "celda" de detección mediante simple promediado de las señales en las celdas cercanas.

30 Sin embargo, de acuerdo con la presente invención, esta estimación es modificada para controlar falsas alarmas en presencia de "ecos parásitos" de movimiento rápido, "ecos parásitos" anómalos, o "ecos parásitos" con características espectrales extrañas, añadiendo un desplazamiento al fondo (en el dominio logarítmico) sobre la base de la intensidad de las señales en aquellos filtros de canal lento *no* centrados en el valor Doppler nulo. (Este desplazamiento es denominado atenuación de control de falsas alarmas (FAC, del inglés "False Alarm Control")). La unidad de control de falsas alarmas 50 es mostrada con más detalle en la figura 2.

35 En la figura 2, la unidad de control de falsas alarmas 50 dirige las señales de salida de logaritmo de módulo 42 hacia varios canales de acuerdo con las salidas de los filtros Doppler, a saber, un canal lento 60 con filtros centrados cerca del valor Doppler nulo, un canal lento 70 con filtros que no están en el valor Doppler nulo, un canal de valor Doppler nulo 80 con filtros en el valor Doppler nulo, y un canal rápido 90 con filtros para todos los demás canales. El canal lento 60 comprende todos los filtros del canal lento 70 y del canal lento 80.

40 En el canal lento 60, las señales son procesadas usando algoritmos CFAR estándar (bloque 62) sólo para producir señales de salida 64 indicativas de los filtros de canal lento.

45 Las señales en el canal de valor Doppler nulo 80 (filtro Doppler 0) son usadas para calcular "residuos de ecos parásitos" de superficie predichos (bloque 82). La salida del bloque 82 es pasada a un sumador 85 para restarla de las señales en el canal rápido 90 para proporcionar una entrada a un comparador 95.

50 Las señales en el canal rápido 90 son procesadas usando algoritmos CFAR (bloque 92) para proporcionar una entrada al sumador 75.

Las señales en el canal lento 70 son usadas para calcular atenuaciones FAC (bloque 72) y la salida del bloque 72 es usada como segunda entrada al sumador 75. El sumador 75 resta la salida procedente del bloque 72 de la salida procedente del bloque 92 para proporcionar una entrada adicional al comparador 95.

55 El comparador 95 toma la menor de las dos entradas, procedentes del sumador 85 y el sumador 75 respectivamente, para proporcionar señales de salida 97 indicativas de los filtros de canal rápido.

60 Los residuos de "ecos parásitos" de superficie predichos son calculados en el bloque 82 como sigue. Para cada celda de alcance, usando el valor de logaritmo de módulo del filtro Doppler 0, es calculado un conjunto de valores de residuos de "ecos parásitos" (para el peor caso) predichos (uno para cada filtro Doppler de impulsos de canal rápido), usando la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{residuo}_k &= \text{Señal}_0 - \text{imp}_k && \text{si } \text{Señal}_0 > \text{imp}_k \\ &= 0 && \text{en otro caso} \end{aligned}$$

donde k es el número de filtro de canal rápido;

$Señalo$ es el logaritmo del módulo de la amplitud de señal en el filtro 0; e

imp_k es el logaritmo (derivado suponiendo los mismos valores de α y β que antes) del factor de mejora de "ecos parásitos" de superficie (para el peor caso) en el filtro k (es decir, el nivel esperado de señales de alta frecuencia en la salida del receptor con respecto a las señales de baja frecuencia procedentes de una fuente de ecos parásitos).

Las atenuaciones FAC son calculadas en el bloque 72, para cada celda de alcance, encontrando el mayor logaritmo de módulo en aquellos filtros de canal lento no centrados en el valor Doppler nulo en la ráfaga y comparando ese valor con un umbral invariante frente al alcance. Si el umbral es superado, es calculado un conjunto de valores de atenuación (uno para cada filtro de canal rápido en la ráfaga) usando el exceso (logaritmo del módulo menos umbral) multiplicado por un factor de escala para indexar un conjunto de tablas de valores de atenuación. Si el umbral no es superado, todas las atenuaciones en el conjunto para la ráfaga son nulas.

Hay una tabla de atenuación separada para cada filtro de canal lento, donde los filtros no están centrados en el valor Doppler nulo, y para cada combinación de filtros de canal rápido. El filtro de canal lento usado al escoger la tabla de atenuación es el filtro (de valor Doppler no nulo) que contiene el valor más grande. La selección de los filtros de canal lento es irrelevante en casos en los que el valor más grande se produce en más de un filtro.

Las atenuaciones calculadas en el bloque 72 son aplicadas a los datos de logaritmo de módulo tras CFAR en el canal rápido 90. La atenuación es restada de la salida CFAR. Hay una atenuación separada para cada celda de alcance y cada filtro.

Tras aplicar las atenuaciones de control de falsas alarmas en los filtros Doppler de impulsos de canal rápido, el valor resultante es comparado con la diferencia entre la entrada CFAR y el residuo de ecos parásitos de superficie predicho. El valor más bajo es escogido como la salida logarítmica post-control de falsas alarmas 97.

Suponiendo que $entrada_cfar(k)$ corresponde a las señales en el canal 90, es decir, que la entrada a CFAR 92), $residuo_k$, corresponde a la salida del sumador 85 (es decir los residuos de "ecos parásitos" de superficie predichos), $salida_cfar(k)$ corresponde a la salida de CFAR 92, $aten_fac(k)$ corresponde a la salida del bloque 72 (es decir, la atenuación de control de falsas alarmas), y $salida_fac(k)$ corresponde a la salida del comparador 95 (es decir, la salida resultante procedente de la unidad de control de falsas alarmas 50 de baja pérdida), todo para el número de filtro de canal rápido k en una celda de alcance y ráfaga, entonces:

$$salida_fac(k) = \text{MIN}((salida_cfar(k)-aten_fac(k)), (entrada_cfar(k)- residuo_k))$$

REIVINDICACIONES

1. Método para evitar falsas detecciones en sensores, en que el método comprende los pasos de:

- 5 a) recibir una ráfaga de señales de entrada (1) en un sensor;
- b) filtrar la ráfaga recibida en al menos dos bandas de frecuencia (32) usando una serie de filtros Doppler (30);
 y
- 10 c) procesar una primera banda filtrada de acuerdo con al menos una de las otras bandas filtradas,

en que el paso b) comprende separar cada ráfaga en al menos un canal rápido (90), un primer canal lento (80) usando filtros en el valor Doppler nulo y un segundo canal lento (70) usando filtros no centrados en el valor Doppler nulo, y el paso c) comprende calcular residuos de ecos parásitos de superficie predichos sobre la base del primer canal lento (60), y usar los residuos de ecos parásitos de superficie predichos calculados para proporcionar un primer canal rápido compensado, **caracterizado porque** el paso c) comprende además calcular atenuaciones de control de falsas alarmas sobre la base del segundo canal lento (70), y usar las atenuaciones de control de falsas alarmas calculadas para proporcionar un segundo canal rápido compensado.

15

20 2. Método según la reivindicación 1, que comprende además el paso de:

- d) comparar los canales rápidos compensados primero y segundo para proporcionar una salida que comprende el menor de los canales rápidos compensados primero y segundo.

25 3. Método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en que es aplicada compensación a cada filtro dentro de dicha primera banda filtrada.

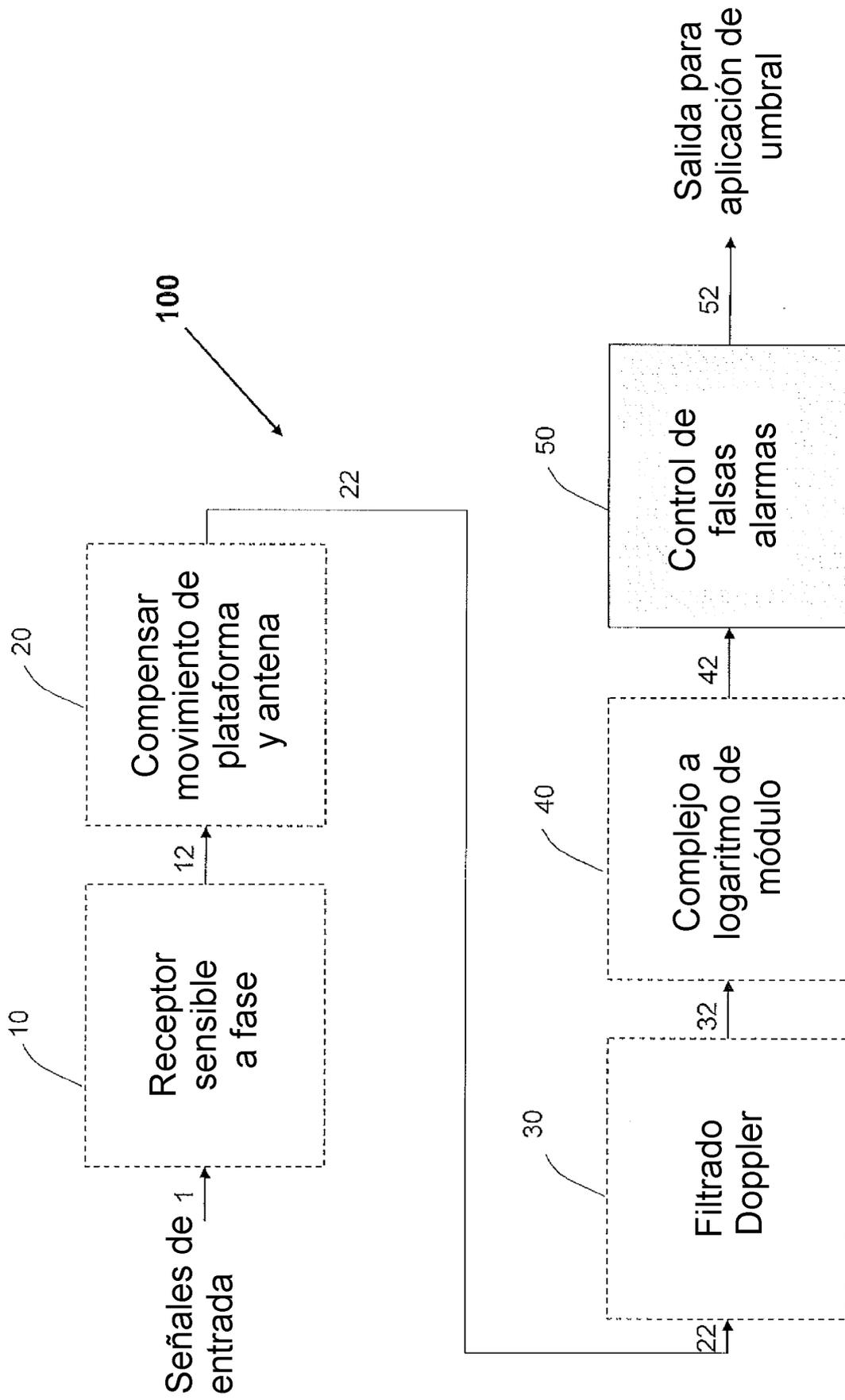


FIG. 1

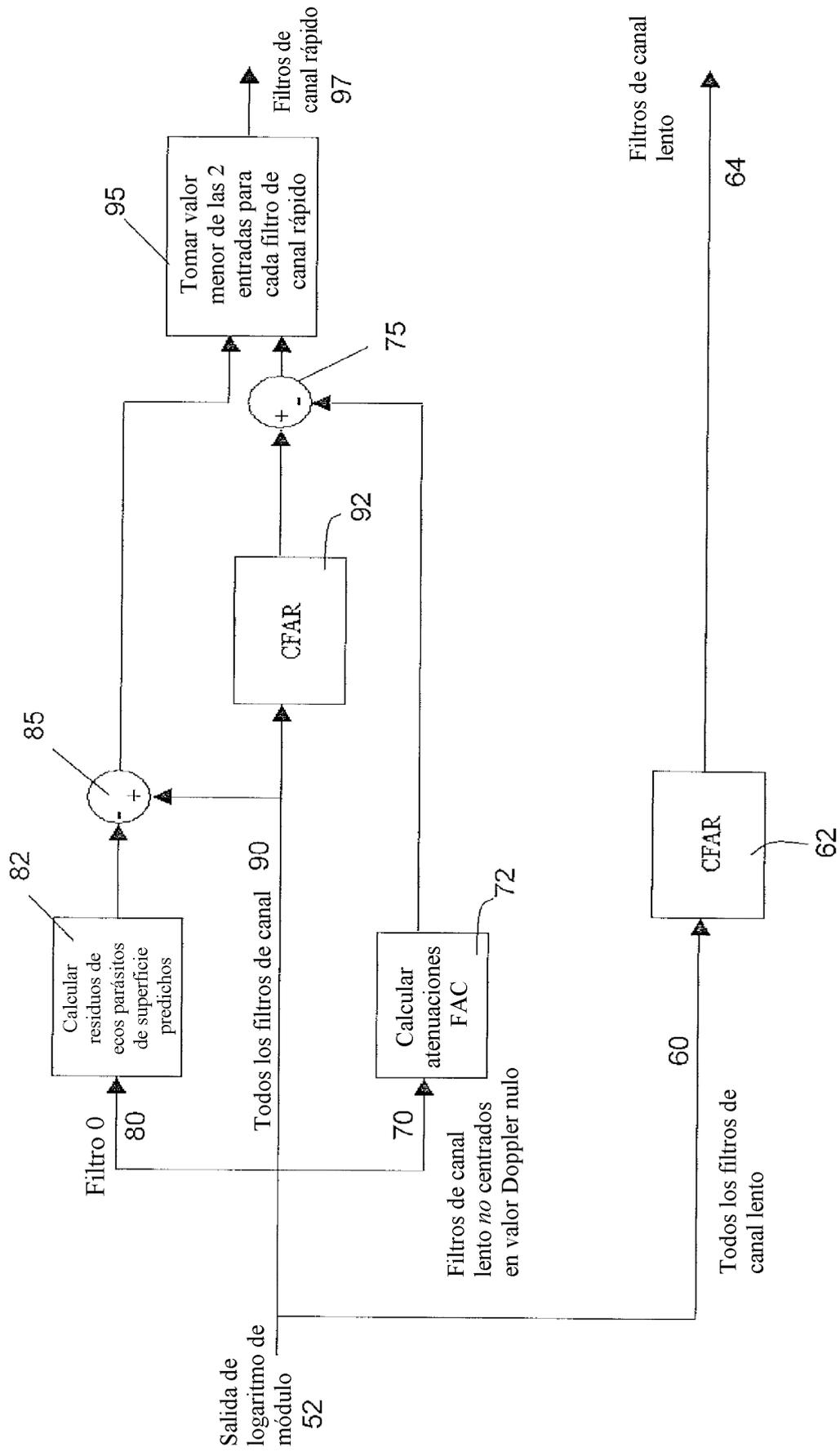


FIG. 2