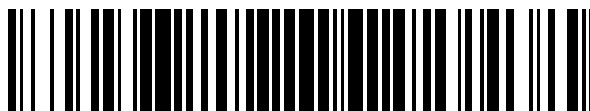


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 623 775**

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: **21.12.2010 PCT/GB2010/052173**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.07.2011 WO11083301**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2010 E 10801690 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.02.2017 EP 2521927**

54 Título: **Un método para detectar un retorno de eco parásito en un sensor**

30 Prioridad:

07.01.2010 EP 10250020
07.01.2010 GB 201000209

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.07.2017

73 Titular/es:

BAE SYSTEMS PLC (100.0%)
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD, GB

72 Inventor/es:

EDWARDS, PHILIP, TREVELYAN

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 623 775 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

Un método para detectar un retorno de eco parásito en un sensor

La presente invención se refiere a un método para detectar un retorno de eco parásito en un sensor, en particular en un sistema de radar.

5 Es bien conocido en sensores de alcance y de detección, tales como sistemas de radar, que una señal transmitida para detectar un blanco puede ser retornada por un objeto menos interesante, tal como el que puede estar presente en el entorno de fondo. Los retornos de objetos menos interesantes son conocidos como retornos de eco parásito o eco parásito.

10 Es deseable suprimir el procesamiento de los retornos de eco parásito; de lo contrario el sistema de radar puede identificar de forma incorrecta el retorno de eco parásito como un retorno de un blanco. Dichas identificaciones incorrectas son conocidas como detecciones falsas.

El filtrado Doppler proporciona un método bien conocido para suprimir el procesamiento de los retornos de eco parásito.

15 El filtrado Doppler divide una señal retornada en un número de bandas de frecuencia (que pueden ser referidas, de forma alternativa, como canales de frecuencia) de acuerdo con la frecuencia de la señal retornada o de acuerdo con el cambio de frecuencia de la señal retornada con respecto a la señal transmitida. Debido a que la frecuencia y el cambio de frecuencia están relacionados con la velocidad del objeto o blanco, la señal retornada puede por tanto ser dividida de acuerdo con la velocidad del objeto o blanco. El filtrado Doppler es generalmente bueno para ayudar a suprimir la mayoría de los retornos de eco parásito debido a que los objetos no interesantes tienden a tener velocidades nulas o cercanas a cero. Por tanto, los retornos de eco parásito tienden a tener frecuencias relativamente bajas y cambios de frecuencia pequeños y por tanto pueden ser detectados y suprimidos en consecuencia.

20 Sin embargo, algunos retornos de eco parásito tienen frecuencias relativamente altas o cambios de frecuencia grandes que resultan de diversos fenómenos conocidos tales como impurezas en la señal transmitida o una fluctuación del objeto (movimiento interno del objeto). Por tanto, el filtrado Doppler por sí sólo tiende a no ser apropiado en distinguir entre retornos de eco parásito de alta frecuencia y retornos de alta frecuencia desde el blanco. (El lector experto entenderá que donde la presente memoria descriptiva aborda el filtrado Doppler y se refiere a retornos de alta frecuencia, este término cubre los retornos que muestran un cambio de frecuencia relativamente grande, y donde se hace referencia a retornos de baja frecuencia, este término cubre los retornos que muestran un cambio de frecuencia relativamente pequeño).

25 La solicitud de patente internacional PCT/GB2008/050663 anterior del solicitante contempla un método a través del cual pueden ser detectados los retornos de eco parásito de alta frecuencia y por tanto suprimidos. En particular, es conocido por el documento PCT/GB2008/050663 procesar retornos de una celda de rango particular para identificar un retorno de eco parásito de banda de baja frecuencia, y luego para derivar un residuo de eco parásito de este retorno, el cual puede ser comparado con el retorno de alta frecuencia para identificar el componente del retorno de alta frecuencia el cual es un eco parásito.

30 El solicitante está satisfecho de que el método del documento PCT/GB2008/050663 mejore la inhibición de detecciones falsas de retornos de eco parásito de alta frecuencia fuertes, en la mayoría de situaciones.

35 Sin embargo, el solicitante ha descubierto un número limitado de situaciones en las que el método enseñado en el documento PCT/GB2008/050663 todavía puede llevar a falsas detecciones. En particular, dicha situación ocurre cuando el sensor está recibiendo retornos de un objeto menos interesante o de un conjunto de objetos formados de un material que generalmente proporciona retornos fuertes pero que tiene una discontinuidad dimensionable en el mismo que no proporciona retornos. El solicitante observó en primer lugar esta situación cuando ensayó el método descrito en el documento PCT/GB2008/050663 en afloramientos geológicos rocosos (citados alternativamente como peñascos o cerros ("tors")) que tienen una pluralidad de formaciones rocosas generalmente en forma de pilar.

40 En términos generales, es un objetivo de la presente invención proporcionar un sistema de procesamiento de señal para un radar (u otro sistema sensor) que puede mitigar al menos una de las desventajas de la técnica anterior identificadas anteriormente.

45 De acuerdo con un primer aspecto de la invención se proporciona un método para detectar un retorno de eco parásito en un sensor, en particular en un sistema de radar, comprendiendo el método

- a) recibir una señal que comprende
 - un retorno de una primera celda de rango y
 - un retorno de una segunda celda de rango

b) filtrar el retorno de la primera celda de rango de acuerdo con la frecuencia para determinar:

un componente del retorno de la primera celda de rango que está en una primera banda de frecuencia y

un componente del retorno de la primera celda de rango que está en una segunda banda de frecuencia,

5 c) filtrar el retorno de la segunda celda de rango de acuerdo con la frecuencia para determinar un componente del retorno de la segunda celda de rango que está en la segunda banda de frecuencia,

d) calcular a partir de:

I la magnitud del componente del retorno de la primera celda de rango que está en la primera banda de frecuencia; y

10 II la magnitud del componente del retorno de la segunda celda de rango que está en la segunda banda de frecuencia,

un residuo de eco parásito estimado en el componente del retorno de la primera celda de rango que está en la primera banda de frecuencia,

15 dicho residuo de eco parásito estimado obtenido tomando un valor de eco parásito de baja frecuencia máximo de una captura de celdas de rango próximas y entonces desplazar mediante un parámetro de un desplazamiento predeterminado para un filtro Doppler, en donde el desplazamiento predeterminado escala el eco parásito de alta frecuencia esperado de acuerdo con la relación esperada de un retorno de eco parásito de baja frecuencia procedente de un objeto de fondo al componente de eco parásito de alta frecuencia del mismo objeto.

de manera que puede ser descartado el residuo de eco parásito estimado en el componente del retorno de la primera celda de rango que está en la primera banda de frecuencia.

20 Comprendiendo además en la etapa d), calcular el residuo de eco parásito estimado determinando cuál de los componentes en la segunda banda de frecuencia tiene la magnitud máxima.

25 Por tanto el residuo de eco parásito estimado, p. ej. aquel que es residual en la primera banda de frecuencia como un resultado de la segunda banda de frecuencia, puede ser suprimido del componente de la primera banda de frecuencia de la primera celda. Por tanto estos retornos de eco parásito pueden tender a ser suprimidos de un procesamiento adicional que puede llevar a detecciones falsas. El residuo de eco parásito estimado ha sido derivado no sólo del componente de la segunda banda de la primera celda de rango sino también del residuo en los retornos de la segunda banda de frecuencia de una celda de rango cercana (es decir, la segunda celda de rango). En general, la primera celda de rango estará próxima a la segunda celda de rango. Como un resultado de este método, cuando los retornos de una segunda celda actúan para distorsionar los retornos de una primera celda, la distorsión tenderá a ser suprimida.

30 Este método puede comprender además una etapa a) recibir un retorno de una tercera celda de rango; en la etapa c) filtrar el retorno de la tercera celda de rango de acuerdo con la frecuencia para determinar un componente del retorno de la tercera celda de rango que está en la segunda banda de frecuencia; y en la etapa d) calcular adicionalmente a partir de III la magnitud del componente del retorno de la tercera celda de rango que está en la segunda banda de frecuencia, el residuo de eco parásito estimado en el componente del retorno de la primera celda de rango que está en la primera banda de frecuencia.

35 Considerando una tercera celda, la cual en general estará próxima a la primera celda de rango, tiende a incrementarse la probabilidad de obtener una estimación fiable del residuo de eco parásito. Esto es particularmente así donde una primera celda tiene sus retornos distorsionados por la influencia combinada de los retornos de una segunda y una tercera celdas de rango.

40 Dicha influencia combinada puede ser particularmente intensa donde la segunda celda de rango y la tercera celda de rango están inmediatamente próximas a y en cada lado de, la primera celda de rango.

En dichas situaciones, y en la ausencia de la presente invención, la influencia de los retornos de la segunda y tercera celdas pueden ser suficientes para provocar una detección falsa.

45 La segunda banda de frecuencia puede estar centrada en cero y como tal corresponder a un eco parásito de velocidad cero.

50 Dicha segunda banda de frecuencia (es decir, la banda de frecuencia que corresponde a un cambio de frecuencia cero) se supone que contiene la mayoría de los retornos de ecos parásito y así por tanto al calibrar la banda de filtro, se puede determinar cuáles celdas de rango contienen objetos no interesantes que pueden ser retornos influyentes de celdas cercanas.

En la etapa d), el método puede comprender sustraer el residuo de eco parásito de los componentes de la primera banda de frecuencia de la primera celda de rango. De esta manera, se puede suprimir la influencia de la celda cercana en la celda en cuestión.

5 En las etapas b) y c) la señal recibida puede ser filtrada utilizando al menos un filtro Doppler para obtener el componente en la primera banda de frecuencia y el componente en la segunda banda de frecuencia.

Dicha disposición permite que sean consideradas más de dos bandas de frecuencia cuando se determina el residuo de eco parásito. Esto tiende a mejorar la precisión de la estimación.

10 El residuo de eco parásito para cada celda de rango asociado con cada componente de frecuencia puede ser calculado de acuerdo con la siguiente ecuación: $\text{residuo}(k_n) = \max [\text{Señal}_o(r-N), \text{Señal}_o(r-(N-1)), \dots, \text{Señal}_o(r), \text{Señal}_o(r+(N-1)), \text{Señal}_o(r+N)] - \text{imp}(k_n)$ donde $\text{residuo}(k_n)$ es el residuo de eco parásito para un filtro k_n Doppler, la $\text{Señal}_o(r)$ es el componente de baja frecuencia de la señal para la celda r -ésima de rango, N es el número de celdas de rango a cada lado de la celda r de rango, que están referenciadas para calcular el residuo de eco parásito estimado en la celda r, e $\text{imp}(k_n)$ es un desplazamiento predeterminado para un filtro k_n Doppler.

15 Dicho algoritmo puede ser implementado fácilmente en un ordenador, una tarjeta de procesamiento de señal digital (DSP) o similar, de manera que se permite que sea practicado el método a la alta velocidad requerida.

En las etapas b) y c) la señal recibida puede, como una alternativa al filtrado Doppler, ser pasada a través de un filtro Indicador de Blancos Móviles (MTI).

20 Por tanto la presente invención no está limitada a utilizarse en sistemas de radar de pulso Doppler, en los que el número de bandas de frecuencia tiende a ser grande, sino que puede ser utilizado igualmente en un sistema de radar en el que el número de bandas de frecuencia es considerablemente más bajo. P. ej., el número de bandas de frecuencia puede ser tan bajo como dos (con un filtrado de paso alto y de paso bajo) tal y como sería el caso cuando se emplea un procesamiento de indicación de blancos móviles (MTI).

25 Entre la etapa a) y la etapa b) las señales recibidas pueden ser rotadas en fase. Por tanto, el método puede ser utilizado en una plataforma móvil sin que sean detectados de forma falsa los movimientos relativos entre la plataforma y los objetos estacionarios no interesantes que causan que se muevan los blancos.

En la etapa a) recibir una señal puede suponer recibir una ráfaga de señales.

30 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención se proporciona un producto de programa de ordenador que comprende un medio legible por ordenador, que tiene en el mismo medios de código de programa de ordenador, que cuando son cargados en un ordenador y ejecutados provocan que el ordenador implemente un método para detectar el retorno de eco parásito en un sensor de acuerdo con cualquiera de los métodos del primer aspecto de la invención.

Para una mejor comprensión de la presente invención, se describirá a continuación una realización, a modo de ejemplo, y con referencia a los dibujos adjuntos, de los cuales:-

La figura 1 es un diagrama de bloques que representa un procesador de señal de un sensor en un sistema de radar;

35 La figura 2 es un diagrama de bloques que representa un sistema de control de falsa alarma de acuerdo con la presente invención;

La figura 3a es un gráfico que representa la potencia de los retornos de baja frecuencia de un conjunto de celdas de rango consecutivas, una celda de rango que contiene un objeto A, una celda de rango que contiene un objeto B;

40 La figura 3b es un gráfico que representa la potencia de los retornos de alta frecuencia que han sido retornados por el objeto A;

La figura 3c es un gráfico que representa la potencia de los retornos de alta frecuencia que han sido retornados por el objeto B;

La figura 3d es un gráfico que representa la potencia de los retornos de alta frecuencia que han sido retornados por el objeto A y el objeto B;

45 La figura 4a es un gráfico que representa la potencia de los retornos de baja frecuencia que han sido retornados desde el objeto A;

La figura 4b es un gráfico que representa la potencia de los retornos de baja frecuencia que han sido retornados desde el objeto B;

La figura 4c es idéntica a la figura 3a, se reproduce para hacer más fácil la comparación con las figuras 4a, b y d y

La figura 4d es un gráfico que representa la potencia de los retornos de alta frecuencia que han sido retornados por la combinación del objeto A y del objeto B.

5 Con referencia a la figura 1, se muestra un sistema 100 de procesamiento de señal para un sensor en un sistema de radar de pulso Doppler, cuyo sistema 100 de procesamiento de señal recibe señales 1 de entrada y señales 52 de salida para el umbral.

El sistema 100 de procesamiento de señal comprende una unidad 10 receptora sensible a la fase, una unidad 20 de compensación de movimiento, una unidad 30 de filtrado Doppler, una unidad 40 de "complejo a logaritmo de módulo" y una unidad 50 de control de falsa alarma.

10 La unidad 10 receptora sensible a la fase está conectada de forma operativa a la unidad 20 de compensación de movimiento. La unidad 20 de compensación de movimiento está conectada de forma operativa a la unidad 30 de filtrado Doppler. La unidad de filtrado Doppler está conectada de forma operativa a la unidad 40 de "complejo a logaritmo de módulo". La unidad 40 de "complejo a logaritmo de módulo" está conectada de forma operativa a la unidad 50 de control de falsa alarma.

15 La unidad 50 de Control de Falsa Alarma (FAC) es mostrada con más detalle en la figura 2, donde se puede apreciar que la unidad 40 de complejo a logaritmo de módulo está conectada de forma operativa a un filtro 99 dentro de la unidad 50 FAC.

El filtro 99 está conectado de forma operativa a un divisor 66 de canal rápido y a un divisor 77 de canal lento.

El divisor 77 de canal lento está conectado a un CFAR (Tasa Constante de Falsas Alarmas) 62 de canal lento, el cual a su vez está conectado de forma operativa a un combinador 55.

20 El divisor 77 de canal lento está también conectado de forma operativa a un filtro 88 de canal lento. El filtro 88 de canal lento está conectado de forma operativa a una unidad 82 de calcular residuos de eco parásito de superficie previstos, la cual a su vez está conectada a un primer sumador 85.

Además, el filtro 88 de canal lento está conectado a una unidad 72 de calcular atenuación FAC, la cual está conectada de forma operativa a un segundo sumador 75.

25 El divisor 66 de canal rápido está conectado de forma operativa al primer sumador 85 y a un CFAR 92 de canal rápido. El CFAR 92 de canal rápido está además conectado de forma operativa al segundo sumador 75.

Ambos sumadores 85 y 75 están conectados de forma operativa a un comparador 95, cuyo comparador 95 está conectado al combinador 55.

30 En funcionamiento, los retornos, los cuales en esta realización son una ráfaga de señales 1 pulsadas recibidas, son introducidos a la unidad 10 receptora de fase sensitiva donde son "mezclados" para formar señales 12 de banda base, complejas, digitalizadas que comprenden componentes "reales" e "imaginarios" conocidos como I y Q respectivamente.

35 Los componentes 12 de señal de banda base digitalizados son después pasados a la unidad 20 de compensación del movimiento donde son procesados para compensar el movimiento de la plataforma y la antena. En particular los componentes 12 I y Q son rotados en fase de manera que forman componentes 22 de movimiento compensado. Esto es así para que los retornos de un blanco no fluctuante, que es estacionario con respecto a la superficie de la tierra, tengan la misma fase en cada pulso de una "ráfaga" coherente de pulsos.

40 Los componentes 22 de movimiento compensado son entonces introducidos en la unidad 30 de filtrado Doppler donde son filtrados por frecuencia en un número de banda de frecuencia mediante una serie de filtros Doppler (no mostrados) para formar componentes 32 filtrados. El número de bandas de frecuencia debe ser de al menos dos, pero en la mayoría de los sistemas de radar de pulso Doppler, el número de bandas de frecuencia excede a 4.

Después del filtrado, los componentes 32 son convertidos a valores 42 de módulo de logaritmo utilizando la ecuación:

Ecuación 1

45
$$\text{Logmod} = \alpha \cdot \log_{\beta} (I^2 + Q^2)$$

donde α y β son constantes elegidas de acuerdo con la práctica conocida para ser consistentes con el resto del procesador de señal.

Los valores 42 incluyen los valores de módulo de logaritmo para cada canal de filtro Doppler.

50 Los valores 42 son después pasados a la unidad 50 de control de falsa alarma donde son procesados para proporcionar señales 52 de salida, que pueden ser comparadas con un valor umbral fijo o constante para detección.

Tal y como se puede apreciar de la figura 2, en la unidad de control 50 de falsa alarma las señales 42 de salida del módulo de logaritmo están dispuestas en cuatro canales (60, 70, 80, 90) de acuerdo con su banda de frecuencia asociada y el filtro Doppler.

Las señales 42 de salida son divididas en el filtro 99 en un canal 90 rápido y un canal 60 lento.

- 5 El canal 90 rápido es introducido en el CFAR 92 rápido y en el primer sumador 85. El CFAR 92 rápido utiliza algoritmos CFAR conocidos para generar una salida 921 que es introducida en el segundo sumador 75.

El canal 60 lento es duplicado en el divisor 77 para formar dos ramas.

- 10 Una de las ramas de canal 60 lento es introducida en el CFAR 62 lento. Las señales de entrada son procesadas mediante el CFAR 62 lento utilizando algoritmos CFAR conocidos para producir señales 64 de salida indicativas de los filtros de canal lento.

La otra rama de canal 60 lento es dividida en el filtro 88 para formar un canal 80 nulo (que comprende las señales de filtros Doppler nulos) y un canal 70 no nulo (que comprende las señales de los filtros Doppler no nulos).

- 15 El canal 80 de Doppler nulo es introducido en un procesador 82 para calcular los residuos de eco parásito de superficie predichos. El procesador 82 está conectado de forma operativa al primer sumador 85. En el primer sumador 85 los residuos de eco parásito son sustraídos de las señales en el canal 90 rápido para proporcionar una entrada al comparador 95.

- 20 El canal 70 no nulo es introducido en un procesador 72 para calcular un conjunto de atenuaciones de Corrección de Falsa Alarma (FAC). El procesador 72 está conectado de forma operativa a un segundo sumador 75. El segundo sumador 75 sustrae la salida 721 del procesador 72 de la salida 921 del CFAR 92 rápido para proporcionar una entrada 751 adicional al comparador 95.

- 25 Normalmente, excepto en condiciones de tiempo extremo excepcionales, los ecos no deseados o "eco parásito" del entorno tal como la superficie de la tierra o precipitaciones de tiempo estarán contenidos dentro de un pequeño número de filtros Doppler. En particular, el "eco parásito" estará contenido dentro de filtros Doppler con bandas de paso en, o cerca de, Doppler nulo. Los filtros con dichas bandas de paso son elegidos por el canal 60 lento. El canal 90 rápido contendrá todos los demás filtros.

El procesador 100 hace dos estimaciones del fondo de eco parásito en los canales rápidos de cada celda de rango. La primera estimación es la salida del sumador 85, siendo la segunda la salida del sumador 75.

El comparador 95 toma la más baja de las dos entradas, del primer sumador 85 y del segundo sumador 75, para proporcionar una señal 97 de salida indicativa de los filtros de canal rápido.

- 30 La primera estimación del fondo de eco parásito en el canal 90 rápido es por lo tanto calculada utilizando la intensidad de señal (en una celda de rango dada) del filtro Doppler centrado en (o el más cercano a) el Doppler nulo (referido más abajo como filtro Doppler 0). La primera estimación es una estimación de residuos de "eco parásito" de superficie (y pueden bien caer por debajo del nivel de ruido).

- 35 El modo en que se estiman los residuos de eco parásito de superficie determina cómo funciona la invención. En la solicitud PCT/GB2008/050663 anterior del solicitante, los residuos de "eco parásito" de superficie son calculados para cada celda de rango, y utilizando el valor de módulo de logaritmo del filtro Doppler 0, se puede calcular un conjunto (uno para cada filtro de canal rápido de pulso Doppler) de valores de residuos de "eco parásito" predichos (peor caso), de acuerdo con la siguiente ecuación

Ecuación 2 – Técnica anterior

40
$$\begin{aligned} \text{residuo}_k &= \text{Señal}_0 - \text{imp}_k && \text{si } \text{Señal}_0 > \text{imp}_k \\ &= 0 && \text{de lo contrario} \end{aligned}$$

donde k es el número de filtro de canal rápido;

Señal_0 es el módulo de logaritmo de la amplitud de señal en el filtro 0; y

- 45 imp_k es el logaritmo (derivado asumiendo el mismo α y β como más arriba) del factor de mejora de "eco parásito" de superficie (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 de una fuente de eco parásito).

En el documento PCT/GB2008/050663, la ecuación 2 es implementada en un procesador en una posición equivalente en arquitectura al procesador 82.

Sin embargo el inventor ha encontrado al menos una situación en la que el funcionamiento de la ecuación 2 en conjunción con el primer sumador 85 no puede inhibir las detecciones falsas de una forma efectiva. Dicha situación se ha representado en las figuras 3a-d y 4a-d.

5 Las figuras 3a-d son gráficos que representan los retornos en varias frecuencias de un conjunto de celdas 202, 204, 206, 208, 210 y 212 de rango consecutivas.

La celda 204 de rango contiene un objeto de fondo generalmente estático, objeto A. La celda 206 de rango más allá de la celda 204 de rango no contiene objeto, y la celda 208 de rango más allá de la celda 206 de rango contiene otro objeto de fondo generalmente estático, objeto B. Tanto el objeto A como el objeto B proporcionan retornos fuertes. No hay otros objetos en las celdas 202, 210 y 212 de rango próximas.

10 Tal y como se puede apreciar en la figura 3a, la cual representa una ráfaga de retornos en los filtros de canal lento (p. ej., el canal 60 lento en la figura 2) hay distintos picos asociados con las celdas 204, 208 de rango en las cuales están situados realmente los objetos A y B. El retorno 216 de canal lento asociado con la celda 206 de rango aparece insignificante (particularmente en comparación con los retornos asociados con las celdas 204 y 208 adyacentes), lo cual es como se esperaba, dado que no hay un objeto real en la celda 206 de rango.

15 Sin embargo, con referencia la figura 3d, los retornos en los filtros de canal rápido muestran un pico 226 asociado con la celda 206 de rango. No hay objeto o blanco en esta celda de rango, y por tanto el pico 226 es inesperado. Además, el funcionamiento combinado del algoritmo de la ecuación 2 con el primer sumador 85 no tenderá a suprimir este retorno debido a que el retorno 226 de alta frecuencia (en el canal 90 rápido) es insuficientemente menor que (y en este ejemplo es mayor que) el retorno 216 de baja frecuencia en la celda 206. Esta falta de supresión del retorno 226 puede llevar a una detección falsa.

20 El inventor ha determinado que el pico 226 puede ser explicado mediante al menos dos fenómenos.

25 El primero de estos fenómenos puede entenderse mejor con referencia a la figura 3b la cual, para simplicidad de demostración de este primer fenómeno, muestra un gráfico de los retornos de canal rápido asociados con el objeto A sólo. Incluso si el objeto A es generalmente estático, hay retornos de baja potencia en el canal rápido asociado con la celda de rango cuyo objeto A ocupa (tal y como se mencionó anteriormente, dichos retornos de canal rápido pueden ser explicados por impurezas en la señal transmitida y/o por fluctuaciones en el objeto iluminado). Sin embargo, los retornos de canal rápido asociados con el objeto A son "difuminados" en las celdas 202, 206 y 208 de rango adyacentes como consecuencia de la acción de los filtros receptores en el sensor 100. Ejemplos de dichos filtros receptores podrían incluir filtros de paso de banda y filtros de compresión de pulso.

30 La difuminación de los retornos de alta frecuencia del objeto A puede que no sea suficiente para establecer un pico de alta frecuencia suficientemente grande en la celda 206 de rango. Sin embargo, tal y como muestra la figura 3c, un efecto de difuminación similar está ocurriendo como resultado de los retornos de alta frecuencia asociados con el objeto B.

35 Puede ser apreciado por lo tanto que es el efecto combinado de la difuminación de los retornos de alta frecuencia de ambos objetos A y B el que establece un pico de alta frecuencia en la celda 206 de rango que interviene.

El otro fenómeno en virtud del cual puede suceder un pico tal como el pico 326 en los retornos de alta frecuencia de una celda vacía tal como la celda 206 de rango, surge como un resultado de la interferencia entre los retornos de los objetos A y B. Este fenómeno es explicado con referencia a las figuras 4a-d.

40 Tal y como se muestra en la figura 4a, los retornos de baja frecuencia asociados con el objeto A pueden contener componentes que parece que han sido retornados de una celda 206 adyacente. De una manera similar, los retornos de baja frecuencia asociados con el objeto B pueden contener componentes que parece que han sido retornados de una celda adyacente, véase la figura 4b. Este efecto de "difuminación" particular puede ser debido que o bien a) el blanco está cerca de los límites entre las celdas 204 y 206 de rango adyacentes o bien b) como resultado del filtrado del receptor, la respuesta de los componentes de baja frecuencia del blanco ha sido extendida a través de más de una celda de rango o bien c) el ancho de banda nominal de las señales de un blanco es menor que la relación de
45 celda de rango o bien d) una combinación de cualquiera o todos de a) a c).

Sin embargo, cuando ambos objetos A y B son iluminados, los retornos de baja frecuencia pueden tender a interferir, de forma destructiva, entre sí, de manera que cancelan los retornos de baja frecuencia de celdas de rango adyacentes que aparecen cuando sólo son iluminados A o B.

50 Los retornos de alta frecuencia de una iluminación o bien del objeto A sólo o bien del objeto B sólo incluirán también retornos que parece que han venido de una celda adyacente.

Sin embargo, al contrario de los retornos de baja frecuencia, cuando los objetos A y B son iluminados, los retornos de alta frecuencia no pueden interferir, de forma destructiva, entre sí y por tanto permanecerá el pico en la celda 206. De nuevo, un funcionamiento combinado del algoritmo de la Ecuación 2 en el procesador 82 con el primer

sumador 85 no tenderá a suprimir este retorno debido a que el retorno 326 de alta frecuencia es insuficientemente menor que (y en este ejemplo es mayor que) el retorno 216 de baja frecuencia en la celda 206.

Para mitigar las detecciones falsas que estos fenómenos tienden a conducir, el procesador 82 calcula los residuos de eco parásito como sigue:-

5 **Ecuación 3**

$$residuo(k_n) = \max [Señal_0(r-N), Señal_0(r-(N-1)), \dots, Señal_0(r-1), Señal_0(r), Señal_0(r+1), \dots, Señal_0(r+(N-1)), Señal_0(r+N)] - imp(k_n)$$

donde $residuo(k_n)$ es el residuo de eco parásito para el filtro k_n Doppler

$Señal_0$ es el componente de baja frecuencia de la señal para la celda $r^{j-ésima}$ de rango,

10 N es el número de celdas de rango, a cada lado de la celda r de rango, que están referenciadas para calcular el residuo de eco parásito estimado en la celda r , por ejemplo donde $N=2$, $residuo(k_n) = \max [Señal_0(r-2), Señal_0(r-1), Señal_0(r), Señal_0(r+1), Señal_0(r+2)] - imp(k_n)$, e

$imp(k_n)$ es el desplazamiento predeterminado para un filtro k_n Doppler.

15 Al tomar el valor de eco parásito de baja frecuencia máximo de una “captura” de celdas de rango próximas y después desplazar mediante el parámetro $imp(k_n)$, se puede determinar una estimación para el residuo de eco parásito. Esta estimación de residuo de eco parásito puede ser entonces sustraída (en el sumador 85) de los canales de filtro rápidos para ayudar a contrarrestar el efecto de difuminación y la interferencia que sucede entre celdas adyacentes.

20 Por ejemplo, en las figuras 3a-d y 4a-d, la celda $r^{j-ésima}$ es la celda 206 de rango, la celda $(r+1)^a$ es la celda 208 de rango y la celda $(r-1)^a$ es la celda 204 de rango.

Como en la solicitud PCT/GB2008/050663, el parámetro $imp(k_n)$ de desplazamiento escala el eco parásito de alta frecuencia esperado de acuerdo con la relación esperada de un retorno 214 de eco parásito de baja frecuencia de un objeto de fondo (tal como A) al componente 224 de eco parásito de alta frecuencia del mismo objeto.

25 La segunda estimación 751 del eco parásito de fondo en el canal 90 rápido de la celda de rango en cuestión es calculada, en primer lugar, considerando las celdas de rango alrededor de la celda de rango en el filtro 90 de canal rápido. Este eco parásito de fondo es estimado utilizando un algoritmo CFAR conocido (es decir, en el CFAR 92 rápido) o una técnica de promediado de fondo similar que estime el nivel de eco parásito de fondo para cada celda de rango promediando simplemente las señales en celdas cercanas.

30 Sin embargo, la estimación del eco parásito de fondo es modificada para controlar falsas alarmas en presencia de un “eco parásito” de movimiento rápido, “eco parásito” anómalo, o “eco parásito” con características espectrales extrañas, añadiendo un desplazamiento, es decir en la atenuación FAC, al fondo (en el dominio de logaritmo) basándose en la intensidad en las señales de canal 70 no nulo.

35 Las atenuaciones 721 FAC son calculadas en el procesador 72, para cada celda de rango, encontrando el valor de módulo de logaritmo más grande en el canal 70 no nulo en la ráfaga y comparando ese valor a un umbral de rango invariable. Si el umbral es excedido, se calcula un conjunto de valores 721 de atenuación (uno para cada filtro de canal rápido en la ráfaga) utilizando el exceso (módulo de logaritmo menos umbral) multiplicado por un factor de escala para indexar un conjunto de tablas de valores de atenuación. Si el umbral no es excedido, todas las atenuaciones 721 en el conjunto para la ráfaga son cero.

40 Hay una tabla de atenuación separada para cada filtro de canal no nulo, y para cada combinación de filtro de canal rápido. El filtro de canal no nulo utilizado en la elección de la tabla de atenuación es el filtro que contiene el valor más grande. La elección de filtro de canal lento es inmaterial en los casos en los que sucede el valor más grande en más de un filtro.

45 Las atenuaciones 721 calculadas en el procesador 72 son aplicadas a los datos del módulo de logaritmo después del CFAR rápido en el canal 90 rápido. La atenuación 721 es sustraída de la salida 921 del CFAR 92 rápido. Hay una atenuación separada para cada celda de rango y para cada filtro.

Después de aplicar las atenuaciones 721 de control de falsa alarma en los filtros de canal rápido de pulso Doppler, el valor 751 resultante es comparado con la salida 851 del primer sumador 85 (es decir, la diferencia entre el canal 90 rápido/ la entrada CFAR y el residuo de eco parásito de superficie predicho). El valor más bajo es elegido como la salida 97 de logaritmo de control posterior a la falsa alarma.

50 En otras palabras, para cada filtro de canal rápido y cada celda de rango, se generan dos estimaciones diferentes y de fondo de “eco parásito”. La mayor de estas es sustraída (en el dominio de logaritmo) de la señal en la celda de rango en cuestión.

- 5 Expresado como una ecuación donde $cfar_entrada(k)$ corresponde a las señales en canales 90 (es decir, la entrada al CFAR 92 rápido), $residuo_k$ corresponde a la salida 821 del procesador 82 (es decir, los residuos de “eco parásito” de superficie previstos), $cfar_salida(k)$ corresponde a la salida 921 del CFAR 92 rápido $fac_aten(k)$ corresponde a la salida 721 del procesador 72 (es decir, los valores de atenuación de control de falsa alarma) y $fac_salida(k)$ corresponde a la salida 97 del comparador 95 (es decir, la salida resultante de la unidad 50 de control de falsa alarma de baja pérdida), entonces para el número k de filtro de canal rápido en una celda de rango y ráfaga, la interrelación entre los canales rápido, lento y no nulo en el cálculo de la salida del comparador 95 es:

Ecuación 4

$$fac_salida(k) = MIN [(cfar_salida(k) - fac_aten(k)) , (cfar_entrada(k) - residuo_k)]$$

- 10 Se pueden emplear también equivalentes y modificaciones no descritas anteriormente sin alejarse del alcance de la invención, el cual está definido en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para detectar un retorno de eco parásito en un sensor, en particular un sistema de radar, comprendiendo el método:-
- a) recibir una señal que comprende
- 5 un retorno de una primera celda (206) de rango y un retorno de una segunda celda (208) de rango;
- b) filtrar el retorno de la primera celda (206) de rango de acuerdo con la frecuencia para determinar: un componente (226) del retorno de la primera celda (206) de rango que está en una primera banda de frecuencia y un componente (216) del retorno de la primera celda (206) de rango que está en una segunda banda de frecuencia,
- 10 c) filtrar el retorno de la segunda celda (208) de rango de acuerdo con la frecuencia para determinar un componente (218) del retorno de la segunda celda (208) de rango que está en la segunda banda de frecuencia,
- d) calcular a partir de:
- I la magnitud del componente (216) del retorno de la primera celda (206) de rango que está en la primera banda (206) de frecuencia; y
- 15 II la magnitud del componente (218) del retorno de la segunda celda (208) de rango que está en la segunda banda de frecuencia,
- un residuo de eco parásito estimado en el componente (226) del retorno de la primera celda (206) de rango que está en la primera banda de frecuencia,
- 20 dicho residuo de eco parásito estimado obtenido tomando un valor de eco parásito de baja frecuencia máximo de una captura de celdas de rango próximas y entonces desplazando mediante un parámetro de un desplazamiento predeterminado para un filtro Doppler,
- en donde el desplazamiento predeterminado escala el eco parásito de alta frecuencia esperado de acuerdo con la relación esperada de un retorno de eco parásito de baja frecuencia desde un objeto de fondo al componente del eco parásito de alta frecuencia del mismo objeto.
- 25 de manera que puede ser descartado el residuo de eco parásito estimado en el componente (226) del retorno de la primera celda (206) de rango que está en la primera banda de frecuencia.
- caracterizado en donde, además comprende en la etapa d), calcular el residuo de eco parásito estimado determinando cuál de los componentes en la segunda banda de frecuencia tiene la magnitud máxima.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende además:-
- 30 en la etapa a) recibir un retorno de una tercera celda de rango;
- en la etapa c) filtrar el retorno de la tercera celda de rango de acuerdo con la frecuencia para determinar un componente del retorno de la tercera celda de rango que está en la segunda banda de frecuencia; y
- en la etapa d) calcular a partir de
- 35 III la magnitud del componente del retorno de la tercera celda de rango que está en la segunda banda de frecuencia,
- el residuo de eco parásito estimado en el componente (226) del retorno de la primera celda (206) de rango que está en la primera banda de frecuencia.
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la segunda celda (208) de rango y la tercera celda de rango están inmediatamente próximas a, y a cada lado de, la primera celda (206) de rango.
- 40 4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, 2 o 3, en donde la segunda banda de frecuencia está centrada en cero y como tal corresponde a un eco parásito de velocidad nula.
5. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes que comprende además en la etapa d), sustraer el residuo de eco parásito de los componentes de la primera banda de frecuencia de la primera celda de rango.

6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde en las etapas b) y c) la señal recibida es filtrada utilizando al menos un filtro Doppler para obtener el componente en la primera banda de frecuencia y el componente en la segunda banda de frecuencia.

5 7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, en donde el residuo de eco parásito para cada celda de rango asociado con cada componente de frecuencia es calculado de acuerdo con la siguiente ecuación

$$\text{residuo}(k_n) = \max [\text{Señal}_0(r-N), \text{Señal}_0(r-(N-1)), \dots, \text{Señal}_0(r), \dots, \text{Señal}_0(r+(N-1)), \text{Señal}_0(r+N)] - \text{imp}(k_n)$$

donde

$\text{residuo}(k_n)$ es el residuo de eco parásito para el filtro k_n Doppler

$\text{Señal}_0(r)$ es el componente de baja frecuencia de la señal para la celda $r^{j\text{-ésima}}$ de rango,

10 N es el número de celdas de rango, a cada lado de la celda r de rango, que está referenciada para calcular el residuo de eco parásito estimado en la celda r ,

$\text{imp}(k_n)$ es el desplazamiento predeterminado para un filtro k_n Doppler.

8. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde en las etapas b) y c) la señal recibida es pasada a través de un filtro Indicador de Blancos Móviles (MTI).

15 9. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde, entre la etapa a) y la etapa b) las señales recibidas son rotadas en fase.

10. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde en la etapa a) recibir una señal supone recibir una ráfaga de señales.

20 11. Un producto de programa de ordenador que comprende un medio legible por ordenador, que tiene en el mismo medios de código de programa de ordenador que cuando son cargados en un ordenador y ejecutados provocan que el ordenador implemente un método de detección de un retorno de eco parásito en un sensor, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

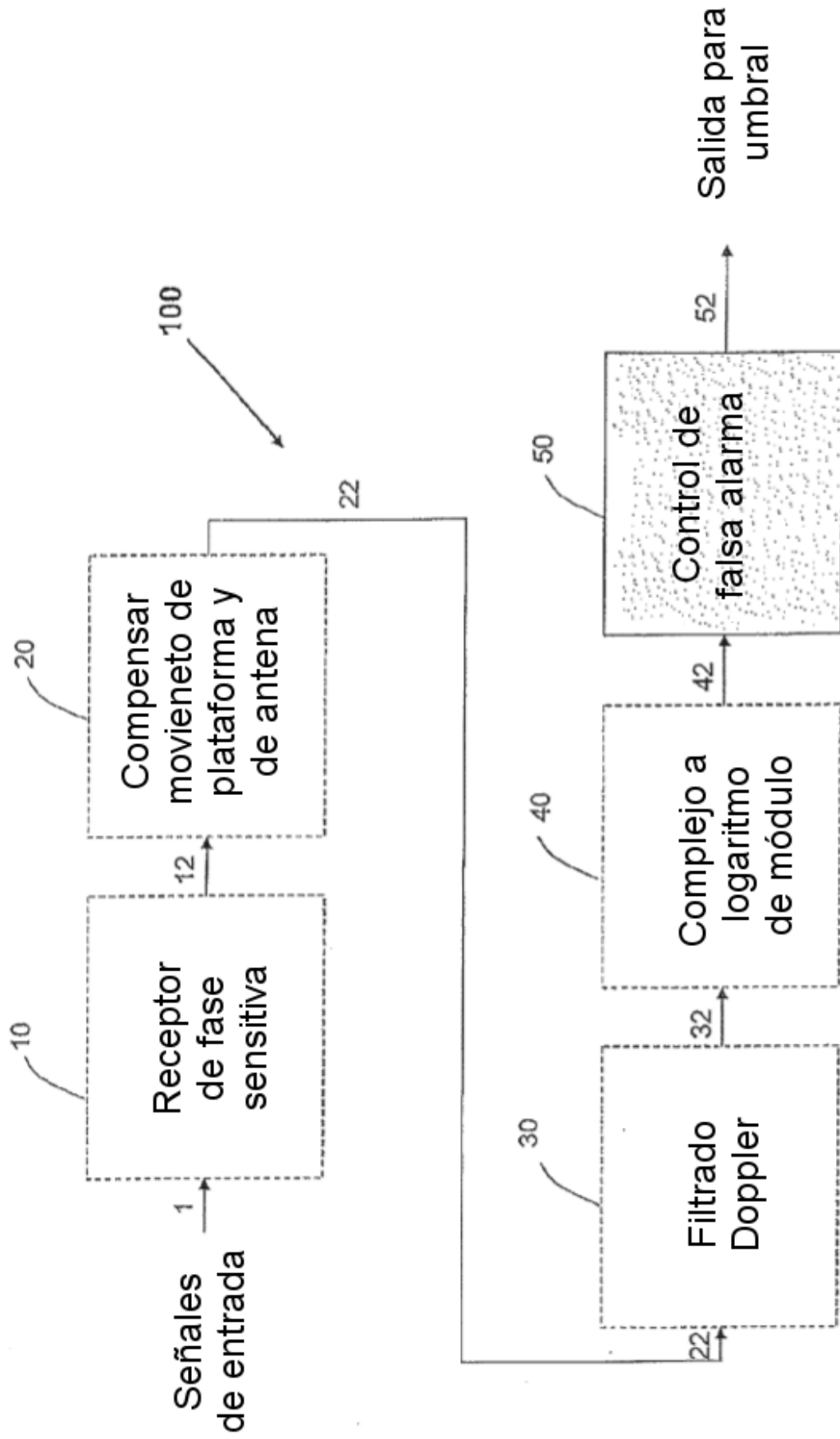


FIG. 1

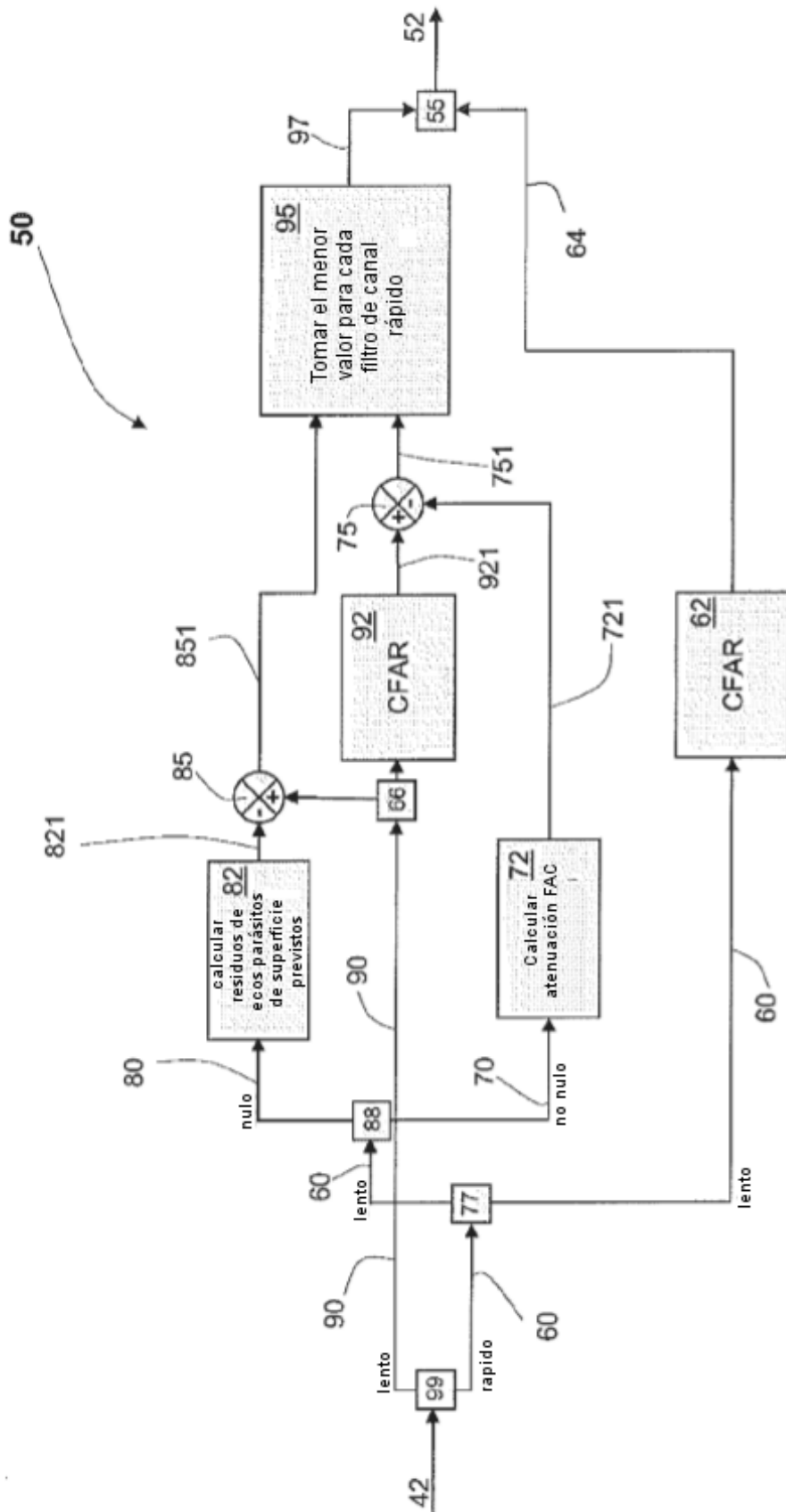


FIG. 2

Objetos A y B

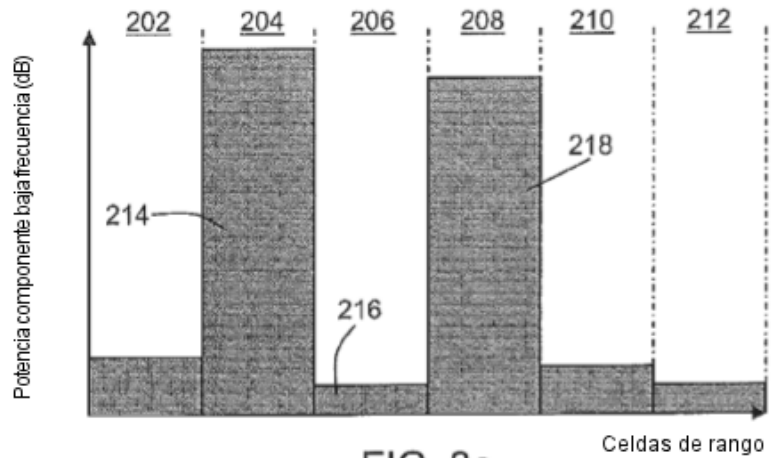


FIG. 3a

Objeto A solo
Componentes de alta frecuencia
difusos por filtros

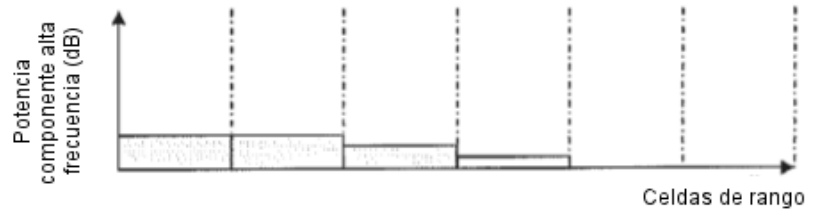


FIG. 3b

Objeto B solo
Componentes de alta frecuencia
difusos por filtros

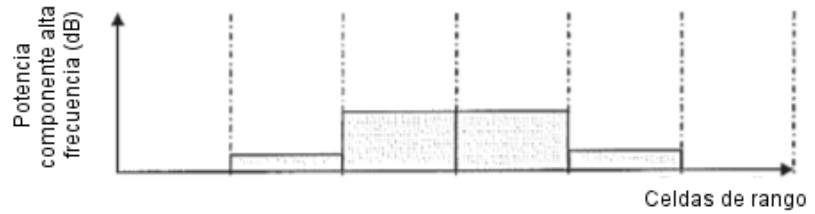


FIG. 3c

Objetos A y B
Componentes de alta frecuencia
difusos por filtros

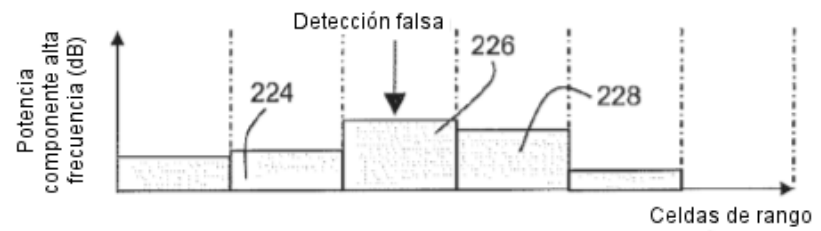
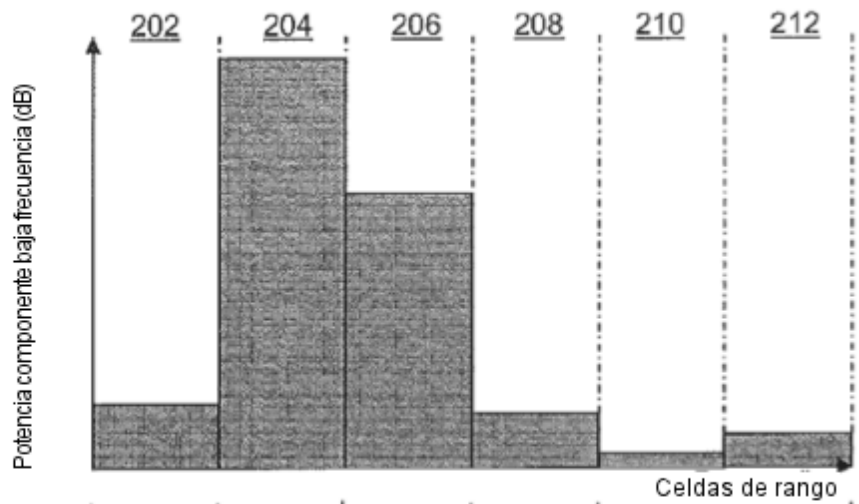


FIG. 3d

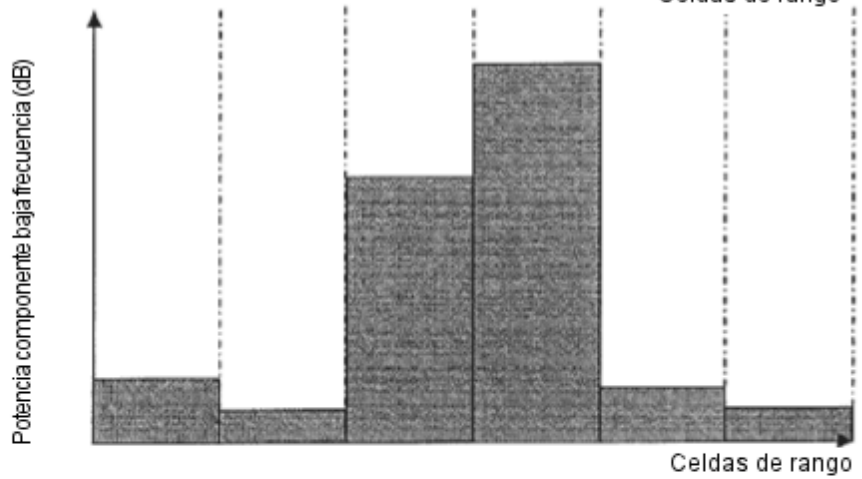
Objeto A solo

FIG. 4a



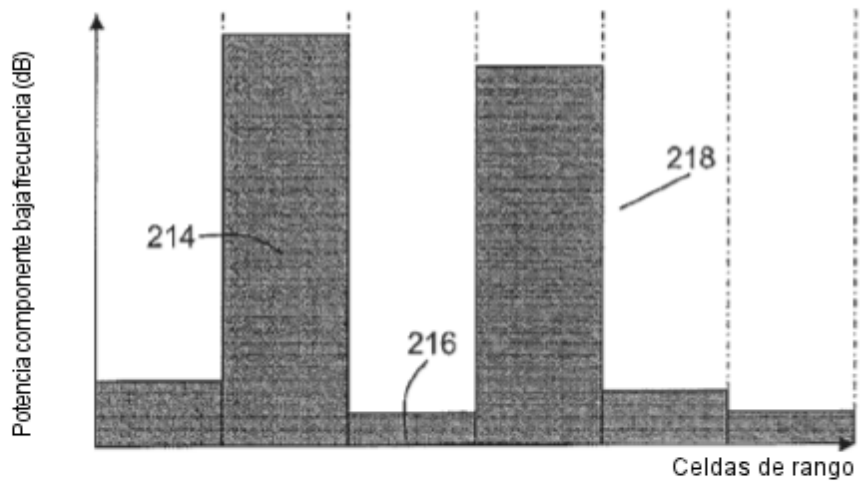
Objeto B solo

FIG. 4b



Objetos A y B

FIG. 4c



Objetos A y B

FIG. 4d

