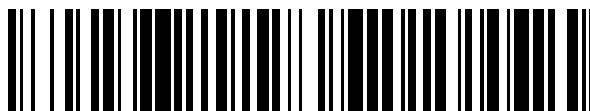


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 427 739**

51 Int. Cl.:

G01S 7/41 (2006.01)

G01S 13/524 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2010 E 10709037 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2013 EP 2406657**

54 Título: **Sensor para determinar una velocidad**

30 Prioridad:

11.03.2009 GB 0904149
11.03.2009 EP 09250680

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.10.2013

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

EDWARDS, PHILIP TREVELYAN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 427 739 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

Sensor para determinar una velocidad

- 5 La siguiente invención se refiere a un sensor y a un método para determinar si una señal recibida ha sido devuelta bien por un objeto que se mueve a una velocidad umbral o superior o por un objeto a menor velocidad. En concreto, la invención puede ser implementada en un sistema de radar, y por tanto la invención se refiere además a un sistema de radar que incorpora el sensor.
- 10 Es bien conocido en los sistemas de telemetría y detección, tales como el radar, que una señal transmitida para detectar un blanco puede ser devuelta por otro objeto. Señales devueltas por un objeto distinto al blanco, conocidas como "ruido parásito", son generalmente indeseables por diversas razones. Tal sistema se divulga en el documento US 3.727.224A.
- 15 En primer lugar, el eco parásito puede hacer que la señal devuelta por el blanco tenga menor probabilidad de ser detectada y de tal modo puede impedir que el blanco sea detectado.
- En segundo lugar, el eco parásito puede ser interpretado falsamente por un sistema de radar como devuelto por un blanco. Por conveniencia, las señales devueltas desde blancos pueden denominarse en lo que sigue como ecos del blanco. Además, a lo largo de esta descripción, se utiliza el término "falsa alarma" para referirse a la situación en la que un eco parásito es procesado por el sistema de radar como si fuera un eco del blanco. En general, una falsa alarma puede ser provocada asimismo por una interferencia electromagnética, radiación de fondo o ruido del receptor, aunque esta invención se refiere concretamente a falsas alarmas provocadas por un eco parásito.
- 20 Las falsas alarmas no son deseables, ya que un sistema de radar tiene una cantidad finita de recursos, tales como potencia de procesamiento y tiempo, con los cuales realizar diversas operaciones. Esta escasez se ve exacerbada en sistemas de radar que tienen una antena de barrido electrónico (tales como un sistema de antenas en fase) que realiza tanto las operaciones de barrido como de seguimiento y debe por tanto compartir los recursos adecuadamente entre las operaciones de barrido y seguimiento. Además, esta escasez se ve exacerbada cuando el radar está destinado a seguir y monitorizar blancos a alta velocidad.
- 25 Por ejemplo, en muchos sistemas de radar, la detección de un eco de un blanco iniciará automáticamente una operación de seguimiento tal como un "intervalo", que es un aumento en el tiempo empleado en una cierta dirección de haz con el fin de transmitir pulsos adicionales hacia la celda o celdas de telemetría relevantes. Sin embargo, en muchos sistemas de radar, una falsa alarma conduciría asimismo a tal operación. Así pues, el procesamiento del eco parásito como si fuera un eco del blanco sustrae recursos disponibles para su uso en operaciones que puedan merecer genuinamente más recursos. Así pues, las falsas alarmas inhiben la capacidad del sistema de radar.
- 30 Para reducir la probabilidad de que un eco parásito sea interpretado como un eco del blanco, se pueden implementar sensores tales como procesadores con indicación de blancos móviles (MTI) en la lógica de procesamiento de señal de sistemas de radar.
- 35 Son conocidos diversos MTI y estos tienden a trabajar asumiendo en primer lugar que la velocidad del blanco es sustancialmente superior a cero, y en segundo lugar que la velocidad del objeto que devuelve el eco parásito, que puede denominarse en lo que sigue como el objeto a menor velocidad, es cero o próxima a cero. El eco del blanco puede distinguirse del eco parásito en base al corrimiento Doppler relativo de las señales de eco respectivas. Consecuentemente, un MTI emplea típicamente un filtro de supresión de banda único sintonizado para atenuar cualquier eco a frecuencias que corresponden a velocidades próximas a cero y a velocidad cero. Tales filtros pueden ser denominados comúnmente como "filtros Doppler".
- 40 En aplicaciones en las que las velocidades de objetos de menor velocidad sean cercanas a cero, el uso de un único MTI que comprende un único filtro de supresión de banda puede ser suficiente; la mayor parte del eco parásito procede a menudo de objetos estáticos tales como montañas, u objetos a velocidad próxima a cero tales como nubes, y tal eco parásito puede ser descartado de modo seguro.
- 45 Sin embargo, el eco parásito puede ser devuelto asimismo por una clase concreta de objetos a menor velocidad, clase que en lo que sigue se denominará como objetos de velocidad intermedia, que tienen una velocidad lo suficientemente mayor que cero (de modo que sus ecos no son descartadas por un MTI típico) aunque menor que la velocidad probable de un blanco que deba ser seguido.
- 50 Objetos a velocidad intermedia pueden ser interpretados falsamente por el sistema de radar como blancos, y consecuentemente los ecos asociados pueden consumir inadecuadamente recursos del radar.
- 55 Aunque puede ser posible sintonizar el filtro de supresión de banda para descartar señales devueltas por objetos a velocidad intermedia, o utilizar una pluralidad de filtros para conseguir el mismo efecto, tal estrategia de procesamiento puede ser desventajosa ya que, generalmente, cuanto más señal se desecha la probabilidad de fracasar en la detección de un blanco válido aumenta.
- 60
- 65

Dado que no es deseable descartar ecos de objetos a velocidad intermedia, distinguir válidamente entre un blanco y un objeto a velocidad intermedia se hace todavía menos probable si el objeto a velocidad intermedia tiene una sección transversal de radar (RCS) similar en comparación con una RCS de la entidad blanco.

5 Las técnicas para establecer umbrales de radar conocidas (por ejemplo, comparar la intensidad de un eco procedente de una celda bajo inspección con la intensidad promedio de los ecos de celdas de referencia que rodean a la celda bajo inspección) no son adecuadas para identificar un blanco en medio de un conjunto de objetos a velocidad intermedia si tanto el blanco como el objeto a menor velocidad tienen RCS similares. Así pues, se puede apreciar que si los ecos del
10 objeto a velocidad intermedia no pueden ser distinguidos de los ecos del blanco ya sea por el MTI o por el procesador para establecer umbrales del radar, entonces los ecos procedentes de objetos a velocidad intermedia pueden ser particularmente difíciles de gestionar en un sistema de radar.

15 Así pues, es un objeto de la presente invención proporcionar un aparato y un método que puedan tender a mitigar al menos una de las desventajas de las técnicas de MTI y de establecimiento de umbrales anteriormente mencionadas. En concreto, el aparato y el método de la invención tienen como objetivo proporcionar un modo mejorado de detectar un blanco en medio de objetos a velocidad intermedia, teniendo la entidad de blanco y los objetos a velocidad intermedia RCS similares.

20 De acuerdo con un primer aspecto de la invención se proporciona un sensor para detectar si una señal recibida ha sido devuelta bien desde un objeto que se mueve a una velocidad umbral o por encima de la misma, o desde un objeto que se mueve a una velocidad menor, comprendiendo el sensor: a) unos primeros medios de procesamiento que comprenden un filtro de ranura de banda estrecha, estando configurados los medios de procesamiento para recibir una señal de entrada derivada de la señal recibida y generar una salida de banda ancha; b) unos segundos medios de
25 procesamiento que comprenden un filtro de ranura de banda ancha, estando configurados los medios de procesamiento para recibir la señal de entrada y generar una salida de banda estrecha; c) un comparador configurado para recibir: i) la salida de banda estrecha y ii) la salida de banda ancha, en el que el comparador puede generar una señal de bandera para indicar la presencia de un objeto que se mueve a una velocidad menor si se determina que la salida de banda estrecha es menor que la salida de banda ancha.

30 Una ventaja de esta invención es que puede ser implementada fácilmente en sensores existentes, tales como unos medios de procesamiento de señal en un sistema de radar, añadiendo y conectando adecuadamente los segundos medios de procesamiento y el comparador.

35 Una ventaja adicional es que el sensor puede proporcionar dos salidas, en primer lugar una salida derivada del filtro de ranura estrecha, y en segundo lugar la salida del comparador, para su procesamiento adicional en el sistema de radar y en concreto en unos medios de procesamiento posterior a la detección del sistema de radar. Cada una de estas salidas proporciona información relativa al objeto que ha devuelto la señal recibida. Beneficiosamente, al proporcionar dos salidas para su análisis, se puede inferir más información acerca de la velocidad del objeto y más información acerca de
40 la naturaleza del objeto. Por ejemplo, se puede presumir que un objeto a alta velocidad es hostil.

Los medios de procesamiento primero y segundo pueden estar contenidos en unos medios de procesamiento consolidados tales como un microprocesador. Alternativamente, los medios de procesamiento pueden ser proporcionados en procesadores distintos.

45 El comparador puede estar conectado directamente al filtro de banda estrecha y de banda ancha. Alternativamente, el comparador puede estar conectado al filtro a través de una cadena de medios de procesamiento que incluyen, por ejemplo, un procesador de relación constante de falsa alarma (CFAR).

50 El sensor puede comprender además un filtro de establecimiento de umbrales en conexión funcional con el filtro de ranura estrecha y adecuado para su conexión funcional con unos medios de procesamiento posterior a la detección, estableciendo el filtro de establecimiento de umbrales un umbral de detección y descartando así las salidas derivadas del filtro de ranura de banda estrecha si la magnitud de la salida derivada del filtro de ranura de banda estrecha está por debajo del umbral de detección.

55 Así pues, el umbral de detección puede ser calibrado para descartar señales de salida que correspondan a objetos a velocidad cero y a velocidad próxima a cero. Así pues, el sensor tenderá a descartar la mayor parte del eco parásito, cuando la mayor parte del eco parásito tienda a tener una velocidad cero o próxima a cero, por ejemplo cuando la mayoría proviene de nubes u otros objetos estáticos. Más concretamente, es el funcionamiento combinado del filtro de ranura estrecha (que atenúa ecos de objetos a baja velocidad) y el procesador de umbral de detección lo que se puede
60 utilizar para tender a proporcionar una salida libre de eco parásito. Además, la salida del comparador (esto es, la señal de bandera) puede indicar si es probable que la salida libre de eco parásito contenga ecos de un objeto a velocidad intermedia.

65 Conectando de modo funcional el filtro de establecimiento de umbrales con los medios de procesamiento posterior a la detección del sistema de radar, y pasando la salida del filtro de establecimiento de umbrales a los medios de

procesamiento posterior a la detección, los recursos de procesamiento de los medios de procesamiento posterior a la detección no serán malgastados analizando tal eco parásito. Así pues, la salida derivada del filtro de ranura estrecha puede ser procesada por el sistema de radar para minimizar el uso de recursos de procesamiento, ya que la mayor parte del eco parásito ha sido retirado y por tanto no puede por sí mismo conducir a falsas alarmas.

5 El filtro de establecimiento de umbrales puede estar en los primeros medios de procesamiento o pueden ser unos medios de procesamiento completamente distintos. La conexión funcional entre el filtro de ranura estrecha y el filtro de establecimiento de umbrales puede ser una conexión directa, esto es, la salida del filtro de ranura estrecha es la entrada al filtro de establecimiento de umbrales, o puede ser mediante medios de procesamiento intermedios.

10 La determinación de si la salida de banda estrecha es menor que la salida de banda ancha se puede realizar comparando las ganancias o atenuaciones de las salidas entre sí o frente a criterios adicionales.

15 La determinación de si la salida de banda estrecha es menor que la salida de banda ancha puede buscar concretamente determinar si la salida de banda estrecha es sustancialmente inferior a la salida de banda ancha. Cuando las determinaciones son tales, el criterio adicional puede requerir establecer unos umbrales de ganancia o cocientes umbral predeterminados.

20 En algunos modos de realización, el comparador puede estar conectado funcionalmente al filtro de establecimiento de umbrales, de modo que el comparador determina que la salida de banda estrecha es menor que la salida de banda ancha si: (i) la salida de banda estrecha es menor que el umbral de detección, y la salida de banda ancha es superior al umbral de detección, o alternativamente si (ii) la salida de banda ancha dividida por la salida de banda estrecha supera un cociente umbral.

25 Más concretamente, el comparador puede estar configurado para recibir el umbral de detección desde el filtro de establecimiento de umbrales.

30 Como tal el comparador genera la señal de bandera de acuerdo con la atenuación relativa de las salidas de banda ancha y de banda estrecha. Además, calibrando adecuadamente el cociente umbral y el umbral de detección, la señal de bandera puede indicar la presencia de un objeto a velocidad intermedia, objeto que es definido como a una velocidad superior a las velocidades próximas a cero en las cuales tiende a ocurrir la mayor parte del eco parásito, pero no lo suficientemente grande como para ser probablemente un blanco. En la práctica, se prefiere que la banda de velocidad próxima a cero tenga un límite superior de 10 m/s.

35 Volviendo al efecto del filtro de establecimiento de umbrales, se apreciará que la salida del filtro de establecimiento de umbrales puede contener ecos de un objeto a velocidad intermedia o puede contener ecos de un blanco. Como tal, es posible y ventajoso en la presente invención procesar la salida del filtro de establecimiento de umbrales en una variedad de modos distintos de acuerdo con la señal de bandera.

40 Por ejemplo, si la señal de bandera indica la presencia de un objeto a velocidad intermedia en una cierta celda de telemetría, entonces el sistema de radar puede descartar la salida del filtro de establecimiento de umbrales asociada con esa celda de telemetría como un eco parásito. Sin embargo, si existen suficientes recursos de procesamiento disponibles, el sistema de radar puede elegir monitorizar la celda de telemetría. Ventajosamente, esto permite que el sistema de radar priorice de manera efectiva operaciones de monitorización y utilice así la potencia de procesamiento eficientemente.

50 Una aplicación concreta del sensor sería la detección de objetos que tienen velocidades inferiores a la del blanco y que no se considera en general que representen una amenaza, pero que pueda ser conveniente monitorizar en ciertas situaciones. Un ejemplo de tal objeto a velocidad intermedia sería un pájaro o una bandada de pájaros.

El filtro de ranura de banda estrecha puede tener una anchura de banda unilateral que es inferior a la frecuencia de la señal que corresponde a la velocidad umbral y el filtro de ranura de banda ancha tiene una anchura de banda unilateral superior o igual a la frecuencia de la señal que corresponde a la velocidad umbral.

55 Esta calibración de anchuras de banda da como resultado que la salida de banda estrecha sea menor que el umbral de detección y la salida de banda ancha sea superior al umbral de detección si una señal recibida es devuelta por un objeto o blanco que viaja a una velocidad superior a la velocidad umbral.

60 Para detectar pájaros, es preferible que el filtro de ranura de banda estrecha esté sintonizado para filtrar señales que corresponden a objetos a velocidad cero o próxima a cero y el filtro de ranura de banda ancha se sintoniza para filtrar señales de objetos con velocidades inferiores a 25 m/s.

65 Se elige 25 m/s ya que se considera que es la máxima velocidad de un pájaro teniendo en cuenta velocidades de viento típicas. Es decir, 25 m/s es el límite superior del objeto a velocidad intermedia y por tanto puede representar la velocidad umbral.

Se sigue que un sistema de radar que utilice tal sensor puede ignorar ecos de objetos que viajan a velocidades superiores a "próximo a cero" pero inferiores a 25 m/s basándose en que los ecos son probablemente un eco parásito aviar o de otros objetos que no se desea detectar. Sin embargo, un sistema de radar que utilice este sensor permite que tales ecos sean procesadas de un modo adecuado para pájaros.

5 Se puede apreciar que, cuando el sensor es para detectar pájaros, los objetos a velocidad intermedia pueden ser definidos como los objetos con una velocidad entre 10 y 25 m/s. En cuyo caso, y cuando el sensor funciona en la banda L (1,3 GHz de radiofrecuencia), la frecuencia de paso de banda unilateral del filtro de ranura estrecha será de 87 Hz y la frecuencia de paso de banda unilateral del filtro de ranura ancha será de 217 Hz. Alternativamente, cuando el sensor funciona en la banda S (3 GHz de radiofrecuencia), la frecuencia de paso de banda unilateral del filtro de ranura estrecha puede ser de 200 Hz y la frecuencia de paso de banda unilateral del filtro de ranura ancha puede ser de 500 Hz. Alternativamente, cuando el sensor funciona en la banda C (5,5 GHz de radiofrecuencia), la frecuencia de paso de banda unilateral del filtro de ranura estrecha puede ser de 367 Hz y la frecuencia de paso de banda unilateral del filtro de ranura ancha puede ser de 917 Hz. Alternativamente, cuando el sensor funciona en la banda X (9,5 GHz de radiofrecuencia), la frecuencia de paso de banda unilateral del filtro de ranura estrecha puede ser de 634 Hz y la frecuencia de paso de banda unilateral del filtro de ranura ancha puede ser de 1584 Hz.

Una aplicación adicional de la invención sería cuando se utiliza el radar para monitorizar un área de terreno por oposición a un volumen predominantemente aéreo. En tal contexto, el sistema de radar puede tener la prioridad de supervisar y seguir blancos a alta velocidad (de modo que ofrezca a los sistemas de armamento asociados con el radar más tiempo para reaccionar), pero se le puede requerir asimismo supervisar y seguir objetos a baja velocidad.

Dependiendo del contexto, en cada uno de los medios de procesamiento primero y segundo, se pueden realizar operaciones de procesamiento de señal adicionales en la señal de entrada aguas abajo del filtro. Así pues, medios de procesamiento de señal adicionales asociados con las operaciones de procesamiento adicionales pueden interconectar el filtro de banda estrecha o el filtro de banda ancha con el comparador. Es preferible que los primeros medios de procesamiento comprendan además unos medios de procesamiento Take Log of Modulus y los segundos medios de procesamiento comprendan además unos medios de procesamiento Take Log of Modulus, tales que una señal sea manipulada de modo equivalente por cada uno de los medios de procesamiento Take Log of Modulus. Como preferencia adicional, los primeros medios de procesamiento comprenden unos medios de procesamiento CFAR y los segundos medios de procesamiento comprenden además unos medios de procesamiento CFAR tales que una señal sea manipulada de modo equivalente por cada uno de los medios de procesamiento CFAR. Aún como preferencia adicional, los primeros medios de procesamiento comprenden además unos medios de procesamiento de integrador no coherente y los segundos medios de procesamiento comprenden además unos medios de procesamiento de integrador no coherente tales que una señal sea manipulada de modo equivalente por cada uno de los medios de procesamiento de integrador no coherente.

Manipulando de modo equivalente las señales, por ejemplo con la misma función de transferencia, diferencias entre las salidas de los medios de procesamiento deben tender a ser resultado tan sólo de filtros diferentes.

En la mayoría de las aplicaciones, la señal recibida comprenderá una pluralidad de pulsos coherentes y de este modo se prefiere que el sensor esté adaptado para recibir y procesar una señal recibida que comprende una pluralidad de pulsos coherentes.

45 De acuerdo con otro aspecto de la invención se proporciona un método para determinar si una señal recibida ha sido devuelta bien por un objeto que se mueve a una velocidad umbral o por encima de ella, o por un objeto que se mueve a una velocidad inferior, método para ser usado en un sistema de radar y que comprende las etapas de: i) derivar una señal de entrada de una señal recibida, ii) filtrar la señal de entrada en unos primeros medios de procesamiento, utilizando un filtro de ranura de banda estrecha, para obtener una salida de banda ancha, iii) filtrar la señal de entrada en unos segundos medios de procesamiento, utilizando un filtro de ranura de banda ancha, para obtener una salida de banda estrecha, iv) comparar la salida de banda ancha con la salida de banda estrecha de tal modo que si se determina que salida de banda estrecha es menor que la salida de banda ancha, se genera una señal de bandera para indicar que la señal recibida procede de un objeto que se mueve a una velocidad menor.

55 De acuerdo con todavía otro aspecto de la invención, se proporciona un sistema de radar para detectar si una señal recibida ha sido devuelta bien por un objeto que se mueve a una velocidad umbral o superior o por un objeto que se mueve a una velocidad menor, sistema de radar que comprende un sensor de acuerdo con el primer aspecto de la invención, y que comprende además unos medios de procesamiento posterior a la detección conectados de modo funcional con el sensor.

60 La incorporación de unos medios de procesamiento posterior a la detección permite que el sistema de radar supervise o siga adecuadamente de acuerdo con las salidas del sensor. Esto ayuda a hacer un uso eficiente de los recursos de radar disponibles.

65 El sistema de radar puede asociar la señal de bandera con una celda de telemetría concreta en un volumen bajo vigilancia.

Como tal, el sistema facilita distinguir ecos de acuerdo con la posición y como tal tiende a mejorar la capacidad del sistema de radar para identificar un blanco cerca de un objeto a velocidad intermedia.

5 Si el sensor introduce una señal de bandera nula a los medios de procesamiento posterior a la detección, entonces los medios de procesamiento posteriores a la detección pueden emitir una señal que permite que el sistema de radar siga al blanco identificado en la celda de telemetría asociada, y si el sensor emite una señal de bandera a los medios de procesamiento posterior a la detección, los medios de procesamiento posterior a la detección pueden emitir una señal que impide al sistema de radar seguir la entidad identificada en la celda de telemetría asociada.

10 Impedir al sistema de radar seguir el objeto identificado en la celda de telemetría asociada puede variar con la disponibilidad contemporánea de potencia de procesamiento en el sistema de radar.

15 De este modo, los recursos, y concretamente la potencia de procesamiento del sistema de radar, tienden a ser preservados para las operaciones de seguimiento que, en virtud de la velocidad del blanco, requieren de más potencia de procesamiento.

20 Por supuesto se apreciará que los elementos descritos en relación con un aspecto de la presente invención pueden ser incorporados en otros aspectos de la presente invención. Por ejemplo, el método de la invención puede incorporar cualquiera de las características descritas con referencia al aparato de la invención y viceversa.

Con el fin de que la invención pueda ser mejor comprendida, se describirá un modo de realización con referencia a las siguientes figuras, en las cuales:

25 la figura 1 muestra un sistema de radar;

la figura 2 muestra una parte de un sistema de procesamiento de señal para su uso en un sistema de radar tal como el mostrado en la figura 1, el sistema de procesamiento de señal mostrado comprende un procesador MTI principal y un procesador MTI de velocidad intermedia dispuestos en paralelo;

30 la figura 3 muestra una subcadena en el sistema de procesamiento de señal de la figura 2, más concretamente, la subcadena describe el procesador MTI de velocidad intermedia que cuando se utiliza en paralelo con un procesador MTI principal puede identificar señales que probablemente sean devueltas por pájaros; y

35 la figura 4 es un gráfico que compara la respuesta de velocidad de un procesador MTI intermedio, como se muestra en la figura 3, con la respuesta de velocidad del procesador MTI principal mostrado en la figura 2. El eje Y representa la ganancia del filtro (dB) y el eje X representa la velocidad del blanco en metros por segundo.

40 Un sistema de radar 1, como se muestra en la figura 1, comprende una antena 2 en conexión funcional con un receptor 4 y un transmisor 6. El receptor 4 está además en conexión funcional con un procesador de señal 100. El procesador de señal 100 está además en conexión funcional con un monitor 10. Además, un sistema de control 8 está en conexión funcional con todos y cada uno de estos componentes.

45 Como se puede observar de la figura 2, el procesador de señal 100 comprende un sensor 110. El sensor 110 comprende unos primeros medios de procesamiento, que pueden ser denominados en lo que sigue como un procesador MTI principal 200, unos segundos medios de procesamiento, que pueden ser denominados en lo que sigue como un procesador MTI de velocidad intermedia 400, y una unidad de funciones auxiliares 600. El procesador de señal 100 comprende asimismo una unidad de procesamiento posterior a la detección 800.

50 El procesador MTI principal 200 comprende una cadena de procesadores de señal conectados en serie, cada uno de los cuales tiene una función distinta. El procesador inicial en la cadena es un filtro MTI de ranura estrecha 210 dispuesto para recibir una señal de entrada 5. La salida del filtro MTI de ranura estrecha 210, esto es, la salida de banda ancha 215, se introduce en un procesador Take Log of Modulus 220. La salida del procesador Take Log of Modulus 220 se introduce en un procesador de relación constante de falsa alarma (CFAR) 230. La salida del procesador CFAR 230 es introducida en un procesador de integración 240 y la salida 245 del procesador de integración 240 se introduce en un procesador de detección de umbral de canal principal MTI 250, que puede ser denominado en lo que sigue como un filtro umbral 250. El filtro umbral 250 emite una señal de lista de detección 255 procedente del MTI principal 200. El filtro umbral 250 emite además una señal de umbral de detección 256.

60 Como se muestra adicionalmente en la figura 2, el MTI de velocidad intermedia 400 se dispone en paralelo con el MTI principal 200, y tanto el MTI de velocidad intermedia 400 como el MTI principal 200 tienen la misma señal de entrada, la señal 5. La señal 5 es replicada para ser introducida en múltiples procesadores de un modo conocido utilizando, por ejemplo, un divisor (no mostrado).

65 Como se muestra en la figura 3, el MTI de velocidad intermedia 400 comprende una cadena de procesadores de señal conectados en serie, cada uno de los cuales tiene una función distinta. El procesador inicial de la cadena es un filtro MTI

de ranura ancha 410 y este filtro está dispuesto para recibir la señal de entrada 5. La salida del filtro MTI de ranura ancha 410, es decir, la salida de banda estrecha 415, se introduce en un procesador Take Log of Modulus 420. La salida del procesador Take Log of Modulus 420 se introduce en un procesador de relación constante de falsa alarma (CFAR) 430. La salida del procesador CFAR 430 se introduce en un procesador de integración 440.

5 Un comparador 450, que puede ser denominado en lo que sigue como el procesador de comparar pájaros y canales principales (CB-MC) 450, recibe como entrada no sólo una salida 445 del procesador de integración 440 sino asimismo una señal de salida 245 del MTI principal, del integrador 240 en el MTI principal 200. Además, el CBMC 450 está conectado funcionalmente con el filtro de establecimiento de umbrales 250 y como tal puede recibir la señal de umbral de
10 detección de blanco del MTI 256. El procesador CBMC 450 emite una señal de bandera de pájaro potencial 455.

Como se muestra en la figura 2, la señal de bandera de pájaro potencial 455 se introduce en una unidad de procesamiento posterior a la detección 800. La señal 255 es introducida asimismo a la unidad de procesamiento posterior a la detección 800.

15 La unidad de funciones auxiliares 600 está conectada funcionalmente con el MTI principal 200 de tal modo que pueda llevar a cabo tareas de procesamiento conocidas. En concreto, la unidad de funciones auxiliares 600 interactúa con el procesador CFAR 230 y el procesador integrador 240 de MTI principal 200 para identificar y atenuar señales de interferencia. Además, la unidad de funciones auxiliares 600 interactúa con el procesador CFAR 230 y el procesador
20 integrador 240 del MTI principal para identificar blancos de telemetría ambiguos y suprimir consecuentemente las señales asociadas.

La unidad de funciones auxiliares 600 interactúa además con el procesador CFAR 430 y el procesador integrador 440 del MTI 400 de velocidad intermedia de un modo equivalente para identificar y atenuar señales de interferencia y suprimir
25 señales asociadas con blancos de telemetría ambiguos.

La señal de entrada 5 es una señal digital compleja derivada de las señales recibidas que tienen lugar en la antena de radar 2 y asociadas con una celda de telemetría concreta. La derivación de tales señales es conocida en la técnica y es común en los sistemas modernos de radar.

30 En funcionamiento, la señal de entrada 5 es replicada en el procesador de señal 100 y a continuación procesada en paralelo por el procesador MTI principal 200 y el procesador MTI de velocidad intermedia 400. La señal de entrada 5 es introducida asimismo en la unidad de funciones auxiliares 600.

35 El MTI principal 200 y el MTI de velocidad intermedia 400 tienen subcadenas de procesadores similares. En concreto, cada uno de los MTI 200 y 400 tiene un único procesador Take Log of Modulus 220 y 420, respectivamente, conectado a un único procesador CFAR 230 y 430, respectivamente, conectado a un único procesador interrogador 240 y 440, respectivamente. El papel de estos procesadores es impedir que ocurran falsas detecciones como resultado de cambios en el nivel de ruido de fondo (debidos por ejemplo una deriva en la ganancia del receptor, un cambio en el ruido del
40 receptor o a ruido externo o ecos parásitos).

Sin embargo, se encontrará una diferencia en función en los filtros de ranura respectivos entre el MTI principal 200 y el MTI de velocidad intermedia 400. Mientras que el filtro de ranura de banda estrecha 210 en el MTI principal 200 está sintonizado para atenuar sustancialmente señales devueltas por objetos a velocidad cero o casi cero, el filtro de ranura
45 de banda ancha 410 en el MTI de velocidad intermedia 400 está sintonizado para atenuar sustancialmente señales devueltas no sólo por objetos a velocidad cero o casi cero, sino asimismo por objetos a velocidad intermedia.

En concreto, el MTI de velocidad intermedia 400 está sintonizado para atenuar sustancialmente señales devueltas por objetos que viajan por debajo de una velocidad umbral específica x_2 que define el límite superior del intervalo de
50 velocidades intermedias.

En el presente modo de realización, el MTI de velocidad intermedia 400 está sintonizado para identificar y distinguir un eco parásito aviar (ecos de pájaros) de otras señales. Así pues, la velocidad umbral x_2 se elige como 25 m/s, la velocidad máxima probable de un pájaro tomando en cuenta velocidades de viento típicas.

55 Las diferencias en características de salida entre el filtro de ranura estrecha 210 y el filtro de ranura ancha 410, se muestra mediante el gráfico 300 de la figura 4. Las curvas 320 y 340 muestran la respuesta de velocidad de los filtros, esto es, representan cómo varía el factor mediante el cual se escala la señal 5 con la velocidad del objeto del cual se derivó la señal de entrada 5. La curva 320 representa la respuesta del filtro de ranura estrecha 210. La curva 340
60 representa la respuesta del filtro de ranura ancha 410.

Como se puede observar para ambas respuestas de velocidad, la salida del filtro tiende hacia una ganancia de $y = y_2$ a medida que la velocidad del blanco aumenta, y por tanto las señales derivadas de objetos con alta velocidad no se atenuarán sustancialmente. Sin embargo, una atenuación sustancial tiende a ocurrir cuando las señales se derivan de
65 objetos que se mueven a velocidades más bajas. Una atenuación sustancial se define como la que ocurre si la ganancia de señal es menor o igual a y_1 . En el presente modo de realización, $y_1 + 3\text{dB} = y_2$ y así el punto en el eje X en el cual la

respuesta de velocidad cruza $y = y_1$ se corresponde con la anchura de banda unilateral.

5 Para el filtro de ranura estrecha 210, las señales devueltas por objetos que viajan por debajo de la velocidad x_1 serán atenuadas a una intensidad inferior a $y = y_1$. Para conseguir esto, el filtro de ranura estrecha 210 es sintonizado para tener una anchura de banda unilateral a la frecuencia correspondiente a x_1 , la máxima velocidad cercana a cero. El valor escogido como la máxima velocidad cercana a cero depende de la frecuencia de repetición de pulsos del radar y de la frecuencia de radio utilizada, y típicamente no será superior a, aproximadamente, 10 m/s.

10 Señales de magnitud inferior a y_1 pueden ser descartadas en el MTI principal 200. Así pues, señales atenuadas no se transfieren a la unidad de procesamiento posterior a la detección 800.

Para el filtro de ranura ancha 410, y en contraste con el MTI principal 200, las señales devueltas por objetos que viajan con una velocidad inferior a la velocidad umbral x_2 , donde $x_2 > x_1$, se atenuarán a una intensidad inferior a $y = y_1$.

15 x_2 se especifica como la velocidad máxima probable del objeto a velocidad intermedia y puede ser denominada como la velocidad umbral. Objetos con una velocidad inferior a x_2 se atenúan distintivamente por el filtro de ranura de banda ancha 410. Se puede apreciar que un objeto que viaja a una velocidad por debajo de x_2 dará una salida sustancialmente diferente del filtro de ranura ancha 410 en comparación con la salida que el mismo objeto dará para el filtro de ranura estrecha 210.

20 y_1 se utiliza para derivar el umbral de detección aplicado en el filtro de establecimiento de umbrales 250 del MTI principal 200. Así pues, señales con una ganancia por debajo de y_1 se identifican como procedentes de objetos a velocidad cero o próxima a cero (que se asume que son ruido) y por tanto no están presentes en la señal de lista de detección 255.

25 y_1 se comunica al procesador CBMC 450 dentro de la señal de umbral de detección 256.

30 En el procesador CBMC 450, la salida 245 del MTI principal 200 es comparada con la salida 445 del MTI de velocidad intermedia 400. Las salidas 245 y 445 son derivadas respectivamente de la salida de los filtros 210 y 410 por medio de operaciones de procesamiento equivalentes. Tales operaciones de procesamiento son llevadas a cabo por las unidades que están presentes tanto en el MTI principal 200 como en el MTI de velocidad intermedia 400 (esto es, los procesadores Take Log of Modulus, los procesadores CFAR y los procesadores integradores). Así pues, las distinciones entre las salidas 215 y 415 se conservarán consistentemente en las salidas 245 y 445, respectivamente.

35 Adicionalmente, cada una de las salidas 245 y 445 es comparada con el umbral de detección y_1 .

El procesador CBMC 450 puede emitir una señal de bandera 455 asociada con una celda de telemetría concreta y al hacer esto le indica la presencia de un objeto a velocidad intermedia a la unidad de procesamiento de detección 800. La señal de bandera 455 es emitida si se satisface uno o ambos de los siguientes criterios:

40 i) el cociente entre la salida 245 del MTI principal y la salida 445 del MTI de velocidad intermedia es mayor que un umbral de cociente;

45 ii) la salida 445 del MTI de velocidad intermedia 400 es menor que el umbral de detección de blanco y_1 del MTI y la salida 245 de la salida del MTI principal es mayor que el umbral de detección de blanco y_1 del MTI. Por lo tanto, dadas las respuestas de filtro características mostradas en la figura 4 este criterio se satisfará cuando la velocidad del objeto esté en el intervalo entre x_1 y x_2 .

50 Considerando la figura 4, el criterio i) puede ser entendido ya que a velocidades por encima de x_2 , la ganancia de las respuestas de velocidad aumenta, y asimismo tiende a converger, y así pues el cociente disminuirá.

Considerando de nuevo la figura 4, el criterio ii) puede ser entendido ya que sólo en la región entre x_1 y x_2 la respuesta de velocidad del MTI principal presenta una ganancia superior a y_1 , y el MTI de velocidad intermedia tiene una ganancia inferior a y_1 .

55 La señal de bandera 455 se introduce en la unidad de procesamiento de detección 800. Así pues, el sistema de radar puede decidir acerca de tomar una decisión apropiada en relación al procesamiento de la señal 255.

60 En el presente modo de realización, el sistema se calibra de modo que el intervalo de velocidad entre x_1 y x_2 cubra los ecos de objetos que viajan a velocidades consistentes con las velocidades probables de pájaros, en concreto 10 m/s a 25 m/s (esto corresponde a frecuencias de paso de banda unilaterales de 87 Hz en el filtro de ranura estrecha, y de 217 Hz en el filtro de ranura ancha en la banda L (1,3 GHz de radiofrecuencia), 200 y 500 Hz en la banda S (3 GHz de radiofrecuencia), 367 y 917 Hz en la banda C (5,5 GHz de radiofrecuencia), 634 y 1584 Hz en la banda X (9,5 GHz de radiofrecuencia).

65 Tras la detección de ecos en esta banda de velocidad, el sistema de radar determinaría que los ecos eran de pájaros y que como tales no deberían ser seguidos. El sistema de radar inhibiría a continuación el seguimiento de ecos

procedentes de la celda de telemetría ocupada por los pájaros. Así pues, los recursos del radar tienden a ser preservados para barrer o seguir blancos.

5 En concreto, señales identificadas como derivadas de ecos de pájaros no se emitirán desde la unidad de procesamiento posterior a la detección 800 como una curva parcial 805. Una curva parcial es un "mensaje" asociado con cada detección. Típicamente, la curva parcial contiene: una indicación de que se ha detectado un blanco, los parámetros de medida asociados con el blanco (tales como la distancia y el ángulo, como se calculan en la unidad de procesamiento posterior a la detección 800) y la bandera de pájaro potencial 455.

10 Aunque el presente modo de realización ha descrito un método para detectar pájaros, se puede apreciar que cualquier objeto a velocidad intermedia podría ser detectado utilizando el método de la invención.

15 Además, la velocidad máxima x_2 que define el límite superior de lo que representa o no un objeto a velocidad intermedia puede ser una cantidad dinámica. En tal caso, la elección de coeficientes diferentes en el filtro MTI de ranura ancha 410 puede ser utilizada para variar x_2 .

20 En variantes adicionales de la invención, el MTI principal y el MTI de velocidad intermedia pueden ser provistos de componentes de procesamiento de señal equivalentes además de, o en lugar de, el Take Log of Modulus, el CFAR y procesadores integradores.

El procesador de señal 100 puede ser implementado en un microprocesador, o alternativamente en una pluralidad de microprocesadores, y en ambos casos la implementación en sí misma podría ser realizada de modo que sería bien conocido en la técnica.

25 Cuando en la anterior descripción se mencionan enteros o elementos que tienen equivalentes conocidos, obvios o predecibles, entonces tales equivalentes están incorporados por tanto aquí como si se enuncian individualmente. Se debe hacer referencia a las reivindicaciones para determinar el verdadero ámbito de la presente invención, que debe ser construido de modo que abarque cualquiera de tales equivalentes. Se apreciará asimismo por el lector que enteros o elementos de la invención que se han descrito como preferibles, ventajosos, convenientes o similares son opcionales y
 30 no limitan el ámbito de las reivindicaciones independientes. Además, se debe entender que tales enteros o elementos, aunque posiblemente beneficiosos en algunos modos de realización de la invención, pueden estar ausentes en otros modos de realización.

REIVINDICACIONES

1. Un sensor (100) para detectar si una señal recibida ha sido devuelta bien por un objeto que se mueve a una velocidad umbral o por encima de la misma o por un objeto que se mueve a una velocidad inferior, comprendiendo el sensor:
- 5
- a) unos primeros medios de procesamiento (200) que comprenden un filtro de ranura de banda estrecha (210), estando configurados los medios de procesamiento (200) para recibir una señal de entrada (5) derivada de la señal recibida y generar una salida de banda ancha (215);
- 10
- caracterizado porque el sensor comprende:
- b) unos segundos medios de procesamiento (400) que comprenden un filtro de ranura de banda ancha (410), estando configurados los medios de procesamiento (400) para recibir la señal de entrada (5) y generar una salida de banda estrecha (415);
- 15
- c) un comparador configurado para recibir:
- i) la salida de banda estrecha y
- 20
- ii) la salida de banda ancha;
- tal que el comparador (450) genera una señal de bandera (455) para indicar la presencia de un objeto que se mueve a una velocidad menor si se determina que la salida de banda estrecha es menor que la magnitud de la salida de banda ancha.
- 25
2. Un sensor (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el sensor (100) comprende adicionalmente un filtro de establecimiento de umbrales (250) en conexión funcional con el filtro de ranura estrecha (210) y adecuado para su conexión funcional con unos medios de procesamiento posterior a la detección (800), estableciendo el filtro de establecimiento de umbrales (250) un umbral de detección tal que la salida derivada del filtro de ranura de banda estrecha (210) es descartada a la magnitud de la salida derivada del filtro de ranura de banda estrecha (210) está por debajo del umbral de detección.
- 30
3. Un sensor (100) de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el comparador (450) está conectado funcionalmente al filtro de establecimiento de umbrales (250), y en el que el comparador (450) determina que la magnitud de la salida de banda estrecha (215) es menor que la magnitud de la salida de banda ancha (215) si:
- 35
- i) la magnitud de la salida de banda estrecha (215) es menor que el umbral de detección, y la magnitud de la salida de banda ancha (415) es superior al umbral de detección.
- 40
4. Un sensor (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el comparador (450) determina que la magnitud de la salida (415) derivada del filtro de ranura de banda ancha (410) se determina que es menor que la magnitud de la salida (215) derivada del filtro de ranura de banda estrecha (210) si: (ii) la magnitud de la salida de banda ancha (415) dividida por la magnitud de la salida de banda estrecha (215) supera un cociente umbral.
- 45
5. Un sensor (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el filtro de ranura de banda estrecha (210) tiene una anchura de banda unilateral que es menor que la frecuencia de la señal que corresponde a la velocidad umbral, y el filtro de ranura de banda ancha (410) tiene una anchura de banda unilateral superior o igual a la frecuencia de la señal que corresponde a la velocidad umbral.
- 50
6. Un sensor (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el filtro de ranura de banda estrecha (210) está sintonizado para filtrar señales que corresponden a objetos a velocidad cero o próxima a cero y el filtro de ranura de banda ancha (410) está sintonizado para filtrar señales de objetos con velocidades inferiores a 25 m/s.
- 55
7. Un sensor (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los primeros medios de procesamiento comprenden además unos medios de procesamiento Take Log of Modulus (220), y los segundos medios de procesamiento comprenden además unos medios de procesamiento Take Log of Modulus (420), tal que una señal es manipulada de modo equivalente por cada uno de los medios de procesamiento Take Log of Modulus.
- 60
8. Un sensor (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los primeros medios de procesamiento comprenden además unos medios de procesamiento CFAR (230) y los segundos medios de procesamiento comprenden además unos medios de procesamiento CFAR (430) , tal que una señal es manipulada de modo equivalente por cada uno de los medios de procesamiento CFAR.
- 65
9. Un sensor (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los primeros medios

de procesamiento comprenden además unos medios de procesamiento de integrador no coherente (240) y los segundos medios de procesamiento comprenden además unos medios de procesamiento de integrador no coherente (440) tales que una señal sea manipulada de modo equivalente por cada uno de los medios de procesamiento de integrador no coherente.

5 10. Un sensor (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, adaptado para recibir y procesar una señal recibida que comprende una pluralidad de pulsos coherentes.

10 11. Un método para determinar si una señal recibida ha sido devuelta bien por un blanco que se mueve a una velocidad umbral o por encima de la misma, o por un objeto que se mueve a una velocidad menor, método para su uso en un sistema de radar (1), y que comprende las etapas de:

i. derivar una señal de entrada (5) de una señal recibida, y

15 caracterizado por las etapas de:

ii. filtrar la señal de entrada en unos primeros medios de procesamiento (200), utilizando un filtro de ranura de banda estrecha (210), para obtener una salida de banda ancha (215),

20 iii. filtrar la señal de entrada en unos segundos medios de procesamiento (200), utilizando un filtro de ranura de banda ancha (410), para obtener una salida de banda estrecha (415),

25 iv. comparar la salida de banda ancha (415) con la salida de banda estrecha (215) tal que, si se determina que la magnitud de la salida de banda estrecha (215) es menor que la magnitud de la salida de banda ancha (415), se genera una señal de bandera (455) para indicar que la señal recibida (5) procede de un objeto que se mueve a una velocidad menor.

30 12. Un sistema de radar (1) para detectar si una señal recibida (5) ha sido devuelta bien por un blanco que se mueve a una velocidad umbral o por encima de la misma o por un objeto que se mueve a una velocidad menor, comprendiendo el sistema de radar (1) un sensor (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, y comprendiendo además unos medios de procesamiento posterior a la detección (800) conectados funcionalmente al sensor.

35 13. Un sistema de radar (1) de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el sistema de radar asocia la señal de bandera (455) con una celda de telemetría concreta en un volumen bajo vigilancia.

40 14. Un sistema de radar (5) de acuerdo con la reivindicación 13, en el que, si el sensor introduce una señal de bandera nula a los medios de procesamiento posteriores a la señal, entonces los medios de procesamiento posteriores a la señal emiten una señal que permite que el sistema de radar siga al blanco identificado en la celda de telemetría asociada, y, si el sensor emite una señal de bandera a la unidad de procesamiento posterior a la detección, la unidad de procesamiento posterior a la detección emite una señal que impide que el sistema de radar siga al objeto identificado en la celda de telemetría asociada.

45 15. Un sistema de radar de acuerdo con la reivindicación 14, en el que impedir que el sistema de radar siga al objeto identificado en la celda de telemetría asociada varía con la disponibilidad contemporánea de una potencia de procesamiento en el sistema de radar (1).

Figura 1

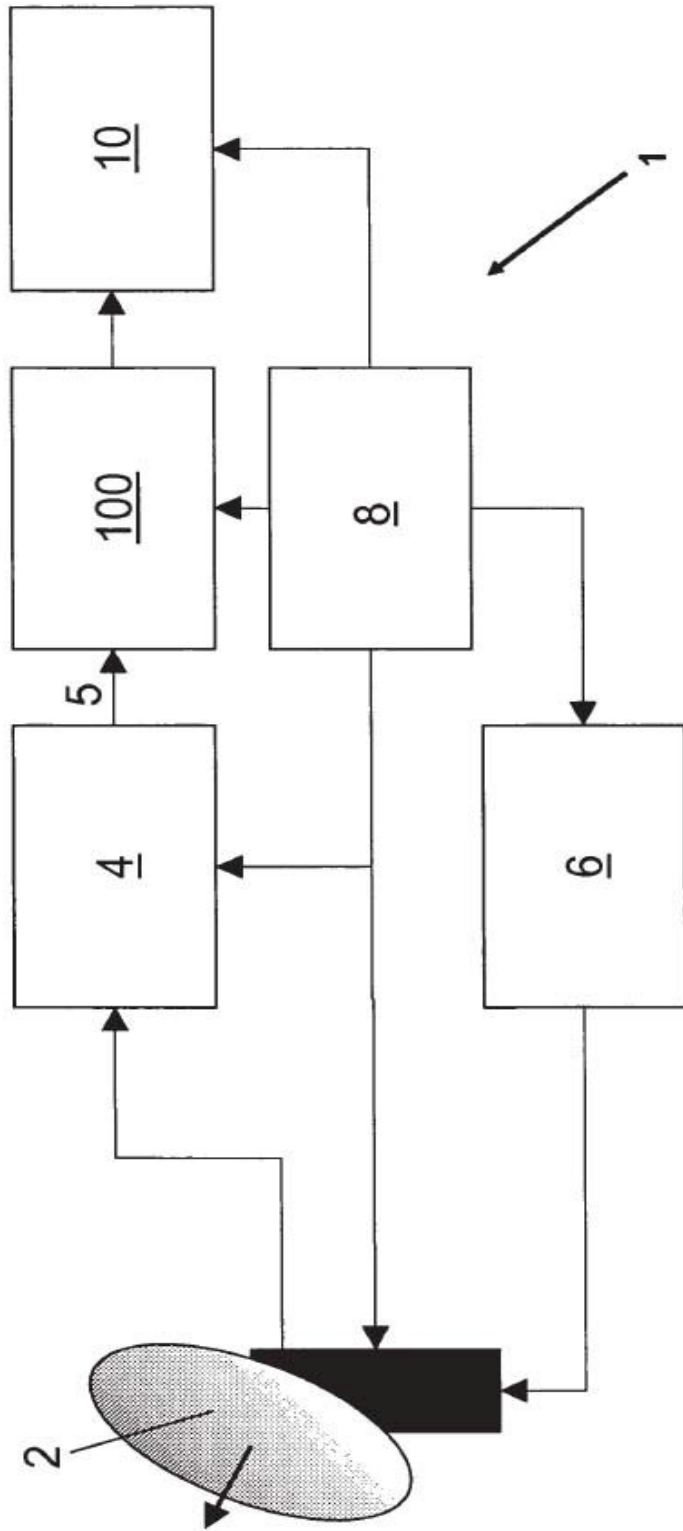


Figura 2

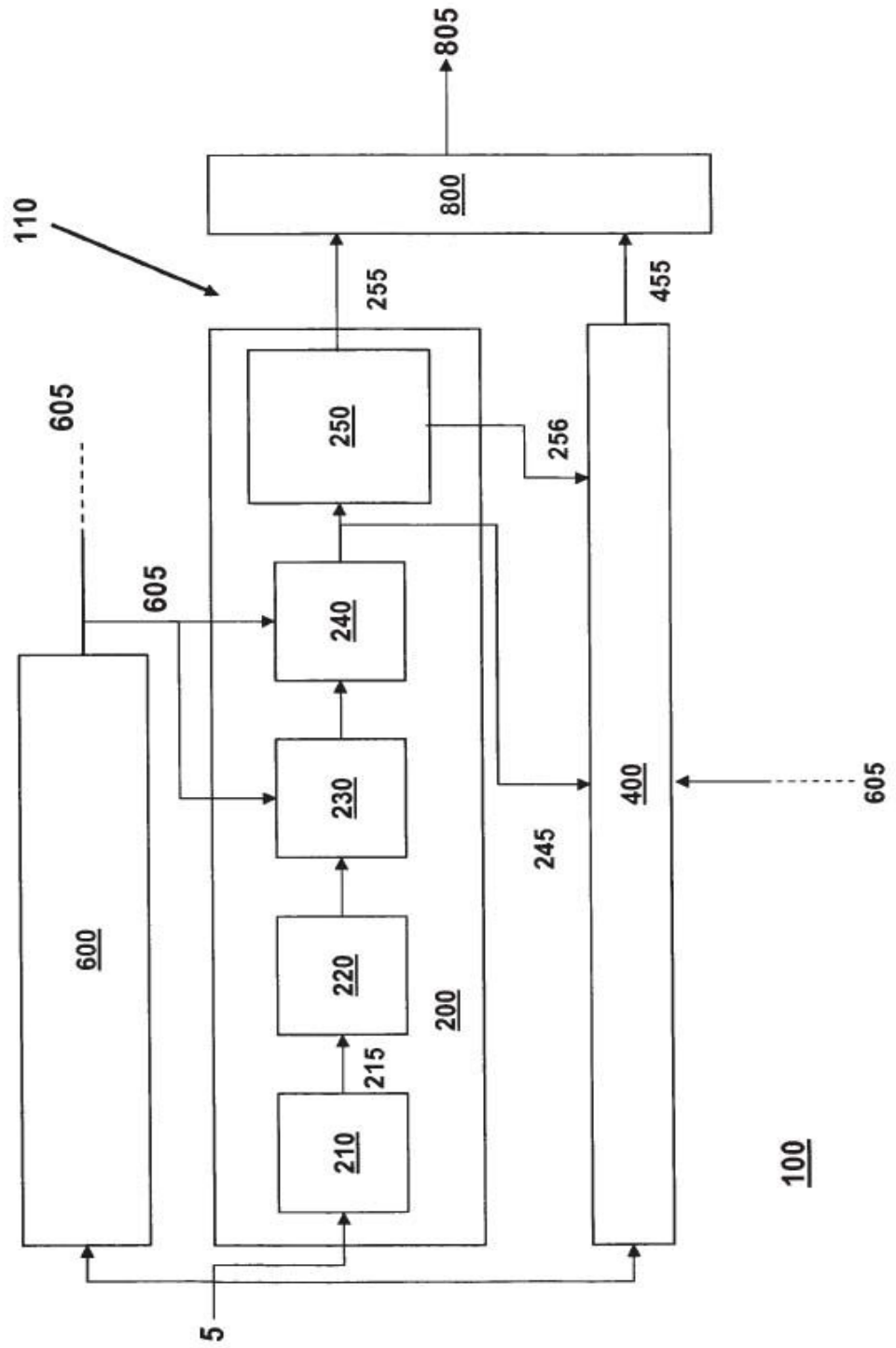


Figura 3

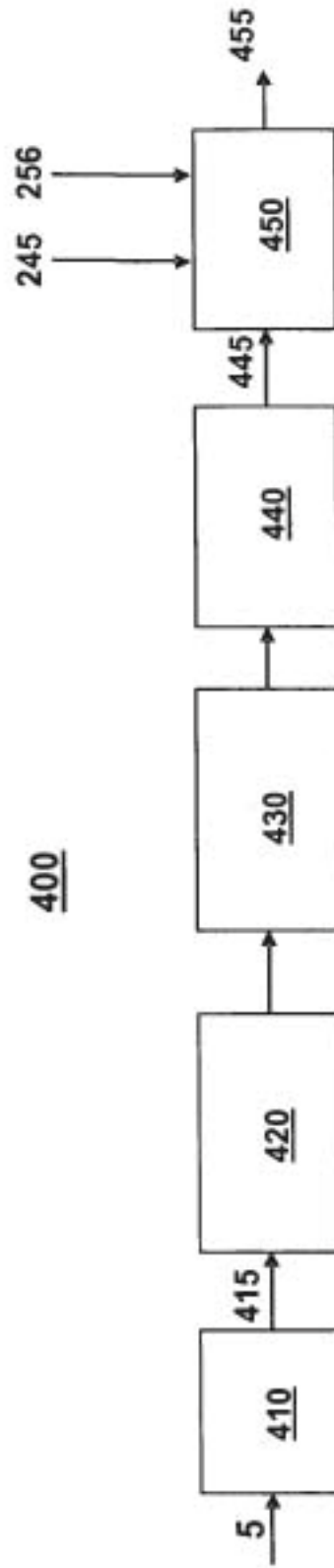


Figura 4

