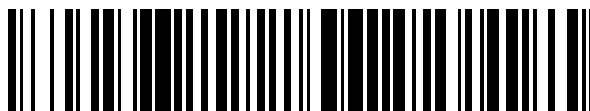


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 700 935**

51 Int. Cl.:

G01S 13/95 (2006.01)

G01S 7/288 (2006.01)

G01S 7/292 (2006.01)

G01S 7/41 (2006.01)

G01S 13/524 (2006.01)

G01S 13/58 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.05.2015** **E 15727241 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.07.2018** **EP 3149511**

54 Título: **Operación de radar con capacidad Doppler aumentada**

30 Prioridad:

29.05.2014 US 201414290708

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

20.02.2019

73 Titular/es:

LEE, ROBERT W. (100.0%)
31695 Forward Road
Manton, CA 96059, US

72 Inventor/es:

LEE, ROBERT W.

74 Agente/Representante:

DÍAZ NUÑEZ, Joaquín

ES 2 700 935 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).

OPERACIÓN DE RADAR CON CAPACIDAD DOPPLER AUMENTADA

DESCRIPCIÓN

Campo

5

[0001] Esta descripción se relaciona con la variación de los sistemas ecológicos (p.ej., radar).

Fondo

10

[0002] Es conocido que los sistemas de radar Doppler pulsado tienen límites en velocidad y rango inequívoco, bajo los cuales un aumento de la capacidad de velocidad inequívoca produce una disminución en la capacidad del rango inequívoco, y viceversa. En la práctica esto significa que los radares meteorológicos son incapaces de caracterizar las velocidades presentes en acontecimientos meteorológicos severos como tornados. Los métodos para ampliar el rango de velocidad inequívoca de radares meteorológicos incluyen el uso de múltiples frecuencias de repetición de pulso, pero tales métodos son incapaces de caracterizar los espectros complejos encontrados en tornados.

15

20

[0003] La EP 1 314 997 A1 describe un método para la medida del Radar-HPRF del rango y la frecuencia Doppler de al menos un objetivo que comprende los pasos siguientes: la generación de una señal de transmisión que consiste en dos secuencias de pulsos que se entrelazan en un pulso para pulsar la base y que tienen la misma frecuencia de repetición del pulso PRF y la misma frecuencia de transmisión, mientras que los pulsos de la primera secuencia de pulso tienen un valor de la fase creciente lineal con una diferencia de fase fija ϕ_{1n} del pulso al pulso con $\phi_{1n} \geq 0$ y mientras que los pulsos de la segunda secuencia de pulso tienen un valor de la fase creciente lineal con una diferencia de la fase fija ϕ_{2n} del pulso al pulso con $\phi_{1n} \neq \phi_{2n}$ y $\phi_{1n} > 0$ que Fourier transforma las dos señales banda base recibidas de cada secuencia de pulso individual, determinando los picos de amplitud de los dos espectros de Fourier que resultan, agrupándose los picos de amplitud de los dos espectros de Fourier a fin de determinar pares de líneas espectrales de un cambio de frecuencia Doppler de $\Delta f = \phi_{2n} - \phi_{1n}/2 \pi$. calculando PRF el objetivo frecuencia Doppler de las dos frecuencias Doppler de un par de las líneas espectrales anteriormente decididas, calculando el alcance objetivo de la diferencia de la fase entre las dos líneas espectrales de un par de líneas espectrales anteriormente decididas.

25

30

35

[0004] La Solicitud USA 5.422.646 A describe un radar MTI basado en una comparación de los desplazamientos Doppler de la señal original y una señal de fase invertida usando compresión de pulso donde la señal recibida se detecta en fase para componentes en fase y en cuadratura en relación a la FI. Un compresor de pulsos Doppler corregido produce una señal de magnitud para el desplazamiento Doppler de la señal recibida de la secuencia de componentes de la cuadratura y en la fase. Otro compresor de pulso con corrección Doppler produce una señal de magnitud para el desplazamiento Doppler de la señal recibida los conjugados de la secuencia de componentes de fase y de cuadratura. La señal de magnitud de Mismo desplazamiento Doppler de los dos compresores se compara y la diferencia es la salida de MTI.

40

45

50

55

60

[0005] La Solicitud USA 5.870.054 A describe un sistema de indicación objetivo móvil donde una fuente del pulso que genera pulsos de accionamiento de radiofrecuencia en una frecuencia de repetición del pulso predeterminada se relaciona con las entradas de un par de canales. El primer canal incluye un filtro de fase dispersiva que tiene una primera característica de dispersión de fase de la pendiente, mientras el segundo canal tiene un filtro de fase dispersiva que tiene una primera característica de dispersión de fase de la pendiente que es la negativa de la del primer filtro. Un grupo de pulso que comprende la salida del primer y segundo canales se transmite periódicamente ya que se aplica cada pulso de accionamiento. La frecuencia de repetición del pulso es suficientemente baja cuando se transmite, ecos de sólo un pulso de cada grupo se reciben a la vez. Debido a las características dispersivas por la fase «combinadas» o «conjugadas» de los filtros en los canales respectivos, el primer canal funciona en la recepción sobre el pulso reflejado al principio generado en el segundo canal y lo comprime así para sintetizar de nuevo o reconstituir un pulso de duración corto como el original, mientras el segundo canal funciona en la recepción sobre el pulso reflejado generado en el primer canal, comprimiéndolo para reconstituir un pulso de duración corto como el original. Un cancelador se cambia entre las salidas de los primeros y segundos canales para recibir los dos pulsos reconstituidos que resultan de cada grupo. En la aplicación habitual, la información objetivo fijada se anula y moviendo la información objetivo se deriva para la aplicación a un dispositivo de demostración.

Breve resumen

65

[0006] En un modo de realización, un método para usar reflexiones de la energía de onda de uno o varios objetos reflejo para caracterizar ciertas propiedades de estos objetos a través de características espectrales de reflexiones de ellos, puede comprender la generación para la transmisión una

5 secuencia que repite de pulsos de frecuencia constante N de anchura t segundos en intervalos del
interpulso de T segundos. Cada pulso en la secuencia puede tener una fase constante particular
según una secuencia de la fase cuadrática, cuya fase se puede aplicar a cada pulso en un primer
sentido de modulación. El método puede comprender la modulación de la fase de la energía de eco
10 recibida de los uno o varios objetos que reflejan la secuencia de repetición transmitida de pulsos de
frecuencia constante N durante cada subintervalo de recepción por la secuencia de la fase cuadrática
idéntica usada para la secuencia de repetición transmitida de pulsos de frecuencia constante N , con
un segundo sentido de modulación frente al primer sentido de modulación, de modo que la
modulación de la fase neta aplicada a la energía de eco reflejada de un objeto de reflejo particular en
15 un rango particular r , medido en unidades distintas de T del tiempo del eco de ida y vuelta, pueda ser
una diferencia entre la fase de los pulsos transmitidos en el momento de su transmisión y la fase
aplicada a la energía de eco recibida del rango r , en uno o el otro sentido de la diferencia. El método
puede comprender la producción de la energía de eco recibida modulada N traducciones de
frecuencia únicas y distintas de la energía de eco recibida como una función de rango r de los objetos
reflectantes, de magnitud igual a múltiplos de $1/NT$ Hz, que traducciones de frecuencia pueden
conservar el espectro de la energía de eco recibida, formando en combinación un espectro de señal
de frecuencia compuesta.

20 **[0007]** En otro modo de realización, un sistema puede comprender un generador de la secuencia, un
modulador y un procesador de la señal. El generador de la secuencia se puede configurar para
generar para la transmisión una secuencia que repite pulsos de frecuencia constante N de anchura t
segundos en intervalos de interpulso de T segundos, con cada pulso en la secuencia que tiene una
fase constante particular según una secuencia de la fase cuadrática, que fase se aplica a cada pulso
25 en un primer sentido de modulación. El modulador se puede configurar para modular la fase de la
energía de eco recibida de uno o varios objetos que reflejan la secuencia de repetición transmitida de
pulsos de frecuencia constante N durante cada subintervalo de recepción por la secuencia de la fase
cuadrática idéntica usada para la señal generada para la transmisión, con un segundo sentido de
modulación frente al del primer sentido de modulación, de modo que la modulación de la fase neta
30 aplicada a la energía de eco reflejada de un objeto de reflejo particular en un intervalo del rango
particular r , medido en unidades distintas de T del tiempo del eco de ida y vuelta, pueda ser una
diferencia entre la fase de los pulsos transmitidos en el momento de su transmisión y la fase aplicada
a la energía de eco recibida del rango r , en el uno o el otro sentido de la diferencia. El procesador de
la señal se puede configurar para producir de la energía de eco recibida modulada N traducciones de
35 frecuencia únicas y distintas de la energía de eco recibida como una función de rango r de los objetos
reflectantes, de magnitud igual a múltiplos de $1/NT$ Hz, con traducciones de frecuencia que pueden
conservar el espectro de la energía de eco recibida, formando en combinación un espectro de señal
de frecuencia compuesta.

40 **[0008]** En otro modo de realización, un producto del programa de ordenador puede comprender al
menos un ordenador de medios de almacenaje legibles que tienen instrucciones del programa de
ordenador legibles encarnadas. Las instrucciones del programa legibles por computadora, cuando son
leídas por un procesador de un sistema de procesamiento de la señal de un sistema de rango de eco,
se pueden configurar para generar para la transmisión una secuencia que repite pulsos de frecuencia
45 constante N de anchura t segundos en intervalos de interpulso de T segundos, con cada pulso en la
secuencia que tiene una fase constante particular según una secuencia de la fase cuadrática, cuya
fase se aplica a cada pulso en un primer sentido de modulación. Las instrucciones del programa
legibles por computadora, cuando se leen por el procesador, se pueden configurar además para
modular la fase de la energía de eco recibida de uno o varios objetos que reflejan la secuencia de
50 repetición transmitida de pulsos de frecuencia constante N durante cada subintervalo de recepción por
la secuencia de la fase cuadrática idéntica usada para la secuencia de repetición transmitida de
pulsos de frecuencia constante N , con un segundo sentido de modulación frente al primer sentido de
modulación, de modo que la modulación de la fase neta aplicada a la energía de eco reflejada de un
objeto de reflejo particular en un rango particular r , medido en unidades distintas de T del tiempo del
eco de ida y vuelta, pueda ser una diferencia entre la fase de los pulsos transmitidos en el momento
55 de su transmisión y la fase aplicada a la energía de eco recibida del rango r , en el uno o el otro sentido
de la diferencia. Las instrucciones del programa legibles por computadora, cuando se leen por el
procesador, se pueden configurar además para producir de la energía de eco recibida modulada N
traducciones de frecuencia únicas y distintas de la energía de eco recibida como una función de rango
 r de los objetos reflectantes, de magnitud igual a múltiplos de $1/NT$ Hz, cuyas traducciones de
60 frecuencia pueden conservar el espectro de la energía de eco recibida, formando en combinación un
espectro de señal de frecuencia compuesta.

Breve descripción de los dibujos

65 **[0009]**

FIG. 1 es un diagrama de bloques de un sistema de localización de eco generalizado para generar uno o varios canales de pulsos coherentes con secuencias de fase, recibiendo y tratando reflexiones de tales secuencias.

FIG. 2 es un diagrama de un ejemplo de tiempo de transmisión, tiempo de recepción y la cobertura de la puerta de alcance de un radar de una puerta, mostrando ciclos de trabajo y grado de la cobertura del rango.

FIG. 3 es un diagrama de un ejemplo de tiempo de transmisión, de tiempo de recepción y la cobertura de la puerta del rango de un radar de tres puertas, mostrando ciclos de trabajo y grado de la cobertura del rango.

FIG. 4 es un diagrama de un ejemplo de tiempo de transmisión, de tiempo de recepción y la cobertura de la puerta del rango de un radar de onda continua (CW), mostrando ciclos de trabajo y grado de la cobertura del rango.

FIG. 5 es un diagrama de bloques de un ejemplo de un sistema de radar Doppler de microondas para generar uno o varios canales de pulsos microondas coherentes con secuencias de fase prescritas, recibiendo las secuencias de fase, y tratando uno o varios canales de las secuencias recibidas.

FIG. 6 es un diagrama de bloques de un ejemplo de un sintetizador de forma de onda de frecuencia intermedia (FI) para generar secuencias de pulsos en una frecuencia FI con una secuencia de la fase prescrita.

FIG. 7 es un diagrama de bloques de un ejemplo de las partes FI de un receptor microondas para FI filtrado, conversión de A/D, filtrado de FI digital, desmodulación compleja en uno o varios canales, y controlando la fase de cada canal de salida independientemente.

FIG. 8 es un organigrama que representa un ejemplo de un método del uso de cualquiera de los sistemas de las FIGS. 1 o 5.

FIG. 9 es un diagrama que puede ser producido por el método de la FIG. 8, ilustrando un ejemplo de la respuesta del rango presentada en forma espectral, para objetivos con velocidades inequívocas, mostrando una relación directa entre rasgos espectrales y parámetros objetivo.

FIG. 10 es un organigrama que representa otro ejemplo de un método del uso de cualquiera de los sistemas de las FIGS. 1 o 5.

FIG. 11 es un diagrama que puede ser producido por el método de la FIG. 10, ilustrando un ejemplo de la respuesta del rango presentada en forma espectral, para objetivos con velocidades moderadamente ambiguas pero sin la superposición espectral, mostrando el uso de dos secuencias de fase, una de las cuales invierte un sentido del desplazamiento Doppler, con una curva superior trazada en una orientación invertida para mayor claridad, ilustrando la resolución de ambigüedades de Doppler moderadas.

FIG. 12 es un organigrama que representa otro ejemplo de un método del uso de cualquiera de los sistemas de las FIGS. 1 o 5.

FIG. 13 es un diagrama que puede ser producido por el método de la FIG. 12, ilustrando un ejemplo de la respuesta del rango presentada en forma espectral, para objetivos con velocidades severamente ambiguas, mostrando la situación totalmente ambigua sobre varias puertas debido a relativamente amplias anchuras espectrales.

FIG. 14 es otro diagrama que puede ser producido por el método de la FIG. 12, ilustrando un ejemplo de la respuesta del rango para la situación en FIG. 13, con el orden de rango permutado conseguido a través de la modificación del parámetro de la secuencia de la fase **M**, permitiendo la valoración del parámetro para las reflexiones de cuatro objetivos que están completamente superpuestos en FIG. 13.

FIG. 15 es otro diagrama que puede ser producido por el método de la FIG. 12, ilustrando un ejemplo de la respuesta del rango para la situación ilustrada en FIG. 14, con picos espectrales que se podrían dar de parámetros del espectro de la FIG. 13 quitada (retirada mostrada en líneas discontinuas), con cuatro picos espectrales restantes, de rangos 17-20, listos para parametrización.

FIG. 16 es un organigrama que representa otro ejemplo de un método del uso de cualquiera de los sistemas de las FIGS. 1 o 5.

FIG. 17 es un diagrama que puede ser producida por el método de la FIG. 16, ilustrando un ejemplo de la respuesta del rango para datos de la FIG. 13, con espectros para varios valores de un parámetro **M** superpuesto, cada espectro desplazado de modo que los valores espectrales para la puerta del rango 18 se alineen en la posición de la puerta 18 para **M** = 1.

Fig. 18 es otro diagrama que puede ser producido por el método de la FIG. 16, ilustrando un ejemplo de la respuesta del rango para el rango 18, tomados de datos para FIG. 17 escogiendo una respuesta mínima en cada frecuencia espectral, dejando una estimación para una señal en el rango 18 no contaminada por otras puertas del rango.

FIG. 19 es otro diagrama que puede ser producido por el método de la FIG. 16, ilustrando un ejemplo de la respuesta del rango como el creado de datos de la FIG. 13, con cada puerta del rango estimada por un proceso usado para crear FIG. 18, con todas las respuestas del rango totalmente desambiguadas.

- FIG. 20 es un organigrama que representa otro ejemplo de un método del uso de cualquiera de los sistemas de las FIGS. 1 o 5.
- FIG. 21 es un diagrama que puede ser producido por el método de la FIG. 20, ilustrando un ejemplo de la respuesta del rango como el creado de los datos de la FIG. 13, con todas las respuestas del rango totalmente ambigüadas.
- FIG. 22 es otro diagrama que puede ser producido por el método de la FIG. 16, ilustrando un ejemplo de la respuesta del rango de la FIG. 17, pero con un desplazamiento Doppler de una señal en la puerta 18 considerablemente aumentado, para demostrar un ejemplo de la recuperación de señales del parámetro con desplazamientos Doppler relativamente grandes altamente superpuestas con señales de otras puertas del rango en unos espectros primarios para varios valores de **M**.
- FIG. 23 es otro diagrama que puede ser producido por el método de la FIG. 16, ilustrando la respuesta del rango de la FIG. 17, pero con una anchura espectral de la señal en la puerta 18 considerablemente aumentada, para demostrar un ejemplo de la recuperación de parámetros de relativamente amplias señales altamente superpuestas con señales de otras puertas del rango en los espectros primarios para varios valores de **M**.
- FIG. 24 es un diagrama esquemático de un sistema de procesamiento de la información ilustrativo en el cual los modos de realización ilustrativos se pueden poner en práctica.
- 20 Descripción detallada
- [0010] Los sistemas y los métodos se describen aquí para objetos simples o complejos que recorren el eco, por lo cual las características de ecos se pueden analizar en una esfera espectral para proporcionar la información sobre ubicación, intensidad de eco, velocidad radial, movimiento relativo y/o otras propiedades de los objetos.
- [0011] FIG. 1 es un diagrama de bloques de un sistema generalizado ejemplar, mostrado generalmente en 100, para dicha variación del eco con operación el monoestática, biestática, y/o multiestática. El sistema de rango de eco 100 puede incluir un transmisor 101 y un receptor 102. El transmisor 101 puede incluir un generador de la secuencia de frecuencia intermedia (IF) 103, un mezclador 105, un generador portador (u oscilador portador de frecuencia) 106, un separador 107, un filtro 108, un amplificador 109, y un transductor de señal 110. El receptor 102 puede incluir un transductor 113, un amplificador 114, un filtro 115, un mezclador 116, un Filtro FI 117, un modulador (p.ej., un demodulador de cuadratura) 118, y un procesador de la señal 119. En este ejemplo, el transmisor y el receptor comparten el generador de la secuencia 103, generador portador 106, separador 107, y procesador de la señal 119. El generador de la secuencia 103, modulador 118, y procesador de la señal 119 pueden incluirse en un sistema de procesamiento de la señal 120.
- [0012] El transmisor 101 también se puede mencionar como un primer dispositivo electrónico. El transmisor puede generar pulsos de transmisión plurales que tienen una primera frecuencia común. Por ejemplo, el transmisor 101 puede crear y/o transmitir la secuencia cifrada de una polifase de pulsos (o la secuencia cifrada por la fase de pulsos) que tienen la primera frecuencia común.. Una secuencia así cifrada por la fase se puede generar en un apropiado y/o conveniente Frecuencia FI por el generador de la secuencia de la fase 103. La señal de secuencia de fase FI se puede enviar al modulador 118, y al mezclador 105 (p.ej., a un puerto de entrada de Mezclador 105).
- [0013] Otro puerto de entrada de Mezclador 105 puede ser alimentado por el generador portador de frecuencia 106, vía el separador 107. El mezclador 105 puede mezclar la señal de fase FI y la señal portadora para producir una señal de suma o una señal de diferencia, y en efecto modular la señal portadora con las diferentes fases de transmisión progresivamente la señal de transmisión de fase FI. Sin embargo, la modulación de la señal para transmitir se puede producir modulando la señal de la banda base (p.ej., de, en, y/o por el procesador de la señal 119), la señal FI (p.ej., de, en, y/o por el generador de la secuencia 103), y/o la señal RF (p.ej., de, en, y/o por el generador portador 106).
- [0014] La salida de Mezclador 105, en una frecuencia de transmisión del sistema, puede ser filtrada por el filtro 108 para seleccionar la señal de suma o la señal de la diferencia del resultado de mezclar la frecuencia FI y la frecuencia portadora del generador por el mezclador 105, que puede producir una señal de transmisión filtrada. La señal de transmisión filtrada puede ser amplificada entonces por el amplificador 109 para producir una señal de transmisión de salida.
- [0015] La señal de transmisión de salida se puede transmitir vía el transductor de señal 110 en el medio de transmisión 121. El medio de transmisión puede ser cualquier medio que conduzca la señal transmitida transformada por el transductor de señal 110. Por ejemplo, el medio de transmisión puede ser un material sólido, como la tierra, un líquido, como el agua o un gas, como el aire. Las señales transmitidas del transductor 110 se pueden reflejar de uno o varios objetos 122 que son reflexivos de la señal transmitida, qué objetos pueden incluir variaciones en el índice refractivo de Medio de transmisión..

5 **[0016]** Se ve entonces en este ejemplo que el transmisor 101 transmite pulsos de transmisión plurales que tienen la frecuencia portadora común. Los pulsos de transmisión se modulan con diferentes fases de transmisión para la transmisión en el medio de transmisión 121 para determinar al menos un
10 parámetro de los uno o varios objetos 122 que reflejan al menos uno de los pulsos transmitidos del transductor 110. En algunos modos de realización, el sistema 100 se puede configurar para generar los pulsos de transmisión plurales de transmisión que tienen una frecuencia óptica, una radiofrecuencia o una frecuencia de audio. En algunos modos de realización, el sistema se puede configurar para transmitir los pulsos plurales de transmisión como ondas electromagnéticas o como ondas mecánicas.

15 **[0017]** El receptor 102 también se puede mencionar como un segundo dispositivo electrónico. El receptor puede recibir pulsos reflejados producidos por la reflexión de los pulsos plurales de transmisión por cada uno o varios objetos reflexivos 122 en el medio de transmisión 121. Por ejemplo, el receptor 102 puede recibir y/o analizar ecos de la señal transmitida que se reflejan de los objetos reflexivos. Expresamente, los ecos pueden ser recibidos por el transductor 113 para producir una señal de recepción. La señal de recepción es amplificada entonces por el amplificador 114 y filtrada por el filtro 115. La señal de recepción se puede describir como una señal asociada con los ecos.

20 **[0018]** La señal asociada con los ecos (p.ej., la señal de recepción amplificada filtrada) se puede enviar al mezclador 116. Una porción (o parte) de la señal (p.ej., la tercera señal) del generador portador 106 se puede enviar al mezclador 116 vía el separador 107. El mezclador 116 puede mezclar la señal asociada con los ecos con una parte de la señal portadora del generador portador 106, vía el separador 107, para producir una señal de FI representativa de la fase de transmisión aplicada al pulso de transmisión.
25

30 **[0019]** Por ejemplo, la señal de la fase de transmisión de FI se puede filtrar por un filtro de FI 117 y enviar al modulador 118. El modulador 118 puede procesar la señal de FI de la fase de transmisión con una señal de fase actual normalmente producida por el generador de FI de la secuencia de la fase 103 para producir una señal del cambio de fase. El signo de demodulación puede ser tal que la suma de los cambios de la fase aplicados a la señal en el transmisor 101 y en el receptor 102 representa la diferencia de la secuencia de la fase generada por el generador de FI de la secuencia de la fase 103 en dos puntos en el tiempo, un punto que es el tiempo que la señal fue transmitida por el transmisor 101, y el otro punto que es el tiempo en el cual el eco del objeto reflexivo volvió al receptor 102. La
35 señal de la salida de Modulador 118 puede ser una serie de tiempo compleja basada en la señal demodulada y esto se puede digitalizar para el análisis espectral.

40 **[0020]** En algunos modos de realización, el sistema 100 se puede configurar para integrar coherentemente una pluralidad de pulsos de recepción modulados antes de la producción del primer espectro de señal de frecuencia compuesta. En algunos modos de realización, el sistema se puede configurar para generar los pulsos de transmisión plurales modulando para cada pulso un portador incoherente con una señal de modulación coherente que tiene la fase de transmisión.

45 **[0021]** El sistema 100 puede determinar, del primer espectro de señal de frecuencia compuesta, el al menos un parámetro de un primer objeto reflexivo de uno o varios objetos 122 que reflejó al menos uno de los pulsos transmitidos. Por ejemplo, la señal de la salida de Modulador 118 puede contener datos que pueden ser indicativos de parámetros de intensidades de objetos 122, velocidades radiales de objetos 122, y/o movimientos internos en el espectro de la serie de tiempo compleja (p.ej., el primer espectro de señal de frecuencia compuesta), por ejemplo, de una manera descrita abajo. La señal de la salida de Modulador 118 se puede enviar para el procesador de la señal 119. El procesador de la
50 señal 119 puede determinar del primer espectro de señal de frecuencia compuesta el al menos un parámetro de al menos el primer objeto reflexivo.

55 **[0022]** Los parámetros de rendimiento del sistema de rango de eco 100 se pueden determinar por las características de temporización y fase de las señales transmitidas. Las señales transmitidas pueden ser también mencionadas como ondas o formas de onda.

60 **[0023]** El sistema 100 se puede configurar para transmitir los pulsos de transmisión del transductor 110 en una primera ubicación. El sistema 100 se puede configurar para recibir los pulsos de recepción en la primera ubicación (como en un modo de operación monoestático) o en una o varias segundas ubicaciones espaciadas de la primera ubicación (como en un bi-estático o modo de operación multiestático). Por ejemplo, el transductor 113 se puede integrar en el transductor 110 en la primera ubicación o se puede localizar en una segunda ubicación que está separada de la ubicación del transductor 110.
65

[0024] FIG. 2 muestra un tipo en forma de onda transmitida que puede ser conveniente para la operación monoestática del sistema de rango de eco 100. En FIG. 2, se puede asumir un ciclo de

- trabajo máximo. El tramo superior en FIG. 2 muestra una secuencia 150 de pulsos transmitidos de la anchura del pulso uniforme t y tiempo de repetición del pulso T . La secuencia 150 puede definir un período de transmisión y puede equivaler a las señales transmitidas del transductor 110 del transmisor 101 de la FIG. 1. Cada pulso puede tener una fase constante $\Phi(n)$ sobre el pulso respectivo, pero la fase puede diferenciar el pulso para pulsar según una secuencia prescrita. Por ejemplo, los pulsos de transmisión plurales generados por el sistema 100 (ver FIG. 1) pueden incluir (o ser) una secuencia de pulsos de transmisión, con cada pulso en la secuencia de pulsos que tienen la primera frecuencia con una fase particular.
- 5
- 10 **[0025]** Un tramo medio en FIG. 2 muestra intervalos 152 cuando el receptor 102 (ver FIG. 1) puede funcionar sin la interferencia del transmisor 101. En otras palabras, FIG. 2 muestra intervalos 152 correspondientes a tiempos cuando los pulsos de la secuencia 150 no se están transmitiendo. Los intervalos 152 pueden ser y/o definir períodos de recepción.
- 15 **[0026]** Un tramo inferior en FIG. 2 muestra una convolución resultante 154 de (y/o entre) el período de recepción asociado con intervalos 152 y el período de transmisión asociado con la secuencia 150. La convolución 154 puede ilustrar una sensibilidad del rango del sistema 100 de la FIG. 1.
- 20 **[0027]** FIG. 3 muestra una secuencia de pulso para un transmisor del ciclo de trabajo reducido usando tres puertas del rango ejemplares, identificados como puertas del rango G1, G2, G3, que pueden ser convenientes para la incorporación en el sistema 100 de la FIG. 1. Cada puerta del rango puede usar la misma secuencia de fase y se puede tratar independientemente.
- 25 **[0028]** El tramo superior en FIG. 3 muestra una secuencia 160 de pulsos transmitidos de anchura del pulso uniforme t y tiempo de repetición del pulso T . La secuencia 160 puede equivaler a las señales transmitidas del transmisor 101 de la FIG. 1 (p.ej., del transductor 110). El período de tiempo durante el cual cada pulso en la secuencia 160 se transmite se puede considerar un período de transmisión. Cada pulso puede tener una fase constante $\Phi(n)$ sobre el pulso respectivo, pero la fase puede diferir de pulso a pulso según la secuencia prescrita.
- 30 **[0029]** Un tramo medio en FIG. 3 muestra intervalos 162 cuando el receptor 102 (ver FIG. 1) puede funcionar sin la interferencia del transmisor 101. Por ejemplo, FIG. 2 muestra intervalos 162 correspondientes a tiempos cuando los pulsos de la secuencia 160 no se están transmitiendo y representan períodos de recepción. Cada intervalo de intervalos 162 puede equivaler a la recepción de una puerta del rango G1, G2 o G3. Por ejemplo, cada puerta del rango puede equivaler a un rango de distancia de un objeto de la combinación de transductores 110 y 113 (ver FIG. 1). El primer rango puede estar más cerca a los transductores que el segundo y los terceros rangos, y la segunda variedad puede estar más cerca al transductor 113 que el tercer rango.
- 35 **[0030]** Un tramo inferior en FIG. 3 muestra una convolución resultante 164 de entre el período de recepción asociado con los intervalos 162 y el período de transmisión asociado con la secuencia 160. La convolución 164 puede ilustrar una sensibilidad del rango del sistema 100 de la FIG. 1.
- 40 **[0031]** En consecuencia, se ve que el sistema 100 (y/o sistema 500 - ver FIG. 5) se puede configurar para generar pulsos de transmisión en intervalos espaciados que tienen una duración entre pulsos de transmisión que es una pluralidad de una duración de cada transmiten el pulso. Cualquiera de los sistemas 100 y/o 500 se puede configurar para recibir los pulsos de recepción entre el consecutivo pulsos de transmisión para una pluralidad de puertas que cada una tiene una duración correspondiente a la duración de los pulsos de transmisión.
- 45 **[0032]** FIG. 4 muestra una secuencia de pulso para una configuración biestática o multiestática que puede ser conveniente para la incorporación en el sistema 100 de la FIG. 1. El tramo superior en FIG. 4 muestra una secuencia 170 de pulsos transmitidos de la anchura del pulso uniforme t y tiempo de repetición del pulso T . La secuencia 170 puede ocurrir por un período de transmisión y equivaler a las señales transmitidas del transmisor 101 de la FIG. 1 (p.ej., del transductor 110). Cada pulso puede tener una fase constante $\Phi(n)$ sobre el pulso respectivo, pero la fase puede diferenciar el pulso para pulsar según la secuencia prescrita. El pulso transmitido (o transmisor) de la secuencia 170 puede ser contiguo, con fases separadas, constantes sobre cada intervalo t . En el ejemplo ilustrado en Fig. 4, el intervalo t es igual al tiempo de repetición del pulso T .
- 50 **[0033]** Un tramo medio en FIG. 4 muestra intervalos 172 que se pueden recibir durante un período de recepción predefinido correspondiente al período de la transmisión de la secuencia 170. Un tramo inferior en FIG. 4 muestra una convolución resultante 174 del período de recepción asociado con intervalos 172 y los períodos de transmisión del pulso asociados con la secuencia 170. La convolución 174 puede ilustrar una sensibilidad del rango del sistema 100 de la FIG. 1.
- 55
- 60
- 65

[0034] En algunos modos de realización, una distancia aproximada se puede conocer de un objeto reflexivo previsto de un transmisor (p.ej., transductor 110) transmitiendo los pulsos de transmisión. El sistema se puede configurar para generar los pulsos plurales de transmisión contiguamente durante un primer período de tiempo menor que el período de tiempo para pulsos de transmisión para viajar al objeto reflexivo previsto y los reflejados pulsos de transmisión para viajar del objeto reflexivo previsto al dispositivo del receptor electrónico, y después del primer período de tiempo, recibir los pulsos de recepción por segunda vez al menos durante el primer período de tiempo. En algunos modos de realización, el sistema se puede configurar para ignorar cualquier pulso de recepción recibido durante el primer período de tiempo.

[0035] En FIGS. 2-4, los pulsos del transmisor se muestran rectangulares. Sin embargo, en otros modos de realización los pulsos del transmisor pueden no ser rectangulares. Por ejemplo, los pulsos del transmisor pueden tener otras formas que pueden reducir una amplitud de banda de la señal requerida.

[0036] La generación de pulsos plurales de transmisión en el sistema 100 (ver FIG. 1) puede incluir la configuración del sistema 100 de las fases de pulsos del transmisor sucesivos según una ecuación cuadrática. Por ejemplo, la secuencia de la fase (p.ej., la secuencia de la fase cifrada de pulsos producidos por el transmisor 101) puede comprender una secuencia cuadrática general, como la secuencia cuadrática de la ecuación (1), donde n es el índice secuencial de los pulsos transmitidos:

$$\text{Ecuación (1)} \quad \Phi(n) = M(an^2 + bn + c) .$$

Esta secuencia cuadrática general se puede aplicar a ambas de las señales transmitidas y recibidas (o formas de onda), donde n puede ser un índice secuencial (o número de secuencia) de los pulsos transmitidos, el M puede ser un número entero que no tiene ningún cofactor con N , con $M = 1$ para el caso básico, y los coeficientes a , b , c pueden ser en unidades de la fase, como radians, grados u otras unidades angulares, en el intervalo $[0, 2\pi]$, más allá de cuyo intervalo la secuencia $\Phi(n)$ «dobla» hacia atrás cuando se considera modulo una revolución de la fase. Φ puede ser la fase en radians y n puede representar el número de la secuencia de un pulso correspondiente de duración t y puede ser un número entero entre 1 y N , donde N puede ser un número entero igual al número de pulsos en la secuencia de repetición de pulsos.

[0037] Si el mezclador del sistema de recepción (p.ej., mezclador 116) se configura de modo que la fase de la serie de tiempo compleja en un momento dado el intervalo n sea la fase de FI de generador de la secuencia de la fase 103 menos la fase de salida de la señal recibida de Filtro FI 117, entonces la modulación de la fase neta aplicada a un eco en el retraso de rango r , y tiempo $n + r$ expresado en términos de unidades de T , únicamente gracias a la aplicación repetida de la secuencia de la fase, se puede determinar con la ecuación (2).

$$\text{Ecuación (2)} \quad \Phi_{if}(n) = \Phi(n+r) - \Phi(n).$$

El primer término a la derecha de la ecuación (2) (es decir, $\Phi(n+r)$) puede representar una fase del oscilador local (p.ej., del generador FI de la secuencia de fase 103 en este ejemplo) en el tiempo $n+r$ cuando se recibió el eco. El segundo término a la derecha de la ecuación (2) (es decir, $\Phi(n)$) puede representar la fase del transmisor cuando se transmitió el pulso (p.ej., del transductor de señal 110) en el tiempo n . Esta secuencia de fases será diferente y única para valores diferentes de M dentro de $[1, M]$, a condición de que N sea un número primo, y un $= \pi/N$ radians. Esta diferencia se puede ampliar usando la ecuación (1), causando la ecuación (3). Se apreciará que otras fases en la secuencia pueden ser usadas progresivamente para determinar una diferencia de la fase, qué fase o fases se compensarían de una o ambas de las fases de transmisión y recepción.

$$\text{Ecuación (3)} \quad \Phi_{if}(n) = 2Manr + \text{términos que no cambian con } n$$

[0038] Los términos que no cambian con n pueden producir cambios de la fase que no cambian a tiempo y se pueden descuidar. La señal del eco del rango r puede exponer un cambio de la fase que aumenta por la cantidad $2Mar$ por intervalo de tiempo T , como n incrementos de n a $n+1$, que puede ser equivalente al rango Fat del cambio de una frecuencia r descrito por la ecuación (4).

$$\text{Ecuación (4)} \quad F(r) = 2Mar/T \text{ Hz} .$$

El cambio de frecuencia $F(r)$ se puede interpretar como modulo $1/T$ Hz. Así, los ecos de cada intervalo del rango de anchura del tiempo T se pueden traducir en línea recta y discretamente a un intervalo de frecuencia respectivo en un espectro de la salida de serie de tiempo compleja de Modulador de cuadratura 118.

[0039] Ya que el intervalo de muestreo de la serie de tiempo compleja es de T segundos, se puede limitar un rango de frecuencia inequívoco del espectro con $1/T$ Hz, y el cambio espectral F se puede interpretar como modulo $1/T$ Hz. Ya que el cambio de frecuencia puede aumentar en línea recta con la puerta número r para $M=1$, el valor máximo de r se puede determinar solucionando para el valor de r , que produce un cambio de fase por intervalo T de 2π radians. Para un caso donde $M = 1$, solucionando para el valor de r , que puede producir un cambio de frecuencia igual a $1/T$ Hz, equivalente a 2π radians por tiempo de la muestra T , como se muestra en la ecuación (5) para el caso donde el transmisor y el receptor están a la misma distancia del objeto reflexivo u objetivo:

$$\text{Ecuación (5)} \quad 2ar_{max} = 2\pi \text{ radians,}$$

$$\text{Ecuación (6)} \quad r_{max} = \pi / a,$$

La utilización N como la longitud de la secuencia de repetición de pulsos,

$$\text{Ecuación (7)} \quad r_{max} = N, \text{ y } a = \pi/N$$

[0040] Un retardo de ida y vuelta correspondiente al rango máximo es entonces NT , más allá del cual los ecos se pueden doblar para bajar rangos en el espectro, y el número de puertas del rango puede ser N . Valores más altos del número entero M pueden no cambiar el rango inequívoco máximo, pero simplemente pueden ordenar de nuevo los rangos en el espectro de frecuencia.

[0041] Los ecos del objeto sólo no pueden tener un cambio de frecuencia debido a la secuencia de la fase, expresada por la ecuación (4), pero los ecos del objeto también pueden tener cambios de frecuencia Doppler debidos a objetar el movimiento con relación a los transductores (p.ej., transductores 110, 113) o una antena (p.ej., la antena 508 - ver FIG. 5), así como la frecuencia se extiende debido a movimientos internos del objeto. Con el valor del coeficiente a fijado a π/N radians, la vuelta de cada intervalo del rango r puede ser inequívoca si el cambio de frecuencia Doppler de la vuelta de cada intervalo del rango r cae dentro de una ventana espectral de anchura igual a dF , centrado en la frecuencia F , interpretado como modulo $1/T$ Hz, donde dF es determinado por la ecuación (8).

$$\text{Ecuación (8)} \quad dF = 2a/T \text{ Hz, y } F = 2Mar/T \text{ Hz.}$$

[0042] De esta manera se puede así establecer el valor de para establecer un intervalo del rango máximo deseado y se puede establecer un rango definido de velocidad inequívoca.

[0043] Como se describe debajo y se ilustra en las cifras, se pueden acomodar violaciones de este intervalo de velocidad inequívoco estricto. La traducción de rango de objeto, desplazamiento Doppler y anchura espectral es uno lineal, por tanto todos los rasgos del espectro del objeto se pueden representar fielmente en el espectro de frecuencia traducido. En casos donde un eco del objeto es muy amplio o muy desplazado de la posición estrictamente inequívoca del eco de objeto, pero el eco del objeto no recubre los espectros de ecos de otros rangos, los parámetros del objeto se pueden deducir del espectro directamente. Pero si el eco del objeto es parcialmente o completamente recubierto por otros espectros del objeto, todavía puede ser posible recuperar los parámetros del eco del objeto. Esto es posible debido a la capacidad del parámetro M para cambiar la orden espectral.

[0044] El parámetro del número entero M en la ecuación (1) que multiplica los cambios de la fase se puede aplicar a cada pulso transmitido y recibido. Por ejemplo, si $M = -1$ los cambios de la fase aplicados a los pulsos transmitidos y recibidos se pueden revertir y el orden de rango en el espectro se puede invertir (p.ej., el espectro modulo $1/T$ Hz se puede considerar entre cero y $+1/T$ Hz, con el rango que corre en el orden inverso en la frecuencia). Por ejemplo, si hay muchas puertas de rango sucesivas con espectros del eco del objeto, cada uno de los cuales tiene un desplazamiento Doppler mayor que el límite sugerido en la ecuación (8) de arriba, pero los espectros seriamente o considerablemente no se superponen, puede ser imposible o difícil de resolver exactamente los rangos verdaderos correspondientes a los picos espectrales de solo un conjunto de datos (p.ej., una sola serie de tiempo compleja producida por el modulador 118). Sin embargo, adquiriendo otro conjunto de datos con $M = -1$, el signo de la relación entre el desplazamiento Doppler y el cambio de frecuencia debido a la secuencia de la fase se puede invertir, lo que puede proporcionar niveles suplementarios de libertad de hacer girar el rango verdadero para cada rasgo espectral.

[0045] Además, valores enteros más altos de M sin el común divisor con N , pueden reordenar completamente la frecuencia contra la relación del rango. Por ejemplo, tales valores enteros más altos

de M pueden separar rasgos espectrales consecutivamente espaciados, amplios y que se superponen moviendo estos rasgos el uno separado del otro a otras áreas del espectro. Si no separados, entonces estos rasgos se pueden superponer por otra parte el uno al otro y son imposibles o difíciles de resolver exactamente. Por ejemplo, con $M = 7$ cada puerta del rango en el espectro se puede colocar a una frecuencia siete veces del rango nominal separando de ecos vecinos de la puerta del rango respectiva, modulo la frecuencia máxima $1/T$ Hz. Así un grupo de rasgos llenos, amplios se puede separar por siete veces el valor de la ventana espectral nominalmente permitida para cada puerta del rango. Ya que la frecuencia contra la relación del rango puede ser completamente ordenada de nuevo por valores enteros de M sin el común divisor con N , puede ser ventajoso para N ser un número primo.

[0046] A consecuencia de tal reordenación de la frecuencia contra la relación del rango, puede ser posible recuperar valores reales de rango, desplazamiento Doppler, anchura espectral y/o otros rasgos espectrales, hasta para situaciones con rasgos espectrales densamente compactados, muy amplios y/o muy desplazadas por el efecto Doppler. En algunos modos de realización, puede ser posible recuperar valores reales de rango, el efecto Doppler, anchura espectral y/o otros rasgos espectrales a condición de que sólo una minoría de puertas del rango sea afectada por rasgos espectrales densamente embalados, relativamente amplios rasgos espectrales y/o rasgos espectrales con desplazamiento Doppler altos.

[0047] Se apreciará que las secuencias de fase cuadráticas del tipo en la ecuación (1) a menudo se usan en radares de compresión de pulso de filtro emparejado, donde las secuencias de pulsos siempre se tratan en grupos de pulsos N para aprovechar el carácter ortogonal de las secuencias. Sin embargo, los sistemas y los métodos de la descripción presente pueden no usar el carácter ortogonal de la secuencia de pulso, además de permutar el orden de rango de los datos, pero mejor dicho pueden tratar datos con espectros producidos por conjuntos de datos ampliados de la longitud arbitraria, no limitada con múltiplos de N . Los datos, los espectros producidos, y/o los conjuntos de datos se pueden visualizar una ventana para mejorar la resolución espectral y el rango dinámico de los espectros.

[0048] Como un ejemplo de esta técnica ver la descripción debajo de una realización microondas preferida.

[0049] FIG. 5 es un diagrama de bloques de un modo de realización de un sistema de radar Doppler de microondas de eco o transceptor, generalmente indicado como 500. Es común en los radares meteorológicos referirse a objetos reflexivos como blancos como un remanente de los usos heredados del radar. En consecuencia, en la descripción siguiente el término blanco se considera sinónimo del objeto reflexivo.

[0050] Una parte del transmisor del sistema del radar 500 puede incluir un generador FI en forma de onda 501, un oscilador local RF 502, un mezclador 503, un filtro RF 504, un amplificador de radiofrecuencia (RF) 505, un circulador 506, un acoplador direccional 507, y un transductor en forma de antena 508. Una ruta del receptor del sistema del radar 500 puede incluir la antena 508, un acoplador 507, un circulador 506, un amplificador de bajo ruido (LNA) 509, un mezclador 510, uno o varios receptor (s) digital (s) FI 511, y un procesador de señal digital 512. Un canal de la muestra del transmisor del sistema del radar 500 puede incluir un acoplador direccional 507, un mezclador 513, y un receptor digital FI 514.

[0051] En un modo de realización de un sistema del radar de polarización dual, todo o una parte del sistema del radar 500 se pueden duplicar para proporcionar un segundo canal de polarización.

[0052] El sistema del radar 500 puede ser un transceptor que usa una sola antena para transmitir y recibir. El sistema del radar 500 puede incluir un transmisor y un receptor que comparten una señal RF producida por un oscilador local RF 502. En algunos ejemplos, se pueden usar antenas separadas de transmisión y recepción. En algunos ejemplos, se pueden usar transmisores y receptores separados. Los transmisores y los receptores separados se pueden colocar en la misma ubicación o en ubicaciones separadas o remotas.

[0053] La parte de transmisión del sistema 500, también referida a un primer dispositivo electrónico, se puede configurar para generar pulsos de transmisión plurales 516 que tengan una primera frecuencia común modulada con el diferentes fases de transmisión para la transmisión en un medio de transmisión 518 para determinar al menos un parámetro de uno o varios objetivos reflexivos 520. El objetivo 520 puede estar en un medio de transmisión 518, que en caso del radar meteorológico es el aire ambiental. Los objetivos 520 pueden reflejar al menos una secuencia de pulso transmitida 516. Por ejemplo, la parte de transmisión del sistema puede incluir un generador FI en forma de onda 501. El generador FI en forma de onda 501 puede producir formas de onda pulsadas de frecuencia de repetición del pulso constante (PRF) y anchura del pulso, en uno o varias frecuencias FI. El generador

- en forma de onda 501, descrito más adelante, puede modular la fase de las formas de onda. Por ejemplo, el generador en forma de onda 501 puede modular la fase de la salida de formas de onda de RF por oscilador local RF 502 en una base del pulso por pulso, independientemente en cada frecuencia FI, de acuerdo con la secuencia de la fase cuadrática definida en la ecuación (1), y/o con valores separados del número entero constante M usara en diferentes portadoras. Tal modulación puede permitir que el sistema 500 determine el rango inequívoco nominal y el desplazamiento Doppler inequívoco nominal de uno o varios objetivos.
- [0054]** Las formas de onda pulsadas (o pulsos IF) producidas por el generador 501 pueden alimentar al mezclador 503. Los pulsos FI se pueden combinar en el mezclador 503 con una señal de la radiofrecuencia (RF) producida por el oscilador local RF 502 para crear una señal de transmisión de frecuencia de microondas o señal de control. La señal de control de frecuencia de microondas puede ser filtrada por el filtro 504 antes de alimentar al amplificador del radar 505. El amplificador 505 puede amplificar la señal de control y alimentar la señal de control al circulador 506. El circulador 506 puede alimentar entonces la señal de control al acoplador 507. El acoplador 507 puede alimentar la señal de control a la antena del radar 508. La antena del radar 508 entonces transmite la secuencia de pulsos de transmisión correspondiente a la señal de control.
- [0055]** Un puerto de la muestra en el acoplador direccional 507 puede permitir una muestra de pulsos salientes (p.ej., los pulsos de transmisión 516 correspondiente a las señales de control) para ser alimentado al mezclador 513, junto con la señal RF producida por el oscilador local 502. El mezclador 513 puede producir una señal de muestra mixta FI de las señales de control del acoplador 507 y la señal RF del oscilador 502. La señal de muestra mixta FI puede ser la salida de Mezclador 513. La señal de muestra mixta FI tal vez introducida en el receptor digital FI 514 para permitir una realización opcional de correcciones de predistorsión. Las correcciones de predistorsión se pueden alimentar del receptor digital FI 514 al generador en forma de onda 501 para generar un FI en forma de onda que mejora una linealidad del amplificador RF 505.
- [0056]** Cuando las portadoras RF múltiples son generadas por el sistema del radar 500, se pueden producir portadoras no deseadas debido a la distorsión de intermodulación en el amplificador RF 505. Esto se puede evitar usando juegos (paralelos) múltiples de generadores en forma de onda 501, mezcladores 503, filtros 504, y amplificadores 505 (colectivamente referidos como un generador en forma de onda RF 524 mostrados en la FIG. 5), y sumando las salidas de unidades del amplificador múltiples en una combinación de alta linealidad pasiva 526, mostrado en líneas discontinuas. La salida de la combinación 526 puede ir entonces a circulador 506. Tal enfoque puede permitir el uso de los amplificadores saturados de alta eficacia 505, que si por otra parte son usados en la arquitectura de la FIG. 5 pueden causar seria o excesiva distorsión de intermodulación, produciendo bandas laterales suplementarias no deseadas en la salida del portador múltiple, y así posibles señales falsas en el espectro de la señal recibida.
- [0057]** La parte del receptor del sistema 500, también referido como un segundo dispositivo electrónico, se puede configurar para recibir pulsos reflejados 522 producidos por la reflexión de pulsos de transmisión plurales 516 por cada uno de uno o varios objetivos 520. La antena del radar 508 puede recibir uno o varios pulsos de recepción 522 producidos por la reflexión de pulsos de transmisión 516 por cada uno de uno o varios objetivos 520. La parte del receptor del sistema 500 puede incluir además un acoplador 507, un circulador 506, un LNA 509, un mezclador 510, un oscilador local 502, y/o receptor digital FI 511. Pulsos de recepción 522 (o señales) recibidas por la antena 508 pueden pasar por el acoplador direccional 507 y pueden alimentar al circulador 506, donde los pulsos de recepción pueden pasar a LNA 509. LNA 509 puede alimentar los pulsos amplificados de recepción al mezclador 510. La señal RF producida por el oscilador local 502 también puede alimentar al mezclador 510, que puede mezclar los pulsos de recepción con la señal portadora RF para formar una señal representativa FI de las fases de los pulsos recibidos. La señal FI se puede introducir a un receptor digital FI 511.
- [0058]** El receptor digital FI 511, descrito más adelante, puede recibir y digitalizar uno o varios canales FI de señales reflejadas. El receptor digital FI 511 puede filtrar cada canal para establecer la amplitud de banda de la señal. El receptor digital FI 511 puede modular la fase de cada pulso FI en cada canal independientemente, según la secuencia cuadrática definida en la ecuación (1). El receptor digital FI 511 puede demodular además la señal FI a un nivel de la banda base compleja (o serie de tiempo). El receptor digital FI 511 puede reenviar las series temporales de banda base compleja al procesador digital de señales 512.
- [0059]** El procesador digital de señales 512 se puede configurar para producir de una secuencia pulsos de recepción modulados un primer espectro de señal de frecuencia compuesta representativo de una relación de la fase de transmisión y la fase de recepción de cada pulso de recepción 522. Por ejemplo, el procesador digital de señales se puede configurar para determinar del primer espectro de señal de frecuencia compuesta al menos un parámetro de un objetivo que reflejaba los pulsos

- transmitidos. Por ejemplo, el procesador de la señal 512 puede poner en práctica una o varias operaciones matemáticas las cuales se describen debajo, para sacar una o varias propiedades del objetivo, como rango, intensidad, velocidad y/o otras características espectrales de la serie de tiempo de señal de banda de base compleja. Estos productos del radar pueden ser entonces la salida, en cuanto a un interfaz del usuario gráfico para el uso por un operador, y o a una base de datos. El procesador de la señal digital 512 se puede poner en práctica en una matriz de puertas programable (FPGA), software u otra forma apropiada.
- [0060]** FIG. 6 muestra un modo de realización ejemplar del generador FI en forma de onda 501. El generador FI en forma de onda 501 puede incluir un sintetizador en forma de onda 601, una unidad de cálculo de predistorsión 602, convertidor de cuadratura digital a analógica (D/A), un mezclador de Modulador de cuadratura de banda lateral simple (SSB) 604, un oscilador local de cuadratura FI 605, y un Filtro FI 606.
- [0061]** El sintetizador en forma de onda 601 se puede controlar mediante señales de tiempo y de control recibidas del receptor digital FI 514 (ver FIG. 5). Las señales de control recibidas del receptor digital FI 514 pueden establecer uno o varios parámetros del pulso como PRF, anchura del pulso y/o frecuencias portadoras. El sintetizador en forma de onda 601 puede recibir señales de control de la unidad de cálculo de predistorsión opcional 602. La unidad de cálculo de predistorsión 602 puede ser sensible a la muestra de transmisión y en la fase de datos de entrada y cuadratura (I/Q) recibidos del receptor digital FI 514 para producir señales de control representativas de cambios en forma de onda I/Q sintetizada producida por el sintetizador en forma de onda 601. El sintetizador en forma de onda puede ser sensible entonces a estas señales de control para poner en práctica correcciones de predistorsión para mejorar la linealidad del amplificador RF 505 (ver FIG. 5). El sintetizador en forma de onda puede producir señales portadoras en una frecuencia seleccionada, normalmente por la conversión digital directa de formas de onda digitales almacenadas o creadas y puede enviar las señales portadoras en forma de cuadratura al convertidor D/A 603.
- [0062]** La salida analógica del convertidor D/A 603 se puede introducir entonces en el mezclador SSB 604 para convertir la señal análoga a una frecuencia FI. La otra entrada al mezclador SSB 604 puede ser proporcionada por el oscilador 605 de cuadratura local FI, de modo que una sola salida de banda lateral se pueda producir de Modulador mezclador SSB 604. La salida de SSB de Mezclador SSB 604 se puede filtrar entonces por el filtro FI 606 para la conversión a RF por el mezclador 503 (ver FIG. 5).
- [0063]** Si la predistorsión digital se debe usar para el amplificador de potencia de radar linearizador 505, entonces la muestra de la salida del amplificador 505, convertido a una serie de tiempo de la banda base compleja por El receptor digital FI 514, se puede pasar a la unidad de cálculo de predistorsión 602. La salida de unidad 602 puede pasar al sintetizador en forma de onda 601 en forma de ajustes a la forma de onda creada por el sintetizador en forma de onda 601.
- [0064]** FIG. 7 muestra un modo de realización ejemplar de un receptor digital FI, generalmente indicado como 700. El receptor digital FI 700 puede ser un ejemplo de receptores digitales FI 509 o de 511. El receptor digital FI 700 puede incluir un filtro FI 701, un convertidor A/D rápido 702, uno o varios filtros digitales FI 703, un elemento de diezmado complejo 704, y una unidad de control de la fase por canal 705.
- [0065]** La señal analógica FI del mezclador 510 o 513 (ver FIG. 5) se puede filtrar por el filtro FI 701 y es convertida al formato digital por el convertidor A/D de alta velocidad 702. La salida digital del convertidor desde el convertidor 702 puede pasar en paralelo a uno o varios filtros digitales FI 703, como los filtros 703-1, 703-2, y 703-k, para establecer la amplitud de banda RF final del sistema del radar 500 (ver FIG. 5) para cada canal RF, como canales 1, 2, y k, que se muestran, donde k puede ser un número entero correspondiente al número de canales usados. Los filtros digitales 703 pueden ponerse en práctica en hardware, firmware y/o software.
- [0066]** Cada canal FI puede recibir una señal de control de fase de la entrada del generador FI en forma de onda 501 (ver FIG. 5). La señal de control de fase puede estar basada al menos en parte en datos generados por la unidad de control de fase u otro regulador del sistema.
- [0067]** Una salida de cada filtro digital FI 703 se puede relacionar con el elemento de diezmado complejo 704. El elemento de diezmado complejo 704 se puede poner en práctica en hardware, firmware y/o software. La fase de la señal recibida en cada canal se puede ajustar independientemente, de acuerdo con la secuencia de la fase cuadrática descrita debajo, usando los datos proporcionados a la unidad de control de la fase 705. Esta función se puede realizar por el filtro digital FI respectivo, el elemento de diezmado complejo respectivo o una unidad de ajuste de la fase separada.

[0068] En el elemento de diezmado complejo (o etapa) 704, la secuencia digital en cada canal se puede diezmar para producir una salida de la banda base compleja para la transmisión al procesador de la señal digital 512 (ver FIG. 5).

5 **[0069]** El procesador de la señal digital 512 se puede poner en práctica en cualquier sistema de procesamiento digital apropiado, como un sistema de procesamiento digital incluso FPGAs o hardware estándar de computación de alta velocidad, con algoritmos definidos en términos matemáticos y puesto en práctica en firmware o software.

10 **[0070]** La generación de señales microondas y/o la recepción de aquellas señales, se pueden facilitar consiguiendo calidades de señal deseables, como ruido de la fase bajo, amplio rango dinámico y baja distorsión de intermodulación típica de sistemas de radar contruidos en un estándar alto.

15 **[0071]** En la operación, el sistema 100 ó 500 puede generar uno o varios canales de pulsos constantes-PRF RF cuyas fases se modulan con una secuencia cuadrática de la forma de la ecuación (1), con coeficientes M y a específico para los parámetros de operaciones, produciendo rango inequívoco nominal e intervalos de velocidad según las ecuaciones (6) - (8). Canales múltiples de datos se pueden adquirir secuencialmente a tiempo, en portadoras RF múltiples, y/o en polarizaciones ortogonales.

20 **[0072]** Los ecos de objetivos del radar se pueden recibir en la misma (o separada) antena(s). Los ecos pueden ser considerablemente modulados por una secuencia de la fase cuadrática idéntica a la que solía modular cada canal del transmisor correspondiente (aunque posiblemente desplazado a tiempo), para producir para cada canal una serie de tiempo de muestras complejas que pueden ser convertidas por transformada de Fourier (u otro método conveniente) para producir un espectro de señal de frecuencia compuesta para cada canal. Un sentido de modulación de la fase sobre la recepción puede ser tal que el cambio de la fase total experimentado por una muestra del receptor determinada es igual a la diferencia entre la modulación de la fase aplicada a un representante de la señal de la fase del pulso recibido en el momento de la recepción y la modulación de la fase aplicada al pulso del transmisor en el momento de la transmisión, como se muestra en la ecuación (2).

25 **[0073]** Debido a propiedades de las secuencias de fase cuadráticas específicas implicadas, el espectro de frecuencia así producido para cada canal puede reproducir los espectros RF verdaderos de todos los objetivos. Cada espectro de la señal objetivo puede ser cargado por su amplitud respectiva. Cada espectro objetivo puede ser cambiado por su desplazamiento Doppler respectivo, y se puede cambiar además en la frecuencia por una cierta frecuencia (o predeterminarse) por puerta de banda, como se indica por la ecuación (4). De esta manera, de ser trazada con el eje de frecuencia como la abscisa e intensidad en la ordenada, entonces el eje horizontal representa el rango, con un espectro individual trazado en cada puerta del rango y el espectro desplazado de su lugar nominal por cualquier desplazamiento Doppler presente en ese rango.

30 **[0074]** Mientras los siguientes siguen usando el caso del radar meteorológico de objetivos distribuidos para ejemplificar el uso del aparato, sistemas y métodos descritos aquí en su realización preferida, se apreciará que el aparato, los sistemas y los métodos descritos aquí pueden tener aplicaciones para otros tipos de radares u objetivos, para otros tipos de rango del eco electromagnético o no electromagnético, utilizando ondas coherentes u ondas incoherentes con modulación coherente, y para varias combinaciones de configuraciones biestáticas y multiestáticas.

35 **[0075]** Lo siguiente describe varios métodos para detectar y/o dar parámetros ecos del objeto que están caracterizados por cambios de frecuencia Doppler y/o espectros Doppler para varias situaciones. Uno o varios de estos métodos pueden ser (o incluirse en) una o varias alternativas de procesamiento del dominio de frecuencia para datos del radar doblados por el rango. Estos métodos pueden ser permitidos por uno o varios de los aparatos (p.ej., sistemas 100 y/o 500) y/o procesos (p.ej., produciendo un primer espectro de señal de frecuencia compuesta) descrito encima. Las FIGS. 8, 10, 12, 16, y 20 son organigramas que representan ejemplos de estos métodos y puede equivaler a software y/o diseños de firmware. Las FIGS. 9, 11, 13-15, 17-19, y 21-23 son gráficos que ilustran ejemplos representativos de varios pasos de estos métodos.

40 **[0076]** En la descripción siguiente, una operación para formar un espectro puede ser llevada a cabo por cualquier método conveniente conocido por los expertos en la técnica, incluso la formación del espectro de potencia tomando el valor absoluto cuadrado de la Transformada de Fourier de la secuencia de datos I/Q de la banda base, con ventanas adecuadas para aumentar el rango dinámico y la resolución del espectro, con la longitud de la secuencia de datos seleccionada como apropiadas para las medidas, independientemente del valor de N constante.

45 **[0077]** En la descripción siguiente, una operación para determinar parámetros espectrales se puede referir a la caracterización de los picos espectrales para repetir el rango, intensidad de eco,

desplazamiento Doppler del eco, repetir la anchura espectral y/o cualquier otro parámetro del espectro del eco que pueda ser útil. Este procedimiento de valoración espectral puede usar uno o varios de los conjuntos de datos ejemplares siguientes (A) - (D), entre otros, para caracterizar el espectro para cada puerta del rango:

- 5
 - 10
 - 15
 - 20
 - 25
 - 30
 - 35
 - 40
 - 45
 - 50
 - 55
 - 60
 - 65
- (A) Una parte de ventanas del espectro total, limitado con el área alrededor de una puerta del rango. Tal trozo del espectro puede contener un pico, un pico con un pico de desorden sobrepuesto, dos picos mezclado y/o rasgos más complejos. La extracción del parámetro de picos del espectro de potencia puede ser llevada a cabo por la valoración de momento directa, encajando características espectrales a curvas gaussianas o parabólicas por mínimos cuadrados y mínimos cuadrados no lineales y muchos otros enfoques.
- (B) Una transformada de Fourier inversa de dicha parte de ventana del espectro de potencia, que es igual a una función de la autocovariancia de esa parte del espectro. Pueden ser usados muchos enfoques para dar parámetros espectros de sus funciones de la autocovariancia, incluso el algoritmo del par del pulso y diversos tipos de estimadores espectrales multipolares.
- (C) Para cada puerta del rango, una transformada de Fourier inversa de una parte de la complejo de transformada de Fourier de la serie de temporal completa. Una ventana conveniente puede definir una zona del espectro complejo de la serie de tiempo incluso una puerta particular, de la cual una transformada de Fourier inversa es igual a la serie de tiempo, en la resolución T de tiempo, que puede permitir el uso de enfoques diversos para la parametrización de los rasgos espectrales en la puerta antes mencionada de tal serie de tiempo.
- (D) Una parte en ventana del espectro mínimo, como el ejemplificado en FIG. 18. Esto se puede tratar de mismo modo que si se tratara de un pico aislado, teniendo en cuenta la reducción de la intensidad de la señal causada por la función de minimización.
- [0078]** Un método ejemplar (o algoritmo), generalmente indicado en 800, se representa en la FIG. 8. El método 800 se puede emplear en una primera situación ejemplar en la cual un objeto eco ancho espectral puede ser menor que dF en la ecuación (8), y un valor absoluto del desplazamiento Doppler de eco puede ser menor que $dF/2$. En esta primera situación ejemplar, el rango verdadero puede no ser ambiguo (p.ej., puede ser inequívoco). Sin embargo, en algunos modos de realización, el método 800 se puede emplear en otras situaciones.
- [0079]** El método 800 puede incluir un paso 802 de fijar uno o varios parámetros de adquisición. Por ejemplo, el paso 802 puede incluir ajustar un PRF de una secuencia de pulsos que se transmitan, ajustar un rango máximo de aquellos pulsos (p.ej., ajuste de uno o ambos de N y T), ajustar una anchura de la puerta de una o varias puertas que se pueden incluir en uno o varios de los pulsos y/o ajustar M un primer valor entero. Por ejemplo, en el paso 802, el sistema 500 puede (o puede ser usado) ajustar M igual a +1.
- [0080]** El método 800 puede incluir un paso 804 de adquirir un conjunto de datos y formar un espectro. Por ejemplo, en el paso 804, el primer dispositivo electrónico del sistema 500 puede generar pulsos plurales de transmisión que tienen una primera frecuencia común modulada con las diferentes fases de transmisión. El segundo dispositivo electrónico del sistema 500 puede recibir pulsos reflejados producidos por la reflexión de las ondas de transmisión plurales por uno o varios objetivos 520. El segundo dispositivo electrónico puede modular la fase de una señal de recepción representativa de una fase de los pulsos reflejados recibidos con una fase de recepción correspondiente a una fase de un impulso de transmisión generado actualmente. El receptor puede producir a partir de las señales de recepción modulada un primer espectro de señal de frecuencia compuesta, un ejemplo de lo cual se indica generalmente se indica con 900 en la FIG. 9. El espectro 900 puede ser representativo de una relación entre la fase de transmisión y la fase de recepción de cada secuencia de pulsos de recepción. El espectro 900 se puede describir como una respuesta del rango de objetivos 520 presentados en forma espectral.
- [0081]** El método 800 puede incluir un paso 806 de determinación del espectro formado al menos un parámetro de un primer objetivo 520. Por ejemplo, el espectro 900 puede ser la respuesta del rango para una configuración ejemplar de 23 puertas de rango ($M = 1$, $N = 23$), con objetivos en todas las 23 de aquellas puertas de rango, y con desplazamientos Doppler de aquellos objetivos de acuerdo con la ecuación (8). Las marcas de las señales a lo largo del eje horizontal de la FIG. 9 muestran ubicaciones nominales de ecos en el desplazamiento Doppler cero, para cada puerta del rango. El rango objetivo verdadero, desplazamiento Doppler, intensidad de eco, la anchura espectral de eco, y otros detalles espectrales se pueden medir inequívocamente del espectro, como se muestra por las anotaciones en la FIG. 9. Por ejemplo, el sistema 500 puede identificar al menos un primer segmento

de rango espectral, como un segmento 902, con al menos un máximo local de primera frecuencia M1 y un primer ancho espectral W1. El máximo local de primera frecuencia del segmento 902 puede corresponder (o representar) una intensidad de eco del segmento 902. El sistema puede determinar (entonces) del segmento 902 un rango R1, una velocidad con relación al dispositivo del receptor del sistema (p.ej., antena 508), y una anchura espectral de un objetivo sobre un intervalo del rango. Por ejemplo, en el paso 806, el sistema puede decidir que una frecuencia del eco recibido es aproximadamente representativa del rango (o distancia) del objetivo del dispositivo del receptor. Por ejemplo, el sistema puede decidir que el eco que tiene la intensidad de eco máxima M1 en el segmento 902 está en el rango R1 correspondiente a la puerta del rango 3. El sistema puede determinar la velocidad (con relación a los dispositivos del receptor y el transmisor) del objetivo en el rango R1 de un desplazamiento Doppler D1 del segmento 902.

[0082] En algunos modos de realización, en el paso 806, el sistema puede determinar uno o varios parámetros de espectros en una pluralidad de puertas del rango, como en cada puerta del rango. Por ejemplo, el sistema puede identificar segmentos de rango espectrales para cada una de puertas del rango 1-23 en el espectro 900. El sistema puede identificar un máximo local y una anchura espectral para cada uno de estos segmentos. De cada segmento, el sistema puede determinar un rango de un objetivo (p.ej., si un eco asociado está presente en el segmento), la fuerza del eco objetivo, una velocidad del objetivo con relación al dispositivo del receptor del sistema y una anchura espectral del eco del objetivo para un intervalo del rango correspondiente al segmento.

[0083] El método 800 puede incluir un paso 808 de determinación si se han encontrado las condiciones del eco. Por ejemplo, en el paso 808, el sistema puede determinar si los ecos objetivo identificados (y/o parametrizados) en el paso 806 tienen anchuras espectrales respectivas que son menores que dF en la ecuación (8), y valores absolutos respectivos del desplazamiento Doppler del eco menores que $dF/2$. Si el sistema decide que se han encontrado las condiciones del eco, entonces el método 800 puede volver al paso 804 y el método 800 se puede repetir posteriormente, para rastrear los objetivos. Sin embargo, si el sistema decide en el paso 808 que las condiciones del eco no se han encontrado, entonces la frecuencia de ecos objetivo en el espectro 900 puede no ser representativa del rango verdadero (p.ej., uno o varios de los segmentos se pueden doblar hacia atrás en el espectro y parece que se asocien con una puerta del rango con la cual el segmento realmente no tiene que ver). Así, si se determina en el paso 808 que las condiciones del eco no se han encontrado, luego el método 800 puede volver al paso 802 y el sistema puede (o puede usarse) reiniciar o modificar los parámetros de adquisición, y el método 800 se puede repetir posteriormente.

[0084] A la luz de la dicha descripción, en cuanto a las FIGS. 8 y 9 y otras partes de esta descripción, se apreciará que un sistema y/o un producto del programa de ordenador pueden proporcionar un método para usar reflexiones de energía de onda de uno o varios objetos reflectantes para caracterizar ciertas propiedades de estos objetos (p.ej., uno o más objetos reflectantes) a través de las características espectrales de las reflexiones de ellos (p.ej., uno o más objetos reflectantes). El método puede incluir la generación para la transmisión de una secuencia de repetición de pulsos de frecuencia constante N de anchura t segundos en intervalos del interpulso de T segundos, donde cada pulso de la secuencia tiene una fase constante particular según la secuencia de la fase cuadrática, cuya fase se aplica a cada pulso en un primer sentido de modulación.

[0085] El método puede incluir además la modulación de la fase de la energía de eco recibida de uno o varios objetos que reflejan la secuencia de repetición transmitida de pulsos de frecuencia constante N durante cada subintervalo de recepción por la secuencia de la fase cuadrática idéntica usada para la secuencia de repetición transmitida de pulsos de frecuencia constante N , con un segundo sentido de modulación opuesto al primer sentido de modulación, de modo que la modulación de la fase neta aplicada a la energía de eco reflejada de un objeto de reflejo particular en un rango particular r , medido en unidades distintas de T del tiempo del eco de ida y vuelta, pueda ser una diferencia entre la fase de los pulsos transmitidos en el momento de su transmisión y la fase aplicada a la energía de eco recibida del rango r , en un sentido u otro de la diferencia.

[0086] El método puede incluir además la producción a partir de la energía de eco recibida modulada N de traducciones de frecuencia únicas y discretas de la energía de eco recibida en función del rango r de los objetos reflectantes, de magnitud igual a múltiplos de $1/NT$ Hz, cuyas traducciones de frecuencia pueden conservar el espectro de la energía de eco recibida, formando en combinación un espectro de frecuencia de señal compuesta.

[0087] La secuencia de la fase cuadrática puede ser representada por $\Phi(n) = M(an^2 + bn + c)$, donde $\Phi(n)$ puede ser la fase aplicada a un pulso que tiene el índice n del pulso. M puede ser un número entero que no tiene ningún factor en común con N . El índice n del pulso puede ser el índice de pulsos en la secuencia de repetición en el rango 1 a N . El coeficiente a puede ser una definición constante del intervalo de repetición de la secuencia de la fase, cuando se considera módulo una

rotación de la fase, se ajusta a π/N para unidades de la fase de radians. Los coeficientes b y c pueden ser constantes de cualquier valor.

- 5 **[0088]** En algunos modos de realización, la producción de traducciones de frecuencia **N** puede incluir la producción de una traducción de frecuencia de la energía de eco recibida como una función del rango **r** de la forma **Ma(r - i)/NT** Hz modulo $1/T$ Hz, donde el índice **i** puede representar cualquier compensación del índice en **n** entre la aplicación de $\Phi(n)$ al pulso generado y la aplicación de $\Phi(n)$ a la energía de eco recibida.
- 10 **[0089]** En algunos modos de realización, el método puede comprender además la determinación de que uno o varios rasgos espectrales de la energía de eco recibida para una secuencia de pulsos transmitidos que generan fases usando un solo valor de la constante **M** cae dentro de un intervalo espectral de $1/NT$ Hz para cada rango respectivo **r**, sin superposición espectral.
- 15 **[0090]** En algunos modos de realización, el método puede comprender además la caracterización de rasgos inequívocamente espectrales de la energía de eco recibida correspondiente de cada variedad **r** y la asignación de los rasgos espectrales caracterizados a un rango particular.
- 20 **[0091]** En algunos modos de realización, los límites en el desplazamiento Doppler máximo se pueden relajar haciendo funcionar el radar (de sistemas 100 o de 500) en dos modos, secuencialmente a tiempo, o en paralelo usando dos frecuencias portadora diferentes, o usando dos polarizaciones ortogonales (que puede implicar dos sistemas emisor-receptor del tipo mostrado en la FIG. 5). Por ejemplo, cualquiera de los sistemas 100 o 500 se puede configurar para generar una primera secuencia de impulsos de transmisión según la función cuadrática de la ecuación (1) con el ajuste de
- 25 **M** igual a un primer valor entero, y generar una segunda secuencia de impulsos de transmisión según la función cuadrática de la ecuación (1) con el ajuste de **M** igual a un segundo valor entero que es el negativo del primer valor entero. Además, cualquiera de los sistemas 100 o 500 (p.ej. procesadores 119 o 512) se pueden configurar para determinar un desplazamiento Doppler de un objetivo a partir de una diferencia en los espectros de frecuencia de la señal compuestos respectivos para las primeras y
- 30 segundas secuencias de impulsos de transmisión para el objetivo (p.ej., con la primera secuencia generada con el ajuste de **M** igual al primer valor entero, y la segunda secuencia generada con **M** ajustado igual al segundo valor entero). Por ejemplo, un juego de datos se puede tomar con el número entero constante **M** en la ecuación (1) ajuste +1, y otro con **M** ajuste -1. Este cambio de **M** puede invertir la relación entre el signo del desplazamiento Doppler y el signo del cambio de frecuencia producido por la secuencia de la fase, ya que un desplazamiento Doppler positivo para **M** = +1 equivaldrá a un desplazamiento Doppler positivo para **M** = -1, pero el signo del cambio de frecuencia inducido por la fase por la secuencia cambiará.
- 35 **[0092]** Por ejemplo, un método, generalmente indicado en 1.000 en la FIG. 10, se puede poner en práctica si uno o más objetivos no satisfacen las condiciones del eco de Método 800. Por ejemplo, en una segunda situación ejemplar, los objetivos pueden no cumplir el criterio de Doppler inequívoco fuerte de la primera situación ejemplar descrita encima (p.ej., la anchura espectral del eco objetivo no puede ser menor que **dF** en la ecuación (8), y un valor absoluto del desplazamiento Doppler del eco no puede ser menor que **dF/2**). Mejor dicho, los objetivos pueden tener desplazamientos Doppler
- 40 menores de aproximadamente dos o tres veces ese criterio. Además y/o o bien, los objetivos pueden tener un poco de continuidad en el rango, de modo que no se superpongan en los espectros. El método 1000 también se puede usar en otras situaciones convenientes, como una situación en la cual se desea para validar parámetros objetivo determinados con el método 800.
- 45 **[0093]** El método 1000 puede incluir un paso 1002 de fijar parámetros de adquisición del sistema. Por ejemplo, el paso 1002 puede implicar hacer un ajuste de la PRF de primeras y segundas secuencias de pulsos a transmitir, poniendo un rango máximo de aquellos pulsos (p.ej., ajustando uno o ambos **N** y **T**), ajustando una anchura de la puerta de una o varias puertas que se pueden incluir en las primeras y segundas secuencias, poniendo **M** a un primer valor entero para la primera secuencia de pulsos, y/o poniendo **M** a un segundo valor entero para la segunda secuencia de pulsos. El segundo
- 50 valor entero puede ser el negativo del primer valor entero. Por ejemplo, en el paso 1002, el sistema puede (o puede usarse) ajustar **M** igual a +1 para la primera secuencia de pulsos y **M** igual a -1 para la segunda secuencia de pulsos. Tal ajuste se puede representar como **M** = [+1,-1].
- 55 **[0094]** El método 1000 puede incluir un paso 1004 de adquirir dos conjuntos de datos y formar dos espectros. Por ejemplo, en el paso 1004, el primer dispositivo electrónico del sistema puede generar impulsos plurales de transmisión que tienen una primera frecuencia común modulada con diferentes fases de transmisión. Los pulsos de transmisión plurales pueden incluir la primera secuencia de pulsos de transmisión determinados al menos en parte según un primer valor (p.ej., +1) de un primer factor (p.ej., **M**), y una segunda secuencia de pulsos de transmisión determinados al menos en parte
- 60 según el negativo del primer valor (p.ej., -1) del primer factor. El receptor de sistema 500 puede recibir pulsos reflejados producidos por la reflexión de los pulsos de transmisión plurales por uno o más
- 65

objetivos. El receptor puede modular la fase de los pulsos reflejados recibidos con una fase de recepción correspondiente a una fase de un pulso de transmisión generado actualmente. El receptor puede producir de los pulsos de recepción modulados el primer y segundo espectros de frecuencia de la señal compuesta, ejemplos de los cuales se indican respectivamente en 1100, 1102 en la FIG. 11. El primer espectro 1100 puede ser representativo de una relación entre la fase de transmisión y la fase de recepción de cada impulso de recepción correspondiente a la primera secuencia (con $M = +1$). El segundo espectro 1102 puede ser representativo de una relación entre la fase de transmisión y la fase de recepción de cada impulso de recepción correspondiente a la segunda secuencia (con $M = -1$). Espectros 1100, 1102 se pueden describir como una respuesta del rango de objetivos presentados en forma espectral.

[0095] Los grados de libertad añadidos que proporcionan los datos obtenidos con M igual al primer valor entero y con M igual al segundo valor entero (p.ej., $M = +1$ y $M = -1$) lo pueden hacer posible para los procesadores de sistemas 100 o para 500 para resolver ambigüedades causadas por la superposición moderada de espectros de la señal con desplazamiento Doppler en muchas o todas las puertas del rango o superposición más sustancial de tales espectros en una minoría de puertas del rango. De esta manera, el límite en el desplazamiento Doppler inequívoco, o velocidad radial del objetivo, se puede relajar considerablemente comparando con el límite preexistente para radares Doppler.

[0096] Espectros 1100, 1102 son ejemplos de uso de estos dos valores (p.ej., $+1, -1$) de M en la FIG. 11, los dos espectros se trazan, uno invertido para la comparación con el otro, tanto en amplitud como en frecuencia (con $M = -1$ secuencia que produce cambios de frecuencia que son el negativo sustancial de cambios de frecuencia de $M = +1$ secuencia). En este caso, algunos desplazamientos Doppler están en exceso de la restricción proporcionada por la ecuación (8), pero permanece posible identificar el rango verdadero y desplazamiento Doppler (y otros parámetros) para cada espectro del eco, porque los espectros del eco ocurren en pares, con la frecuencia media entre los pares que se caen en los marcadores del rango definidos por la Ecuación 4 que indica el rango verdadero y la mitad de la diferencia en las frecuencias de los dos picos que indican el desplazamiento Doppler verdadero. En la FIG. 11, las líneas discontinuas unen a pares correspondientes de picos espectrales. Por ejemplo, está claro que los dos primeros picos (que corresponden respectivamente puertas de rango 1 y 2) tienen pares cercanos, ya que los desplazamientos Doppler asociados con estos picos son pequeños. Además, los picos 1104, 1106 correspondientes a la puerta del rango 4, relacionado por líneas discontinuas, también es un par, aunque el desplazamiento Doppler de estos picos viole la ecuación (8) por un margen grande. Como se muestra en la FIG. 11, los dos picos correspondientes a la puerta del rango 4 se desplazan simétricamente de su rango verdadero, la cuarta marca de la señal (p.ej., correspondiente a la puerta del rango 4).

[0097] El método 1000 (ver FIG. 10) puede incluir un paso 1006 para determinar uno o varios parámetros objetivo usando ambos de los espectros formados en el paso 1004. Por ejemplo, en el paso 1006, el sistema puede determinar el desplazamiento Doppler asociado con un objetivo (p.ej., uno o varios de los objetivos 520) de una diferencia en espectros 1100, 1102 para las primeras y segundas secuencias respectivas de pulsos de transmisión para el objetivo. Por ejemplo, en el paso 1006, el sistema puede realizar una o varias determinaciones (y/o parametrizaciones) en espectros 1100, 1102 de una manera similar a uno o varios de los realizados en el paso 806 de Método 800 (ver FIG. 8). Por ejemplo, el sistema puede identificar una frecuencia (o ubicación) del pico del eco 1104 en el espectro 1100 y una frecuencia (o ubicación) del pico del eco 1106 en el espectro 1102. El sistema puede decidir qué picos del eco 1104, 1106 ocupan posiciones relacionadas (o ubicaciones) en espectros respectivos 1100, 1102. Por ejemplo, el sistema puede decidir qué picos 1104, 1106 se localizan en segmentos de espectros correspondientes o se localizan ambos en posiciones similares en órdenes máximas respectivas en los espectros respectivos (p.ej., picos 1104, 1106 son ambos cuartos picos). El sistema puede asociar las posiciones relacionadas de picos relacionados 1104, 1106 con un objetivo común (p.ej., objeto reflexivo). El sistema puede emparejar picos relacionados 1104, 1106. El sistema puede determinar un rango del objetivo común haciendo un promedio de las frecuencias respectivas de picos relacionados 1104, 1106, y asociando esta frecuencia promedio con el rango del objetivo común. Por ejemplo, el sistema puede decidir que el objetivo común se asociado (o correspondiente) con picos 1104, 1106 refleja un eco que tiene una frecuencia media que es aproximadamente igual a la frecuencia correspondiente a la puerta del rango 4. Basado en esta determinación del rango verdadera, el sistema puede determinar el desplazamiento Doppler asociado con el objetivo común de cualquiera de los espectros 1100, 1102. El sistema puede determinar de manera similar uno o varios parámetros objetivo en cada puerta del rango emparejando de manera similar rasgos asociados de cada puerta del rango.

[0098] Como se describe encima, dos valores de M se pueden usar en el método 1000 para resolver ambigüedades del rango. Se pueden encontrar los pares de espectros simétricamente localizados sobre cada punto del cero-Doppler de la puerta del rango. Una separación en la frecuencia entre dos

picos puede ser dos veces el desplazamiento Doppler. La frecuencia media (de los dos picos) puede ser indicativa del rango verdadero.

5 **[0099]** El método 1000 puede incluir un paso 1008 de la determinación si permanece alguna ambigüedad en los espectros. Las ambigüedades restantes pueden incluir rasgos espectrales ambiguos, como un pico del eco que tiene una anchura espectral mayor que $dF/2$. Una tan amplia anchura espectral puede incluir una pluralidad de picos del eco ambiguos de una pluralidad de puertas del rango, con los picos del eco ambiguos ambiguamente Doppler desplazado el uno hacia el otro en el espectro. En el paso 1008, si el sistema decide que no permanecen ningunas ambigüedades, entonces el método 1000 puede volver al paso 1004 y seguir adquiriendo datos para seguir el objetivo parametrización. Sin embargo, si en el paso 1008 el sistema decide que las ambigüedades realmente permanecen, entonces el método 1000 puede volver al paso 1002 y el sistema puede (o puede usarse) reiniciarse, modificar y/o ajustar los parámetros de adquisición, y el método 1000 se puede repetir posteriormente. O bien y/o además, un método, generalmente indicado en 1200 en FIG. 12, se puede poner en práctica si se determina que las ambigüedades permanecen.

20 **[0100]** Por ejemplo, en un tercer caso ejemplar o situación, uno o varios espectros producidos por el sistema pueden tener de moderada a fuerte superposición espectral y/o anchuras espectrales grandes. La FIG. 13 muestra un ejemplo de tal espectro para puertas del rango 1-23. En la FIG. 13, los espectros para puertas del rango 17-20 se superponen al punto donde no se puede extraer ninguna información sobre las señales excepto estimaciones ásperas de la intensidad y rango de un grupo de ecos. Tales ecos superpuestos pueden ser resueltos por la adquisición de conjuntos de datos adicionales. Los conjuntos de datos adicionales se pueden tomar secuencialmente a tiempo o en paralelo, con portadoras de frecuencia múltiples, con polarizaciones ortogonales, y/o con varios valores del número entero constante M . Adquiriendo conjuntos de datos adicionales con M de valores diferentes, las puertas del rango se pueden reajustar o permutarse en el espectro de una manera predeterminada, que puede separar picos espectrales para la caracterización.

30 **[0101]** Por ejemplo, el método 1200 (ver FIG. 12) puede incluir un paso 1202 de fijar uno o varios parámetros de adquisición del sistema. En el paso 1202, el sistema puede hacer que el PRF de una pluralidad de secuencias de pulsos se transmita, ponga un rango máximo de aquellos pulsos (p.ej., poniendo uno o ambos de N y T), ponga una anchura de la puerta de una o varias puertas que se pueden incluir en la pluralidad de secuencias, y/o seleccionar un juego de m de valores de M , donde m puede ser el número de secuencias para transmitirse. Por ejemplo, en el paso 1202, el sistema se puede configurar para generar una pluralidad de secuencias de pulsos de transmisión según la función cuadrática de la ecuación (1), con cada secuencia que tiene un valor entero diferente de M . Por ejemplo, en el paso 1202, el sistema se puede configurar para generar una primera secuencia con $M = +1$ y una segunda secuencia con $M = +7$ (p.ej., $m = 2$, con $M = [+1, +7]$). En algunos modos de realización, el sistema puede fijar los parámetros de adquisición para la segunda secuencia después de la transmisión de la primera secuencia, después de que el espectro se ha formado para la primera secuencia, y/o después de que el sistema ha decidido que el espectro para la primera secuencia incluye picos espectrales ambiguos.

45 **[0102]** El método 1200 puede incluir un paso 1204 de adquirir m conjuntos de datos y formar m espectros. Por ejemplo, en el paso 1204, un transmisor del sistema puede generar pulsos de transmisión plurales que tienen una primera frecuencia común modulada con diferentes fases de transmisión. Los pulsos de transmisión pueden incluir la primera secuencia de pulsos de transmisión con $M = +1$, y una segunda secuencia de pulsos de transmisión con $M = +7$. Un receptor del sistema puede recibir pulsos reflejados producidos por la reflexión de pulsos de transmisión plurales por uno o varios objetivos reflexivos en el medio de transmisión. El receptor puede modular la fase de los pulsos reflejados recibidos con una fase de recepción correspondiente a una fase de un impulso de transmisión generado actualmente. El receptor puede producirá partir de los pulsos de recepción modulados un primer espectro de señal de frecuencia compuesta (p.ej., espectro 1300 mostrado en FIG. 13), basado en las señales del cambio de fase, para pulsos recibidos correspondiente a la primera secuencia de pulsos de transmisión con $M = +1$, y un segundo espectro de señal de frecuencia compuesta (p.ej., espectro 1400 mostrado en FIG. 14) para pulsos recibidos correspondiente a la segunda secuencia de pulsos de transmisión con $M = +7$.

60 **[0103]** Como se muestra en las FIGS. 13 y 14, los diferentes valores enteros de M pueden redistribuir un orden en la cual las puertas del rango se distribuyen en el espectro en comparación con la orden en la cual las puertas del rango se distribuyen en el espectro producido por otras secuencias de pulsos de transmisión.

65 **[0104]** Por ejemplo, a condición de que M y N no compartan factores comunes (que puede sugerir una ventaja que N sea un número primo), cambiar el valor de M puede cambiar la orden de las puertas del rango en el espectro de frecuencia, sin cambiar cualquier otra característica de los espectros individuales (excepto las relaciones entre el signo de desplazamientos Doppler y cambios espectrales

causados por la secuencia de la fase, que son invertidos por valores negativos y positivos de **M**). En algunos modos de realización, cualquiera de los sistemas 100 o 500 se puede configurar para seleccionar un valor para **M** que no tiene un factor común con **N**, que puede impedir a cualquiera de las puertas del rango superponerse en el orden redistribuido.

5

[0105] Por ejemplo, con **N** = 23 puertas del rango (como en FIGS. 13 y 14), cambiando **M** de +1 a +7 cambia el orden de rango espectral (u orden espectral de puertas del rango) de **r** = 1, 2, 3... 23 en el espectro a **r** = 10, 20, 7... 23, según la relación mostrada en la ecuación (9).

Ecuación (9) $r_j = M * r_i \text{ módulo } N$

10

[0106] En la ecuación (9), **r_i** son los índices espectrales originales en el orden lineal para **M** = 1, y **r_j** son los índices espectrales para los mismos objetivos para otros valores de **M**.

15

[0107] De esta manera, el espectro 1400 mostrado en la FIG. 14 muestra el espectro para los mismos objetivos (u objetos) como se muestra en la FIG. 13, pero con la secuencia del rango redistribuida (o pedido de nuevo) utilizando **M** = 7. Los picos en la FIG. 14 están asociados con puertas del rango 1-23 según los rangos verdaderos, mostrando la permutación en un orden de rango reajustado. Los picos correspondiente a puertas del rango 17, 18, 19, 20 se separan bien ahora, y sus propiedades se pueden caracterizar (p.ej., estimarse y/o determinarse).

20

[0108] Por ejemplo, el método 1200 puede incluir un paso 1206 para determinar uno o varios parámetros objetivo de uno o varios de los espectros formados. En el paso 1206, para cada uno de los **m** espectros, el sistema puede caracterizar picos espectrales que se pueden resolver sin la ambigüedad para ese valor de **M**. Los picos espectrales que no se pueden resolver y darse parámetros para un valor de **M** se pueden así resolver y caracterizarse para otro valor de **M**. De esta manera, tratando los **m** espectros, el sistema puede identificar el rango verdadero para cada pico espectral resuelto. Una vez (o después) un pico espectral se ha caracterizado (p.ej., con su rango verdadero), este pico espectral (o rasgo) puede ser quitado de los espectros formados para todos los valores de **M** por substracción u otros medios.

25

30

[0109] En algunos modos de realización, en el paso 1206, el sistema puede identificar espectros (o segmentos espectrales) en cada uno de los espectros 1300, 1400 que se aíslan suficientemente de los espectros (o segmentos espectrales) para otras puertas del rango que los parámetros correspondientes de amplitud, desplazamiento Doppler y anchura espectral se pueden determinar directamente. En el paso 1206, el sistema puede determinar (entonces) por su parte o más de espectros 1300, 1400 los parámetros por su parte o más de puertas del rango 1-23. Por ejemplo, en el espectro 1300 de la FIG. 13, el sistema puede identificar los picos para los segmentos espectrales correspondientes a puertas del rango 1-16, 21, 22 suficientemente aislados uno del otro, pero que los segmentos espectrales para puertas del rango 17-20 no se aíslan suficientemente el uno del otro (pero mejor dicho, se superponen). Sin embargo, el sistema puede identificar que en el espectro 1400 de la FIG. 14 los segmentos espectrales para puertas del rango 17-20 se aíslan suficientemente el uno del otro (y los otros segmentos espectrales). El sistema puede determinar entonces uno o varios parámetros objetivo de picos para puertas del rango 1-16, 21, y 22 del espectro 1300 y uno o varios parámetros objetivo de picos para puertas del rango 17-20 del espectro 1400. De esta manera, el pico ambiguo correspondiente a puertas del rango 17-20 se puede resolver. El nivel de éxito en este proceso puede depender del porcentaje de puertas del rango con la energía de eco significativa.

35

40

45

50

[0110] A la luz de la dicha descripción, en cuanto a las FIGS. 12 - 14 y otras partes de esta descripción, un sistema y/o un producto de programa de ordenador pueden proporcionar un método que incluye la determinación que los rasgos espectrales de la energía de eco recibida de uno o varios de los al menos uno o varios objetos de reflejo caen fuera de un intervalo espectral *del 1/NT Hz* por su parte o más de los rangos respectivos, o rasgos espectrales de la energía de eco recibida diferenciándose la superposición de rangos.

55

[0111] En algunos modos de realización, el método puede incluir, donde hay una ambigüedad en la asignación del rango a rasgos espectrales en el espectro de la energía de eco, generando una secuencia de repetición de pulsos de frecuencia constante **N** usando valores plurales de la *constante M*.

60

65

[0112] El método puede comprender además la determinación de parámetros de rasgos espectrales de la energía de eco recibida correspondiente de quitar la ambigüedad a rasgos espectrales desplazados o que se superponen encontrando, para cada variedad **r**, al menos un valor de la constante **M** para el cual cualquier cambio o superposición se pueden resolver a través de permutaciones del orden de rango espectral producido diferenciando valores de **M**. En algunos modos de realización, el método puede incluir rasgos espectrales que caracterizan de la energía de eco recibida de cada rango **r** teniendo la superposición o rasgos espectrales desplazados. En algunos

modos de realización, el método puede incluir la asignación de los rasgos espectrales caracterizados en un rango particular.

5 [0113] Refiriéndose de nuevo a la FIG. 12, en el paso 1206, el sistema puede quitar los espectros para aquellas puertas del rango para las cuales los parámetros se determinaron de la pluralidad de espectros de frecuencia de la señal compuestos (p.ej., espectros 1300, 1400). Por ejemplo, del espectro 1300 el sistema puede determinar parámetros para ecos objetivos de los segmentos espectrales respectivos para puertas del rango 1-16, 21, 22, y puede restar entonces los segmentos espectrales para estos ecos de las puertas del rango correspondientes en el espectro 1400. Esto puede prevenir picos 17-20 de ambiguamente mezclarse con otros picos cuando reajustado por el otro valor de M .

15 [0114] Por ejemplo, ambigüedades en cualquiera de los espectros 1300, 1400 se pueden resolver usando (o identificando) las ubicaciones y las propiedades de los picos ya resueltos en el caso de $M = 1$. En la FIG. 13, los picos 1-16, 21, 22 se pueden resolver, y usando la ecuación (9) el sistema puede determinar dónde están estos picos para el caso de $M = 7$. Esto se ha hecho en la FIG. 15, donde un espectro modificado basado en el espectro 1300 que contiene los picos resueltos 1-16, 21, 22 pero no contiene los picos no resueltos 17-20 se ha trazado con líneas discontinuas en sus $M = 7$ ubicaciones en el espectro. Un segundo espectro modificado correspondiente al espectro 1400 presentado en la FIG. 14 para sólo picos 17-20 se muestra en líneas sólidas en la FIG. 15.

20 [0115] El espectro modificado basado en datos reconstruidos de la FIG. 13, mostrada en líneas discontinuas, se superpone bien con datos en la FIG. 15 para picos 17-20 del espectro 1400, mostrado en líneas sólidas, aparte de diferencias estadísticas debido a los dos conjuntos de datos que son incoherentes, ya que los dos conjuntos de datos se pueden haber tomado en frecuencias portador diferentes, o tiempos diferentes, o en polarizaciones diferentes.

25 [0116] En la FIG. 15, hay cuatro picos de la FIG. 14, que se muestran en líneas sólidas, que no tienen picos superpuestos, ya que los picos resueltos del espectro 1300 se han quitado de los datos. Los cuatro picos 17, 18, 19, 20, mostrados en líneas sólidas ocurren donde la reconstrucción del espectro modificado de la FIG. 13 no muestra esencialmente ninguna energía.

30 [0117] Los picos 17, 18, 19, 20 pueden ser parametrizados ahora (por el sistema) de sus espectros aislados respectivos. La parametrización de los picos 17, 18, 19, 20 puede implicar restar picos ligeramente interferentes resueltos del espectro 1300. Sin embargo, tal substracción puede no ser completa por motivos estadísticos. Por ejemplo, los espectros pueden no ser coherentes, debido a adquisición secuencial, o adquisición en frecuencias portador que se diferencian o polarizaciones.

35 [0118] Se ve así que en el paso 1206, el sistema puede determinar si los parámetros se pueden determinar para alguna puerta del rango restante indeterminada. Por ejemplo, las amplitudes de los espectros para las puertas del rango pueden tener máximos locales espectrales, y el paso 1206 puede incluir para cada máximo local espectral para el cual uno o varios parámetros no se ha determinado, seleccionando una de la pluralidad de espectros de frecuencia de la señal compuestos de dos o más puertas del rango que se superponen y para que cada máximo local espectral se ha determinado. Como se ha dicho anteriormente, el sistema puede identificar ese máximo local espectral para puertas del rango 17-20 que no se determinaron (o determinables) del espectro 1300. En respuesta a esta identificación, el sistema puede seleccionar el espectro 1400 en el cual las puertas del rango 17-20 han sido reajustadas de modo que estas puertas del rango no sean directamente contiguas la una a la otra, pero mejor dicho tengan otras puertas del rango múltiples allí.

40 [0119] En el paso 1206, el sistema puede realizar una determinación multimáxima usando un módulo computacional seleccionado usando los parámetros conocidos de las puertas del rango que tienen espectros de superposición como condiciones iniciales. Por ejemplo, realizando la determinación de máximos múltiples puede incluir la utilización de un modelo no lineal de mínimos cuadrados, un modelo Gaussiano, un modelo log-Gaussiano, o un modelo parabólico.

45 [0120] Sin embargo, si allí permanecen puertas del rango que tienen parámetros que permanecen indeterminados y uno o varios parámetros se determinaron después de realizar la determinación multimáxima, entonces el paso 1206 puede incluir quitar el rango de segmentos espectrales para una o más o más puertas del rango de los espectros de frecuencia de la señal compuesta para los cuales los parámetros se determinaron, y realización de una determinación multimáxima en los espectros de frecuencia de la señal compuesta de los cuales los rangos de segmentos espectrales se han quitado usando un modelo de cálculo seleccionado utilizando los parámetros conocidos de las puertas del rango que tienen rangos de segmentos espectrales como condiciones iniciales. Por ejemplo, en el paso 1206, el sistema puede quitar del espectro 1400 los segmentos espectrales que se muestran en líneas discontinuas en la FIG. 15. Por ejemplo, los parámetros espectrales para estos segmentos espectrales rotos se pueden haber determinado del espectro 1300, y restándolos (o los segmentos

espectrales asociados) del espectro 1400, los parámetros objetivo para puertas del rango 17-20 se pueden determinar más fácilmente del espectro 1400 con los picos resueltos quitados.

- 5 **[0121]** En algunos modos de realización, las puertas del rango en cada espectro de señal de frecuencia compuesta para un valor dado de **M** se pueden disponer en una secuencia del espectro y el método 1200 puede incluir valores de selección de **M** que proporcionan la mezcla de puertas del rango en la secuencia del espectro y la producción de un espectro de señal de frecuencia compuesta respectivo para cada valor de **M**. Por ejemplo, el sistema se puede configurar para producir el espectro 1300 para **M** = +1 y producir el espectro 1400 para **M** = +7, como se describe encima.
- 10 **[0122]** En algunos modos de realización, los valores de **M** se pueden seleccionar para proporcionar la mezcla aumentada del rango de segmentos espectrales para rangos que están determinados a ser menos ocupados que el rango de segmentos espectrales para otros rangos. Por ejemplo, si el rango de los segmentos espectrales para puertas del rango 5-10 no incluyeron tantos ecos como rangos de segmentos espectrales para puertas del rango 11-14, entonces los valores de **M** se pueden seleccionar (p.ej., por el sistema) para proporcionar más mezcla del rango de segmentos espectrales para puertas del rango 5-10 y menos mezcla del rango de segmentos espectrales para puertas del rango 11-14.
- 15 **[0123]** El método 1200 puede incluir un paso 1208 de la determinación si permanece alguna ambigüedad en los espectros. Si se determina en el paso 1208 que las ambigüedades no permanecen en los espectros (p.ej., que todos los segmentos espectrales para todas las puertas del rango se han resuelto y/o se han caracterizado), entonces el método 1200 puede volver al paso 1204, para adquisición subsecuente de conjuntos de datos y formación de espectros para seguir el objetivo de parametrización. Sin embargo, si se determina en el paso 1208 que una o varias ambigüedades realmente permanecen, entonces el método 1200 puede volver al paso 1202 y los parámetros de adquisición se pueden cambiar y repetir los pasos del método 1200.
- 20 **[0124]** A la luz de la dicha descripción, en cuanto a las FIGS. 12 - 15 y otras partes de esta descripción, se apreciará que un sistema y/o un producto del programa de ordenador pueden proporcionar un método donde caracterizando rasgos espectrales de la energía de eco recibida que se ha superpuesto o ha desplazado los rasgos espectrales pueden incluir espectros de adquisición para **m** valores plurales de la constante **M**. La caracterización de los rasgos espectrales puede incluir además la caracterización para cualquier variedad **r** aquellos rasgos espectrales que se pueden
- 25 asignar inequívocamente para extenderse de cualquier espectro de **m**. La caracterización de los rasgos espectrales puede incluir además restar los rasgos espectrales así caracterizados para cada rango correspondiente **r** de cada uno de **M** de espectros, en la ubicación espectral respectiva para el rasgo de cada valor de **M**. La caracterización de los rasgos espectrales puede incluir además la repetición de los dos pasos precedentes (p.ej. el paso de caracterización para cualquier rango y el paso de restar los rasgos espectrales) con los espectros modificados para rasgos espectrales restantes.
- 30 **[0125]** Volviendo atrás a la FIG. 12, en el método 1200, cambia (o altera) el orden de rango de los espectros, a través de cambios en **M**, puede resolver ambigüedades que resultan en muchos casos. Por ejemplo, las ambigüedades que resultan se pueden resolver encontrando uno o varios valores de **M** para el cual un espectro dado es libre de superponer espectros. Sin embargo, si el método 1200 no resuelve todas las ambigüedades (o la mayor parte de las ambigüedades), entonces el método 1600 representado en la FIG. 16 puede ser más apropiado.
- 35 **[0126]** Por ejemplo, en un cuarto caso ejemplar o situación, los espectros pueden tener de moderada a superposición espectral muy fuerte y/o anchuras espectrales muy grandes. En esta cuarta situación ejemplar, usando una moderada para el gran número de valores de **M**, y tratando cada puerta del rango revistiendo todos los espectros alineados para estar en el registro sólo para esa puerta del rango, puede permitir que el mínimo de un conjunto (o superposición) de espectros revele rango verdadera, desplazamiento Doppler y/o una o varias otras propiedades espectrales del eco de esa puerta del rango. El grado al cual la desambiguación del rango verdadero, el desplazamiento Doppler y/o las una o varias otras propiedades espectrales tienen éxito puede depender del número de valores de **M** usado, y una fracción de las puertas del rango con la intensidad de eco significativa.
- 40 **[0127]** Un enfoque a (o proceso para) quitar la ambigüedad a espectros superpuestos, en particular para espectros muy amplios o espectros con grandes desplazamientos Doppler y cuando los espectros están disponibles para varios valores de **M**, puede funcionar de la manera siguiente. Se pueden calcular los espectros para todos o una pluralidad de valores de **M** (para los que los datos están disponibles). Entonces, para cada puerta del rango, varios espectros pueden ser
- 45 individualmente desplazados en la frecuencia por múltiplos apropiados de $2a/T$ Hz, de modo que los picos espectrales de la puerta del rango tratada se puedan alinear todos, por ejemplo, en sus posiciones respectivas cuando **M** = 1. La cantidad por la cual cada espectro se cambia se puede sacar
- 50
- 55
- 60
- 65

de la ecuación (8) y el valor de M para ese espectro. A medida que las estimaciones espectrales se mueven más allá de un extremo del rango inequívoco $[0, 1/T]$, se desplazan circularmente y entran en el extremo opuesto del rango inequívoco. Un valor mínimo de este conjunto de espectros con desplazamiento circular, para cada frecuencia en el espectro, se puede tomar entonces como una aproximación del espectro verdadero. La exactitud del espectro puede aumentar con el número de valores de M disponible.

[0128] El método 1600 representado en la FIG. 16 es un ejemplo de tal método. En un paso 1602, los parámetros de adquisición del sistema se pueden fijar de una manera similar al paso 1202 del método 1200. Por ejemplo, en el paso 1602 el sistema puede poner PRF, máxima, anchura de la puerta, y/o seleccionar el m de valores de M . En el método 1600, el m puede ser un número entero mayor que o igual a 2, y preferentemente mucho mayor que 2.

[0129] En un paso 1604, el sistema puede adquirir m conjuntos de datos y formar m espectros, por ejemplo, de una manera similar al del paso 1204 del método 1200. Sin embargo, en el paso 1604, se puede formar un número mayor de conjuntos de datos y espectros que en el paso 1204.

[0130] En un paso 1606, el sistema puede cambiar los espectros y formar una superposición de los espectros desplazados. Por ejemplo, para cada puerta del rango, el sistema puede desplazar (o traducir la frecuencia de) el espectro m de modo que los espectros m se alineen a un punto de cero Doppler (o desplazamiento) para esa puerta del rango. Para cada puerta del rango, el sistema puede formar una superposición o espectro mínimo del espectro desplazado para la puerta del rango respectiva.

[0131] La FIG. 17 muestra que un ejemplo de una dicha superposición, generalmente indicada en 1700, para la puerta del rango 18, con los m espectros desplazados de tal modo que la puerta del rango 18 en cada uno de los M espectros se alinea en la puerta del rango 18 para el caso $M = 1$. En la FIG. 17, la superposición 1700 incluye espectros 1300, 1400, así como espectros adicionales con otros valores de M , con los espectros desplazados, como se requiere, tal que todos sus segmentos espectrales respectivos para la puerta del rango 18 se alinean en una posición común, tal como en la posición de la puerta del rango 18 para el espectro correspondiente al caso $M = 1$. En otras palabras, la FIG. 17 muestra tal enfoque para quitar la ambigüedad a espectros superpuestos como se describe encima, aplicado a la situación del ejemplo usada en las FIGS. 13-15, con reconstrucciones separadas de los espectros para varios valores de M superpuestos, pero desplazados para hacer juego en la puerta del rango 18. Debido a la naturaleza ortogonal de la secuencia de la fase cuadrática, los espectros de puertas del rango además de 18 pueden estar en posiciones diferentes en el tramo para cada valor de M . Como consiguiente, la superposición 1700 puede ser usada para quitar la ambigüedad de los parámetros que se asociaron con la puerta del rango 18, como se describirá debajo. Como se describe encima, en el paso 1606, se puede formar una superposición para cada una de las puertas del rango (p.ej., para cada valor de r).

[0132] En el paso 1608, el sistema puede determinar uno o varios parámetros objetivo de uno o varios de las superposiciones formadas en el paso 1606. Por ejemplo, el sistema se puede configurar para formar un mínimo (o conjunto mínimo) de cada una de las superposiciones, e identificar un pico que resulta dentro de una ventana de desplazamiento Doppler predefinida como un eco objetivo y determinar el desplazamiento Doppler asociado y las propiedades espectrales de ese objetivo del pico que resulta.

[0133] Por ejemplo, un conjunto mínimo (o el valor mínimo) de espectros trazados en la FIG. 17 se muestran en la FIG. 18, y generalmente se indican en 1800. El resultado es una aproximación del espectro verdadero de la señal en la puerta 18, sesgado ligeramente más abajo en la intensidad por la operación de encontrar el mínimo de la suma de varias realizaciones del espectro.

[0134] En algunos modos de realización, este proceso puede incluir el descubrimiento (o determinación) de parámetros (o estimaciones) de las otras puertas del rango y trama de los espectros que resultan (o picos) para todas las puertas, como se muestra en la FIG. 19. En la FIG. 19, los picos que resultan, incluso aquellos para las otras tres puertas del rango que se superponen en la FIG. 13 (es decir, puertas del rango 17, 19, y 20), se han formado usando el mismo método que se ha descrito encima (p.ej., cambiando espectros en la alineación para la puerta del rango respectiva, formando una superposición, y tomando un mínimo de la superposición). Los parámetros de las 23 puertas se pueden determinar ahora con éxito (p.ej., por el sistema). El grado al cual este proceso puede tener éxito puede depender del número de valores de M para el cual los datos están disponibles, la anchura de la ventana de búsqueda de desplazamiento Doppler y el porcentaje de puertas del rango para las cuales los ecos significativos están presentes.

- 5 **[0135]** El método 1600 (ver la FIG. 16) puede incluir un paso 1610 de la determinación si permanece alguna ambigüedad. Por ejemplo, en el paso 1610, el sistema puede determinar si permanece alguna ambigüedad en alguno de los espectros formados, superposiciones formadas y/o mínimos formados de aquellas superposiciones. Si se determina en el paso 1610 que no permanecen las ambigüedades, entonces el método 1600 puede volver al paso 1604 para adquisición subsecuente de conjuntos de datos y formación de espectros para seguir la parametrización de objetivos reflexivos en el medio de transmisión.
- 10 **[0136]** Sin embargo, si se determina en el paso 1610 que las ambigüedades realmente permanecen, entonces el método 1600 puede seguir a un paso 1612. En el paso 1612, el sistema se puede configurar para quitar uno o varios picos caracterizados (p.ej., picos para los cuales los parámetros objetivo se pueden determinar directamente, por ejemplo, como en la FIG. 9) de **M** espectros, y repiten una o varias de las superposiciones. Por ejemplo, si se determina en el paso 1610 que las
- 15 **[0136]** ambigüedades permanecen en puertas del rango 17 y 19, luego en el paso 1610, el sistema puede quitar picos caracterizados de **M** espectros. El sistema puede repetir entonces las superposiciones para aquellas puertas del rango (es decir, 17 y 19), pero en algunos modos de realización, puede no repetir superposiciones para las otras puertas del rango para las cuales se ha determinado que no permanecen ningunas ambigüedades.
- 20 **[0137]** A la luz de la dicha descripción, en cuanto a las FIGS. 16 - 18 y otras partes de esta descripción, se apreciará que un sistema y/o un producto del programa de ordenador pueden proporcionar un método donde caracterizando rasgos espectrales de la energía de eco recibida la superposición que tiene o rasgos espectrales desplazados de diferentes intervalos del rango **r** puede
- 25 **[0137]** incluir espectros de adquisición para **m** de valores plurales de la constante **M** y realización de uno o varios de los pasos (a) - (c) siguientes para cada variedad **r**. El paso (a) puede incluir el cambio de **M** adquirido de espectros circulares, de modo que (p.ej., el **m** adquirido de espectros) se alineen al punto en cada espectro donde la energía de eco recibida en la velocidad de Doppler cero de ese rango **r** estaría. El paso (b) puede incluir la creación de un espectro mínimo tomando, para cada frecuencia en los espectros alineados, mínimo valor en esa frecuencia de un conjunto de espectros alineados. El
- 30 **[0137]** paso (c) puede incluir la caracterización de cualquier rasgo espectral en el espectro mínimo que excede un valor umbral predeterminado y localizado dentro de una ventana de frecuencia predeterminada como la representación de los rasgos espectrales por su parte o más objetos en el rango **r**.
- 35 **[0138]** Volviendo atrás a la Fig. 16, en el método 1600, los rasgos espectrales individuales se pueden resolver en cualquier orden de rango deseado. Sin embargo, en algunos casos puede ser más adecuado resolver rasgos espectrales en el orden de su energía espectral y un método 2000 representado en la FIG. 20 puede ser más apropiado.
- 40 **[0139]** Por ejemplo, en un quinto caso ejemplar o situación, los espectros se pueden decidir a tener de moderada a superposición espectral muy fuerte, desplazamientos Doppler y/o anchuras espectrales muy grandes. En esta quinta situación ejemplar que trata los rasgos espectrales por orden de alguna medida de la energía espectral incluye, para cada rango **r**, realizando el método 1600 utilizando de moderado a gran número de valores de **M** y formando una medida de la energía espectral de un rasgo
- 45 **[0139]** espectral de ese rango **r**. El rasgo espectral del rango **r** que tiene la medida más fuerte de la energía espectral se caracteriza y el rasgo se resta entonces de los espectros para todos los valores de **M**. El proceso se repite entonces usando los espectros modificados, hasta que la energía restante en los espectros esté debajo de un umbral de importancia predeterminado. El grado al cual la desambiguación del rango verdadero, el desplazamiento Doppler y/o una o varias otras propiedades
- 50 **[0139]** espectrales tengan éxito puede depender del número de valores de **M** usado, y una fracción de las puertas del rango con la intensidad de eco significativa.
- [0140]** El método 2000 representado en la FIG. 20 es un ejemplo de tal método. En un paso 2002, los parámetros de adquisición del sistema se pueden fijar de una manera similar al paso 1202 del método 1200. Por ejemplo, en el paso 2002 el sistema puede poner PRF, máximo, anchura de la puerta, y/o seleccionar **m** valores de **M**. En el método 2000, **m** puede ser un número entero mayor o igual a 2, y preferentemente mucho mayor que 2.
- 55 **[0141]** En un paso 2004, el sistema puede adquirir **m** conjuntos de datos y formar **m** espectros, por ejemplo, de una manera similar al del paso 1204 del método 1200. Sin embargo, en el paso 2004, se puede formar un número mucho mayor de conjuntos de datos y espectros que en el paso 1204.
- 60 **[0142]** En un paso 2006, el sistema puede fijar el parámetro del rango **r** a la primera puerta del rango.
- 65 **[0143]** En un paso 2008, el sistema puede desplazar los espectros y formar una superposición de los espectros desplazados para el rango **r**. Por ejemplo, para cada puerta del rango, el sistema puede

desplazar (o traducir la frecuencia) **m** espectros de modo que los **m** espectros se alineen a un punto cero-Doppler (o desplazamiento) para esa puerta del rango.

- 5 **[0144]** En un paso 2010, el sistema puede determinar un parámetro indicativo de la energía en los parámetros del rasgo espectrales de la superposición creada por el paso 2008. Por ejemplo, el sistema se puede configurar para formar un mínimo (o conjunto mínimo) de cada una de las superposiciones, e identificar un pico que resulta dentro de una ventana de desplazamiento Doppler definida como un eco objetivo y determinar la energía espectral asociada en este pico.
- 10 **[0145]** En el paso 2012, el sistema puede incrementar el rango **r** por una unidad.
- [0146]** En el paso 2014, el sistema puede volver al paso 2008 si el valor de **r** no excede el rango máximo del interés, o sigue al paso 2016 si lo hace.
- 15 **[0147]** En el paso 2016, el sistema puede comparar las medidas de la energía espectral caracterizada para cada valor de **r** y seleccionar el valor de **r** que tenía la medida más fuerte de la energía espectral.
- [0148]** En el paso 2018, el sistema puede comparar la medida de la energía espectral seleccionada en el paso 2016 a un umbral predeterminado o la medida del significado, y puede salir del procedimiento si esa medida es debajo de una medida predeterminada del significado.
- 20 **[0149]** Si la medida de la energía espectral está encima del umbral, en el paso 2020, el sistema puede caracterizar el rasgo espectral del valor de **r** seleccionado en el paso 2016 y encomendarlo recorrer **r**.
- 25 **[0150]** En el paso 2022, el sistema puede restar el rasgo espectral caracterizado en el paso 2020 de cada uno de los **M** espectros, en las ubicaciones espectrales apropiadas para cada valor de **M**.
- [0151]** Después de completar el paso 2022, el sistema puede volver al paso 2006 para aumentar y continuar el proceso.
- 30 **[0152]** La FIG. 21 muestra un gráfico que puede ser producido por el método de la FIG. 20, como se describe encima, ilustrando un ejemplo de la respuesta del rango como el creado de los datos de la FIG. 13, con todas las respuestas del rango totalmente desambiguadas.
- 35 **[0153]** A la luz de la dicha descripción, en cuanto a las FIGS. 12-21 y otras partes de esta descripción, un sistema y/o un producto del programa de ordenador pueden proporcionar un método donde caracterizando rasgos espectrales de la energía de eco recibida la superposición que tiene o rasgos espectrales desplazados de distintos intervalos del rango **r** puede incluir espectros de adquisición para **m** valores plurales del constante **M** y la realización de uno o varios de los pasos (a) - (e) siguientes hasta que uno o varios rasgos espectrales en cada rango **r** con la energía de eco recibida que excede un valor umbral predeterminado se caractericen.
- 40 **[0154]** El paso (a) puede incluir la realización de uno o varios de los pasos (1) - (3) siguientes para cada rango **r**. El paso (1) puede incluir el cambio de **M** espectros de la moda circular, de modo que (p.ej., **m** espectros) coincidan a un punto en cada espectro donde una reflexión en la velocidad de Doppler cero de ese rango **r** estaría. El paso (2) puede incluir la creación para cada rango **r** un espectro mínimo tomando, para cada frecuencia en el espectro, el valor mínimo de la energía espectral en esa frecuencia de un conjunto de los espectros desplazados. El paso (3) puede incluir la determinación de un representante del valor de la energía en el pico espectral del espectro mínimo para cada rango **r**.
- 50 **[0155]** El paso (b) puede incluir la selección del rango **r** que produce el mayor de tal valor de la energía máximo. El paso (c) puede incluir la caracterización de uno o varios rasgos espectrales de este rango seleccionado **r**, del espectro mínimo calculado para el rango **r**. El paso (d) puede incluir quitar uno o varios rasgos espectrales así caracterizados para este rango **r** de todos los **m** espectros por la substracción, en la ubicación espectral correspondiente o ubicaciones. El paso (e) puede incluir los pasos (a) - (d) que se repiten, usando los **m** espectros modificados para caracterizar el siguiente componente espectral más alto.
- 55 **[0156]** Los métodos descritos pueden ser eficaces para caracterizar propiedades de objetos reflexivos que viajan a velocidades relativamente altas. Por ejemplo, la FIG. 22 muestra los mismos datos que la FIG. 17, pero con un desplazamiento Doppler grande dado a la señal en la puerta 18. Nótese que la reconstrucción tiene éxito a pesar del desplazamiento Doppler grande. En consecuencia, el método 1600 (ver la FIG. 16), entre otros descritos aquí, puede ser eficaz para quitar la ambigüedad a parámetros de ecos objetivo que tienen desplazamientos Doppler relativamente grandes.
- 60
- 65

- [0157] Para la operación descrita encima, y en el caso donde los espectros para valores diferentes de **M** se toman en frecuencias de RF diferentes, se apreciará que, mientras las frecuencias del centro de las puertas del rango y la escala en términos de desplazamiento Doppler en Hz, permanece constante con la frecuencia portadora que cambia, la relación entre velocidad objetivo y frecuencia Doppler espectral no permanece constante con la frecuencia portadora que cambia. Por ejemplo, el cambio de frecuencia Doppler espectral para una velocidad objetivo dada puede escalar en línea recta con la frecuencia de la señal. Por esta razón, cuando se desea corresponder a espectros adquiridos con valores que se diferencian de **M**, puede ser aconsejable estirar o comprimir el espectro ligeramente para cada valor de **M**, según la frecuencia de RF para la cual el espectro se obtuvo. Por ejemplo, el espectro se puede estirar o comprimirse probando de nuevo el espectro y apropiadamente manteniendo el punto de cambio Doppler cero en el centro de la puerta del rango apropiada para la cual se están calculando las superposiciones.
- [0158] La FIG. 23 también muestra los mismos datos como la FIG. 17, pero con la anchura espectral de la señal enormemente aumentada en la puerta 18. Los espectros compuestos mostrados en la FIG. 23 reproducen claramente la anchura espectral grande de la señal, superponiendo muchas puertas del rango, sin dificultad.
- [0159] En algunos modos de realización, se pueden levantar falsas alarmas debido a coincidencias accidentales de picos de todos los **m** espectros dentro de una ventana de desplazamiento Doppler, sobre todo si la fracción de las puertas del rango totales con la energía de eco significativa es muy grande, y la ventana de búsqueda de desplazamiento Doppler es grande. Sin embargo, si las estadísticas de la frecuencia del eco y anchura espectral del eco se conocen, entonces se puede determinar un margen de falsa alarma para la aparición en la solución de un eco falso, debido a una superposición accidental de ecos de otros rangos. Para casos donde tales falsas alarmas son problemáticas, los rasgos espectrales se pueden quitar de los espectros ya que se resuelven y se dan parámetros (p.ej., en el paso 1608), lo que puede reducir el porcentaje de puertas del rango con ecos significativos y puede reducir enormemente el margen de la falsa alarma.
- [0160] Del dicho se apreciará que un aparato o el método de la variación del eco pueden incluir pulsos de frecuencia constantes transmisores del Hz $PRF=1/T$, con una anchura del pulso de **t** segundos y una forma del pulso fija, con una modulación de la fase cuadrática considerablemente aplicada en el momento de la transmisión, tal modulación de la fase cuadrática siendo constante para la duración de cada pulso, pero se diferencia de pulso al pulso, según una relación $\Phi(n)$ para definir la fase para cada pulso **n** de una secuencia que repite de pulsos **N**. Un ejemplo de una secuencia cuadrática es la relación cuadrática general de la longitud **N**, $\Phi(n) = M(an^2 + bn + c)$, donde los parámetros **b** y **c** son cambios de la fase fijos arbitrarios, parámetros $a = b = \pi/N$ en unidades de radians, y **M** es un número entero con el valor absoluto entre 1 y **N**-1. Una modulación de la fase también se puede aplicar considerablemente a la energía reflejada en el momento de la recepción, sobre el intervalo de tiempo de aproximadamente **t**, usando la misma secuencia de modulación de la fase como la aplicada a la energía transmitida, aplicada en el sentido de contrario, y con el cronometraje apropiado, tal como, por ejemplo, usando la fase para aplicarse al siguiente pulso transmitido, de modo que por lo tanto la energía de eco de un intervalo del rango particular **r** en $[1, N]$ tenga un cambio de la fase total neto debido a la modulación de la fase en los tiempos de transmisión y recepción sola igual a la fase aplicada a la energía recibida del intervalo del rango **n** por el receptor en el momento de la recepción, menos la fase aplicada al pulso del transmisor que produjo la reflexión del objetivo, **rT** segundos antes de que de la recepción, tal diferencia de la fase siendo igual a $\Phi(n+r) - \Phi(n) = 2\pi Mr/N$ radianes por intervalo de tiempo **T**, más cantidades que no cambian con **n**, siendo igual a una traducción de frecuencia de $(Mr/N) \text{ modulo } PRF$ Hz, donde **r** es el intervalo del rango en $[1, N]$, donde se apreciará que el signo de la diferencia de la fase se puede invertir sin el efecto material en el aparato o método.
- [0161] Tales traducciones de frecuencia distintas $Mr/N \text{ modulo } PRF$ Hz, cuando se considerado el módulo $PRF=1/T$ Hz, producen una secuencia de traducciones de frecuencia como una función de **M** y **r** que consiste en múltiplos del número entero distintos **N** de la frecuencia $1/(NT)$ Hz en $[0, PRF]$ Hz, cada múltiplo correspondiente a uno de los intervalos del rango inequívocos **N** o «puertas», la distribución de estos múltiplos siendo lineales en el intervalo del rango **r** para **M**=1, y en permutaciones **N**-1 del orden de rango por valores de **M** en $[1, N-1]$, con la energía de rangos más allá de la tardanza del rango del viaje de ida y vuelta de segundos **NT** doblados en frecuencias dentro de $[0, PRF]$ y así ambiguo para extenderse. Una traducción de frecuencia tan distinta puede afectar a toda la energía prudente reflejada de cualquiera y todos los objetivos dentro del intervalo del rango definido por **M** y **r** para esa traducción, cargando los ecos según la forma del pulso transmitida y la ventana del tiempo de recepción, y sobre ninguna energía de otros intervalos del rango aparte del intervalo del rango ambiguo más allá de segundos **NT** con retraso, que retienen en la representación espectral de esta energía todas las características del espectro de ecos de tales objetivos.

- 5 **[0162]** Tal aparato o el método se pueden diseñar para producir una serie de tiempo de la banda base de la representación de datos digital compleja, para cada intervalo de tiempo T , la amplitud total y fase de los datos recibidos, incluso las contribuciones de todos los intervalos del rango $[1, N]$ y todas las frecuencias dentro de $[0, PRF]$, así como cualquier rango más allá del límite del rango inequívoco, cuyas series temporales pueden tener una duración arbitraria en tiempo y muestras, independientemente del valor de N , para satisfacer los requisitos en cuanto a la resolución espectral, que los datos de serie de tiempo se envían a un procesador de la señal para tratar en una representación espectral de los ecos recibidos por el sistema sobre un intervalo del rango inequívoco igual a NT segundos.
- 10 **[0163]** Ya que puede ser probable que tales representaciones espectrales de la distribución de ecos objetivo sobre el intervalo del rango $[1, N]$ e intervalo de frecuencia $[0, PRF]$ puedan incluir casos de ecos amplios o Doppler-desplazados que revisten otros espectros del eco y causan la ambigüedad en cuanto a las rangos y desplazamientos Doppler para asignar a aquellos ecos, el método y el aparato pueden aprovechar el poder de método de ordenar de nuevo las $[1, N]$ puertas del rango sobre el intervalo de frecuencia $[0, PRF]$ en hasta permutaciones $N-1$ adquiriendo juegos adicionales de espectros para diferenciar valores de M , secuencialmente a tiempo, simultáneamente usando frecuencias de transmisión múltiples con valores diferentes de M , y/o usando transmisiones en polarizaciones del transmisor ortogonales, con los valores de N , a , y b retenidos constantes.
- 15 **[0164]** Cada serie de datos compleja así producida puede ser tratada por una variedad de métodos para extraer la información requerida sobre la distribución del rango de ecos objetivo y las propiedades espectrales de tales ecos, tratamientos ejemplares que comienzan con la producción de un espectro complejo de alta resolución para cada uno de los uno o varios conjuntos de datos complejos que representan un tiempo de permanencia en un grupo de objetivos, como un espectro de alta resolución cómodamente producido a través de Transformada de Fourier de una serie de tiempo compleja ampliada, con la serie de tiempo cargada por una función de ventana, como una ventana de Chebyshev, apropiada para el rango dinámico y resolución espectral requerida por el análisis deseado.
- 20 **[0165]** Un espectro tan complejo puede representar todos los tipos de objetivos, ambos punto y ampliado, e integrar tales objetivos coherentemente al grado posible dadas las propiedades espectrales de los ecos, ya que la energía transmitida para un espectro dado consiste en pulsos de frecuencia constante. De esto el espectro complejo se puede obtener (de o con) conjuntos de datos adicionales: el espectro de potencia, igual a la magnitud cuadrada del espectro complejo; la función de la autocovariancia, igual a Transformada de Fourier de un segmento en ventana del espectro de potencia que contiene rasgos espectrales de una puerta del rango; una serie de tiempo para un intervalo del rango solo de la inversa de la Transformada de Fourier de un segmento en ventana del espectro complejo; qué conjuntos de datos se pueden usar en una variedad de modos de caracterizar los espectros de ecos en cada intervalo del rango.
- 25 **[0166]** En el caso en que los espectros del eco en cada intervalo del rango r limitan con rasgos dentro del intervalo de frecuencia de la anchura $1/NT$ Hz, centrados en la frecuencia central nominal para sus puertas del rango respectivas r , igual al módulo $Mr/NT PRF$ Hz, entonces no hay ninguna ambigüedad del rango y todos los espectros pueden ser caracterizados por intensidad de eco, frecuencia central, anchura espectral u otras características por un método como el procesamiento del par del pulso de la serie de tiempo recuperada para cada sola puerta, usando datos de un valor solo de M . Cuando los espectros del eco exceden tales limitaciones por cantidades modestas, se requiere que dos valores de M , tal como $+1$ y -1 , resuelvan ambigüedades del rango, ya que estos dos valores tratan los desplazamientos Doppler con relación a la traducción de frecuencia producida por las secuencias de fase con signos diferentes en los dos casos, permitiendo la resolución de ambigüedad. Si los espectros del eco para diferenciar rangos cubren el uno al otro a uno o varios puntos en los espectros, debido a amplias anchuras espectrales o desplazamientos Doppler grandes, el uso de varios valores de M puede resolver tales superposiciones a través del nuevo pedido del orden espectral de las puertas del rango, a un grado según el número de intervalos del rango con la energía de eco significativa, ya que se requiere que sólo una representación espectral sin la superposición caracterice un eco; otras técnicas como un ajuste de mínimos cuadrados de múltiples curvas gaussianas o parabólicas a un segmento del espectro también se pueden usar.
- 30 **[0167]** En casos con desplazamientos Doppler muy grandes o muy amplios espectros, los espectros para una variedad de valores de M se pueden cubrir para un intervalo del rango particular r , cada uno ajustado para hacer juego en la velocidad de Doppler cero para ese intervalo del rango, y el mínimo del conjunto de espectros identificará la energía contribuida de ese intervalo del rango en forma de un espectro sesgado ligeramente bajo en energía por un importe adeudado calculable a la función mínima; en este caso hay una probabilidad de picos encontrados de falsa alarma, debido a superposiciones accidentales de espectros del eco de rangos además de r , qué probabilidad se reduce usando un número mayor de valores de M o aumentada por un alto porcentaje de intervalos
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

del rango con ecos significativos y/o una amplia ventana de búsqueda en el desplazamiento Doppler para un pico; las áreas conocidas del rango sin ecos pueden ser usadas para intentar combinaciones de **M** para mejorar (o garantizar) la ausencia de falsas alarmas.

- 5 **[0168]** El intervalo de tiempo **T** puede ser de tal longitud con relación a la anchura del pulso **t** que hay posibilidad de sólo un intervalo de la recepción de aproximadamente **t** segundos, en el cual el tiempo **t** es una proporción significativa del intervalo total **T**, como el 30%, de modo que el ciclo de trabajo del transmisor del sistema de localización de eco sea muy alto. El intervalo de tiempo **T** puede ser suficientemente largo para permitir intervalos de la recepción múltiples de aproximadamente **t** segundos después de que cada pulso se transmita, la serie de tiempo recibida de cada subintervalo tratado por separado de la misma manera como se ha descrito encima, tal operación siendo conveniente para transmisores no capaces de ciclos de trabajo de $\approx 30\%$.
- 10
- 15 **[0169]** El transmisor(s) y el receptor(s) se pueden separar o por otra parte aislarse, usando configuraciones biestáticas o multiestáticas, de modo que el transmisor(s) pueda correr continuamente, con la secuencia de impulsos transmitidos de fase modulada que comprende pulsos contiguos de longitud **t** segundos, o ligeramente pulsos superpuestos en caso de pulsos formados, y los períodos de la recepción del receptor comprendiendo períodos contiguos de longitud de aproximadamente **t** segundos, con tal operación que produce un ciclo de trabajo del transmisor del 100%.
- 20
- 25 **[0170]** Este modo se puede modificar ligeramente para objetivos a muy largo alcance, como un satélite, donde los ecos locales no de interés son seguidos de un intervalo de largo alcance sin ecos hasta que el primer eco del objetivo llegue, el transmisor se puede hacer funcionar con pulsos contiguos en el modo que se acaba de describir, continuamente para el intervalo hasta un tiempo antes de la llegada de ecos del objetivo suficiente para limpiar los ecos locales, seguidos de un intervalo de recepción igual a la longitud del intervalo de transmisión.
- 30 **[0171]** La energía de onda transmitida puede comprender ondas electromagnéticas, independientemente de la longitud de onda, utilizando ondas coherentes u ondas incoherentes moduladas con ondas coherentes.
- 35 **[0172]** Hay que apreciar de la dicha descripción que un método proporcionado por un sistema y/o un producto de ordenador puede incluir la generación de una secuencia de repetición de pulsos de frecuencia constante **N** para dos o más valores de la constante **M**(a) secuencialmente a tiempo, (b) simultáneamente utilizando polarizaciones de onda ortogonales, (c) simultáneamente a través del uso de portadoras de frecuencia múltiple por separado fase modulada, o (d) por cualquier combinación de lo anterior.
- 40 **[0173]** En algunos modos de realización, puede haber sólo una puerta del rango del subintervalo de recepción por pulso transmitido, donde la recepción de la energía de eco incluye la recepción de toda la energía de eco de todos los rangos, y el método puede comprender además la producción de sólo una serie de tiempo y espectro.
- 45 **[0174]** En algunos modos de realización, pueden haber dos o más puertas del rango del subintervalo de recepción por pulso transmitido, la modulación de la fase de la energía de eco recibida se puede aplicar por separado a la energía en las dos o más puertas del rango, y el método puede comprender además la producción de dos o más series de tiempo y espectros.
- 50 **[0175]** En algunos modos de realización, el **t** puede ser igual a **T**, que puede ser el caso de pulsos contiguos con el ciclo de trabajo del 100%, y el método puede comprender además la transmisión de la secuencia de repetición generada de pulsos de frecuencia constante **N**. Durante el paso de transmisión, el método puede incluir la energía de eco de recepción de objetos que reflejan la energía transmitida por un receptor aislado de la señal del transmisor a través de una o ambas de separación física y aislamiento electromagnético.
- 55
- 60 **[0176]** En algunos modos de realización, generando una secuencia de repetición de pulsos de frecuencia constante **N** puede ser realizada por un transmisor, y el método puede comprender además la energía de eco de recepción de objetos que reflejan la energía transmitida por un receptor co-localizado con el transmisor para la operación monoestática.
- 65 **[0177]** En algunos modos de realización, generando una secuencia de repetición de pulsos de frecuencia constante **N** puede ser realizada por uno o varios transmisores que continuamente transmiten la secuencia de repetición de pulsos de frecuencia constante **N**, y el método puede comprender además la energía de eco de recepción de objetos que reflejan la energía transmitida por uno o varios receptores remotos para operación bioestática o multiestática.

[0178] En algunos modos de realización, el método puede comprender además la transmisión de la secuencia de repetición generada de pulsos de frecuencia constante **N** como ondas electromagnéticas, en audio, radio, longitudes de onda ópticas, u otras, como ondas acústicas, o como ondas vibracionales.

[0179] En algunos modos de realización, el método puede comprender además la transmisión de la secuencia de repetición generada de pulsos de frecuencia constante **N** como ondas coherentes de fase moduladas, o como portadoras de ondas incoherentes moduladas por ondas coherentes de fase moduladas.

[0180] La FIG. 24 muestra un sistema de procesamiento de la información 2400 de un sistema de procesamiento de la señal de un sistema de rango de eco en el cual los modos de realización ilustrativos de procesador de la señal 119 y/o procesador de la señal 512 se pueden poner en práctica. El sistema de procesamiento de la información 2400 puede incluir un marco de comunicaciones 2402. El marco de comunicaciones 2402 puede proporcionar comunicaciones entre una unidad del procesador 2404 del sistema de procesamiento de la señal del sistema de rango de eco, una memoria 2406, un almacenaje persistente 2408, una unidad de comunicaciones 2410, una unidad 2412 entrada/salida (entrada-salida), y una demostración 2414. La memoria 2406, almacenaje persistente 2408, unidad de comunicaciones 2410, unidad 2412 entrada/salida (entrada-salida), y demostración 2414 son ejemplos de recursos accesibles por la unidad del procesador 2404 vía el marco de comunicaciones 2402.

[0181] La unidad del procesador 2404 puede dirigir instrucciones para el software que se puede cargar en la memoria 2406, de un dispositivo de almacenamiento, como el almacenaje persistente 2408. La unidad del procesador 2404 puede ser varios procesadores, un núcleo multiprocesador o algún otro tipo de procesador, según la realización particular. Además, la unidad del procesador 2404 se puede poner en práctica usando varios sistemas de procesador heterogéneos en los cuales un procesador principal puede estar presente con procesadores secundarios en un single chip. Como otro ejemplo ilustrativo, la unidad del procesador 2404 puede ser un sistema de multiprocesador simétrico que contiene procesadores múltiples del mismo tipo.

[0182] La memoria 2406 y el almacenaje persistente 2408 son ejemplos de dispositivos de almacenamiento 2416. Un dispositivo de almacenamiento es cualquier pieza de hardware que es capaz de almacenar información, tal como, por ejemplo, sin limitación, datos, códigos de programación en forma funcional y otra información conveniente en una base temporal o en una base permanente.

[0183] Los dispositivos de almacenamiento 2416 también se pueden mencionar como dispositivos de almacenamiento legibles por ordenador en estos ejemplos. La memoria 2406, en estos ejemplos, puede ser, por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio o cualquier otro dispositivo de almacenamiento volátil o permanente conveniente. El almacenaje persistente 208 puede tomar varias formas, según la realización particular.

[0184] Por ejemplo, el almacenaje persistente 2408 puede contener uno o varios componentes o dispositivos. Por ejemplo, el almacenaje persistente 2408 puede ser un disco duro, un dispositivo de memoria, un disco óptico regrabable, una cinta magnetofónica regrabable o alguna combinación de los mismos. Los medios usados por el almacenaje persistente 2408 o el dispositivo en el cual los medios de almacenaje están contenidos también pueden ser extraíbles. Por ejemplo, un disco óptico extraíble o unidad flash extraíble se pueden usar para medios de almacenaje legibles por computadora, o un disco duro extraíble se puede usar para almacenaje persistente 2408.

[0185] La unidad de comunicaciones 2410, en estos ejemplos, puede asegurar comunicaciones con otros sistemas de procesamiento de información o de dispositivos. En estos ejemplos, la unidad de comunicaciones 2410 puede ser una tarjeta de la interfaz de red. La unidad de comunicaciones 2410 puede proporcionar comunicaciones a través del uso o de tanto relaciones físicas como relaciones de comunicaciones inalámbricas.

[0186] La unidad 2412 entrada/salida (entrada-salida) puede tener en cuenta la entrada y salida de datos con otros dispositivos que se pueden relacionar con el sistema de procesamiento de la información 2400. Por ejemplo, la unidad 2412 entrada/salida (entrada-salida) puede proporcionar una conexión a la introducción de datos por el usuario a través de un teclado, un ratón y/o algún otro dispositivo de entrada conveniente. Además, la unidad 2412 entrada/salida (entrada-salida) puede enviar la salida a una impresora. La demostración 2414 puede proporcionar un mecanismo para mostrar la información a un usuario.

[0187] Las instrucciones para el sistema operativo, las aplicaciones y/o los programas se pueden localizar en dispositivos de almacenamiento 2416, que puede estar en comunicación con la unidad del

- procesador 2404 a través del marco de comunicaciones 2402. En estos ejemplos ilustrativos, las instrucciones pueden estar en una forma funcional en el almacenaje persistente 2408. Estas instrucciones pueden ser cargadas en la memoria 2406 para la ejecución por la unidad del procesador 2404. Los procesos de los modos de realización diferentes pueden ser realizados por la unidad del procesador 2.404 utilizando instrucciones puestas en práctica por el ordenador que usan, que se pueden localizar en una memoria, como la memoria 2406, o transferirse a una memoria de un dispositivo de almacenamiento persistente.
- [0188]** Estas instrucciones se pueden mencionar como instrucciones del programa, código de programación, código de programación utilizable o código de programación legible por computadora que se puede leer y ejecutar por un procesador en la unidad del procesador 2404. El código de programación en los diferentes modos de realización se puede realizar en diferentes medios físicos o medios de almacenaje legibles por computadora, como la memoria 2406 o medios del almacenaje persistente 2408.
- [0189]** El código de programación 2418 se puede localizar en una forma funcional en medios legibles por computadora 2420 que es selectivamente extraíble y se puede cargar o transferir al sistema de procesamiento de la información 2400 para la ejecución por la unidad del procesador 2404. El código de programación 2418 y los medios legibles por computadora 2420 pueden formar el producto del programa de ordenador 2422 en estos ejemplos. En un ejemplo, los medios legibles por computadora 2420 pueden ser medios de almacenaje legibles por computadora 2424 o medios de la señal legibles por computadora 2426.
- [0190]** Los medios de almacenaje legibles por computadora 2424 pueden incluir, por ejemplo, un disco óptico o magnético que se inserta o se coloca en un drive u otro dispositivo que es la parte del almacenaje persistente 2408 para la transferencia en un dispositivo de almacenamiento, como un disco duro, que es la parte del almacenaje persistente 2408. Los medios de almacenaje legibles por computadora 2424 también pueden tomar la forma de un dispositivo de almacenamiento persistente que contiene medios de almacenaje, como un disco duro, un memoria USB o una memoria flash, que se relaciona con el sistema de procesamiento de la información 2400. En algunos casos, los medios de almacenaje legibles por computadora 2424 pueden no ser extraíbles del sistema de procesamiento de la información 2400.
- [0191]** En estos ejemplos, los medios de almacenaje legibles por computadora 2424 pueden ser un dispositivo de almacenamiento físico o tangible usado para almacenar el código de programación 2418, más que un medio que propaga o transmite el código de programación 2418. Los medios de almacenaje legibles por computadora 2424 también se pueden referir como un dispositivo de almacenamiento tangible legible por computadora o un dispositivo de almacenamiento físico legible por computadora. En otras palabras, los medios de almacenaje legibles por computadora 2424 pueden ser medios que pueden ser tocados por una persona.
- [0192]** O bien, el código de programación 2418 se puede transferir al sistema de procesamiento de la información 2.400 utilizando medios de la señal legibles por computadora 2426. Los medios de la señal legibles por computadora 2426 pueden ser, por ejemplo, una señal de datos propagada que contiene el código de programación 2418. Por ejemplo, los medios de la señal legibles por computadora 2426 pueden ser una señal electromagnética, una señal óptica, una señal de voltaje y/o cualquier otro tipo conveniente de la señal. Estas señales se pueden transmitir sobre canales de comunicación, como relaciones de comunicaciones inalámbricas, cable de fibra óptica, cable coaxial, un alambre y/o cualquier otro tipo conveniente de canal de comunicación. En otras palabras, el canal de comunicación y/o la conexión pueden ser una estructura física o radio en los ejemplos ilustrativos.
- [0193]** En algunos modos de realización ilustrativos, el código de programación 2418 se puede descargar sobre una red al almacenaje persistente 2408 de otro dispositivo o sistema de procesamiento de la información a través de medios de la señal legibles por computadora 2426 para el uso dentro del sistema de procesamiento de la información 2400. Por ejemplo, el código de programación almacenado en medios de almacenaje legibles por computadora en un sistema de procesamiento de la información del servidor se puede descargar sobre una red del servidor al sistema de procesamiento de la información 2400. El código de programación de suministro del sistema de procesamiento de la información 2418 puede ser un ordenador del servidor, un ordenador del cliente o algún otro dispositivo con capacidad de almacenaje y transmisión del código de programación 2418.
- [0194]** Los diferentes componentes ilustrados para el sistema de procesamiento de la información 2400 no los destinan para proporcionar limitaciones arquitectónicas a la manera en la cual los diferentes modos de realización se pueden poner en práctica. Los diferentes modos de realización ilustrativos se pueden poner en práctica en un sistema de procesamiento de la información incluidos además componentes y/o en el lugar de los ilustrados para el sistema de procesamiento de la

información 2400. Otros componentes mostrados en la FIG. 24 se pueden variar de los ejemplos ilustrativos mostrados. Los diferentes modos de realización se pueden poner en práctica usando cualquier dispositivo del hardware o sistema capaz del código de programación ejecutado. Como ejemplo, el sistema de procesamiento de la información 2400 puede incluir componentes orgánicos integrados con componentes inorgánicos y/o se puede comprender completamente de componentes orgánicos excluyendo a un ser humano. Por ejemplo, un dispositivo de almacenamiento puede consistir en un semiconductor orgánico.

[0195] En otro ejemplo ilustrativo, la unidad del procesador 2404 puede tomar la forma de una unidad del hardware que tiene el recorrido que se fabrica o se configura para un uso particular, como firmware. Este tipo de hardware puede realizar operaciones sin necesitar el código de programación para cargarse en una memoria de un dispositivo de almacenamiento para configurarse para realizar las operaciones.

[0196] Por ejemplo, cuando la unidad del procesador 2404 toma la forma de una unidad de hardware, la unidad del procesador 2404 puede ser un sistema del recorrido, una aplicación de circuito integrado específico (ASIC), un dispositivo lógico programable o algún otro tipo conveniente del hardware configurado para realizar varias operaciones. Con un dispositivo lógico programable, el dispositivo se puede configurar para realizar varias operaciones. El dispositivo se puede configurar de nuevo en un tiempo posterior o se puede configurar permanentemente para realizar el número de operaciones. Los ejemplos de dispositivos lógicos programables incluyen, por ejemplo, una matriz lógica programable, una matriz lógica programable de campo, una matriz de puerta programable de campo y otros dispositivos del hardware convenientes. Con este tipo de la realización, el código de programación 2418 se puede omitir, porque los procesos para los modos de realización diferentes se pueden poner en práctica en una unidad del hardware.

[0197] En otro ejemplo ilustrativo más, la unidad del procesador 2404 se puede poner en práctica usando una combinación de procesadores encontrados en unidades de hardware y ordenadores. La unidad del procesador 2404 puede tener varias unidades de hardware y varios procesadores que se configuran para dirigir el código de programación 2418. Con este ejemplo representado, se pueden poner en práctica algunos procesos en el número de unidades del hardware, mientras otros procesos se pueden poner en práctica en el número de procesadores.

[0198] En otro ejemplo, se puede usar un sistema de bus para poner en práctica el marco de comunicaciones 2402 y puede consistir de uno o varios buses, como un bus del sistema o un bus de entrada/salida. Por supuesto, el sistema de bus se puede poner en práctica usando cualquier tipo conveniente de arquitectura que asegura una transferencia de datos entre componentes diferentes o dispositivos ligados al sistema de bus.

[0199] Además, la unidad de comunicaciones 2410 puede incluir varios dispositivos que transmiten datos, reciben datos, o ambos transmiten y reciben datos. La unidad de comunicaciones 2410 puede ser, por ejemplo, un módem o un adaptador de red, dos adaptadores de red o alguna combinación de los mismos. Además, una memoria puede ser, por ejemplo, la memoria 2406, o un cache, como el que se encuentra en un interfaz y un concentrador de controlador de memoria que puede estar presente en el marco de comunicaciones 2402.

REIVINDICACIONES

1. Método para utilizar reflexiones de energía de ondas de uno o de varios objetos (122) reflejantes para caracterizar ciertas propiedades de estos objetos (122) por las características espectrales de las reflexiones que provienen de éstos, el método comprende los pasos de:
 - generar para transmisión una secuencia repetitiva (150, 160, 170) de **N** pulsos de frecuencia constante de ancho **t** segundos a intervalos entre los pulsos de **T** segundos, teniendo cada pulso en la secuencia (150, 160, 170) una fase constante particular de acuerdo con una secuencia de fase cuadrática, cuya fase es aplicada a cada pulso en un primer sentido de modulación;
 - modular la fase de energía de eco recibida de uno o varios objetos (122) que reflejan la secuencia repetitiva transmitida (150, 160, 170) de **N** pulsos a frecuencia constante durante cada subintervalo de recepción (152, 162, 172) por la secuencia de fase cuadrática idéntica utilizada para la secuencia repetitiva transmitida de **N** pulsos a frecuencia constante, con un segundo sentido de modulación opuesto al primer sentido de modulación, de modo que la modulación de fase neta aplicada a la energía de eco reflejada desde un objeto reflector particular en un rango particular **r**, medido en unidades discretas de **T** del tiempo de eco ida y vuelta, sea una diferencia entre la fase de los pulsos transmitidos en el momento de su transmisión y la fase aplicada a la energía de eco recibida del rango **r**, en uno u otro sentido de la diferencia; y producir a partir de la energía de eco recibida modulada **N** conversiones de frecuencia únicas y discretas de la energía de eco recibida como una función del rango **r** de los objetos reflejantes, de amplitud igual a múltiplos de $1 / NT$ Hz, las dichas conversiones de frecuencia conservan el espectro de la energía de eco recibida, formando en combinación un espectro de frecuencia de señal compuesta (900).
2. Método de la reivindicación 1, en el cual la secuencia de fase cuadrática es representada por $\varnothing(n) = M(an^2 + bn + c)$, donde $\varnothing(n)$ es la fase aplicada a un pulso que tiene un índice de pulso **n**, **M** es una constante entera que no tiene ningún factor común con **N**; **n** es el índice de pulsos en la secuencia repetitiva en el rango que va de 1 a **N**; **a** es una constante que define el intervalo repetitivo de la secuencia de fase, cuando es considerada modulo una rotación de fase, ajustada a π / N para unidades de fase de radianes; **b** y **c** son constantes de cualquier valor; en el cual la producción de **N** conversiones en frecuencia comprende el hecho de producir una transposición en frecuencia de la energía de eco recibida como una función del rango **r** de la forma $Ma(r-i) / NT$ Hz modulo $1/T$ Hz, donde el índice **i** representa cualquier desplazamiento de índice en **n** entre la aplicación de $\varnothing(n)$ al pulso generado, y la aplicación de $\varnothing(n)$ a la energía de eco recibida.
3. Método de la reivindicación 2, que comprende además:
 - determinar que uno o más picos espectrales la energía de eco recibida para una secuencia de pulsos transmitidos que tienen fases generadas utilizando un único valor de la constante **M** se encuentra(n) en un intervalo espectral de $1 / NT$ Hz para cada rango respectivo **r**, sin superposición espectral;
 - caracterizar inequívocamente los picos espectrales de la correspondiente energía de eco recibida de cada rango **r**; y asignar los picos espectrales caracterizados a un rango particular.
4. Método de la reivindicación 2, que comprende además determinar que los picos espectrales de la energía de eco recibida de un objeto reflejante o más de al menos uno de los objetos reflejantes o más (122) se encuentran fuera de un intervalo espectral de $1 / NT$ Hz para una o más de los rangos respectivos, o que los picos espectrales de la energía de eco recibida de los distintos rangos se superponen, produciendo una ambigüedad en la asignación de rango a picos espectrales en el espectro de energía de eco, donde la generación de una secuencia repetitiva de **N** pulsos a frecuencia constante implica generar una secuencia repetitiva de **N** pulsos a frecuencia constante usando valores múltiples de la constante **M**, el método comprende además determinar (1002) parámetros de picos espectrales de la correspondiente energía de eco recibida para eliminar la ambigüedad de picos espectrales desplazados o superpuestos encontrando, para cada rango **r**, por lo menos un valor de la constante **M** para la cual cualquier diferencia o superposición de este tipo es resuelta por permutaciones del orden de rango espectral producido por valores diferentes de **M**; caracterizar (1006) picos espectrales de la energía de eco recibida de cada rango **r** que tiene picos espectrales desplazados o superpuestos; y asignar los picos espectrales caracterizados a un rango particular.
5. Método de la reivindicación 4, en el cual la caracterización de los picos espectrales de la energía de eco recibida que tiene picos espectrales superpuestos o desplazados implica:
 - adquirir (1604) espectros para **m** valores múltiples de la constante **M**; caracterizar (1608) para cualquier rango **r** los picos espectrales que pueden ser asignados sin ambigüedad a un rango de uno de los **m** espectros;

restar (1612) los picos espectrales así caracterizados para cada rango correspondiente **r** de cada uno de los **m** espectros, en la ubicación espectral respectiva para la característica para cada valor de **M**; y repetir ambos pasos precedentes con los espectros modificados para los picos espectrales restantes.

5

6. Método de la reivindicación 4, en el cual la caracterización de los picos espectrales de la energía de eco recibida que tiene picos espectrales desplazados o superpuestos de diferentes intervalos de rangos **r** implica:

10

adquirir (2004) espectros para **m** valores múltiples de la constante **M**, y realizar los pasos siguientes para cada rango **r** que comprenden:

(a) desplazar (2008) los **m** espectros adquiridos de manera circular, de modo que se alineen en el punto de cada espectro donde la energía de eco recibida a una velocidad Doppler cero desde ese rango **r** se encontraría;

15

(b) crear (2008) un espectro mínimo tomando, para cada frecuencia en los espectros alineados, el valor mínimo a esa frecuencia de un conjunto de espectros alineados; y

(c) caracterizar (2020) todo pico espectral en el espectro mínimo que sobrepasa un valor umbral preestablecido y situado dentro de una ventana de frecuencia predeterminada como representación de los picos espectrales para uno o varios objetos en el rango **r**.

20

7. Método de la reivindicación 4, en el cual la caracterización de picos espectrales de la energía de eco recibida que tiene picos espectrales desplazados o superpuestos de diferentes intervalos de rango **r** implica adquirir espectros para **m** valores múltiples de la constante **M**, y realizar los pasos siguientes, hasta que uno o varios picos espectrales en cada rango **r** con la energía de eco recibida que excede un valor umbral predeterminado se caracteriza:

25

(a) realizando los pasos siguientes 1 a 3 para cada franja/rango **r** que comprenden:

30

(1) desplazar (2008) los espectros **m** de manera circular, de modo que coinciden en el punto en cada espectro donde se encontraría una reflexión a velocidad Doppler cero de este rango **r**; y

(2) crear (2008) para cada franja **r** un espectro mínimo tomando, para cada frecuencia en el espectro, el valor mínimo de la energía espectral a esta frecuencia de un conjunto de los espectros desplazados; y

35

(3) determinar (2010) un valor representativo de la energía en el pico espectral del espectro mínimo para cada rango **r**,

(b) seleccionando (2016) el rango **r** que produce el mayor valor de energía de pico de este tipo;

40

(c) caracterizando (2020) uno o varios picos espectrales para este rango seleccionado **r**, del espectro mínimo calculado para el rango **r**;

(d) sustrayendo (2022) uno o más picos espectrales así caracterizados para este rango **r** de todos los espectros **m** por sustracción, en la ubicación o ubicaciones espectrales o que corresponden; y

45

(e) repitiendo los pasos (a) a (d) utilizando los espectros **m** modificados para caracterizar el siguiente componente espectral más alto.

8. Método de la reivindicación 2, en el cual la generación de una secuencia repetitiva de **N** pulsos a frecuencia constante implica generar una secuencia repetitiva de **N** pulsos a frecuencia constante para dos valores o más de la constante **M** (a) secuencialmente en el tiempo, (b) simultáneamente utilizando polarizaciones de ondas ortogonales, (c) simultáneamente mediante el uso de portadoras de frecuencia múltiple moduladas por fase de modo separado, o (d) por cualquier combinación de lo arriba mencionado.

50

9. Método de la reivindicación 1, en el cual solo hay una puerta de rango de recepción subintervalo por pulso transmitido (Figura 2), donde la recepción de la energía de eco implica recibir toda la energía de eco de todos los rangos, el método comprende además el hecho de producir (804) únicamente una serie temporal y espectro.

55

10. Método de la reivindicación 1, en el cual hay dos o más puertas de rango de recepción subintervalo por pulso transmitido (Figura 3), y en el cual la modulación de fase de la energía de eco recibida es aplicada por separado a la energía en las dos o más puertas de rango, el método comprende además el hecho de producir (1004) dos o más series temporales y espectros.

60

11. Método de la reivindicación 1, en el cual **t** es igual a **T**, que es el caso de pulsos contiguos con un ciclo de trabajo del 100 % (Figura 4), y el método comprende además el paso de transmitir la secuencia repetitiva generada de **N** pulsos a frecuencia constante, y durante la etapa de transmisión,

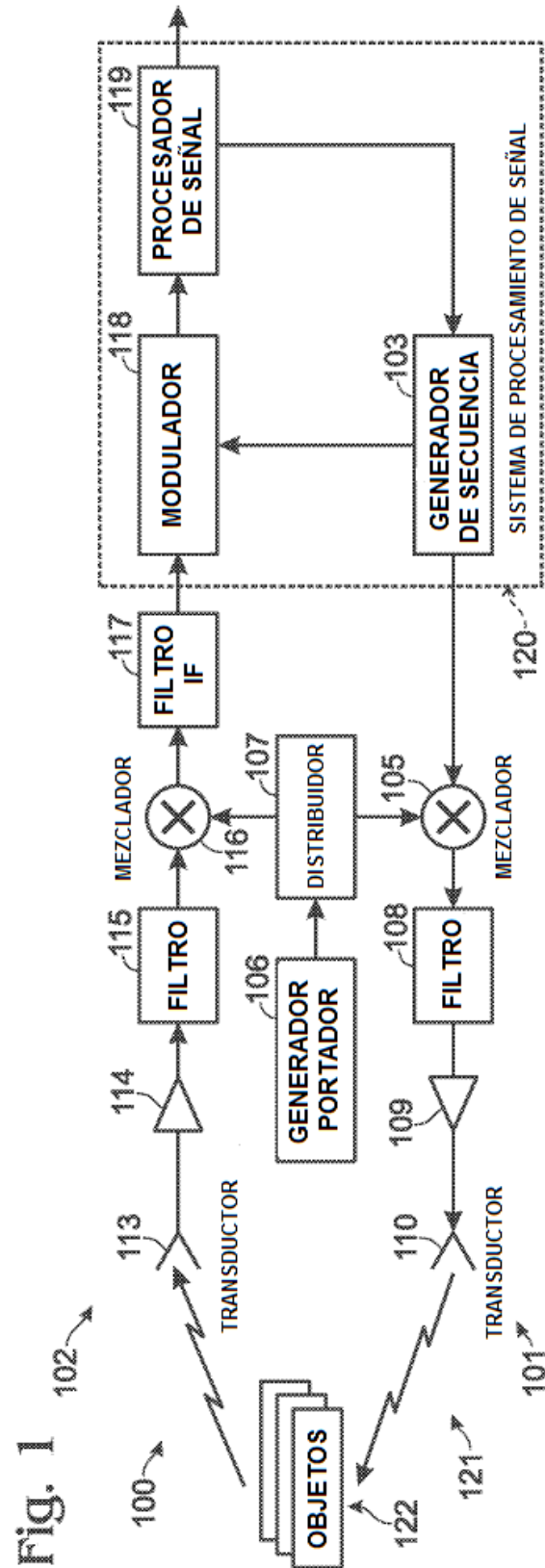
65

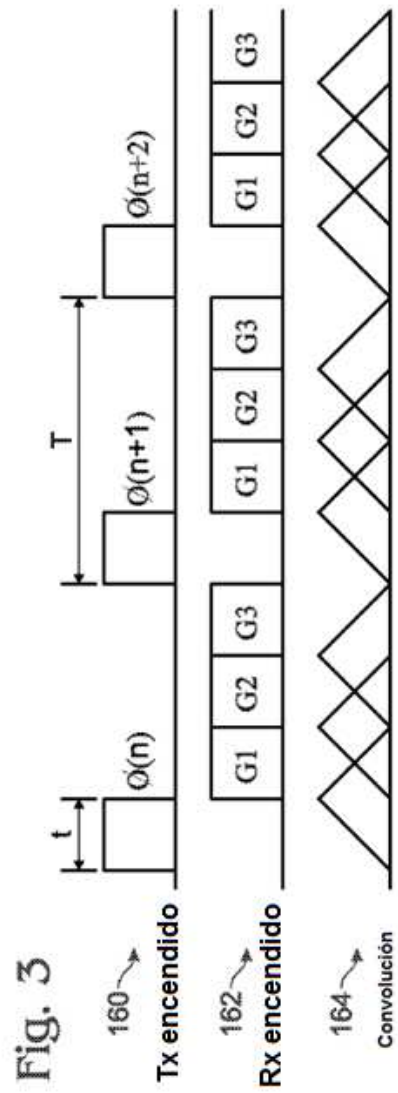
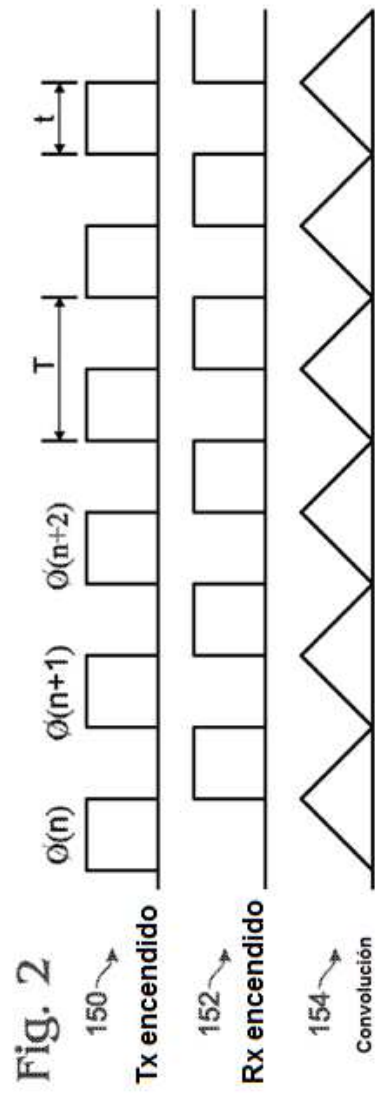
de recibir energía de eco de objetos (122) que reflejan la energía transmitida por un receptor aislado de la señal del emisor a través de uno o ambos de separación física y/o un aislamiento electromagnético.

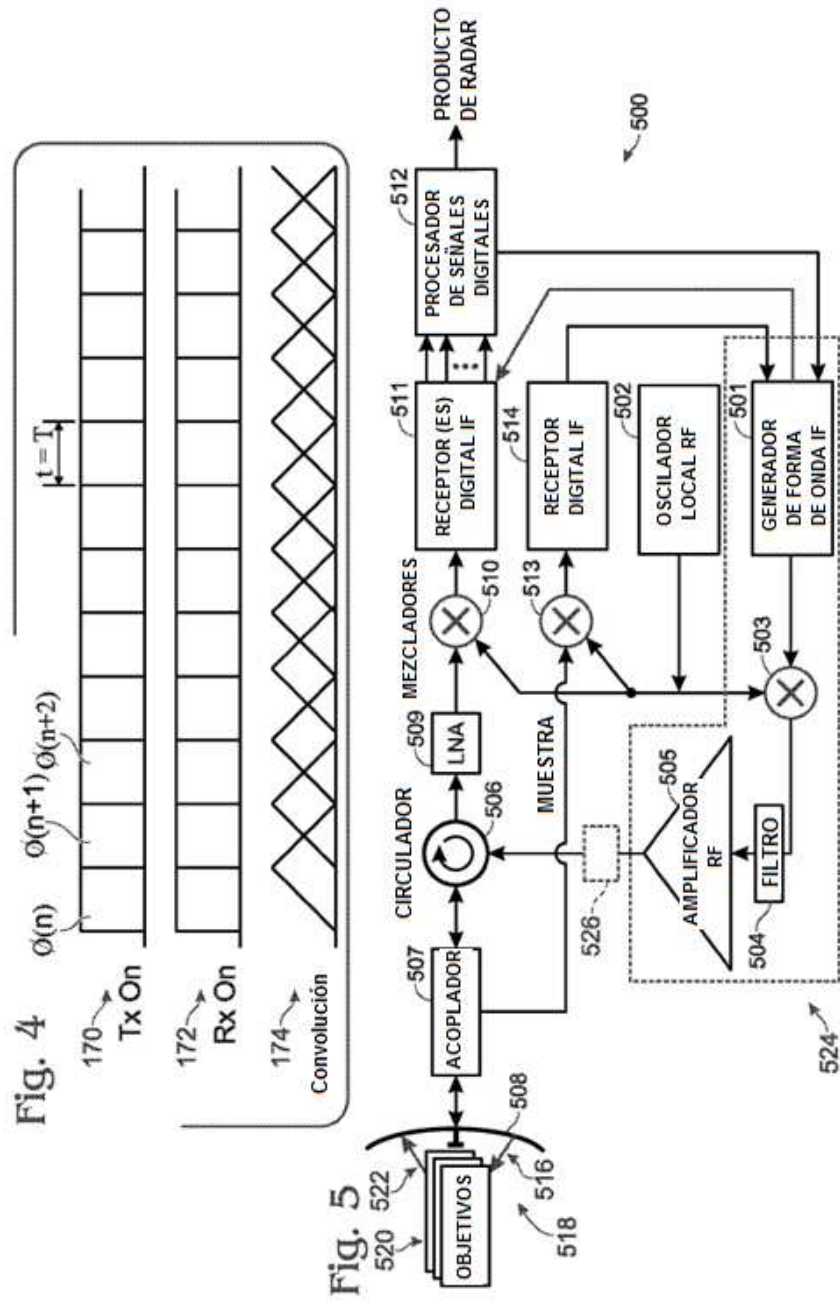
- 5 12. Método de la reivindicación 1, en el cual la generación de una secuencia repetitiva de **N** pulsos a frecuencia constante es realizada por un emisor, y el método comprende además el hecho de recibir la energía de eco de objetos que reflejan la energía transmitida por un receptor ubicado en el mismo sitio que el emisor para un funcionamiento monoestático.
- 10 13. Método de la reivindicación 1, en el cual la generación (Figura 4) de una secuencia repetitiva de **N** pulsos a frecuencia constante es realizada por uno o más emisores que transmiten de forma continua la secuencia repetitiva de **N** pulsos a frecuencia constante, y el método comprende además el hecho de recibir la energía de eco de objetos (122) que reflejan la energía transmitida por uno o más receptores a distancia (102) para un funcionamiento biestático o multiestático.
- 15 14. Método de la reivindicación 1, comprendiendo además el hecho de transmitir la secuencia repetitiva generada de **N** pulsos a frecuencia constante como ondas electromagnéticas, en longitudes de onda audio, radio, ópticas u otras, como ondas acústicas o como ondas vibratorias.
- 20 15. Método de la reivindicación 1, comprendiendo además el hecho de transmitir la secuencia repetitiva generada de **N** pulsos a frecuencia constante como ondas coherentes moduladas en fase, o como portadoras de onda incoherentes moduladas por ondas coherentes moduladas en fase.
- 25 16. Sistema (100) que comprende:
un generador de secuencia (103) configurado para generar, para la transmisión, una secuencia repetitiva (150, 160, 170) de **N** pulsos a frecuencia constante de **t** segundos de anchura a intervalos entre pulsos de **T** segundos, teniendo cada pulso en la secuencia (150, 160, 170) una fase constante particular según una secuencia de fase cuadrática, cuya fase se aplica a cada pulso en el primer sentido de modulación; y
un modulador (118) configurado para modular la fase de energía de eco recibida de uno o más objetos que reflejan la secuencia repetitiva transmitida (150, 160, 170) de **N** pulsos a frecuencia constante durante cada subintervalo de recepción (152, 162, 172) por la secuencia de fase cuadrática idéntica utilizada para la señal generada para la transmisión, con un segundo sentido de modulación opuesto al del primer sentido de modulación, de modo que la modulación de fase neta aplicada sobre la energía de eco reflejada por un objeto reflejante particular en un intervalo de rango particular **r**, medido en unidades discretas de **T** de tiempo de eco de ida y vuelta, es una diferencia entre la fase de los pulsos transmitidos en el momento de su transmisión y la fase aplicada a la energía de eco recibida de del rango **r**, en uno u otro sentido de la diferencia; y
un procesador de señales (119) configurado para producir, a partir de la energía de eco recibida modulada, **N** conversiones de frecuencia únicas y discretas de la energía de eco recibida como una función del rango **r** de los objetos reflejantes, de amplitud igual a múltiplos de $1 / NT$ Hz, cuyas conversiones de frecuencia conservan el espectro de la energía de eco recibida, formando en combinación un espectro de frecuencia de señal compuesto (900).
- 30 17. Sistema (100) de la reivindicación 16, en el cual el generador de secuencia (103) además está configurado para generar una secuencia de fase cuadrática que está representada por $\varnothing(n) = M(an^2 + bn + c)$, donde $\varnothing(n)$ es la fase aplicada sobre un pulso (522) que tiene un índice de pulsos **n**, **M** es una constante entera que no tiene factores comunes con **N**; **n** es el índice de pulsos en la secuencia repetitiva en el rango de 1 a **N**; **a** es una constante que define el intervalo repetitivo de la secuencia de fase, cuando está considerada una rotación de fase de modulo uno, ajustada a π / N para unidades de fase de radianes; **b** y **c** son constantes de cualquier valor; y el procesador de señales (119) produce una conversión de frecuencia de energía de eco recibida modulada como una función de rango **r** de la forma $Ma(ri) / NT$ Hz módulo $1/T$ Hz, donde el índice **i** representa cualquier diferencia de índice en **n** entre la aplicación de $\varnothing(n)$ a la secuencia generada para la transmisión, y la aplicación de $\varnothing(n)$ a la energía de eco recibida por el modulador (118).
- 35 18. Sistema (100) de la reivindicación 17, en el cual el procesador de señales (119) está configurado además para:
determinar que uno o más picos espectrales de la energía de eco recibida para una secuencia de pulsos transmitidos que tienen fases generadas utilizando un único valor de la constante **M** se encuentra(n) dentro de un intervalo espectral de $1 / NT$ Hz para cada rango respectivo **r**, sin superposición espectral;
caracterizar inequívocamente los picos espectrales de la correspondiente energía de eco recibida de cada rango **r**; y
40 asignar los picos espectrales caracterizados a un rango particular.
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

19. Sistema (100) de la reivindicación 17, en el cual el procesador de señales (119) está configurado además para determinar que uno o más picos espectrales de la energía de eco recibida de uno o más de por lo menos uno o más objetos reflejantes (122) se encuentra(n) fuera de un intervalo espectral de $1 / NT$ Hz para los rangos respectivos, o que los picos espectrales de la energía de eco recibida de los diferentes rangos se superpongan, produciendo una ambigüedad en la asignación de rango a los picos espectrales en el espectro de energía de eco; el generador de secuencia (103) está configurado además para generar, para la transmisión, una secuencia repetitiva (150, 160, 170) de N pulsos a frecuencia constante utilizando valores múltiples de la constante M , y el procesador de señales (119) está configurado para determinar parámetros de picos espectrales de la correspondiente energía de eco recibida para eliminar la ambigüedad de los picos espectrales desplazados o superpuestos encontrando, para cada rango r , por lo menos un valor de la constante M para el cual cualquier diferencia o superposición de este tipo es resuelta por permutaciones del orden de rango espectral producido por distintos valores de M , para caracterizar inequívocamente los picos espectrales disambiguados de la energía de eco para esa rango r , y asignar los picos espectrales caracterizados en un rango particular.
20. Sistema (100) de la reivindicación 17, en el cual el procesador de señal (119) está configurado además para determinar que una o varias crestas espectral (s) de la energía de eco recibida de uno o de muchos de por lo menos un objeto reflectante (122) se encuentra/encuentran fuera de un intervalo espectral de $1 / NT$ Hz para las franjas respectivas, o que crestas espectrales de la energía de eco recibida de las diferentes franjas se superpongan, produciendo una ambigüedad en la atribución de franja a crestas espectrales en el espectro de energía de eco; el generador de secuencia (103) está configurado además para generar, para la transmisión, una secuencia repetitiva (150, 160, 170) de N impulsos a frecuencia constante utilizando valores múltiples de la constante M , y el procesador de señal (119) está configurado para determinar parámetros de crestas espectrales de la energía de eco recibida correspondiente que resulta de la transmisión de una secuencia repetitiva de N impulsos a frecuencia constante para valores múltiples de la constante M ; y para eliminar la ambigüedad y caracterizar las crestas espectrales superpuestas o desplazadas en franjas particulares r por el hecho de adquirir espectros para m valores múltiples de la constante M ;
- (a) de caracterizar, para cualquier franja r , las crestas espectrales que pueden ser atribuidas sin ambigüedad a una franja de uno de los m espectros;
- (b) de sustraer las crestas espectrales así caracterizadas para cada franja r correspondiente de cada uno de los m espectros, en el emplazamiento espectral respectivo para la característica para cada valor de M ; y
- (c) de repetir las etapas (a) y (b) con m espectros como los modificados por sustracción.
21. Sistema (100) de la reivindicación 17, en el cual el procesador de señal (119) está configurado además para determinar que una o varias crestas espectral (s) de la energía de eco recibida de uno o de muchos de por lo menos un objeto reflectante (122) que se encuentra/encuentra fuera de un intervalo espectral de $1 / NT$ Hz para las franjas respectivas, o que crestas espectrales de la energía de eco recibida de las diferentes franjas se superpongan, produciendo una ambigüedad en la atribución de franja a crestas espectrales en el espectro de energía de eco; el generador de secuencia (103) está configurado además para generar, para la transmisión, una secuencia repetitiva (150, 160, 170) de N impulsos a frecuencia constante utilizando valores múltiples de la constante M , y el procesador de señal (119) está configurado para determinar parámetros de crestas espectrales de la energía de eco recibida correspondiente que resulta de la transmisión de una secuencia repetitiva de N impulsos a frecuencia constante para valores múltiples de la constante M ; y para eliminar la ambigüedad y caracterizar las crestas espectrales superpuestas o desplazadas en franjas particulares r por el hecho de adquirir espectros para m valores múltiples de la constante M , y de realizar las etapas siguientes (a) a (c) para cada franja r , que consisten:
- (a) en desplazar m espectros adquiridos circularmente, de modo que ellos se alinean en el punto en que cada espectro donde la energía de eco recibida a una velocidad Doppler ninguna de esta franja r se encontraría;
- (b) en crear un espectro mínimo tomando, para cada frecuencia en los espectros alineados, el valor mínimo a esta frecuencia de un conjunto de espectros alineados; y
- (c) en caracterizar cualquier cresta espectral que sobrepasa un valor umbral preestablecido y situado en una ventana de frecuencia predeterminada como representado las crestas espectrales para uno o varios objetivo (122) reflejante(s) en la franja r .
22. Sistema (100) de la reivindicación 17, en el cual el procesador de señal (119) está configurado además para determinar que una o varias crestas espectral (s) la energía de eco recibida de uno o de muchos de por lo menos un objeto reflectante (122) se encuentra/encuentran fuera de un intervalo

- espectral de $1 / NT$ Hz para sus franjas respectivas, o que crestas espectrales de la energía de eco recibida de las diferentes franjas se superponen, produciendo una ambigüedad en la atribución de franja a crestas espectrales en el espectro de energía de eco; el generador de secuencia (103) está configurado además para generar, para la transmisión, una secuencia repetitiva (150, 160, 170) de N impulsos a frecuencia constante utilizando valores múltiples de la constante M ; y el procesador de señal (119) está configurado para determinar parámetros de crestas espectrales de la energía de eco recibida correspondiente que resulta de la transmisión de la secuencia repetitiva de N impulsos a frecuencia constante para los valores múltiples de la constante M para eliminar la ambigüedad y caracterizar las crestas espectrales superpuestas o desplazadas en franjas particulares r por el hecho de adquirir espectros para m valores múltiples de la constante M , y de realizar las etapas siguientes, para caracterizar las crestas espectrales en un orden decreciente de una medida de energía de eco, que consisten:
- (a) en realizar las etapas siguientes 1 a 3 para cada franja r que consisten:
 - (1) en desplazar los m espectros de manera circular, de modo que ellos coinciden en el punto en cada espectro donde una reflexión a una velocidad Doppler ninguna de esta franja r se encontraría;
 - (2) en crear para esta franja r un espectro mínimo tomando, para cada frecuencia en el espectro, el valor mínimo de la energía espectral a esta frecuencia de un conjunto de los espectros desplazados; y
 - (3) en determinar un valor representativo de la energía en la cresta espectral del espectro mínimo para esta franja r ,
 - (b) en seleccionar la franja r que produce el mayor valor de energía de cresta de este tipo;
 - (c) en caracterizar una o varias crestas espectral (s) para esta franja seleccionada r , del espectro mínimo calculado para la franja r ;
 - (d) en eliminar una o varias crestas espectral (s) así caracterizada (s) para esta franja r de todos los m espectros por sustracción, en el emplazamiento espectral o en los emplazamientos espectrales que corresponden; y
 - (e) en repetir las etapas (a) a (d), utilizando m espectros modificados para caracterizar una o varias crestas espectral (s) suplementaria(s) en un orden decreciente de la energía espectral.
23. Sistema (100) de la reivindicación 17, en el cual el generador de secuencia (103) está configurado para generar una secuencia repetitiva (150, 160, 170) de N impulsos a frecuencia constante para dos valores o más de la constante M (a) secuencialmente en el tiempo, (b) simultáneamente utilizando polarizaciones de ondas ortogonales, (c) simultáneamente por la utilización de portadoras de frecuencias múltiples separadamente moduladas en fase, o (d) por cualquier combinación de lo que precede.
24. Sistema (100) de la reivindicación 16, en el cual hay sólo una sola puerta de distancia de subintervalo de recepción (152, 162, 172) por impulso transmitido, y el procesador de señal (119) produce una serie temporal y un espectro.
25. Sistema (100) de la reivindicación 16, en el cual hay dos puertas de distancia de subintervalo de recepción (152, 162, 172) o más por impulso transmitido, y en el cual la modulación de fase de la energía recibida de eco es aplicada por separado sobre la energía en ambas puertas de distancia o más, y el procesador de señal (119) produce dos series temporales y dos espectros o más.
26. Sistema (100) de la reivindicación 16, en el cual t es igual a T , que es el caso de impulsos contiguos con un factor de utilización del 100 %.
27. Sistema (100) de la reivindicación 16, comprendiendo además un emisor (101) configurado para transmitir la secuencia repetitiva (150, 160, 170) de N impulsos a frecuencia constante como ondas electromagnéticas, a longitudes de onda audio, radio, ópticas u otras, como ondas acústicas o como ondas vibratorias.
28. Sistema (100) de la reivindicación 16, en el cual el generador de secuencia (103) está configurado además para generar una secuencia repetitiva (150, 160, 170) de N impulsos a frecuencia constante que son unas ondas coherentes moduladas en fase o son portadoras de ondas incoherentes moduladas por ondas coherentes moduladas en fase.







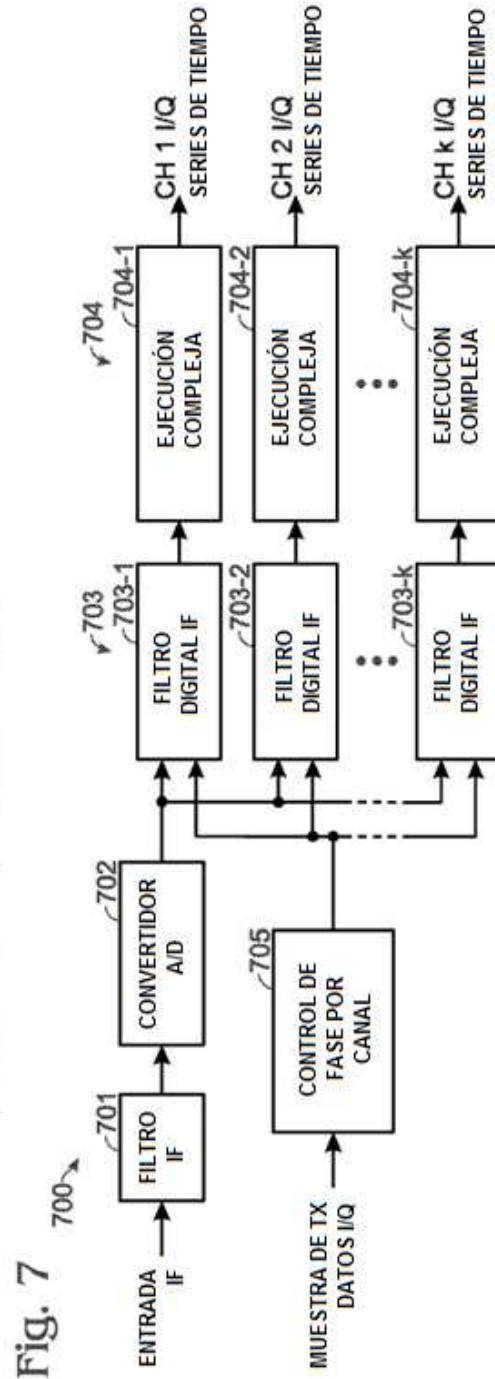
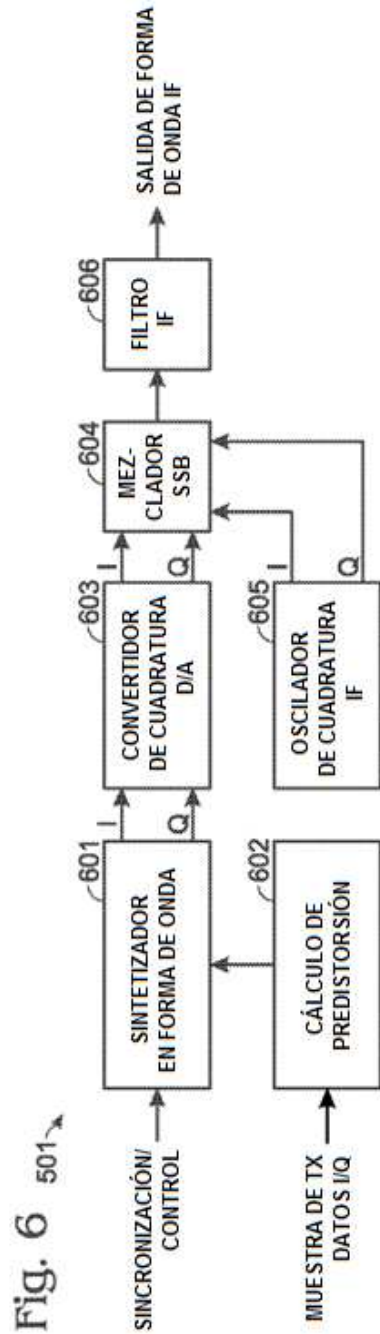


Fig. 8

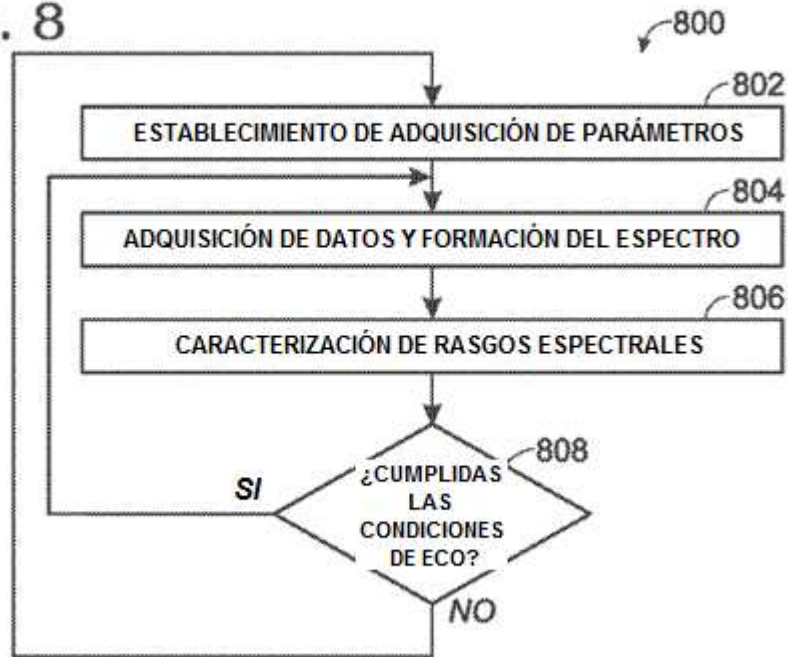


Fig. 10

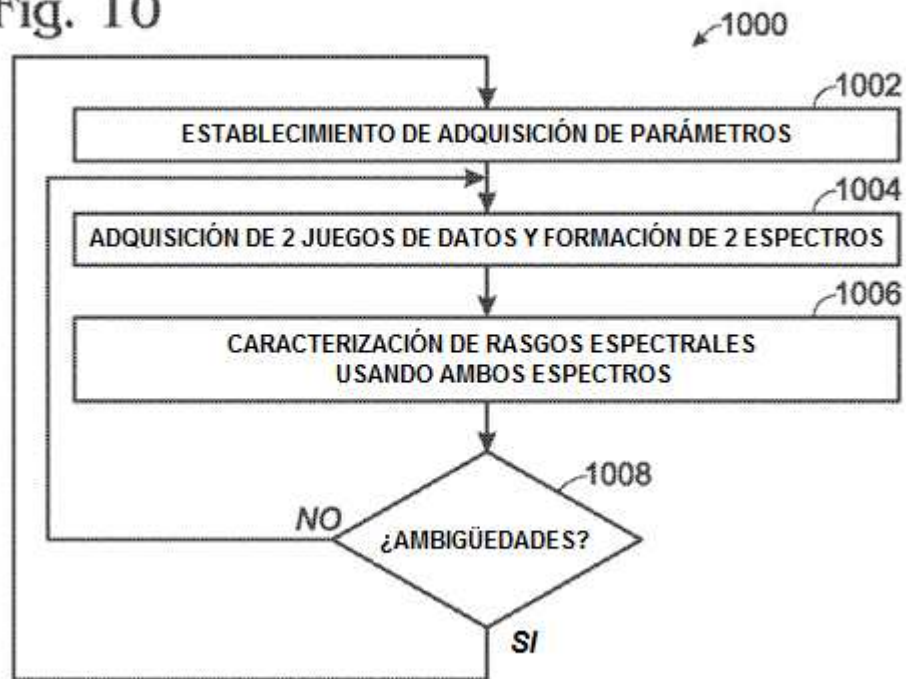


Fig. 9

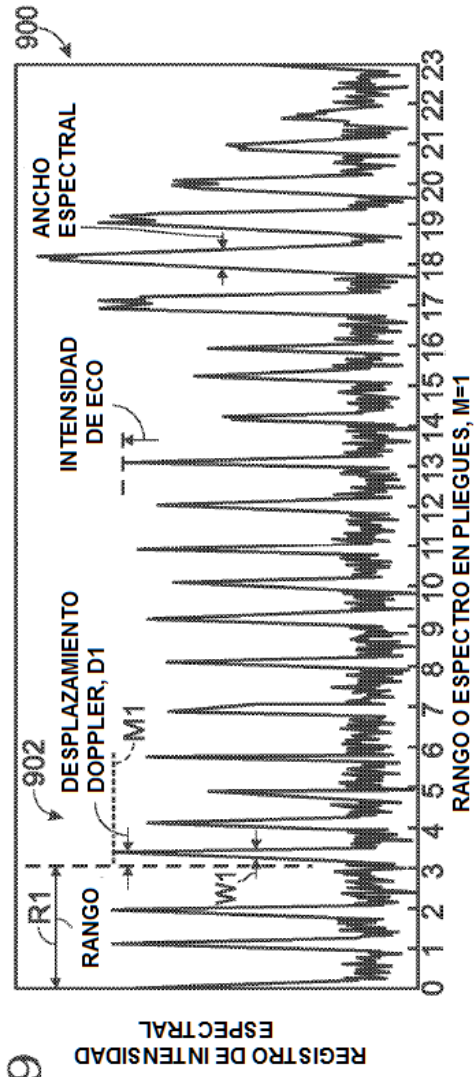


Fig. 11

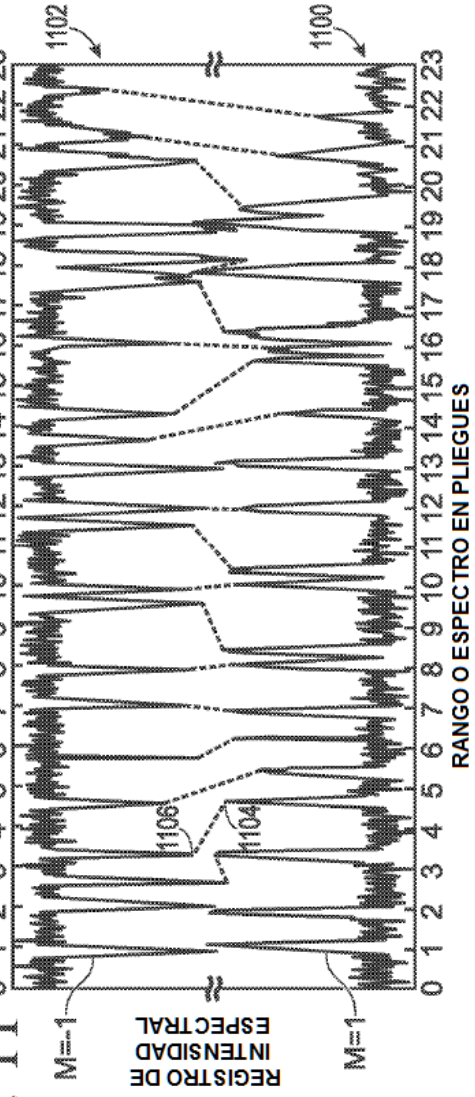


Fig. 12

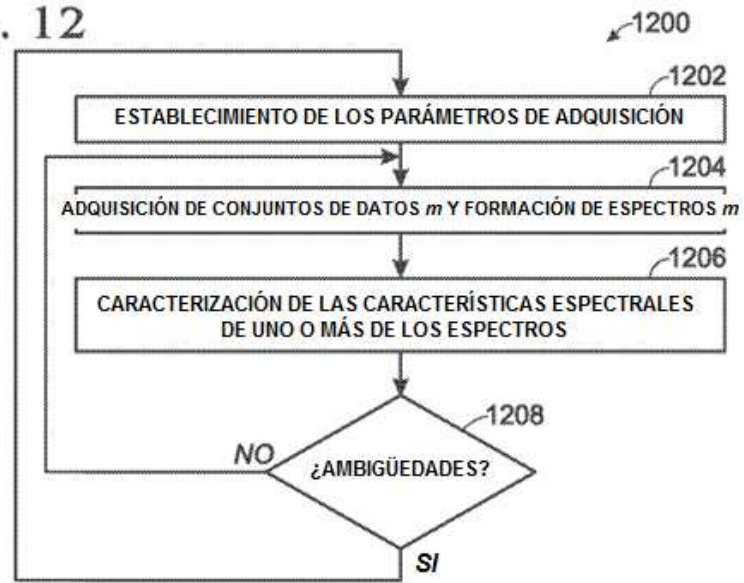
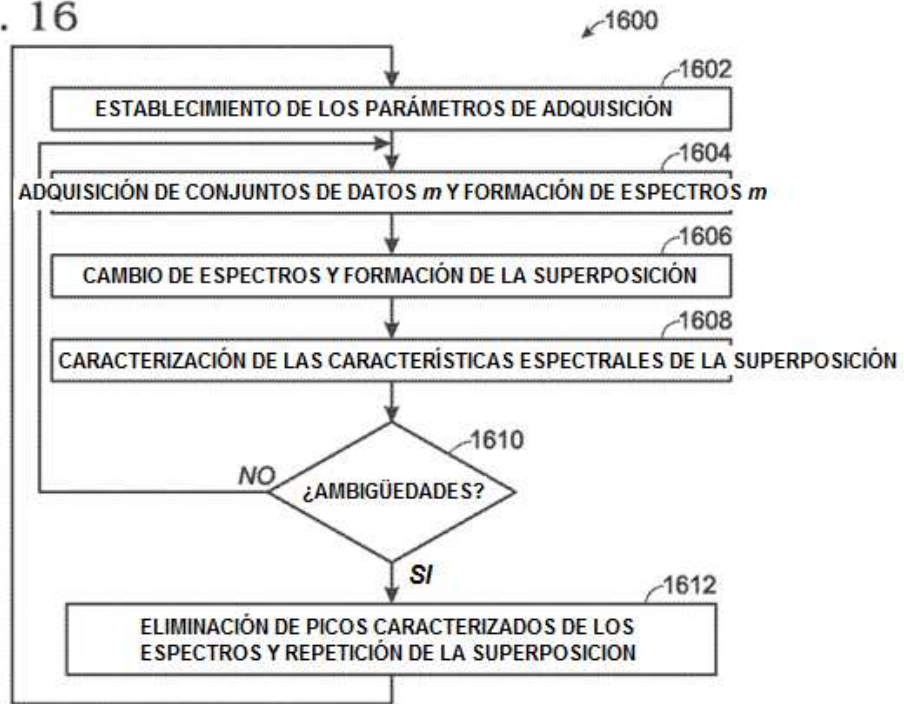


Fig. 16



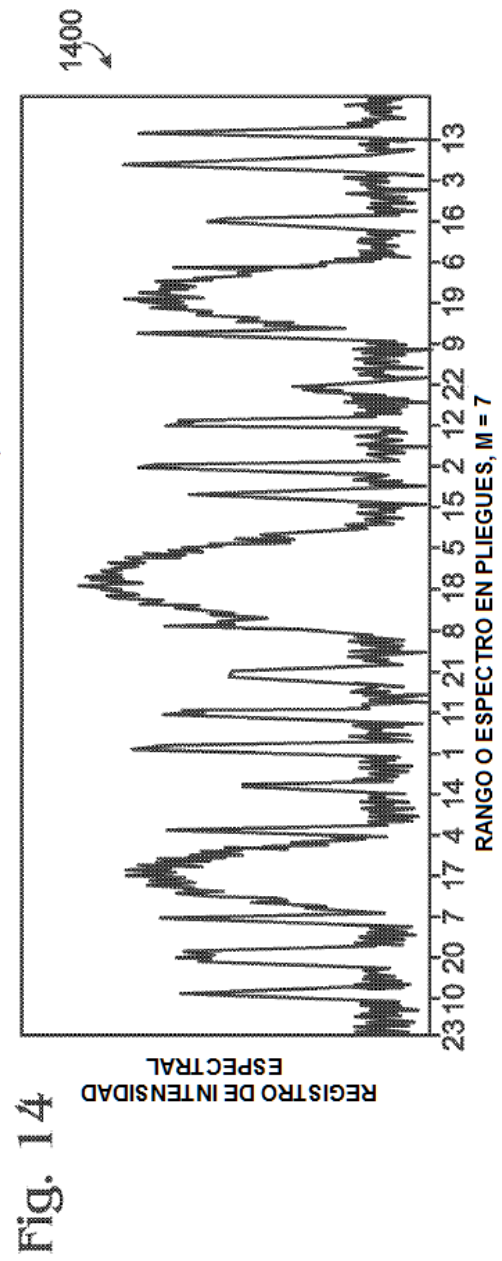
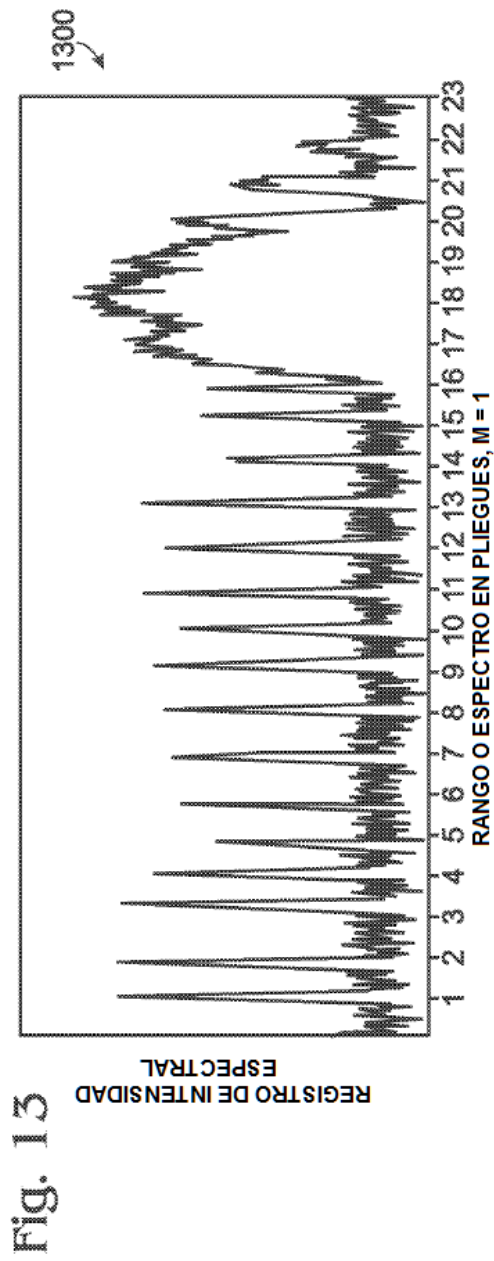


Fig. 15

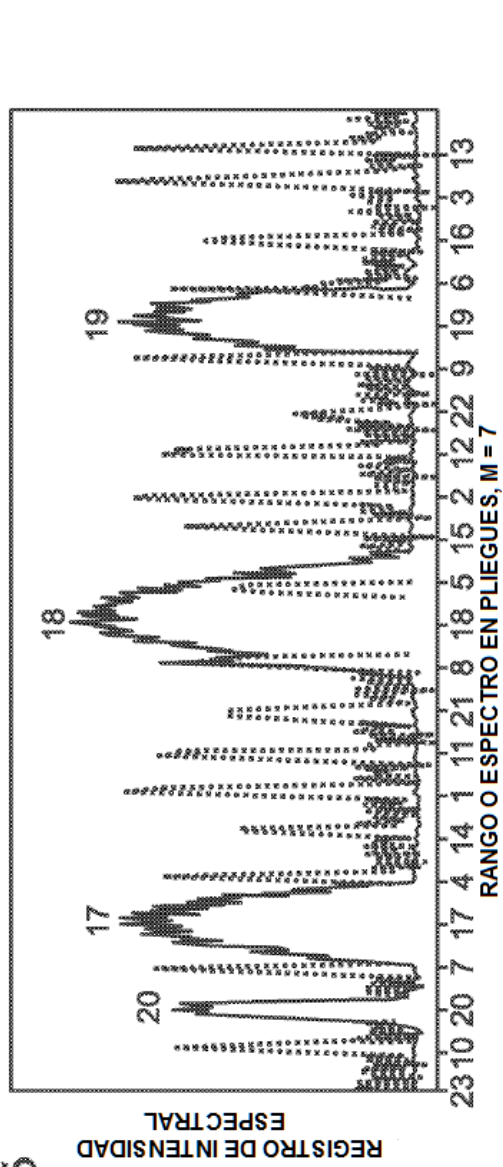
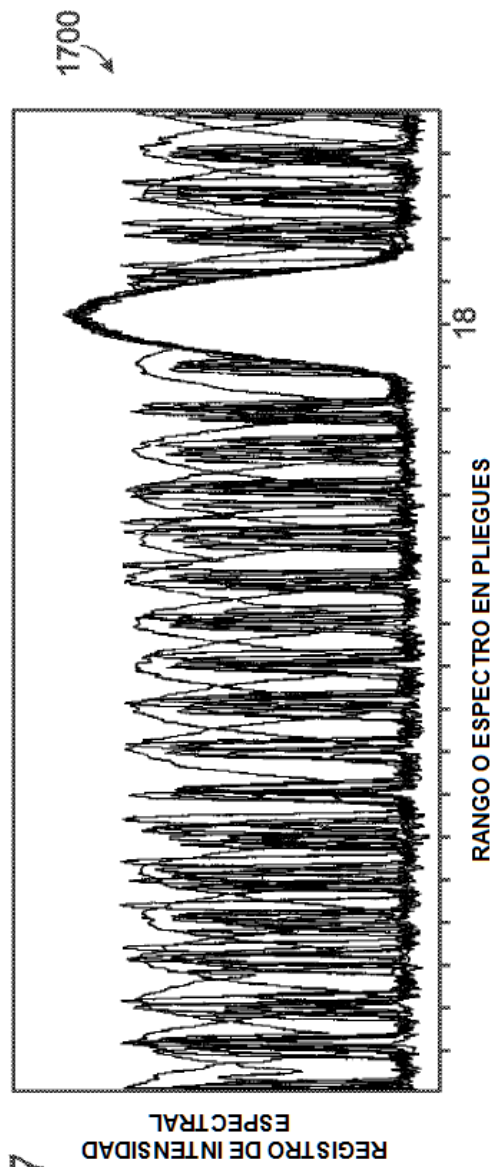


Fig. 17



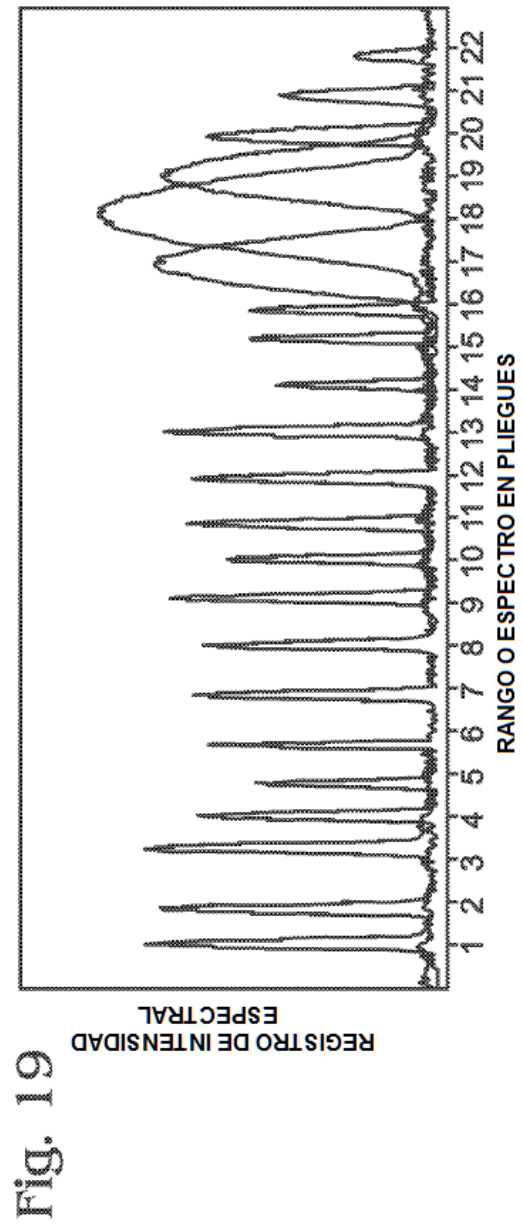
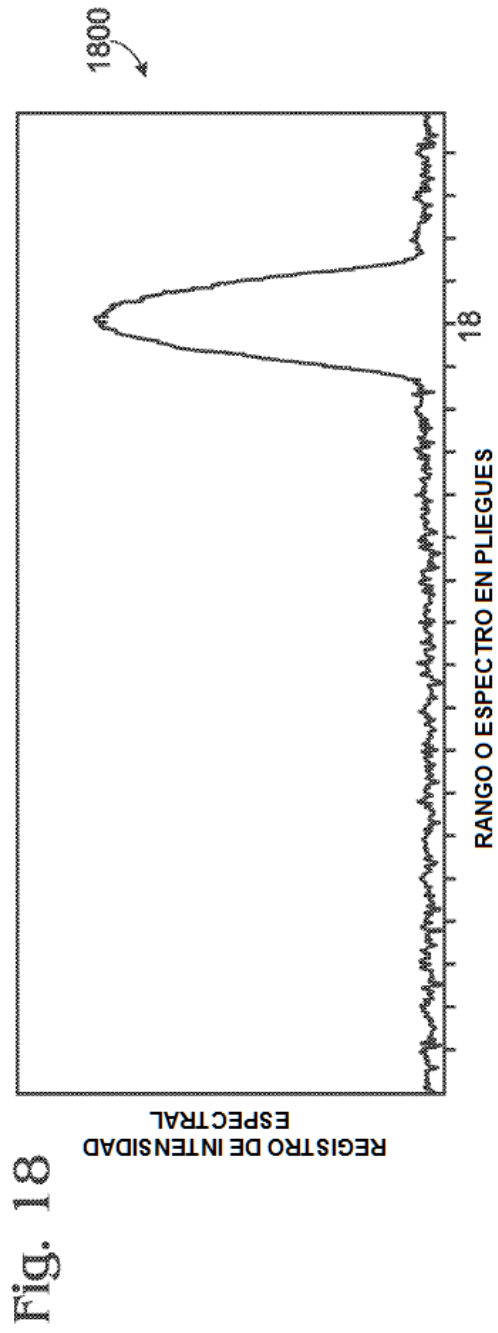


Fig. 20

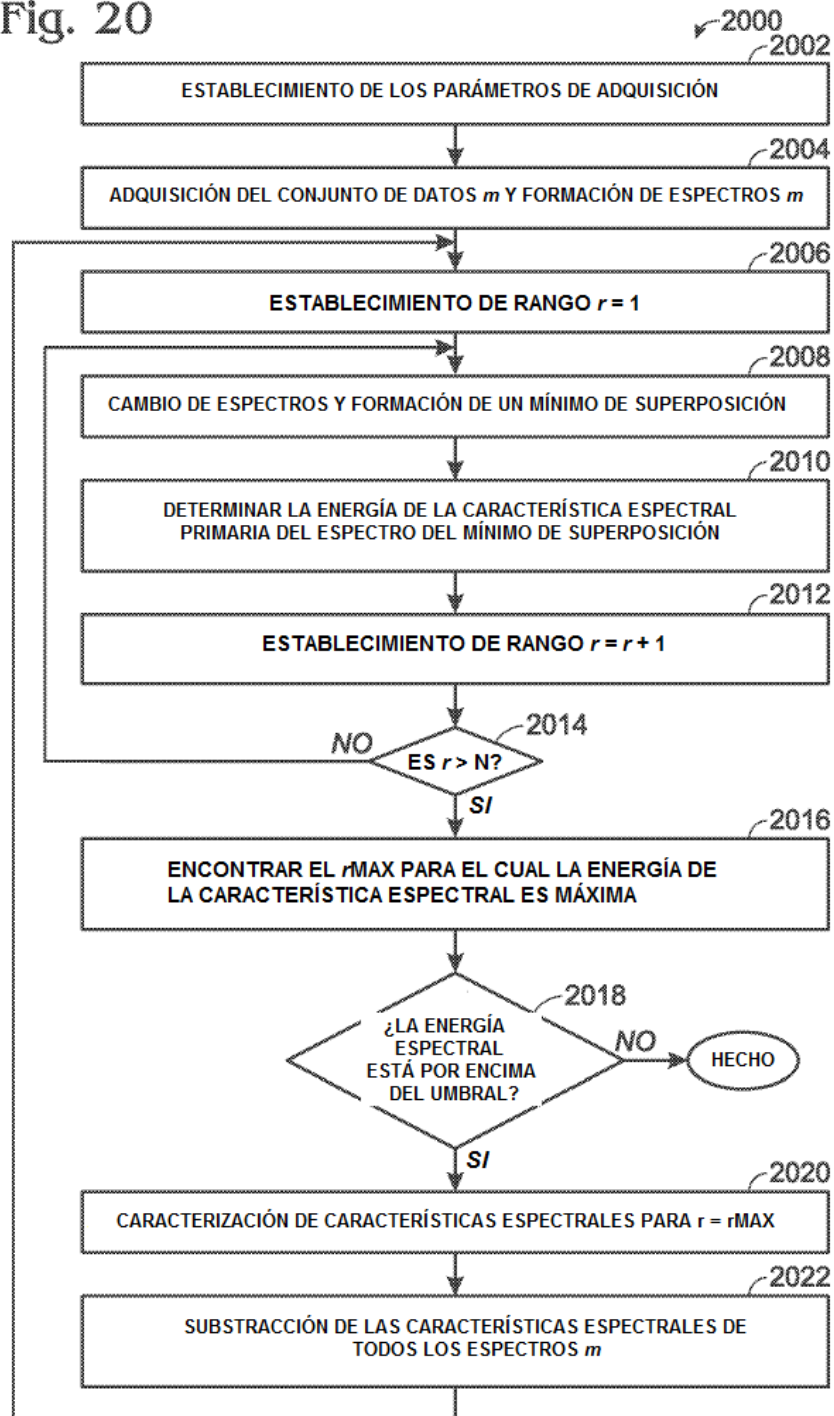


Fig. 21

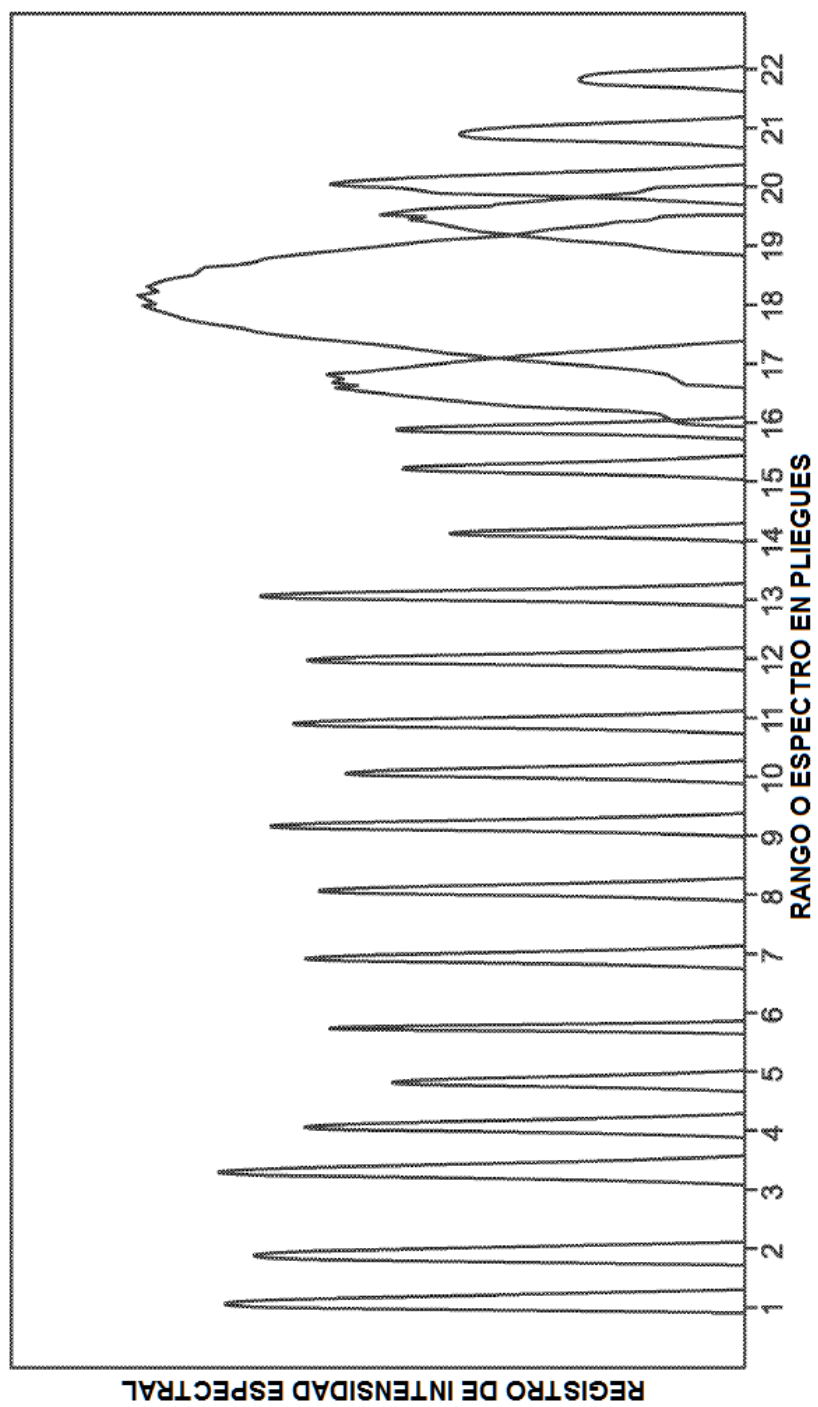


Fig. 22

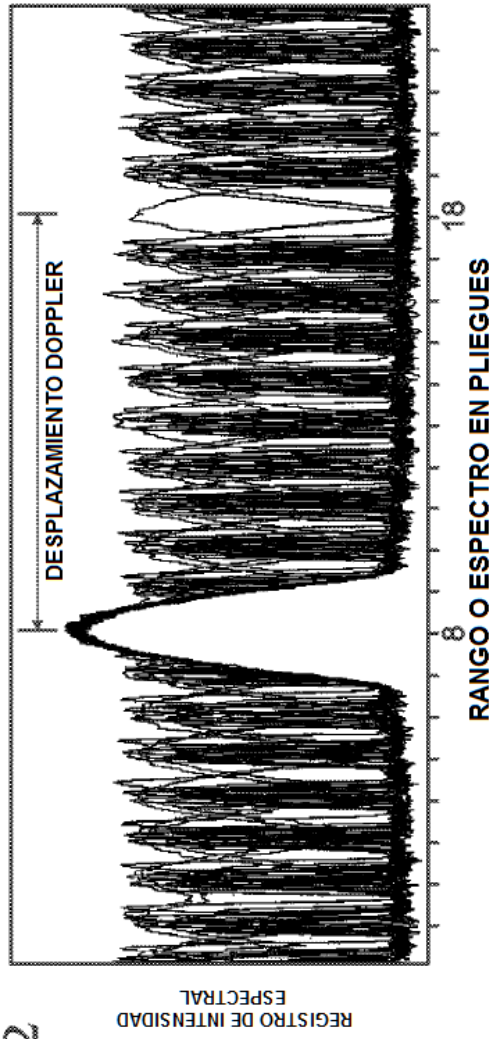


Fig. 23

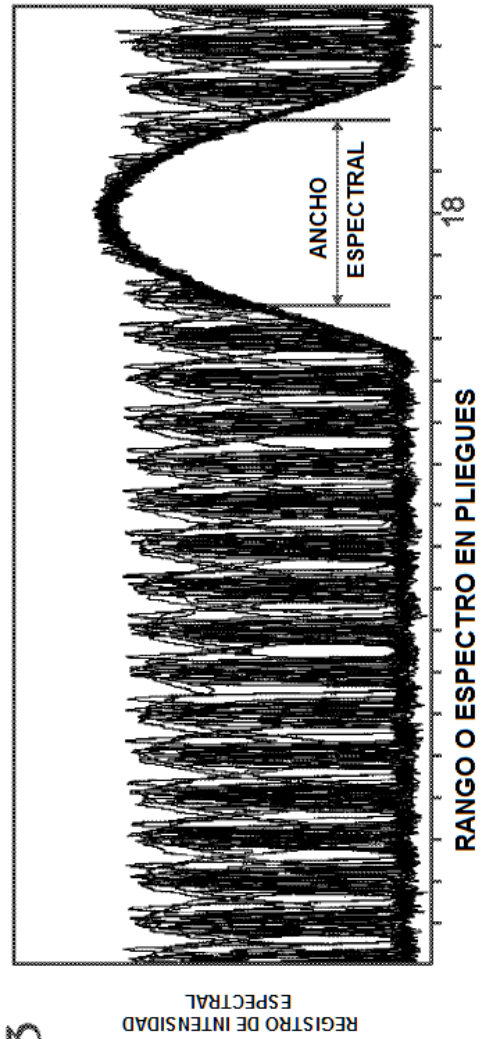


Fig. 24

