

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 764 463**

51 Int. Cl.:

**G01S 13/38** (2006.01)

**G01S 17/36** (2006.01)

**G01S 7/40** (2006.01)

**G01S 13/36** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.03.2015 PCT/DK2015/050046**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.09.2015 WO15131907**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.03.2015 E 15709409 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2019 EP 3114501**

54 Título: **Medida de calidad de conjunto de frecuencias**

30 Prioridad:

**06.03.2014 DK 201470109**

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

**03.06.2020**

73 Titular/es:

**WEIBEL SCIENTIFIC A/S (100.0%)  
Solvang 30  
3450 Allerod, DK**

72 Inventor/es:

**NIELSEN, JENS JØRGEN**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 764 463 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Medida de calidad de conjunto de frecuencias

5 Campo

La presente invención se refiere a un método para generar una medida de calidad para un conjunto de frecuencias, dicha medida de calidad indica la calidad de dicho conjunto de frecuencias para su uso en un método de determinación de distancia de múltiples frecuencias. Adicionalmente, la invención se refiere a un dispositivo que utiliza dicha medida de calidad.

Antecedentes

15 La estimación del alcance se utiliza para una gran cantidad de aplicaciones, como la aeroespacial, defensa, ciencia forense y aplicaciones automotrices. El alcance puede estimarse utilizando la estimación del tiempo de tránsito de una señal transmitida, comparación de frecuencia entre una señal modulada de frecuencia transmitida y el eco recibido, y determinación de distancia de múltiples frecuencias.

20 La determinación de distancia de múltiples frecuencias tiene la ventaja de que el alcance de un objeto se puede determinar con alta precisión sin la necesidad de un complicado equipo de cronometraje de alta precisión para los métodos de tiempo de tránsito.

25 Un sistema de alcance de frecuencias múltiples transmite una señal que comprende una frecuencia primaria y una frecuencia secundaria. La señal golpea un objeto y el receptor del sistema recoge la señal reflejada. La fase relativa, o la diferencia de fase, entre la frecuencia primaria y la frecuencia secundaria en la señal recibida por el sistema puede medirse continuamente. A medida que el alcance aumenta, la diferencia de fase aumenta linealmente un módulo de 360 grados, con una pendiente proporcional a la diferencia de frecuencia entre la frecuencia primaria y la frecuencia secundaria. Esta relación entre el alcance del objeto y la diferencia de fase entre dos señales reflejadas es la base de la técnica de alcance de múltiples frecuencias.

30 En el caso de una frecuencia secundaria única, el alcance inequívoco se limita a  $\lambda_1 = c/2 (f_1 - f_0)$ , donde  $f_0$  es la frecuencia primaria,  $f_1$  es la frecuencia secundaria, y  $c$  es la velocidad de la señal en el medio en el que se propaga, por ejemplo, en la velocidad de la luz para una señal de RF. Esto significa que los valores de alcance compensados por un número entero de  $\lambda_1$  producen exactamente la misma diferencia de fase.

35 La ambigüedad es inversamente proporcional a la diferencia de frecuencia, por lo que, al disminuir la distancia entre  $f_1$  y  $f_0$ , se puede aumentar el alcance inequívoco. Sin embargo, los sistemas de detección de alcance generalmente se basan en filtros que protegen a cada receptor de la saturación de los operadores adyacentes. Típicamente para radares, no es factible que  $f_0$  y  $f_1$  estén más cerca de aproximadamente 800 kHz. Incluso si se resolvió el problema de filtrado, una pequeña diferencia de frecuencia produce una medición de alcance muy ruidosa. Además, la diferencia entre las frecuencias debe ser lo suficientemente grande como para tener en cuenta un desplazamiento de frecuencia Doppler desconocido.

45 El documento DE102013207652 divulga un método que implica determinar cambios de fase de señales transmitidas y recibidas para frecuencias de modulación en ciclos de medición de fase, donde las frecuencias son proporcionadas por un dispositivo de control de modulación (38). Se determinan dos valores de distancia en los ciclos de medición de distancia basados en los cambios de fase determinados. Un valor de probabilidad está asociado con los valores de distancia, y una distancia de objeto se determina a partir de los valores de distancia, donde la distancia comprende valores de probabilidad más altos de acuerdo con un número fijo de los ciclos de medición de distancia. Se realizan los ciclos de medición de distancia.

50 El documento US20100103020 divulga un método para detectar un objetivo en movimiento dentro de una región protegida predefinida con un detector de movimiento por microondas, transmitiendo señales de frecuencia de microondas y recibiendo las señales de frecuencia de microondas reflejadas por un objetivo. Para determinar la distancia objetivo sin ambigüedad, tres o más señales de frecuencia de microondas pueden transmitirse a diferentes frecuencias.

55 En particular, la etapa de determinar los ángulos de fase a partir de los componentes de señal de frecuencia intermedia muestreados comprende determinar una primera, segunda y tercera fase de los componentes de señal de frecuencia intermedia muestreados; la etapa de determinar una diferencia de fase entre la fase comprende determinar una primera diferencia de fase entre la segunda fase y la primera fase, y determinar una segunda diferencia de fase entre la tercera fase y la primera fase; y la etapa de determinar, desde la diferencia de fase, una medición de distancia objetivo correspondiente comprende: para cada una de las diferencias de fase primera y segunda, determinar dos medidas de distancia correspondientes, en donde una medición de distancia es una medición de distancia verdadera y la otra medición de distancia es una medición de distancia ambigua, y seleccionar una medición de distancia precisa haciendo coincidir la medición de distancia verdadera común de cada diferencia de fase.

Por consiguiente, el alcance inequívoco se puede aumentar.

Sin embargo, en presencia de ruido existe el riesgo de que se seleccione un alcance ambiguo como el alcance verdadero. Para un operador que rastrea el alcance a un objeto a lo largo del tiempo, esto se percibe como un "salto de alcance", por ejemplo, el alcance al objeto "salta" del alcance verdadero a un alcance "ambiguo" o viceversa.

El riesgo de que eso ocurra depende del conjunto de frecuencias elegido.

Por lo tanto, sigue siendo un problema proporcionar un método para evaluar la calidad de los conjuntos de frecuencias. Además, sigue siendo un problema proporcionar un método para seleccionar un conjunto de frecuencias adecuado y un dispositivo configurado para estimar el alcance a un objeto utilizando un conjunto de frecuencias de alta calidad.

#### Sumario

De acuerdo con un primer aspecto, la invención se refiere a un método para generar una medida de calidad para un conjunto de frecuencias para indicar la calidad de dicho conjunto de frecuencias para su uso en un método de determinación de distancia de frecuencias múltiples, comprendiendo dicho conjunto de frecuencias al menos una frecuencia primaria (F0), una primera frecuencia (F1) y una segunda frecuencia (F2), dicho método de determinación de distancia de múltiples frecuencias es un método para estimar el alcance a un objeto determinando al menos una primera diferencia de fase y una segunda diferencia de fase en una señal de eco reflejada recibida y procesar dicha primera diferencia de fase y dicha segunda diferencia de fase, dicha primera diferencia de fase es la diferencia de fase entre la frecuencia primaria (F0') y la primera frecuencia (F1') en la señal de eco reflejada recibida y dicha segunda diferencia de fase es la diferencia de fase entre la frecuencia primaria (F0') y la segunda frecuencia (F2') en la señal de eco reflejada recibida, en donde dicho método para generar una medida de calidad comprende las etapas de:

- determinar la distancia más pequeña entre dos líneas de alcance cualquiera de un conjunto de líneas de alcance en un espacio de fase N-dimensional, en donde el espacio de fase N-dimensional comprende al menos una primera dimensión que representa la primera diferencia de fase, y una segunda dimensión que representa la segunda diferencia de fase, dicho espacio de fase N-dimensional con una dimensión igual al número de diferencias de fase utilizadas por el método de determinación de distancia de múltiples frecuencias, representando dichas líneas de alcance todas las combinaciones teóricas posibles de la primera diferencia de fase, la segunda diferencia de fase, y las posibles diferencias de fase adicionales, utilizadas por dicho método de múltiples frecuencias, cada punto en una línea de alcance correspondiente a un alcance específico a un objeto dentro del alcance inequívoco del método de determinación de distancia de múltiples frecuencias;
- determinar una medida de calidad para dicho conjunto de frecuencias específico basado en la distancia más pequeña determinada.

Por consiguiente, al utilizar la distancia entre las líneas de alcance para determinar una medida de calidad, se proporciona una forma precisa de evaluar la calidad de un conjunto de frecuencias. Esto es especialmente beneficioso para evaluar conjuntos de frecuencias que comprenden muchas frecuencias, ya que se hace difícil predecir su calidad.

Un método de determinación de distancia de múltiples frecuencias se define en esta divulgación como cualquier método que comprende las etapas de:

- transmitir una primera señal hacia el objeto que comprende una frecuencia primaria (F0) y al menos dos frecuencias secundarias (F1, F2);
- recibir una señal de eco reflejada desde un objeto, comprendiendo la señal de eco la frecuencia primaria (F0') y las dos frecuencias secundarias (F1', F2') (posiblemente desplazadas por Doppler si el objeto se mueve en relación con el transmisor/receptor como lo indican los apóstrofes);
- determinar una primera diferencia de fase descriptiva de la diferencia de fase entre la frecuencia primaria (F0') y una primera frecuencia secundaria (F1'), y una segunda diferencia de fase descriptiva de la diferencia de fase entre la frecuencia primaria (F0') y la segunda frecuencia secundaria (F2') procesando dicha señal de eco reflejada recibida; y
- determinar un alcance al objeto procesando dicha primera diferencia de fase y dicha segunda diferencia de fase.

La medida de calidad puede ser la distancia mínima determinada o puede calcularse utilizando un algoritmo que toma la distancia mínima como entrada. Si el ruido en las diferencias de fase medidas da como resultado que un punto medido en el espacio de fase esté más cerca de una línea de alcance "incorrecta" que la línea de alcance "verdadera", se estimará un alcance ambiguo y no el verdadero alcance. Esto se percibirá como un salto de alcance. Por consiguiente, si la distancia entre las líneas de alcance es "baja", el riesgo de saltos de alcance será alto en comparación con la situación en que la distancia entre las líneas de alcance es "alta". Por tanto, la medida de calidad es una medida del riesgo de saltos de alcance, es decir, el riesgo de que se seleccione un alcance ambiguo como el alcance verdadero.

El método divulgado en relación con las Figs. 6 y 7 pueden usarse para determinar la distancia más pequeña entre

dos líneas de alcance cualquiera de un conjunto de líneas de alcance en un espacio de fase N-dimensional para cualquier conjunto de frecuencias que comprenda una frecuencia primaria ( $F_0$ ) y cualquier número de frecuencias secundarias de 2 a N.

5 En algunas realizaciones, la etapa de determinar la distancia más pequeña entre dos líneas de alcance cualquiera comprende las etapas de

- seleccionar un punto en una línea de alcance; y
- determinar la distancia desde dicho punto seleccionado a la línea de alcance más cercana.

10 Como todas las líneas de alcance de definición pr. son paralelas en el espacio de fase N-dimensional y dispuestas a una distancia igual entre sí, la distancia más pequeña entre dos líneas de alcance cualquiera se puede determinar seleccionando un punto aleatorio en una línea de alcance aleatorio y determinando la distancia desde el punto hasta la línea de alcance más cercana.

15 Por consiguiente, se proporciona una manera computacional eficiente de estimar la distancia mínima.

En algunas realizaciones, el punto seleccionado es el punto correspondiente al alcance cero.

20 El punto correspondiente al alcance cero es el mismo para todas las configuraciones de medición, es decir, ya que todas las diferencias de fase serán cero. Por consiguiente, los cálculos pueden simplificarse.

25 En algunas realizaciones, la distancia desde dicho punto seleccionado a la línea de alcance más cercana se determina determinando la distancia desde el punto seleccionado a una pluralidad de líneas de alcance y seleccionando la distancia más pequeña.

En algunas realizaciones, se determinan las distancias desde el punto seleccionado a todas las líneas de alcance.

30 Cuando se determina la distancia desde el punto seleccionado a todos los alcances, solo se consideran las distancias por encima de cero (se ignora la distancia desde el punto seleccionado a su propia línea de alcance).

Según un segundo aspecto, la invención se refiere a un método para seleccionar un conjunto de frecuencias para su uso en un método de determinación de distancia de frecuencias múltiples, que comprende las etapas de:

- 35
- generar una pluralidad de conjuntos de frecuencias candidatas;
  - determinar una medida de calidad usando un método como se divulga en relación con el primer aspecto de la invención para cada uno de la pluralidad de conjuntos de frecuencias candidatas;
  - seleccionar el conjunto de frecuencias de dicha pluralidad de conjuntos de frecuencias que tienen la medida de calidad más alta.

40 La pluralidad de conjuntos de frecuencias candidatas puede generarse en un proceso aleatorio, es decir, el proceso puede obtener una suposición de un buen conjunto de frecuencias y luego aplicar mutaciones aleatorias a la suposición. Preferentemente, todos los conjuntos de frecuencias candidatas cumplen los mismos requisitos, por ejemplo, tienen el mismo alcance inequívoco.

45 Según un tercer aspecto, la invención se refiere a un dispositivo configurado para estimar el alcance a un objeto utilizando un método de determinación de distancia de frecuencias múltiples que utiliza un primer conjunto de frecuencias, comprendiendo dicho primer conjunto de frecuencias al menos una frecuencia primaria ( $F_0$ ), una primera frecuencia ( $F_1$ ) y una segunda frecuencia ( $F_2$ ), en donde dicho dispositivo comprende:

- 50
- una unidad de procesamiento configurada para obtener una medida de calidad para dicho primer conjunto de frecuencias generado usando un método como se divulga en relación con el primer aspecto de la invención; y
  - una pantalla operativamente conectada a dicha unidad de procesamiento,

55 en el que dicha unidad de procesamiento está configurada además para controlar dicha pantalla para mostrar dicha medida de calidad para dicho primer conjunto de frecuencias.

Por consiguiente, el usuario del sistema puede recibir información sobre la calidad del conjunto de frecuencias utilizado.

60 La unidad de procesamiento puede obtener la medida de calidad de una memoria del dispositivo. Como alternativa, la unidad de procesamiento puede calcular la medida de calidad. El dispositivo puede ser un radar que comprende un transmisor/receptor configurado para recibir y transmitir una señal electromagnética. El dispositivo se puede configurar para estimar el alcance al objeto utilizando cualquier método de determinación de distancia de frecuencias múltiples, como los métodos divulgados en el documento US20100103020 o la solicitud PCT copresentada con el número de solicitud PCT/DK2015/050045, y presentada el 4 de marzo de 2015.

65

En algunas realizaciones, el dispositivo está configurado para usar dicho primer conjunto de frecuencias o un segundo conjunto de frecuencias para determinar el alcance al objeto, en donde dicho segundo conjunto de frecuencias comprende más frecuencias que dicho primer conjunto de frecuencias, dicho dispositivo comprende además medios de entrada configurados para permitir a un usuario seleccionar dicho primer conjunto de frecuencias o dicho segundo conjunto de frecuencias para su uso para la determinación de distancia de múltiples frecuencias, en donde dicha unidad de procesamiento está configurada además para obtener una medida de calidad para dicho segundo conjunto de frecuencias generado usando un método como se divulga en relación con el primer aspecto de la invención y controlar dicha pantalla para mostrar dicha medida de calidad para dicho primer conjunto de frecuencias y dicho segundo conjunto de frecuencias, por lo que el usuario puede usar los factores de calidad para determinar qué frecuencia se debe usar.

Por consiguiente, el usuario puede seleccionar el conjunto de frecuencias que cumpla los requisitos específicos.

Generalmente, al usar más frecuencias, el riesgo de saltos de alcance se reduce a medida que aumenta el número de dimensiones del espacio de fase, proporcionando más "espacio" para las líneas de alcance. Sin embargo, el tiempo que se tarda antes de que se genere una estimación de primer alcance también aumenta, ya que el radar tiene que transmitir más frecuencias antes de que se pueda generar una estimación de alcance.

Los medios de entrada pueden ser cualquier medio de entrada, como un teclado, un ratón de computadora, una pantalla táctil o similar.

En algunas realizaciones, dicho dispositivo está configurado para permitir que un usuario seleccione un alcance inequívoco, y dicha unidad de procesamiento está configurada para generar un conjunto de frecuencias correspondiente a dicho alcance inequívoco seleccionado, calcular una medida de calidad para dicho conjunto de frecuencias generado usando un método como se divulga en relación con el primer aspecto de la invención, y controlar dicha pantalla para mostrar dicha medida de calidad calculada.

En algunas realizaciones, dicho dispositivo está configurado además para permitir que un usuario seleccione una serie de diferencias de fase para usar con el método de múltiples frecuencias, en donde dicha unidad de procesamiento está configurada para generar un conjunto de frecuencias correspondiente a dicho número seleccionado de diferencias de fase y dicho alcance inequívoco, calcular una medida de calidad para dicho conjunto de frecuencias generadas usando un método como se divulga en relación con el primer aspecto de la invención y controlar dicha pantalla para mostrar dicha medida de calidad calculada.

En algunas realizaciones, dicho dispositivo está configurado además para permitir que un usuario seleccione una separación de frecuencia mínima entre dos frecuencias cualquiera utilizadas para determinar una diferencia de fase, y en donde dicha unidad de procesamiento está configurada para generar un conjunto de frecuencias correspondiente a dicho número seleccionado de diferencias de fase, dicho alcance inequívoco y dicha separación de frecuencia mínima, calcular una medida de calidad para dicho conjunto de frecuencias generado usando un método como se divulga en relación con el primer aspecto de la invención, y controlar dicha pantalla para mostrar dicha medida de calidad calculada.

Según un cuarto aspecto, la invención se refiere a un dispositivo configurado para estimar el alcance a un objeto utilizando un método de determinación de distancia de frecuencias múltiples, en donde dicho dispositivo está configurado para usar un primer conjunto de frecuencias, comprendiendo dicho primer conjunto de frecuencias una frecuencia primaria (F0), una primera frecuencia (F1), una segunda frecuencia (F2), una tercera frecuencia (F3), una cuarta frecuencia (F4) y una quinta frecuencia (F5) en donde el alcance a un objeto se estima al

- determinar una primera diferencia de fase descriptiva de la diferencia de fase entre la frecuencia primaria (F0') y la primera frecuencia (F1') en una señal de eco recibida reflejada desde el objeto;
- determinar una segunda diferencia de fase descriptiva de la diferencia de fase entre la frecuencia primaria (F0') y la segunda frecuencia (F2') en la señal de eco recibida reflejada desde el objeto;
- determinar una tercera diferencia de fase descriptiva de la diferencia de fase entre la frecuencia primaria (F0') y la tercera frecuencia (F3') en la señal de eco recibida reflejada desde el objeto;
- determinar una cuarta diferencia de fase descriptiva de la diferencia de fase entre la frecuencia primaria (F0') y la cuarta frecuencia (F4') en la señal de eco recibida reflejada desde el objeto;
- determinar una quinta diferencia de fase descriptiva de la diferencia de fase entre la frecuencia primaria (F0') y la quinta frecuencia (F5') en la señal de eco recibida reflejada desde el objeto;
- determinar el alcance al objeto procesando dicha primera, segunda, tercera, cuarta y quinta diferencia de fase;

en donde la primera frecuencia (F1) es la frecuencia más cercana a la frecuencia primaria (F0), el alcance total inequívoco para el primer conjunto de frecuencias es D multiplicado por el alcance individual inequívoco para la primera diferencia de fase, y en donde la distancia mínima entre dos líneas de alcance cualquiera es

(a) por encima de 44 grados si D está entre 200 y 333; o

- (b) por encima de 40 grados si D está entre 333 y 666; o
- (c) por encima de 35 grados si D está entre 666 y 1333; o
- (d) por encima de 31 grados si D está entre 1333 y 2666; o
- (e) por encima de 26 grados si D está entre 2666 y 4666.

5 Por consiguiente, al utilizar una frecuencia de alta calidad, se reduce el riesgo de saltos de alcance. Al tener un método para evaluar con precisión la calidad de los conjuntos de frecuencias, se puede encontrar fácilmente un conjunto de frecuencias de alta calidad.

10 Como se mencionó, el alcance total inequívoco para el primer conjunto de frecuencias D se da en relación con el alcance inequívoco individual para la primera diferencia de fase. Por tanto, si el alcance individual inequívoco para la primera diferencia de fase es 150 m y D es 300, entonces el alcance total inequívoco para el primer conjunto de frecuencias es de 45 km.

15 Se puede generar un conjunto de frecuencias que cumpla los requisitos anteriores utilizando el método explicado en relación con la figura 5, y/o el segundo aspecto de la presente invención.

En algunas realizaciones, la distancia mínima entre dos líneas de alcance cualquiera es

- 20 (a) por encima de 67 grados si D está entre 200 y 333; o
- (b) por encima de 55 grados si D está entre 333 y 666; o
- (c) por encima de 47 grados si D está entre 666 y 1333; o
- (d) por encima de 40 grados si D está entre 1333 y 2666; o
- 25 (e) por encima de 35 grados si D está entre 2666 y 4666.

30 Aquí y en lo siguiente, el término "unidad de procesamiento" está destinado a comprender cualquier circuito y/o dispositivo adecuadamente adaptado para realizar las funciones descritas en este documento. En particular, el término anterior comprende microprocesadores programables de propósito general o propietarios, un procesador digital de señales (DSP), circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), Matrices lógicas programables (PLA), Matrices de puerta programables en campo (FPGA), circuitos electrónicos para fines especiales, etc., o una combinación de los mismos.

35 Los diferentes aspectos de la presente invención pueden implementarse de diferentes maneras, incluidos los métodos para generar una medida de calidad para un conjunto de frecuencias, métodos para seleccionar conjuntos de frecuencias y dispositivos configurados para estimar el alcance a un objeto utilizando un método de determinación de distancia de múltiples frecuencias, descrito anteriormente y a continuación, cada uno, uno o más de los beneficios y ventajas descritos en relación con al menos uno de los aspectos descritos anteriormente, y cada uno con una o más realizaciones preferidas correspondientes a las realizaciones preferidas descritas en relación con al menos uno de los aspectos descritos anteriormente y/o divulgados en las reivindicaciones dependientes.

40 Asimismo, se apreciará que las realizaciones descritas en relación con uno de los aspectos descritos en el presente documento pueden aplicarse igualmente a los otros aspectos.

Breve descripción de los dibujos

45 Los anteriores y/u otros objetos, características y ventajas adicionales de la presente invención, se aclararán adicionalmente mediante la siguiente descripción detallada ilustrativa y no limitativa de realizaciones de la presente invención, con referencia a los dibujos adjuntos, en donde:

50 las figuras 1a-b ilustran el principio de la estimación del alcance de múltiples frecuencias utilizando dos frecuencias. Las figuras 2a-c ilustran el principio de la estimación del alcance de múltiples frecuencias utilizando más de dos frecuencias.

La figura 3 muestra un espacio de fase tridimensional.

55 La figura 4 muestra un diagrama de flujo de un método para generar una medida de calidad para un conjunto de frecuencias de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 5 ilustra cómo se puede seleccionar un conjunto de frecuencias que tiene un alcance inequívoco R de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 6 muestra un diagrama de flujo de un método para generar vectores M de acuerdo con una realización de la presente invención.

60 La figura 7 muestra un diagrama de flujo de un método para determinar la distancia más pequeña entre cualquiera de dos líneas de alcance de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 8 muestra una tabla que comprende resultados intermedios.

La figura 9 muestra un dibujo esquemático de un dispositivo para estimar el alcance a un objeto de acuerdo con una realización de la presente invención.

65 Descripción detallada

En la siguiente descripción, se hace referencia a las figuras adjuntas, que muestran a modo de ilustración cómo se puede practicar la invención.

5 La figura 1a-b ilustra el principio utilizado en un sistema de determinación de distancia de frecuencias múltiples. La figura 1a muestra dos frecuencias 101 102 de una señal transmitida. El primer componente de frecuencia 101 tiene una frecuencia  $f_1$  y el segundo componente de frecuencia 102 tiene una frecuencia  $2*f_1$ . Las dos frecuencias 101 102 de la señal transmitida se han mostrado como dos señales separadas para hacer que el principio sea más comprensible. La figura 1b muestra la diferencia de fase en función de la distancia entre las frecuencias 101 102 de la señal. Cuando el alcance aumenta, la diferencia de fase entre la primera y la segunda frecuencia 101 102 aumenta linealmente el módulo de 360 grados, con una pendiente proporcional a la diferencia de frecuencia entre los dos componentes de frecuencia, es decir,  $f_1$ . Así, cuando la señal transmitida es reflejada por un objeto, la distancia a ese objeto se puede encontrar observando la diferencia de fase entre los dos componentes de frecuencia en la señal reflejada.

15 Tal y como se ha mencionado anteriormente, en el caso de una frecuencia secundaria única, el alcance inequívoco se limita a  $R = 0,5 c/(f_2 - f_1)$ , donde  $c$  es la velocidad de la señal transmitida en el medio en el que se propaga, por ejemplo, la velocidad de la luz para una señal de RF. Esto significa que los valores de alcance desplazados por un número entero de  $R$  producen exactamente la misma diferencia de fase.

20 En la figura 1a se muestra un primer objeto 110 posicionado con una distancia de  $R/4$ , un segundo objeto 111 posicionado con una distancia de  $3R/4$ , y un tercer objeto 112 posicionado con una distancia de  $3R/2$ . De la figura 1b se puede ver que una señal reflejada por el primer objeto 110 tiene una diferencia de fase entre la primera y la segunda frecuencia de 90 grados y una señal reflejada por el segundo objeto 111 tiene una diferencia de fase entre la primera y segunda frecuencias de 270 grados. Por lo tanto, al observar la diferencia de fase entre la primera y la segunda frecuencia 101 102 de la señal reflejada recibida, se puede estimar la distancia al primer y segundo objeto.

25 Sin embargo, una señal reflejada por el tercer objeto 112 tiene una diferencia de fase de 180 grados, aparentemente como si el tercer objeto 112 estuviera posicionado a una distancia de  $R/2$ . Por lo tanto, las estimaciones erróneas resultan si los objetos se colocan fuera del alcance inequívoco.

30 Para obtener un alcance alto e inequívoco,  $R$ , una buena separación entre la frecuencia primaria y secundaria y una estimación precisa del alcance, se pueden usar múltiples frecuencias. Esto se logra transmitiendo una señal que comprende al menos tres frecuencias, donde se seleccionan las frecuencias para que cada distancia dentro del alcance  $R$  tenga un punto único asociado en el espacio de fase.

35 Las figuras 2a-c muestran un ejemplo para un conjunto de frecuencias que comprende tres frecuencias de acuerdo con una realización de la presente invención. La figura 2a muestra una señal transmitida que comprende una frecuencia primaria 110, una primera frecuencia 111 y una segunda frecuencia 112. La frecuencia primaria 110 tiene una frecuencia  $f_1$ , la primera frecuencia 111 tiene una frecuencia  $2*f_1$ , y la tercera frecuencia tiene una frecuencia  $8/3*f_1$ . Los tres componentes de frecuencia 110 111 112 de la señal transmitida se han mostrado como tres señales separadas para hacer que el principio sea más comprensible.

40 La figura 2b muestra el espacio de fase resultante 100 cuando una primera coordenada de fase representa la (primera) diferencia de fase  $D_1$  entre la frecuencia primaria 110 y la primera frecuencia 111, y una segunda coordenada de fase representa la (segunda) diferencia de fase  $D_2$  entre la frecuencia primaria 110 y la segunda frecuencia 112 en una señal reflejada. En este ejemplo, las diferencias de frecuencia entre las dos frecuencias 110 111 utilizadas para determinar la coordenada de la primera fase es  $f_1$ , y la diferencia de frecuencia entre las dos frecuencias 110 112 utilizadas para determinar la coordenada de la segunda fase es  $5*f_1/3$ . Por lo tanto, la relación entre las dos diferencias de frecuencia es de 3 a 5 (3,5). Esto hace que el alcance inequívoco  $R = 3 * \lambda_1 = 5 * \lambda_2$ , donde  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$  es el alcance individual inequívoco para cada una de las coordenadas de fase.

45 Por lo tanto, una diferencia de primera fase particular puede corresponder a cualquiera de los tres alcances posibles dentro de tres celdas de alcance, y una diferencia de segunda fase particular puede corresponder a uno cualquiera de los 5 alcances posibles dentro de 5 celdas de alcance. Las celdas de alcance representan el alcance inequívoco para las diferencias de fase individuales.

50 Al elegir cuidadosamente la relación de diferencia de frecuencia entre diferentes diferencias de fase, el alcance inequívoco puede extenderse a cualquier distancia sin tener que transmitir y recibir frecuencias muy cercanas.

55 Este principio puede generalizarse a casos en los que se transmiten más frecuencias, por ejemplo, si se determinan las coordenadas de 3 fases y las diferencias de frecuencias tienen una relación de 3 a 4 a 5 (3, 4, 5), el alcance inequívoco se convierte en  $3 * \lambda_1 = 4 * \lambda_2 = 5 * \lambda_3$ .

60 El espacio de fase comprende siete líneas de alcance 101-107. Las siete líneas de alcance 101-107 representan todas las combinaciones posibles de diferencias de fase. Por tanto, cada punto en las líneas de alcance corresponde a un

alcanse específico dentro del alcance inequívoco. De la figura 2c se puede ver que la línea de alcance 103 comprende puntos asociados de alcances candidatos dentro del intervalo de  $[0; R/5]$ , la línea de alcance 106 comprende puntos asociados de alcances candidatos dentro del intervalo de  $[R/5; R/3]$ , la línea de alcance 101 comprende puntos asociados de alcances candidatos dentro del intervalo de  $[R/3; 2R/5]$ , la línea de alcance 104 comprende puntos asociados de alcances candidatos dentro del intervalo de  $[2R/5; 3R/5]$ , la línea de alcance 107 comprende puntos asociados de alcances candidatos dentro del intervalo de  $[3R/5; 2R/3]$ , la línea de alcance 102 comprende puntos asociados de alcances candidatos dentro del intervalo de  $[2R/3; 4R/5]$  y la línea de alcance 105 comprende puntos asociados de alcances candidatos dentro del intervalo de  $[4R/5; R]$ .

En este ejemplo, la distancia más pequeña entre dos líneas de alcance cualquiera es de 60 grados. Por lo tanto, 60 grados en sí mismo puede ser una medida de calidad para el conjunto de frecuencias. Como alternativa, se pueden usar 60 grados como entrada en un algoritmo. A continuación se proporciona un ejemplo de algoritmo:

$$Q = \frac{d}{2\sqrt{N}}$$

donde  $d$  es la distancia más pequeña calculada y  $N$  es el número de diferencias de fase utilizadas.

En la figura 2b se muestra un punto 195 en la línea de alcance 104 correspondiente a un alcance  $R/2$  a un objeto. Sin embargo, en una situación de medición real, como resultado del ruido de medición, la diferencia de primera fase determinada y la diferencia de segunda fase determinada darán como resultado que un punto medido tenga un desplazamiento con respecto al punto 'verdadero' 195. En la figura 2b se muestra un punto medido 196 que resulta de una configuración de medición que tiene una cantidad relativamente pequeña de ruido 197, y un punto medido 198 que resulta de una configuración de medición que tiene una cantidad relativamente grande de ruido 199. El punto medido 196 todavía está más cerca de la línea de alcance correcta 104, por lo que se estima que un alcance típicamente cae dentro del cuadro 193 mostrado en la figura 2c. El alcance estimado exacto depende del método específico de determinación de distancia de múltiples frecuencias utilizado, pero estará cerca del alcance verdadero  $R/2$ . Sin embargo, el punto medido 198 es el resultado del ruido de medición más cercano a la línea de alcance equivocado 105, por lo que se estima que un alcance típicamente cae dentro del cuadro 194 mostrado en la figura 2c. Por tanto, para el punto medido 198 se estima un alcance cercano a  $9/10 R$ . Esto se percibirá como un salto de alcance.

Está claro a partir de este ejemplo que un método de determinación de distancia de múltiples frecuencias que usa un conjunto de frecuencias que resulta en un espacio de fase donde la distancia entre las líneas de alcance es muy pequeña, experimentará saltos de alcance con mayor frecuencia que un método de determinación de distancia de múltiples frecuencias usando un conjunto de frecuencias que resulte en un espacio de fase donde la distancia entre las líneas de alcance sea mayor (suponiendo la misma cantidad de ruido de medición).

La figura 3 muestra un ejemplo de un espacio de fase tridimensional que comprende líneas de alcance paralelas. En este ejemplo 3 diferencias de fase  $D1$ ,  $D2$  y  $D3$  se utilizan y sus diferencias de frecuencia tienen una relación de (3, 4, 5).

Las líneas punteadas indican transiciones de un valor de fase de 1 a 0. Por ejemplo, se sigue el segmento de línea desde (0, 0, 0) hasta la parte superior del cubo, donde la línea punteada te lleva al fondo del cubo. Aquí comienza el segundo segmento de línea y así sucesivamente. El número de líneas de alcance es 10.

La figura 4 muestra un diagrama de flujo de un método para generar una medida de calidad para un conjunto de frecuencias según una realización de la presente invención. En la primera etapa 401, se determina la distancia más pequeña entre dos líneas de alcance cualquiera de un conjunto de líneas de alcance en un espacio de fase  $N$ -dimensional. A continuación, en la etapa 402, la distancia más pequeña determinada se usa para generar la medida de calidad.

La figura 5 ilustra cómo se puede seleccionar un conjunto de frecuencias que tiene un alcance inequívoco  $R$  de acuerdo con una realización de la presente invención. En la primera etapa 501 se hace una suposición de un buen conjunto de frecuencias. Típicamente, existe una restricción en la distancia mínima entre la frecuencia primaria ( $F0$ ) y la frecuencia secundaria más cercana ( $F1$ ). Por tanto, la primera frecuencia secundaria  $F1$  viene dada por esta restricción. La restricción da como resultado un alcance inequívoco  $\lambda1$  para la diferencia de fase entre  $F0$  y  $F1$  que es igual a  $\lambda1 = c/2 (F1 - F0)$ , donde  $c$  es la velocidad de la señal en el medio en el que se propaga, por ejemplo, la velocidad de la luz para una señal de RF. Por lo general, es aconsejable seleccionar el conjunto de frecuencias de manera que la primera diferencia de fase comprenda la menor cantidad de celdas de alcance posibles. El número mínimo de celdas de alcance para la primera diferencia de fase es  $R / \lambda1$  (si el número no es un entero, se debe redondear hacia arriba). A continuación, para determinar las otras frecuencias secundarias, simplemente se puede seleccionar una serie de celdas de alcance para cada una de las otras frecuencias secundarias (cada una es diferente y más alta que  $R / \lambda1$ ), y se calculan las frecuencias resultantes.



Como un ejemplo, si  $F_0 - F_1 = 1$  MHz, y la velocidad de la luz es  $3 \cdot 10^8$  m/s entonces  $\lambda_1 = 150$  m. Si se desea un alcance inequívoco de 1,5 km y se van a utilizar tres diferencias de fases, la primera diferencia de fase debe comprender 10 celdas de alcance. Entonces, para encontrar las otras frecuencias secundarias, se pueden seleccionar varias celdas de alcance para las otras diferencias de fase, por ejemplo, la segunda diferencia de fase puede comprender 11 celdas de alcance y la tercera diferencia de fase puede comprender 15 celdas de alcance. Esto hace la relación de diferencia de frecuencia entre las frecuencias secundarias (10, 11, 15). Por tanto, la segunda frecuencia secundaria se convierte en  $F_0 + (11/10) \cdot F_1$ , y la tercera frecuencia secundaria se convierte en  $F_0 + (15/10) \cdot F_1$ .

A continuación, en la etapa 502 basada en la suposición de un buen conjunto de frecuencias, se genera una pluralidad de conjuntos de frecuencias alternativas. Esto puede hacerse realizando mutaciones aleatorias o una búsqueda extensa dentro de un área delimitada. Luego, en la etapa 503 para cada uno de la pluralidad de conjuntos de frecuencias, se genera una medida de calidad como se explicó anteriormente. Finalmente, en la etapa 503 se selecciona el conjunto de frecuencias que tiene la mejor medida de calidad.

Específicamente, se puede generar una buena suposición de un buen conjunto de frecuencias que comprende cinco frecuencias seleccionando la relación de diferencia de frecuencia entre las frecuencias secundarias como  $(N, N+1, N + \sqrt[4]{N} + 1, N + \sqrt{N} + \sqrt[4]{N} + 1, N + \sqrt[4]{N^3} + \sqrt{N} + \sqrt[4]{N} + 1)$  es decir, si  $\lambda_1 = 150$  m y se necesita un alcance total inequívoco de 38 400 m, la relación de diferencia de frecuencia se convierte en (256, 257, 261, 277, 341).

Las figuras 6 y 7 muestran cómo se puede encontrar la distancia más pequeña entre dos líneas de alcance cualquiera de un conjunto de líneas de alcance en un espacio de fase N-dimensional para un conjunto de frecuencias dado.

Cada línea de alcance corresponde a una combinación única de celdas de alcance. Para determinar la distancia mínima entre dos líneas de alcance cualquiera, puede ser útil conocer la combinación única de celdas de alcance para cada línea de alcance. Esto se realiza en el método explicado en relación con la figura 6.

El método determina una pluralidad de vectores M, uno para cada línea de alcance, donde un vector M especifica la combinación de celdas de alcance únicas para la línea de alcance particular, así, el vector M (1, 3) para una línea de alcance particular especifica que la primera diferencia de fase está en la segunda celda de alcance y la segunda diferencia de fase está en la cuarta celda de alcance. Por lo tanto, el vector M para la primera línea de alcance solo comprenderá ceros, ya que la primera línea de alcance definición pr. tendrá todas las diferencias de fase en la primera celda de alcance.

El método comienza con la configuración del contador n a 1. A continuación, en la etapa 602, el vector M para la primera línea de alcance,  $M_0$ , se inicia. Tal como se ha explicado anteriormente, el primer vector M es siempre un vector cero. El tamaño de los vectores M corresponde al número de diferencias de fase, es decir, la dimensión del espacio de fase. Luego se inicia un vector A. A se inicia para:

$$A = (1/v_1, 1/v_2, \dots, 1/v_N)$$

donde  $v_N$  especifica el número de celdas de alcance para la  $n^{\text{ésima}}$  diferencia de fase en la configuración de medición elegida, dada por las relaciones de diferencia de frecuencia. En el ejemplo mostrado en la figura 2a-c, la relación de diferencia de frecuencia entre la primera diferencia de fase y la segunda diferencia de fase es de 3 a 5, entonces  $v_1 = 3$ ,  $v_2 = 5$  y  $N = 2$ , haciendo  $A = (1/3, 1/5)$ .

A continuación, una copia de la versión original del vector A se almacena en el vector  $A_{\text{org}}$ , en la etapa 604. Entonces, en la etapa 606, el contador k se establece en cero y la variable min se establece en infinito. Luego, en la etapa 607, se examina si el valor  $k^{\text{ésimo}}$  del vector A es menor que el valor min. Si el valor  $k^{\text{ésimo}}$  del vector A es menor que el valor min, el método continúa en la etapa 608 y establece que min sea igual al valor  $k^{\text{ésimo}}$  del vector A, guarda el valor de k como la variable b y continúa a la etapa 609. Si el valor  $k^{\text{ésimo}}$  del vector A no es menor que el valor min, el método omite la etapa 608 y va directamente a la etapa 609. En la etapa 609, el método determina si k es igual a N-1, donde N es el número de coordenadas de fase utilizadas, por ejemplo, el método verifica si se han examinado todos los valores del vector A. Si k no es igual a N-1, el método vuelve a la etapa 607 e incrementa el contador k en uno. Si k es igual a N-1, el método continúa en la etapa 610, donde determina si min es igual a 1. Si min es igual a 1, significa que se ha creado un vector M para todas las líneas de alcance, y el método termina en 614. Si min no es igual a 1, significa que no se han creado todos los vectores M y el método continúa en la etapa 611, donde el vector M para las líneas de alcance  $n^{\text{ésimas}}$  se inicia al configurarlo para que sea igual al vector M para la línea de alcance  $(n-1)^{\text{ésima}}$ . A continuación, en la etapa 612, el valor  $b^{\text{ésimo}}$  del vector M para las  $n^{\text{ésimas}}$  líneas de alcance se incrementa en uno, y el valor  $b^{\text{ésimo}}$  del vector A se incrementa por el valor  $b^{\text{ésimo}}$  del vector  $A_{\text{org}}$ . Finalmente, el método vuelve a la etapa 606 y aumenta n en uno, para crear el vector M para la siguiente línea de alcance.

El método solo necesita conocer el número de diferencias de fase utilizadas y la relación de diferencia de frecuencia entre las diferencias de fase (para generar el vector A), esta información se puede derivar directamente de la

configuración de medición elegida. El método no necesita saber el número de líneas de alcance antes de comenzar.

La tabla en la figura 8 muestra, en la primera columna 530, los vectores  $m$  para las siete líneas de alcance que se muestran en la figura 2b. La primera línea de alcance 103 tiene el vector  $M(0,0)$ , la segunda línea de alcance 106 tiene el vector  $M(0,1)$ , la tercera línea de alcance 101 tiene el vector  $M(1,1)$ , la cuarta línea de alcance 104 tiene el vector  $M(1,2)$ , la quinta línea de alcance 107 tiene el vector  $M(1,3)$ , la sexta línea de alcance 102 tiene el vector  $M(2,3)$ , y la séptima línea de alcance 105 tiene el vector  $M(2,4)$ . La figura 2c muestra las celdas de alcance de las diferentes diferencias de fase y las líneas de alcance 101-107.

La figura 7 muestra un diagrama de flujo de un método para determinar la distancia más pequeña entre cualquiera de dos líneas de alcance de acuerdo con una realización de la presente invención. El método selecciona el punto en el primer punto de la línea de alcance correspondiente al alcance cero y determina la distancia más pequeña desde ese punto a todas las líneas de alcance. Como todas las líneas de alcance son paralelas, la distancia más pequeña se puede encontrar al encontrar las intersecciones entre las líneas de alcance y un hiperplano dimensional N-1, en donde el hiperplano dimensional N-1 se coloca de modo que los puntos en la primera línea de alcance correspondiente al alcance cero se colocan en este, y se dispone de manera que sea perpendicular a todas las líneas de alcance. La distancia desde el punto seleccionado a las intersecciones corresponde a la distancia más pequeña. El método comienza en la etapa 701, estableciendo el contador  $n$  en uno y la variable  $min$  en infinito. Después, en la etapa 702, para la  $n$ ésima línea de alcance se encuentra el alcance  $r_n$  en la  $n$ ésima línea de alcance que tiene el punto asociado posicionado en el primer hiperplano dimensional N-1, teniendo en cuenta que se omite la primera línea de alcance ya que es la línea de alcance en la que se posiciona el punto seleccionado.

Este alcance candidato se puede encontrar usando la ecuación (1)

$$r_n/R = \frac{\sum_{i=1}^N (M_n(i)) \cdot v_i}{\sum_{i=1}^N v_i^2} \quad (1)$$

donde,  $R$  es un alcance inequívoco para la configuración de medición elegida,  $N$  es el número de diferencias de fase utilizadas,  $M_n$  es el vector  $M$  para la  $n$ ésima línea de alcance y  $v_i$  especifica el número de celdas de alcance para la  $i$ -ésima diferencia de fase en la configuración de medición elegida, dado por la relación de diferencia de frecuencia entre las diferencias de fase utilizadas. Luego, en la etapa 704, el punto asociado en el espacio de fase para  $r_n/R$  está determinado. Este punto puede determinarse usando la ecuación (2)

$$\varphi a_{i,n} = v_i \cdot (r_n / R) - M_n(i) \quad (2)$$

dónde  $\varphi a_{i,n}$  es la coordenada de la  $i$ -ésima fase del punto. Entonces, en la etapa 704, se determina la distancia en grados entre el punto seleccionado y el punto en la  $n$ ésima línea de alcance más cercano al punto de medición del punto seleccionado. Esta distancia puede determinarse usando la ecuación (3).

$$d(r) = 360 * \text{sqrt}(\sum_{i=1}^N (\varphi a_{i,n})^2) \quad (3)$$

A continuación, en la etapa 705, el método examina si la distancia determinada es menor que la variable  $min$ . Si la distancia determinada es menor que la variable  $min$ , el método pasa a la etapa 706, donde establece que  $min$  es igual a la distancia determinada para la  $n$ ésima línea de alcance y continúa a la etapa 707. Si la distancia determinada no es menor que la variable  $min$ , el método omite la etapa 706 y va directamente a la etapa 707. En la etapa 707, el método determina si se han examinado todas las líneas de alcance. Esto puede hacerse determinando si  $n + 1$  es igual al número de vectores  $M$ . Si el método determina que no todas las líneas de alcance han sido examinadas, el método vuelve a la etapa 702 e incrementa  $n$  en 1. Si se han examinado todas las líneas de alcance, el método termina en la etapa 708, y el valor de  $min$  se devuelve como la distancia más pequeña determinada entre dos líneas de alcance cualquiera.

La figura 9 muestra un dibujo esquemático de un dispositivo 900 configurado para estimar el alcance de un objeto utilizando un método de determinación de distancia de frecuencias múltiples utilizando un primer conjunto de frecuencias, según una realización de la presente invención. El dispositivo comprende una unidad de procesamiento 901, una pantalla 902, un medio de entrada 903, un transmisor 904 y un receptor 905. La unidad de procesamiento 902 está configurada para obtener una medida de calidad para dicho primer conjunto de frecuencias generado usando un método de acuerdo con la reivindicación 1. La pantalla 902 está conectada operativamente a dicha unidad de procesamiento, y la unidad de procesamiento 901 está configurada además para controlar la pantalla 902 para mostrar la medida de calidad para el primer conjunto de frecuencias.

En reivindicaciones del dispositivo que enumeran varios medios, varios de estos medios pueden estar realizados en un único y mismo equipo. El mero hecho de que se enumeren ciertas medidas en diferentes reivindicaciones

mutuamente dependientes o descritas en diferentes realizaciones no indica que no pueda utilizarse ventajosamente una combinación de tales medidas.

- 5 Se debe enfatizar que el término "comprende/que comprende" cuando se usa en esta memoria descriptiva se toma para especificar la presencia de características establecidas, números enteros, etapas o componentes, pero no excluye la presencia o la adición de una o más de otras características, números enteros, etapas, componentes o grupos de los mismos.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para generar una medida de calidad para un conjunto de frecuencias para indicar la calidad de dicho conjunto de frecuencias para su uso en un método de determinación de distancia de múltiples frecuencias, comprendiendo dicho conjunto de frecuencias al menos una frecuencia primaria (F0), una primera frecuencia (F1) y una segunda frecuencia (F2), dicho método de determinación de distancia de múltiples frecuencias es un método para estimar el alcance a un objeto determinando al menos una primera diferencia de fase y una segunda diferencia de fase en una señal de eco reflejada recibida y procesar dicha primera diferencia de fase y dicha segunda diferencia de fase, siendo dicha primera diferencia de fase la diferencia de fase entre la frecuencia primaria (FO') y la primera frecuencia (F1') en la señal de eco reflejada recibida y siendo dicha segunda diferencia de fase la diferencia de fase entre la frecuencia primaria (FO') y la segunda frecuencia (F2') en la señal de eco reflejada recibida, en donde dicho método para generar una medida de calidad comprende las etapas de:
- determinar la distancia más pequeña entre dos líneas de alcance cualquiera de un conjunto de líneas de alcance en un espacio de fase N-dimensional, en donde el espacio de fase N-dimensional comprende al menos una primera dimensión que representa la primera diferencia de fase, y una segunda dimensión que representa la segunda diferencia de fase, dicho espacio de fase N-dimensional con una dimensión igual al número de diferencias de fase utilizadas por el método de determinación de distancia de múltiples frecuencias, representando dichas líneas de alcance todas las combinaciones teóricas posibles de la primera diferencia de fase, la segunda diferencia de fase, y las posibles diferencias de fase adicionales, utilizadas por dicho método de múltiples frecuencias, cada punto en una línea de alcance correspondiente a un alcance específico a un objeto dentro del alcance inequívoco del método de determinación de distancia de múltiples frecuencias;
  - determinar una medida de calidad para dicho conjunto de frecuencias específico basado en la distancia más pequeña determinada.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la etapa de determinar la distancia más pequeña entre dos líneas de alcance cualquiera comprende las etapas de
- seleccionar un punto en una línea de alcance; y
  - determinar la distancia desde dicho punto seleccionado a la línea de alcance más cercana.
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en donde el punto seleccionado es el punto correspondiente al alcance cero.
4. Un método de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, en donde la distancia desde dicho punto seleccionado a la línea de alcance más cercana se determina determinando la distancia desde el punto seleccionado a una pluralidad de líneas de alcance y seleccionando la distancia más pequeña.
5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, en donde se determinan las distancias desde el punto seleccionado a todas las líneas de alcance.
6. Un método para seleccionar un conjunto de frecuencias para su uso en un método de determinación de distancia de múltiples frecuencias, que comprende las etapas de:
- generar una pluralidad de conjuntos de frecuencias candidatas;
  - determinar una medida de calidad usando un método de acuerdo con la reivindicación 1 para cada uno de la pluralidad de conjuntos de frecuencias candidatas;
  - seleccionar el conjunto de frecuencias de dicha pluralidad de conjuntos de frecuencias que tienen la medida de calidad más alta.
7. Un dispositivo (900) configurado para estimar el alcance a un objeto usando un método de determinación de distancia de múltiples frecuencias usando un primer conjunto de frecuencias, comprendiendo dicho primer conjunto de frecuencias al menos una frecuencia primaria (F0), una primera frecuencia (F1) y una segunda frecuencia (F2), en donde dicho dispositivo (900) comprende:
- una unidad de procesamiento (901) configurada para obtener una medida de calidad para dicho primer conjunto de frecuencias generado usando un método de acuerdo con la reivindicación 1; y
  - una pantalla (902) conectada operativamente a dicha unidad de procesamiento (901),
- en donde dicha unidad de procesamiento (901) está configurada además para controlar dicha pantalla (902) para mostrar dicha medida de calidad para dicho primer conjunto de frecuencias.
8. Un dispositivo (900) de acuerdo con la reivindicación 7, en donde el dispositivo (900) está configurado para usar dicho primer conjunto de frecuencias (F1) o un segundo conjunto de frecuencias (F2) para determinar el alcance al objeto, en donde dicho segundo conjunto de frecuencias comprende más frecuencias que dicho primer conjunto de frecuencias, dicho dispositivo (900) comprende además medios de entrada configurados para permitir a un usuario

seleccionar dicho primer conjunto de frecuencias o dicho segundo conjunto de frecuencias para su uso para la determinación de distancia de múltiples frecuencias, en donde dicha unidad de procesamiento (901) está configurada además para obtener una medida de calidad para dicho segundo conjunto de frecuencias generado usando un método como se divulga en relación con el primer aspecto de la invención y controlar dicha pantalla (902) para mostrar ambas medidas de calidad para dicho primer conjunto de frecuencias y dicho segundo conjunto de frecuencias, por lo que el usuario puede usar los factores de calidad para determinar qué frecuencia se debe usar.

9. Un dispositivo (900) de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en donde dicho dispositivo (900) está configurado para permitir que un usuario seleccione un alcance inequívoco, y dicha unidad de procesamiento (901) está configurada para generar un conjunto de frecuencias correspondiente a dicho alcance inequívoco seleccionado, calcular una medida de calidad para dicho conjunto de frecuencias generado utilizando un método como se divulga en relación con el primer aspecto de la invención, y controlar dicha pantalla (902) para mostrar dicha medida de calidad calculada.

10. Un dispositivo (900) de acuerdo con la reivindicación 9, en donde dicho dispositivo (900) está configurado además para permitir que un usuario seleccione una serie de diferencias de fase para ser utilizadas por el método de múltiples frecuencias, en donde dicha unidad de procesamiento (901) está configurada para generar un conjunto de frecuencias correspondiente a dicho número seleccionado de diferencias de fase y dicho alcance inequívoco, calcular una medida de calidad para dicho conjunto de frecuencias generadas usando un método como se divulga en relación con el primer aspecto de la invención y controlar dicha pantalla (902) para mostrar dicha medida de calidad calculada.

11. Un dispositivo (900) de acuerdo con la reivindicación 10, en donde dicho dispositivo (900) está configurado además para permitir que un usuario seleccione una separación de frecuencia mínima entre cualesquiera dos frecuencias utilizadas para determinar una diferencia de fase, y en donde dicha unidad de procesamiento (901) está configurada para generar un conjunto de frecuencias correspondiente a dicho número seleccionado de diferencias de fase, dicho alcance inequívoco y dicha separación de frecuencia mínima, calcular una medida de calidad para dicho conjunto de frecuencias generado utilizando un método como se divulga en relación con el primer aspecto de la invención, y controlar dicha pantalla (902) para mostrar dicha medida de calidad calculada.

12. Un dispositivo (900) configurado para estimar el alcance a un objeto usando un método de determinación de distancia de múltiples frecuencias, en donde dicho dispositivo (900) está configurado para usar un primer conjunto de frecuencias seleccionado usando un método de acuerdo con la reivindicación 6, comprendiendo dicho primer conjunto de frecuencias una frecuencia primaria (F0), una primera frecuencia (F1), una segunda frecuencia (F2), una tercera frecuencia (F3), una cuarta frecuencia (F4) y una quinta frecuencia (F5) en donde el alcance a un objeto se estima al

- determinar una primera diferencia de fase descriptiva de la diferencia de fase entre la frecuencia primaria (F0) y la primera frecuencia (F1) en una señal de eco recibida reflejada desde el objeto;
- determinar una segunda diferencia de fase descriptiva de la diferencia de fase entre la frecuencia primaria (F0) y la segunda frecuencia (F2) en la señal de eco recibida reflejada desde el objeto;
- determinar una tercera diferencia de fase descriptiva de la diferencia de fase entre la frecuencia primaria (F0) y la tercera frecuencia (F3) en la señal de eco recibida reflejada desde el objeto;
- determinar una cuarta diferencia de fase descriptiva de la diferencia de fase entre la frecuencia primaria (F0) y la cuarta frecuencia (F4) en la señal de eco recibida reflejada desde el objeto;
- determinar una quinta diferencia de fase descriptiva de la diferencia de fase entre la frecuencia primaria (F0) y la quinta frecuencia (F5) en la señal de eco recibida reflejada desde el objeto;
- determinar el alcance al objeto procesando dicha primera, segunda, tercera, cuarta y quinta diferencia de fase;

en donde la primera frecuencia (F1) es la frecuencia más cercana a la frecuencia primaria (F0), el alcance total inequívoco para el primer conjunto de frecuencias es D multiplicado por el alcance individual inequívoco para la primera diferencia de fase, y en donde la distancia mínima entre dos líneas de alcance cualquiera es:

- (a) por encima de 44 grados si D está entre 200 y 333; o
- (b) por encima de 40 grados si D está entre 333 y 666; o
- (c) por encima de 35 grados si D está entre 666 y 1333; o
- (d) por encima de 31 grados si D está entre 1333 y 2666; o
- (e) por encima de 26 grados si D está entre 2666 y 4666.

13. Un dispositivo (900) de acuerdo con la reivindicación 12, en donde la distancia mínima entre dos líneas de alcance cualquiera es:

- (a) por encima de 67 grados si D está entre 200 y 333; o
- (b) por encima de 55 grados si D está entre 333 y 666; o
- (c) por encima de 47 grados si D está entre 666 y 1333; o
- (d) por encima de 40 grados si D está entre 1333 y 2666; o
- (e) por encima de 35 grados si D está entre 2666 y 4666.

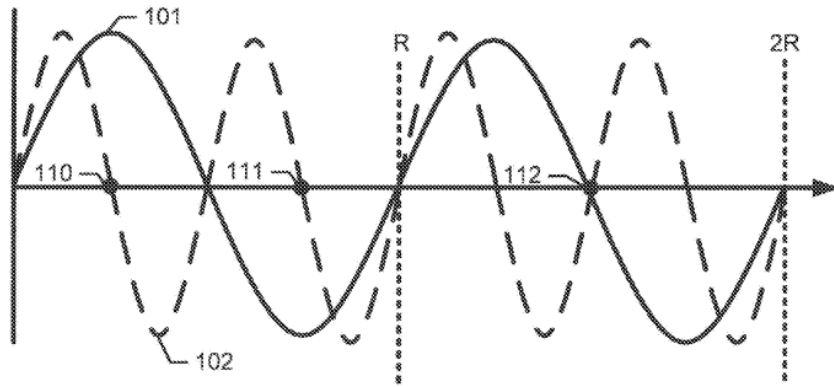


Fig. 1a

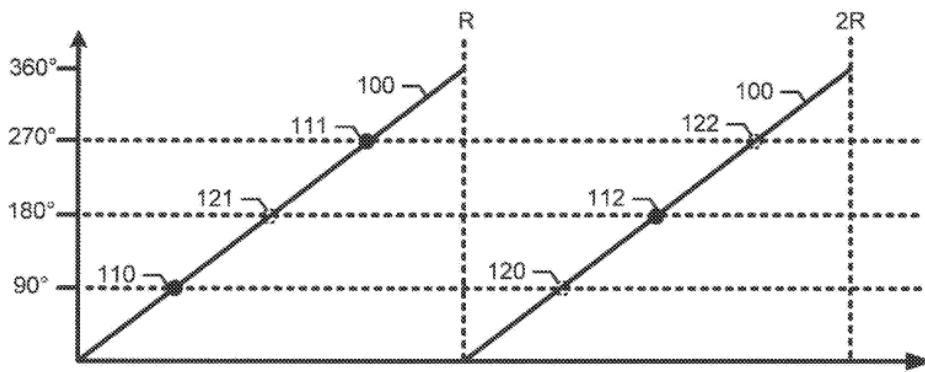


Fig. 1b

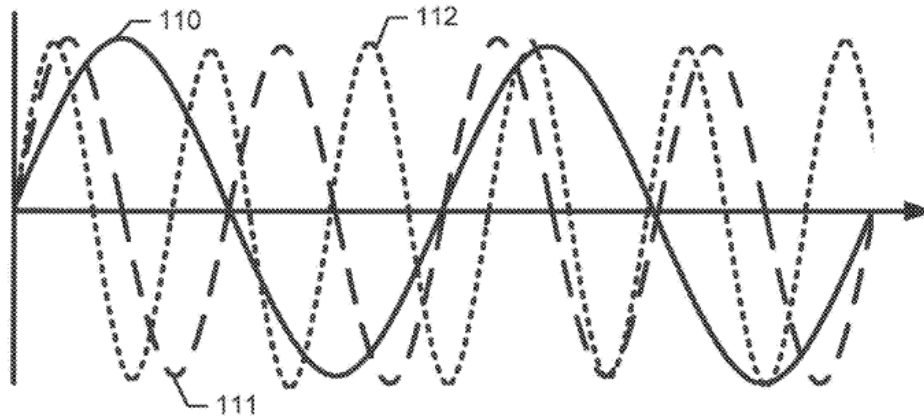


Fig. 2a

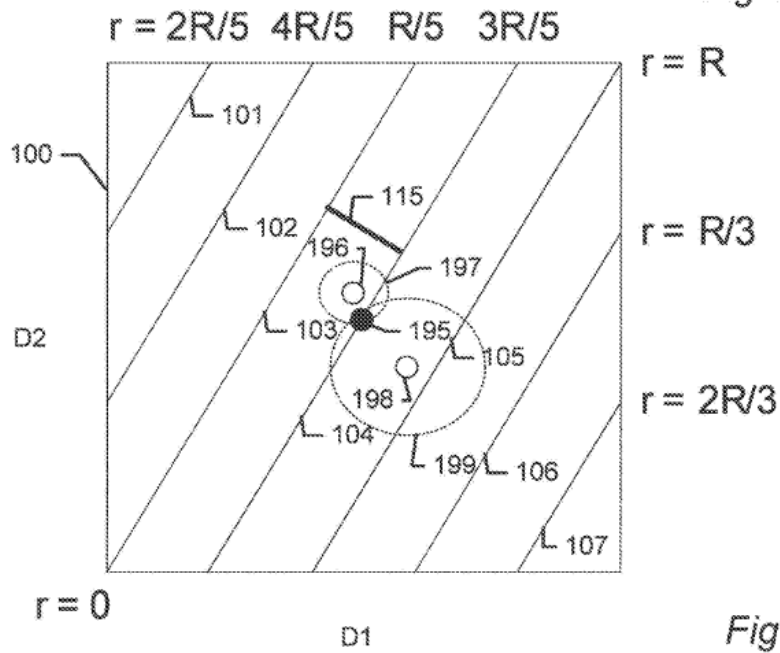


Fig. 2b

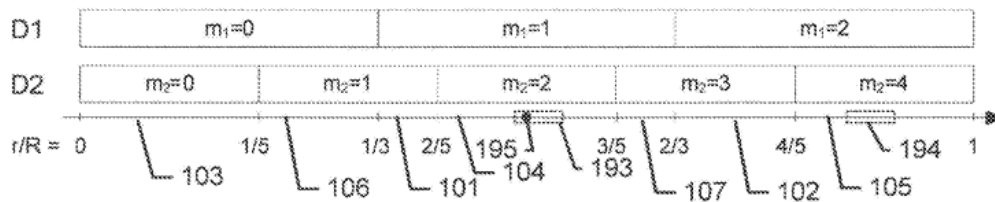


Fig. 2c

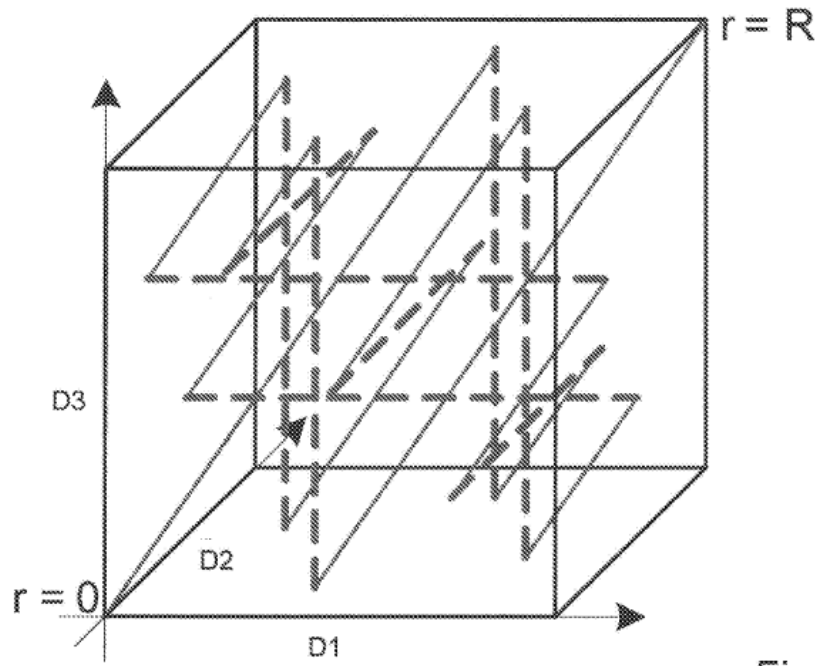


Fig. 3

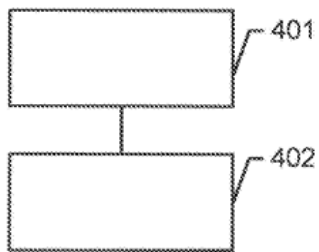


Fig. 4

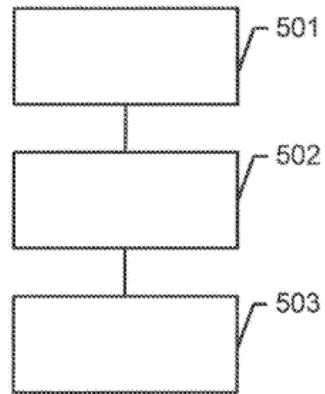


Fig. 5



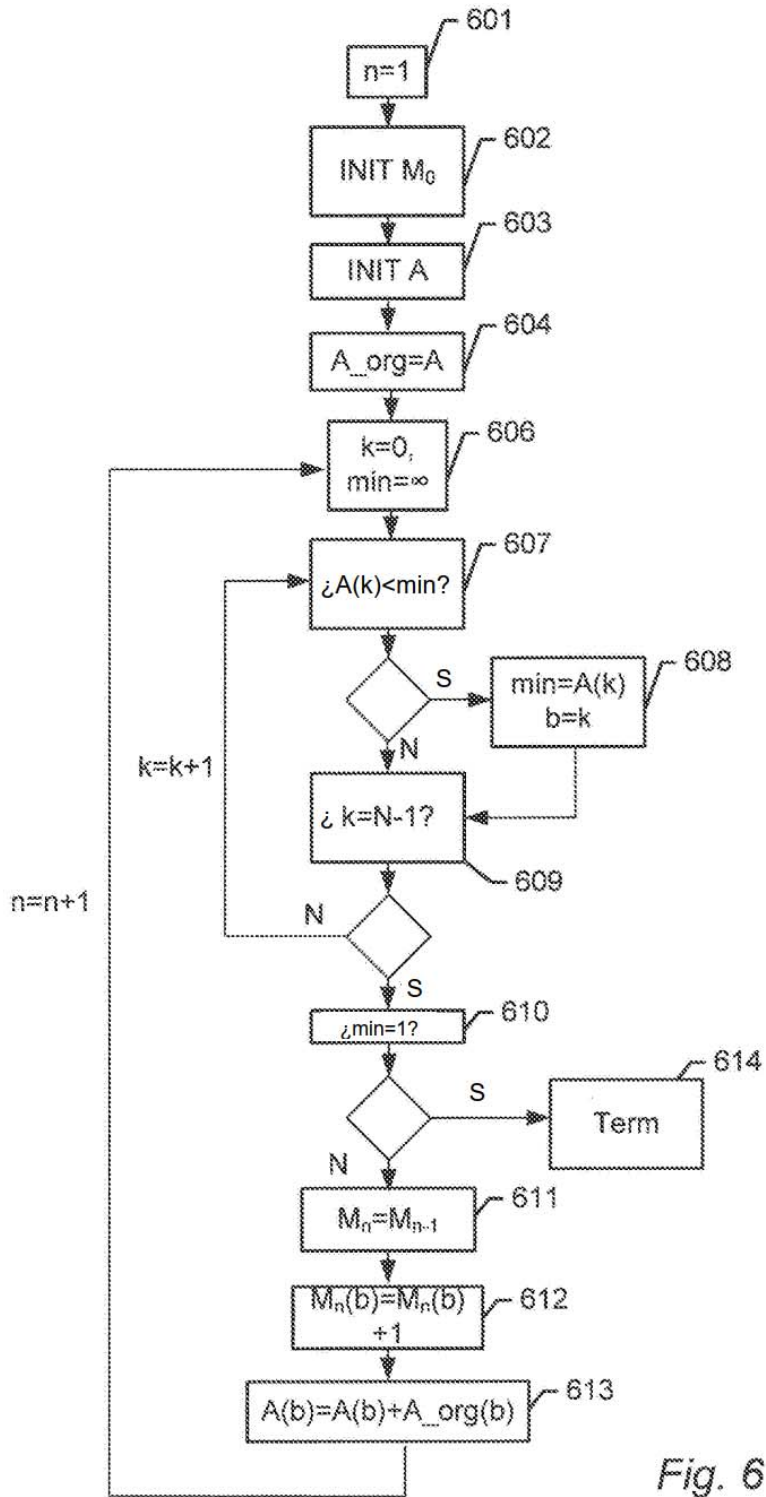


Fig. 6

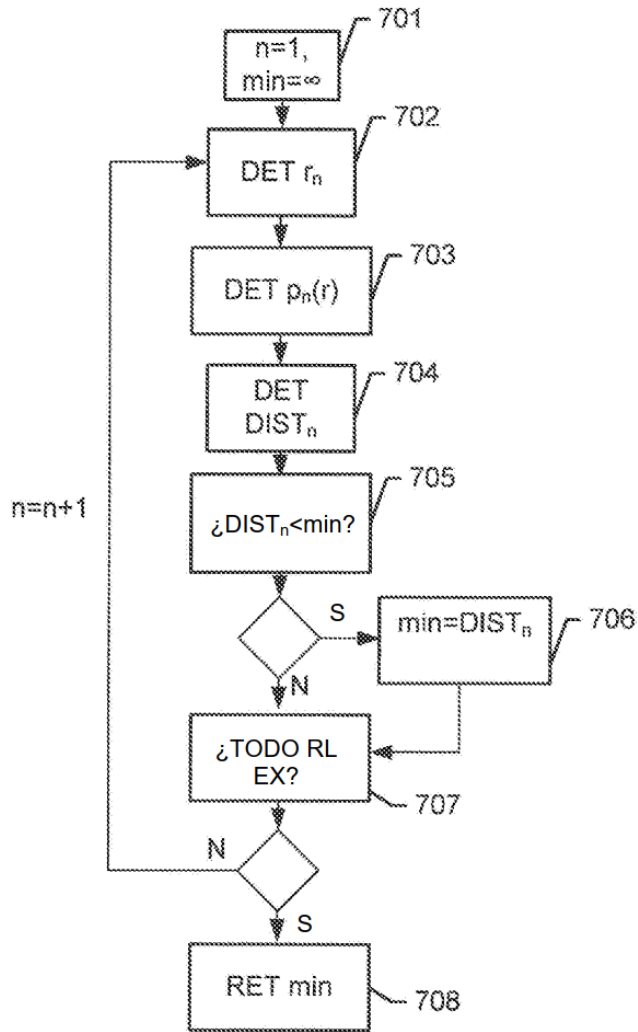
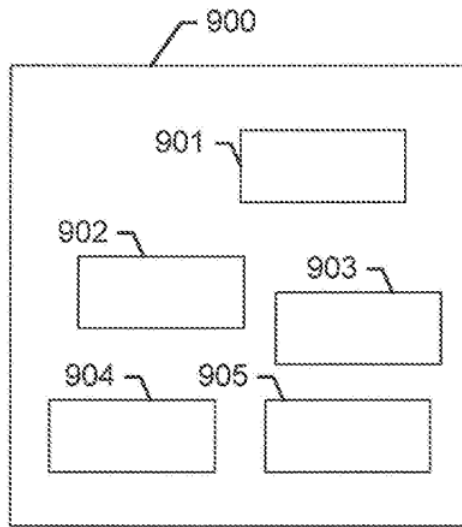


Fig. 7

		530	531
	Línea de alcance	$M_n = (m_x, m_y)$	d
103	0	$M_0 = (0, 0)$	////
106	1	$M_1 = (0, 1)$	180
101	2	$M_2 = (1, 1)$	120
104	3	$M_3 = (1, 2)$	<b>60</b>
107	4	$M_4 = (1, 3)$	240
102	5	$M_5 = (2, 3)$	60
105	6	$M_6 = (2, 4)$	120

Fig. 8



*Fig. 9*