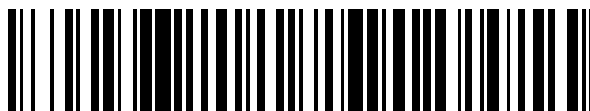


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 832 051**

51 Int. Cl.:

**G01S 17/36** (2006.01)

**G01S 13/38** (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/DK2015/050045**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.09.2015 WO15131906**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.03.2015 E 15710710 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.08.2020 EP 3114502**

54 Título: **Estimación de rango multifrecuencia**

30 Prioridad:

**06.03.2014 DK 201470108**

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

**09.06.2021**

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 2 832 051 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

Estimación de rango multifrecuencia

5 **Campo**

La presente invención se refiere a procedimientos y dispositivos para estimar el rango a un objeto. Más específicamente, la invención se refiere a procedimientos y dispositivos para estimar el rango a un objeto utilizando la transmisión multifrecuencia de energía tal como energía electromagnética o energía acústica.

10

**Antecedentes**

La estimación de rango se utiliza para una gran cantidad de aplicaciones tales como aplicaciones aeroespaciales, de defensa, forenses y automotrices. El rango puede estimarse utilizando la estimación del tiempo de tránsito de una señal transmitida, la comparación de frecuencia entre una señal de frecuencia modulada transmitida y el eco recibido, y el rango multifrecuencia.

15

El rango multifrecuencia tiene la ventaja de que el rango a un objeto puede determinarse con alta precisión sin la necesidad de un complicado equipo de cronometraje de alta precisión necesario para los procedimientos de tiempo de tránsito.

20

Un sistema de rango multifrecuencia transmite una señal que comprende una frecuencia primaria y una frecuencia secundaria. La señal golpea un objeto y el receptor del sistema capta 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 de forma continua. A medida que aumenta el rango la diferencia de fase aumenta el módulo linealmente 360 grados, con una pendiente proporcional a la diferencia de frecuencia entre la frecuencia primaria y la frecuencia secundaria. Esta relación entre el rango del objeto y la diferencia de fase entre dos señales reflejadas es la base de la técnica del rango multifrecuencia.

25

En el caso de una sola frecuencia secundaria el rango inequívoco se limita a  $\lambda_1 = c/(f_1 - f_0)$ , 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, la velocidad de la luz para una señal de RF. Esto significa que la compensación de los valores de rango por un número entero de  $\lambda_1$  producen exactamente la misma diferencia de fase.

30

El documento DE102013207652 divulga un procedimiento que implica la determinación de desplazamientos 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 en base a los desplazamientos de fase determinados. Se asocia un valor de probabilidad con los valores de distancia, y se determina una distancia de objeto de los valores de distancia, donde la distancia comprende los valores de probabilidad más altos de acuerdo con un número fijo de ciclos de medición de distancia. Se realizan los ciclos de medición de distancia.

35

40

El documento WO2004053521 divulga un aparato de detección de rango que comprende un transmisor adaptado para transmitir una señal de microondas y un receptor adaptado para recibir una señal de eco reflejada desde un objetivo que corresponde a una parte de la señal transmitida; un medio generador de señal adaptado para generar una señal de activación que se aplica al transmisor para producir la señal transmitida, el generador de señal produce una señal de activación la cual incluye una primera trama de señal que comprende al menos dos frecuencias y una segunda trama de señal que comprende al menos dos frecuencias, la segunda trama de señal difiere de la primera, y un procesador adaptado para procesar la señal de eco junto con la señal transmitida para determinar la distancia al objetivo que produjo la señal de eco.

45

50

Pueden proporcionarse medios de comparación que se adaptan para comparar la distancia determinada de un par de muestras de frecuencia de transmisión/eco dentro de la primera trama con la distancia determinada de muestras tomadas para el par de frecuencias correspondientes dentro de la segunda trama transmitida. En el caso de que esta comparación indique que existe una diferencia entre la distancia determinada desde la primera trama y para la segunda trama para al menos uno de los pares el procesador puede producir una salida que indique que la distancia del objetivo al aparato es tan grande que la señal de eco recibida dentro de una trama corresponde de hecho a una señal enviada desde una trama anterior.

55

Sin embargo, el aparato se limita a detectar objetos dentro del rango inequívoco más bajo de las dos tramas.

60

La ambigüedad es inversamente proporcional a la diferencia de frecuencia, por lo que al disminuir la distancia entre  $f_1$  y  $f_0$  puede aumentarse el rango inequívoco. Sin embargo, los sistemas de detección de rango generalmente dependen de filtros que protegen a cada receptor de saturarse por portadoras adyacentes. Generalmente para los radares, no es factible que  $f_0$  y  $f_1$  estén más cerca de los 800 kHz aproximadamente. Incluso si se solucionó el problema del filtrado, una pequeña diferencia de frecuencia produce una medición de rango muy ruidosa. Además,

65

la diferencia entre las frecuencias debe ser lo suficientemente grande como para tener en cuenta un desplazamiento de frecuencia Doppler desconocido.

5 El documento US20100103020 divulga un procedimiento para detectar un objetivo en movimiento dentro de una región protegida predefinida con un detector de movimiento de 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, pueden transmitirse tres o más señales de frecuencia de microondas a diferentes frecuencias.

10 En particular, la etapa de determinar los ángulos de fase de los componentes de la señal de frecuencia intermedia muestreada comprende determinar una primera, segunda y tercera fase de los componentes de la señal de frecuencia intermedia muestreada; 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, de la diferencia de fase, una medición de distancia objetivo correspondiente comprende: para cada una de las diferencias de fase primera y segunda, determinar dos mediciones de distancia correspondientes, en las que una medición de distancia es una medición de distancia real 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 real común de cada diferencia de fase.

20 En consecuencia, puede aumentarse el rango inequívoco.

Sin embargo, en la presencia de ruido existe el riesgo de que se seleccione un rango ambiguo como rango real. Incluso si el procedimiento filtra con éxito las distancias ambiguas, la relación señal a ruido para la medición de la distancia puede ser mala. Esto es especialmente problemático si las mediciones se realizan sobre grandes distancias de hasta varios kilómetros.

25 Por lo tanto, sigue siendo un problema proporcionar un procedimiento de estimación de rango preciso y/o un dispositivo que tenga un rango alto inequívoco.

### 30 Sumario

De acuerdo con un primer aspecto, la invención se refiere a un procedimiento para estimar el alcance a un objeto utilizando la transmisión de una señal multifrecuencia que comprende las etapas de:

- 35 • transmitir una primera señal hacia el objeto, en la que la primera señal comprende al menos una frecuencia primaria (F0), una primera frecuencia (F1), y una segunda frecuencia (F2);
- recibir una señal de eco reflejada que se refleja desde el objeto que comprende al menos la frecuencia primaria (F0'), la primera frecuencia (F1'), y la segunda frecuencia (F2');
- 40 • determinar un punto medido (MP) en un espacio de fase N-dimensional que comprende al menos una primera coordenada de fase que representa la diferencia de fase entre la fase de la primera frecuencia (F1') y la fase de la frecuencia primaria (F0') en la señal de eco reflejada recibida, y una segunda coordenada de fase que representa la diferencia de fase entre la fase de la segunda frecuencia (F2') en la señal de eco reflejada recibida y la fase de una primera frecuencia de referencia en una primera señal de referencia en la que la primera señal de referencia es una señal de eco reflejada que se refleja desde el objeto;

45 en las que el rango al objeto se estima seleccionando una estimación de rango candidato de una pluralidad de estimaciones de rango candidato, teniendo cada estimación de rango candidato en el rango inequívoco R un punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional posicionado en las líneas de rango, y en las que se selecciona una estimación de rango candidato en función de la distancia desde su punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional hasta el punto medido (MP), de manera que se genera una estimación de rango única utilizando información de al menos dos diferencias de fase medidas sin promediar directamente las estimaciones de rango ambiguas.

50 En consecuencia, el riesgo de seleccionar un rango ambiguo se reduce ya que toda la información disponible en las al menos dos diferencias de fase medidas se utiliza para filtrar las estimaciones de rango ambiguo.

55 Además, la relación señal a ruido de la estimación se mejora como una estimación que se genera utilizando información de al menos dos diferencias de fase medidas sin generar primero una estimación de rango intermedio.

60 La primera señal puede ser una señal electromagnética que comprende frecuencias en uno o más de los siguientes rangos: el rango de rayos X, el rango ultravioleta, el rango visible, el rango infrarrojo, el rango de microondas o el rango de radio. Alternativamente, la primera señal puede ser una señal acústica y puede comprender frecuencias en el rango de ultrasonido (> 20 KHz) y por debajo.

65 En algunas realizaciones, la primera señal es una señal electromagnética que comprende frecuencias dentro del rango de microondas y/o el rango de radio.

En algunas realizaciones, la primera señal es una señal de onda continua.

La primera señal puede tener una duración de al menos 50, 100, 500 o 1.000 microsegundos.

5 Si el objeto se mueve en relación con el transmisor / receptor, las frecuencias en la señal recibida se desplazarán por efecto Doppler. Por lo tanto, la frecuencia primaria (F0'), la primera frecuencia (F1') y la segunda frecuencia (F2') en la señal de eco reflejada recibida pueden desplazarse por el efecto Doppler relativo a la frecuencia primaria (F0), la primera frecuencia (F1) y la segunda frecuencia (F2) en la primera señal transmitida.

10 En algunas realizaciones, la velocidad del objeto se estima adicionalmente estimando un desplazamiento de frecuencia Doppler en la señal de eco reflejada recibida.

En algunas realizaciones, las frecuencias de la señal de eco reflejada recibida se compensan por los desplazamientos Doppler estimados.

15 La frecuencia primaria (F0), la primera frecuencia (F1), y la segunda frecuencia (F2) pueden transmitirse simultáneamente, por ejemplo, la primera señal puede comprender la frecuencia primaria (F0), la primera frecuencia (F1), y la segunda frecuencia (F2) en una primera parte. La primera señal puede comprender alternativamente diferentes frecuencias en diferentes partes, por ejemplo, la frecuencia primaria (F0) y la primera frecuencia (F1) pueden transmitirse en una primera parte de la primera señal y la frecuencia primaria (F0) y la segunda frecuencia (F2) puede transmitirse en una segunda parte de la primera señal.

20 En algunas realizaciones, la primera señal de referencia es la señal de eco reflejada recibida, y la primera frecuencia de referencia en la primera señal de referencia es la frecuencia primaria (F0').

25 La primera coordenada de fase del punto de medida (MP) en el espacio de fase puede estimarse transmitiendo simultáneamente la frecuencia primaria (F0) y la primera frecuencia (F1), recibiendo una señal de eco reflejada que comprende la frecuencia primaria (F0') y la primera frecuencia (F1'), determinando la fase de la frecuencia primaria (F0') y la primera frecuencia (F1') en la señal de eco reflejada, por ejemplo, calculando la FFT de la señal de eco reflejada recibida, y restando las fases determinadas para encontrar la diferencia entre ellas. La señal recibida puede mezclarse en frecuencia antes de que se determinen las fases, por ejemplo, la señal recibida puede mezclarse con la señal transmitida antes de la FFT.

30 Cualquier coordenada de fase del punto de medida (MP) puede estimarse utilizando las mismas técnicas descritas en relación con la estimación de la primera coordenada de fase.

35 El espacio de fase N-dimensional tiene una dimensión igual al número de coordenadas de fase en el punto de medida (MP), por lo tanto, es al menos un espacio 2 dimensional. La primera señal puede comprender más de tres frecuencias, por ejemplo, la primera señal puede comprender al menos 4, 5, 6, 8 o 10 frecuencias. Aumentando el número de frecuencias en la primera señal pueden determinarse más coordenadas de fase. Por lo tanto, el punto medido (MP) en el espacio de fase puede comprender más de dos coordenadas de fase, por ejemplo, el punto medido (MP) puede comprender al menos 3, 4, 5, 6, 8 o 10 coordenadas de fase. Esto aumenta la precisión de la estimación de rango.

40 Las líneas de rango representan la combinación teórica posible de coordenadas de fase correspondientes a un rango específico. Todas las líneas de rango son paralelas en el espacio de fase.

45 La n-ésima coordenada de fase normalizada  $\phi_n(r)$  de un punto asociado único para un rango candidato r puede determinarse utilizando la siguiente ecuación:

50

$$\phi_n(r) = \frac{r \bmod \lambda_n}{\lambda_n} \quad (1)$$

55 donde *mod* es el operador de módulo con un resto positivo, y  $\lambda_n$  es el rango inequívoco para la diferencia de fase de la n-ésima coordenada de fase dada por la siguiente ecuación:

$$\lambda_n = c/2 \cdot (f_1 - f_0) \quad (2)$$

60 donde c es la velocidad de la primera señal en el medio en el que se propaga, y  $f_1$  y  $f_0$  son las dos frecuencias cuyas fases se utilizan para generar la n-ésima coordenada de fase del punto de medida (MP).

65 En algunas realizaciones, la primera señal comprende además una tercera frecuencia (F3), y el punto medido en el espacio de fase N-dimensional comprende además una tercera coordenada de fase que representa la diferencia de fase entre la fase de la tercera frecuencia (F3) en la señal de eco reflejada recibida y la fase de una segunda frecuencia de referencia en una segunda señal de referencia de manera que se genera una estimación de rango

única utilizando información de al menos tres diferencias de fase medidas sin primero promediar directamente las estimaciones de rango ambiguas.

En consecuencia, la precisión del procedimiento puede aumentarse.

En algunas realizaciones, la segunda señal de referencia es la señal de eco reflejada recibida, y la segunda frecuencia de referencia es la frecuencia primaria ( $F_0$ ).

En algunas realizaciones, la estimación de rango candidato seleccionada es la estimación de rango candidato que tiene un punto asociado en el espacio de fase N-dimensional con la distancia más baja al punto medido (MP).

En consecuencia, utilizando el criterio de distancia en el espacio de fase N-dimensional, se proporciona una forma eficaz de utilizar toda la información en las diferencias de fase medidas para estimar el rango.

En algunas realizaciones, una estimación de rango candidato se selecciona seleccionando un primer conjunto de estimaciones de rango candidato, y para cada estimación de rango candidato en el primer conjunto de estimaciones de rango candidato se determina la distancia desde su punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional al punto de medida (MP); en la que el rango al objeto se estima seleccionando la estimación de rango candidato del primer conjunto de estimaciones de rango candidato que tiene un punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional con la distancia más pequeña al punto medido (MP).

La distancia al cuadrado  $d^2$  desde un punto asociado único de una estimación de rango candidato  $r$  hasta el punto medido (MP) puede determinarse utilizando la siguiente ecuación:

$$d^2(r) = \sum_{i=1}^N (\phi_i - \phi a_i(r))^2 \quad (3)$$

en la que N es la dimensión del espacio de fase, por ejemplo, el número de coordenadas de fase,  $\phi_i$  es la i-ésima coordenada de fase del punto medido (MP), y  $\phi a_i(r)$  es la i-ésima coordenada de fase del punto asociado único en el espacio de fase de la estimación de rango candidato  $r$ .

Limitando la búsqueda de estimaciones de rango candidato a un conjunto finito de estimaciones y determinando la distancia desde sus puntos asociados hasta el punto medido (MP) se proporciona una forma eficaz de estimar el rango a un objeto.

En algunas realizaciones, los puntos asociados únicos en el espacio de fase N-dimensional de las estimaciones de rango candidato en el primer conjunto de estimaciones de rango candidato se posicionan en un primer hiperplano N-1 dimensional, en los que el primer hiperplano N-1 dimensional se posiciona de manera que el punto medido (MP) en el espacio de fase N-dimensional se posiciona en el primer hiperplano N-1 dimensional, y en los que el primer hiperplano N-1 dimensional se orienta de manera que sea perpendicular a las líneas de rango.

Como todas las líneas de rango son paralelas en el espacio de fase N-dimensional, y el camino más corto desde un punto a una línea es perpendicular a la línea, la búsqueda de la estimación de rango candidato que tiene el punto asociado único más cercano al punto de medida (MP) en el espacio de fase puede limitarse a una estimación de rango candidato que tiene puntos asociados posicionados en el hiperplano N-1 dimensional posicionado y orientado como se especificó anteriormente.

En consecuencia, un número indefinido de rangos candidatos puede limitarse a un número finito igual al número de líneas de rango.

En algunas realizaciones, el primer conjunto de estimaciones de rango candidato se selecciona examinando una pluralidad de líneas de rango, y para cada una de la pluralidad de líneas de rango se determina el rango candidato que tiene un punto asociado en la línea de rango que tiene la distancia más baja al punto medido (MP) en el espacio de fase N-dimensional.

En algunas realizaciones, el primer conjunto de estimaciones de rango candidato es seleccionado de una pluralidad de conjuntos de estimaciones de rango candidato en función de la posición del punto de medida (MP) en el espacio de fase N-dimensional.

En consecuencia, un número menor de estimaciones de rango candidato necesitan examinarse.

Puede utilizarse una tabla de consulta para seleccionar el primer conjunto de rango candidato. La tabla de consulta puede especificar directamente los rangos candidatos. Alternativamente, la tabla de consulta puede especificar líneas de rango que comprenden rangos candidatos y los rangos candidatos pueden determinarse posteriormente examinando las líneas de rango especificadas.

Si el punto medido (MP) está cerca del límite del espacio de fase N-dimensional no puede conocerse con certeza de qué lado del límite se origina el punto.

En algunas realizaciones, el procedimiento comprende además la etapa de:

- 5 • generar un punto medido alternativo (AMP) en el espacio de fase N-dimensional si al menos una de las coordenadas de fase del punto medido (MP) en el espacio de fase N-dimensional está dentro de un rango predeterminado;
- determinar para cada estimación de rango candidato en el primer conjunto de estimaciones de rango candidato la distancia desde su punto asociado en el espacio de fase N-dimensional hasta el punto medido alternativo (AMP);

10 en el que el rango al objeto se estima seleccionando la estimación de rango candidato que tiene la distancia mínima más baja, en el que la distancia mínima para una estimación de rango candidato se define como la distancia desde su punto asociado en el espacio de fase N-dimensional hasta el punto medido (MP) en el espacio de fase N-dimensional o el punto de medida alternativo (AMP) en el espacio de fase N-dimensional cualquiera que sea menor.

15 El rango predeterminado puede estar dentro de una distancia predeterminada desde un límite del espacio de fase N-dimensional. El punto medido alternativo (AMP) puede corresponder al punto medido (MP) para todas las coordenadas de fase excepto para una o más coordenada(s) de fase que estén dentro del rango predeterminado. Esas coordenadas de fase del punto medido alternativo (AMP) pueden encontrarse restando la coordenada de fase original de 1 (asumiendo que las fases se normalizan).

En consecuencia, se reduce el riesgo de seleccionar un rango candidato incorrecto.

De acuerdo con un segundo aspecto, la invención se refiere a un dispositivo para estimar el rango a un objeto utilizando la transmisión de una señal multifrecuencia; en la que el dispositivo comprende:

- 25 • un transmisor configurado para transmitir una primera señal hacia el objeto, en el que la primera señal comprende al menos una frecuencia primaria (F0), una primera frecuencia (F1), y una segunda frecuencia (F2);
- un receptor configurado para recibir una señal de eco reflejada que se refleja desde el objeto que comprende al menos la frecuencia primaria (F0'), la primera frecuencia (F1'), y la segunda frecuencia (F2'); y
- 30 • una unidad de procesamiento configurada para determinar un punto medido (MP) en un espacio de fase N-dimensional que comprende al menos una primera coordenada de fase que representa la diferencia de fase entre la fase de la primera frecuencia (F1') y la fase de la frecuencia primaria (F0') en la señal de eco reflejada recibida, y una segunda coordenada de fase que representa la diferencia de fase entre la fase de la segunda frecuencia (F2') en la señal de eco reflejada recibida y la fase de una primera frecuencia de referencia en una primera señal de referencia en la que la primera señal de referencia es una señal de eco reflejada que se refleja desde el objeto;

35 en el que la unidad de procesamiento además se configura para estimar el rango al objeto seleccionando una estimación de rango candidato de una pluralidad de estimaciones de rango candidato, teniendo cada estimación de rango candidato en el rango inequívoco R un punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional posicionado en las líneas de rango, y en la que se selecciona una estimación de rango candidato dependiendo de la distancia desde su punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional hasta el punto medido (MP), de manera que se genera una estimación de rango única utilizando información de al menos dos diferencias de fase medidas sin promediar directamente las estimaciones de rango ambiguas.

45 La primera señal puede ser una señal electromagnética que comprende frecuencias en uno, o más de los siguientes rangos: el rango de rayos X, el rango ultravioleta, el rango visible, el rango infrarrojo, el rango de microondas o el rango de radio, por ejemplo, el transmisor y el receptor pueden ser un transmisor / receptor óptico, un transmisor / receptor de RF, etc.

50 Alternativamente, la primera señal puede ser una señal acústica y puede comprender frecuencias en el rango de ultrasonido (> 20 KHz) y o por debajo, por ejemplo, el transmisor y el receptor pueden ser un transductor.

En algunas realizaciones, la primera señal es una señal de onda continua, por ejemplo, el transmisor es un transmisor de onda continua.

55 La primera señal puede tener una duración de al menos 50, 100, 500 o 1.000 microsegundos.

En algunas realizaciones, la unidad de procesamiento se configura además para estimar la velocidad del objeto estimando un desplazamiento de frecuencia Doppler en la señal de eco reflejada recibida.

60 En algunas realizaciones, la segunda señal de referencia es la señal de eco reflejada recibida, y la frecuencia de referencia en la segunda señal de referencia es la frecuencia primaria (F0').

65 En algunas realizaciones, la primera señal comprende además una tercera frecuencia (F3), y en la que el punto medido en el espacio de fase N-dimensional comprende además una tercera coordenada de fase que representa la diferencia de fase entre la fase de la tercera frecuencia (F3) en la señal de eco reflejada recibida y la fase de una

segunda frecuencia de referencia de una segunda señal de referencia de manera que se genera una estimación de rango única utilizando información de al menos tres diferencias de fase medidas sin generar primero las estimaciones de rango intermedio.

5 En algunas realizaciones, la segunda señal de referencia es la señal de eco reflejada recibida, y la frecuencia de referencia en la tercera señal de referencia es la frecuencia primaria ( $F_0$ ).

10 En algunas realizaciones, la unidad de procesamiento se configura para seleccionar la estimación de rango candidato que tiene un punto asociado en el espacio de fase N-dimensional con la distancia más baja al punto medido (MP).

15 En algunas realizaciones, la unidad de procesamiento se configura para seleccionar una estimación de rango candidato seleccionando un primer conjunto de estimaciones de rango candidato, y para cada estimación de rango candidato en el primer conjunto de estimaciones de rango candidato se determina la distancia desde su punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional hasta el punto de medida (MP); y se estima el rango al objeto seleccionando la estimación de rango candidato del primer conjunto de estimaciones de rango candidato que tiene un punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional con la distancia más pequeña al punto medido (MP).

20 En algunas realizaciones, los puntos asociados únicos en el espacio de fase N-dimensional de las estimaciones de rango candidato en el primer conjunto de estimaciones de rango candidato se posicionan en un primer hiperplano N-1 dimensional, en los que el primer hiperplano N-1 dimensional se posiciona de manera que el punto medido (MP) se posiciona en el primer hiperplano N-1 dimensional, y en los que el primer hiperplano N-1 dimensional se orienta de manera que sea perpendicular a las líneas de rango.

25 En algunas realizaciones, la unidad de procesamiento se configura para seleccionar el primer conjunto de estimaciones de rango candidato examinando una pluralidad de líneas de rango, y para cada una de la pluralidad de líneas de rango se determina el rango candidato que tiene un punto asociado en la línea de rango que tiene la distancia más baja al punto medido (MP) en el espacio de fase N-dimensional.

30 En algunas realizaciones, la unidad de procesamiento se configura para seleccionar el primer conjunto de estimaciones de rango candidato de una pluralidad de conjuntos de estimaciones de rango candidato que dependen de la posición del punto de medida (MP) en el espacio de fase N-dimensional.

En algunas realizaciones, la unidad de procesamiento se configura además para:

- 35
- generar un punto medido alternativo (AMP) en el espacio de fase N-dimensional si al menos una de las coordenadas de fase del punto medido (MP) en el espacio de fase N-dimensional está dentro de un rango predeterminado; y
  - determinar para cada estimación de rango candidato en el primer conjunto de estimaciones de rango candidato la distancia desde su punto asociado en el espacio de fase N-dimensional hasta el punto medido alternativo (AMP);
- 40

45 en la que el rango al objeto se estima seleccionando la estimación de rango candidato que tiene la distancia mínima más baja, en la que la distancia mínima para una estimación de rango candidato se define como las distancias desde su punto asociado en el espacio de fase N-dimensional hasta el punto medido (MP) o el punto de medida alternativo (AMP), cualquiera que sea más bajo.

50 Aquí y en lo que sigue, el término 'unidad de procesamiento' se destina a comprender cualquier circuito y/o dispositivo adaptado adecuadamente para realizar las funciones descritas en la presente memoria. En particular, el término anterior comprende microprocesadores programables de uso general o patentados, Procesadores de Señal Digital (DSP), Circuitos Integrados de Aplicación Específica (ASIC), Matrices Lógicas Programables (PLA), Matrices de Puertas Programables en Campo (FPGA), circuitos electrónicos de propósito especial, etc., o una combinación de los mismos.

55 Los diferentes aspectos de la presente invención pueden implementarse de diferentes maneras incluidos los procedimientos para estimar el rango a un objeto, y el dispositivo para estimar el rango a un objeto descritos anteriormente y a continuación, cada uno produciendo uno o más de los beneficios y ventajas descritos en relación con al menos uno de los aspectos descritos anteriormente, y cada uno tiene una o más realizaciones preferentes correspondientes a las realizaciones preferentes descritas en relación con al menos uno de los aspectos descritos anteriormente y/o divulgados en las reivindicaciones dependientes.

60 Además, se apreciará que las realizaciones descritas en relación con uno de los aspectos descritos en la presente memoria pueden aplicarse igualmente a los otros aspectos.

**Breve descripción de los dibujos**

Los objetos, características y ventajas adicionales y/o anteriores de la presente invención, se esclarecerán además por la siguiente descripción detallada ilustrativa y no limitativa de las realizaciones de la presente invención, con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

Las Figuras 1a-b ilustran el principio de estimación de rango multifrecuencia utilizando dos frecuencias.

Las Figuras 2a-c ilustran el principio de estimación de rango multifrecuencia utilizando más de dos frecuencias.

La Figura 3 muestra un espacio de fase 3 dimensional de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 4 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para estimar el rango a un objeto de acuerdo con una realización de la presente invención.

Las Figuras 5a-c muestran un ejemplo de cómo puede estimarse el rango a un objeto utilizando un procedimiento de acuerdo con una realización de la presente invención.

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

La Figura 7 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para seleccionar una estimación de rango candidato de una pluralidad de estimaciones de rango candidato para determinar el rango a un objeto de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 8 muestra una tabla que comprende los resultados intermedios.

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

**Descripción detallada**

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

Las Figuras 1a-b ilustran el principio utilizado en un sistema de rango multifrecuencia. La Figura 1a muestra dos frecuencias 101 102 de una señal transmitida. La primera 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 como una función de la distancia entre las frecuencias 101 102 de la señal. Cuando el rango aumenta la diferencia de fase entre la primera y la segunda frecuencia 101 102 aumenta el módulo linealmente 360 grados, con una pendiente proporcional a la diferencia de frecuencia entre los dos componentes de frecuencia, es decir,  $f_1$ . Por lo tanto, cuando la señal transmitida se refleja por un objeto, la distancia a ese objeto puede encontrarse observando la diferencia de fase entre los dos componentes de frecuencia en la señal reflejada.

Como se mencionó anteriormente, en el caso de una sola frecuencia secundaria el rango 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 luz para una señal de RF. Esto significa que los valores de rango desplazados por un número entero de  $R$  producen exactamente la misma diferencia de fase.

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  $3R/2$ . En la Figura 1b puede verse 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 la segunda frecuencia de 270 grados. Por lo tanto, observando la diferencia de fase entre la primera y la segunda frecuencia 101 102 de la señal reflejada recibida puede estimarse la distancia al primer y segundo objeto.

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 con una distancia de  $R/2$ . Por lo tanto, las estimaciones erróneas resultan si los objetos se posicionan fuera del rango inequívoco.

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

Las Figuras 2a-c muestran un ejemplo donde se transmite una señal 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 más comprensible el principio.

La Figura 2b muestra el espacio de fase resultante 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 de una señal reflejada. En este ejemplo las diferencias de frecuencia entre las dos frecuencias 110 111 utilizadas para

determinar la primera coordenada de fase es  $f_1$ , y la diferencia de frecuencia entre las dos frecuencias 110 112 utilizadas para determinar la segunda coordenada de fase es  $5 \cdot f_1/3$ . Por lo tanto, la relación entre las dos diferencias de frecuencia es de 3 a 5 (3,5). Esto hace que el rango inequívoco  $R = 3 \cdot \lambda_1 = 5 \cdot \lambda_2$ , donde  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$  es el rango inequívoco individual para cada una de las coordenadas de fase.

5 Por lo tanto, la primera diferencia de fase  $D_1$ , comprende tres células de rango, y la segunda diferencia de fase  $D_2$  comprende 5 células de rango dentro del rango inequívoco, como se muestra en la Figura 2c. Las células de rango representan el rango inequívoco de las diferencias de fase individuales.

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

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

20 Todos los puntos asociados únicos de los rangos candidatos se posicionan en las líneas de rango 101-107. En la Figura 2c puede verse que la línea de rango 103 comprende puntos asociados de rangos candidatos dentro del intervalo de  $[0; R/5]$ , la línea de rango 106 comprende puntos asociados de rangos candidatos dentro del intervalo de  $[R/5; R/3]$ , la línea de rango 101 comprende puntos asociados de rangos candidatos dentro del intervalo de  $[R/3; 2R/5]$ , la línea 104 comprende puntos asociados de rangos candidatos dentro del intervalo de  $[2R/5; 3R/5]$ , la línea de rango 107 comprende puntos asociados de rangos candidatos dentro del intervalo de  $[3R/5; 2R/3]$ , la línea de rango 102 comprende puntos asociados de rangos candidatos dentro del intervalo de  $[2R/3; 4R/5]$ , y la línea de rango 105 comprende puntos asociados de rangos candidatos dentro del intervalo de  $[4R/5; R]$ .

25 La Figura 3 muestra un ejemplo de un espacio de fase tridimensional que comprende líneas de rango paralelas. En este ejemplo se utilizan 3 diferencias de fase  $D_1$ ,  $D_2$  y  $D_3$  y sus diferencias de frecuencia tienen una relación de (3, 4, 5).

30 Las líneas punteadas indican las transiciones de un valor de fase de 1 a 0. Por ejemplo, siga el segmento de línea desde (0,0,0) hasta la parte superior del cubo, donde la línea punteada lo lleva a la parte inferior del cubo. Aquí comienza el segundo segmento de línea y así sucesivamente. El número de líneas de rango es 10.

35 La Figura 4 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para estimar el rango a un objeto utilizando una transmisión de una señal multifrecuencia de acuerdo con una realización de la presente invención. En la etapa 401 se transmite una primera señal hacia el objeto, en la que la primera señal comprende al menos una frecuencia primaria ( $F_0$ ), una primera frecuencia ( $F_1$ ) y una segunda frecuencia ( $F_2$ ). A continuación, en la etapa 402, se recibe una señal de eco reflejada que se refleja desde el objeto, en la que la señal de eco comprende al menos la frecuencia primaria ( $F_0'$ ), la primera frecuencia ( $F_1'$ ) y la segunda frecuencia ( $F_2'$ ). Luego, en la etapa 403, un punto medido (MP) en un espacio de fase N-dimensional comprende al menos una primera coordenada de fase que representa la diferencia de fase entre la fase de la primera frecuencia ( $F_1'$ ) y la fase de la frecuencia primaria ( $F_0'$ ) en la señal de eco reflejada recibida, y una segunda coordenada de fase que representa la diferencia de fase entre la fase de la segunda frecuencia ( $F_2'$ ) en la señal de eco reflejada recibida y la fase de una primera frecuencia de referencia en una primera señal de referencia en la que la primera señal de referencia es una señal de eco reflejada que se refleja desde el objeto. Finalmente, en la etapa 404, el rango al objeto se estima seleccionando una estimación de rango candidato de una pluralidad de estimaciones de rango candidato, teniendo cada estimación de rango candidato en el rango inequívoco  $R$  un punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional posicionado en las líneas de rango, y en la que se selecciona una estimación de rango candidato que depende de la distancia desde su punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional hasta el punto medido (MP), de manera que se genera una estimación de rango única utilizando información de al menos dos diferencias de fases medidas sin promediar directamente las estimaciones de rango intermedio.

55 Las Figuras 5a-c muestran un ejemplo de cómo puede estimarse el rango a un objeto utilizando un procedimiento de acuerdo con una realización de la presente invención. La Figura 5a muestra un diagrama de flujo del procedimiento, la Figura 5b muestra el espacio de fase resultante y la Figura 5c muestra las células de rango resultantes. En la etapa 501 del procedimiento se transmite una primera señal hacia el objeto, en la que la primera señal comprende una frecuencia primaria ( $F_0$ ), una primera frecuencia ( $F_1$ ) y una segunda frecuencia ( $F_2$ ). A continuación, en la etapa 502 se recibe una señal de eco reflejada que se refleja desde el objeto en la que la señal de eco reflejada comprende la frecuencia primaria ( $F_0'$ ), la primera frecuencia ( $F_1'$ ) y la segunda frecuencia ( $F_2'$ ). Luego, en la etapa 503 se determina un punto medido (MP) 512 en el espacio de fase que tiene una primera coordenada de fase  $\phi_1$  que representa la diferencia de fase entre la fase de la primera frecuencia ( $F_1'$ ) y la fase de la frecuencia primaria ( $F_0'$ ), y una segunda coordenada de fase  $\phi_2$  que representa la diferencia de fase entre la fase de la segunda frecuencia ( $F_2'$ ) y la fase de la frecuencia primaria ( $F_0'$ ) en la señal de eco reflejada recibida. En este ejemplo, las diferencias de frecuencia ( $F_1 - F_0$ ) y ( $F_2 - F_0$ ) tienen una relación de 3 a 5, por lo tanto, el espacio de fase resultante que se muestra en la Figura 5b corresponde al espacio de fase que se muestra en la Figura 2a. Como se mencionó

en relación con la Figura 2, esto hace el rango inequívoco  $R = 3 * \lambda_1 = 5 * \lambda_2$ , donde  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$  es el rango inequívoco individual para cada una de las coordenadas de fase.

5 Por lo tanto, la primera diferencia de coordenadas de fase D1, comprende tres células de rango, y la segunda diferencia de fase D2 comprende 5 células de rango dentro del rango inequívoco, como se muestra en la Figura 5c.

10 Se determina que la primera coordenada de fase  $\phi_1$  es de 144 grados, y se determina que la segunda coordenada de fase  $\phi_2$  es de 108 grados. Puede verse en la Figura 5b que el punto de medida (MP) 512 no se posiciona en una de las líneas de rango 505-511 sino ligeramente fuera. Esto es un resultado de diferentes fuentes de errores, por ejemplo, imprecisiones en el transmisor / receptor. Prácticamente, un punto de medida (MP) rara vez se posicionará con precisión en una línea de rango. Finalmente, en la etapa 504, el procedimiento estima el rango al objeto seleccionando una estimación de rango candidato de una pluralidad de estimaciones de rango candidato, teniendo cada estimación de rango candidato en el rango inequívoco R un punto asociado único en el espacio de fase 2-dimensional posicionado en las líneas de rango, en el que se selecciona una estimación de rango candidato que depende de la distancia desde su punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional hasta el punto medido (MP).

20 La estimación de rango candidato más probable es la estimación de rango candidato que tiene el punto asociado en el espacio de fase más cercano al punto de medida (MP). Por lo tanto, en la etapa 504 el procedimiento puede estimar el rango al objeto encontrando esto. Esto puede hacerse seleccionando un primer conjunto de rangos candidatos en el que el primer conjunto de rangos candidatos comprende una pluralidad de rangos candidatos igualmente espaciados sobre el rango inequívoco R, para que cada rango candidato encuentre su punto asociado en el espacio de fase (usando la ecuación (1), ver arriba), se determina la distancia desde su punto asociado en el espacio de fase hasta el punto de medida (MP) (usando la ecuación 3, ver arriba), y se selecciona el rango candidato que tiene un punto asociado en el espacio de fase más cercano al punto medido (MP). La etapa de seleccionar el rango candidato que tiene un punto asociado en el espacio de fase puede comprender además una interpolación para aumentar la precisión, por ejemplo, se puede ajustar un polinomio a los K puntos más cercanos, por ejemplo, a los 3 puntos más cercanos.

30 Para mejorar el rendimiento, puede utilizarse el conocimiento de la disposición de las líneas de rango en el espacio de fase cuando se seleccionan los rangos candidatos en el primer conjunto de rangos candidatos.

35 Se conoce que la distancia más corta desde un punto hasta una primera línea en un espacio N-dimensional es a través de una segunda línea que pasa por el punto y es perpendicular a la primera línea. Por lo tanto, para cada línea de rango, el punto en la línea de rango más cercano al punto medido (MP) puede encontrarse encontrando la intersección entre la línea de rango y una segunda línea que es perpendicular a la línea de rango y pasa por el punto medido (MP). Esto corresponde a encontrar la intersección entre un primer hiperplano N-1 dimensional y la línea de rango, donde el primer hiperplano N-1 dimensional se posiciona de manera que el punto medido (MP) se posiciona en el primer hiperplano N-1 dimensional, y en la que el primer hiperplano N-1 dimensional se orienta de manera que sea perpendicular a la línea de rango. Además, como todas las líneas de rango son paralelas, el punto en cada línea de rango más cercano al punto de medida (MP) se posiciona en el mismo hiperplano N-1 dimensional.

45 Por lo tanto, el rango candidato que tiene el punto asociado más cercano al punto de medida (MP) puede encontrarse seleccionando un primer conjunto de rangos candidatos, uno para cada línea de rango, en el que los puntos asociados de cada rango candidato en el primer conjunto se posicionan en un primer hiperplano N-1 dimensional posicionado y orientado como se especificó anteriormente.

50 En el presente ejemplo, donde el espacio de fase es un espacio 2 dimensional, el hiperplano n-1 dimensional 513 es una línea, como se muestra en la Figura 5b. Los puntos 514-520 son puntos de intersección entre el hiperplano n-1 dimensional 513 y las líneas de rango 505-511.

55 Estos puntos de intersección pueden encontrarse utilizando los procedimientos explicados en relación con las Figuras 6 y 7 a continuación. Los procedimientos son procedimientos generales que pueden utilizarse con cualquier dimensión del espacio de fase.

60 Cada coordenada de fase de una línea de rango corresponde a una célula de rango única (para la diferencia de fase específica), por lo tanto, cada línea de rango corresponde a una combinación única de células de rango. Para determinar los puntos de intersección entre las líneas de rango y el primer hiperplano N-1 dimensional, puede ser útil conocer la combinación única de células de rango para cada línea de rango. Esto se hace en el procedimiento explicado en relación con la Figura 6.

65 El procedimiento determina una pluralidad de vectores M, uno para cada línea de rango, donde un vector M especifica la combinación de células de rango únicas para la línea de rango particular, por lo tanto el vector M (1,3) para una línea de rango particular especifica que los puntos asociados de los rangos candidatos para la línea de rango particular tienen las coordenadas de la primera fase posicionadas en la segunda célula de rango (de la primera diferencia de fase) y tienen las coordenadas de la segunda fase posicionadas en la cuarta célula de rango

(de la segunda diferencia de fase). Por lo tanto, el vector M para la primera línea de rango solo comprenderá ceros, ya que la primera línea de rango pr. definición tendrá todas las coordenadas de fase posicionadas en las células del primer rango.

5 El procedimiento comienza con establecer el contador n a 1. A continuación, en la etapa 602 el vector M para la primera línea de rango,  $M_0$ , se inicia. Como se explicó anteriormente, el primer vector M es siempre un vector cero. El tamaño de los vectores M corresponde al número de coordenadas de fase, es decir, la dimensión del espacio de fase. A continuación, se inicia un vector A. A se inicia en:

10 
$$A = (1/v_1, 1/v_2, \dots, 1/v_N)$$

15 donde  $v_n$  especifica el número de células de rango para la n-ésima diferencia de fase en la configuración de medición elegida, dada por la relación de diferencia de frecuencia entre las diferencias de frecuencia de las coordenadas de fase, y N es el número total de diferencias de fase utilizadas. En el ejemplo que se muestra en las Figuras 5a-c, la relación de diferencia de frecuencia entre la primera diferencia de fase y la segunda diferencia de fase es 3 a 5, por lo tanto,  $v_1=3$ ,  $v_2=5$  y  $N=2$ , haciendo  $A = (1/3, 1/5)$ .

20 A continuación, se almacena una copia de la versión original del vector A en el vector  $A_{org}$ , en la etapa 604. Luego, 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 k-ésimo valor del vector A es menor que el valor min. Si el k-ésimo valor del vector A es menor que el valor min, el procedimiento continúa en la etapa 608 y establece que min sea igual al k-ésimo valor del vector A, guarda el valor de k como la variable b, y continúa a la etapa 609. Si el k-ésimo valor del vector A no es menor que el valor min, el procedimiento salta la etapa 608 y va directamente a la etapa 609. En la etapa 609, el procedimiento determina si k es igual a N-1, donde N es el número de coordenadas de fase utilizadas, por ejemplo, el  
 25 procedimiento comprueba si se han examinado todos los valores del vector A. Si k no es igual a N-1, el procedimiento vuelve a la etapa 607 e incrementa el contador k en uno. Si k es igual a N-1 el procedimiento continúa a 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 rango, y el procedimiento termina en 614. Si min no es igual a 1, significa que no se han creado  
 30 todos los vectores M y el procedimiento continúa a la etapa 611, donde el vector M para las n-ésimas líneas de rango se inicia estableciendo que sea igual al vector M para la N-1-ésima línea de rango. A continuación, en la etapa 612, el b-ésimo valor del vector M para las n-ésimas líneas de rango se incrementa en uno, y el b-ésimo valor del vector A se establece para incrementarse por el b-ésimo valor del vector  $A_{org}$ . Finalmente, el procedimiento vuelve a la etapa 606 y aumenta n en uno, para crear el vector M para la siguiente línea de rango.

35 El procedimiento solo necesita saber 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 deriva directamente de la configuración de medición elegida. El procedimiento no necesita saber el número de líneas de rango antes de iniciarse.

40 La tabla de la Figura 8 muestra, en la primera columna 530, los vectores m para las siete líneas de rango mostradas en la Figura 5b. La primera línea de rango 505 tiene el vector M (0,0), la segunda línea de rango 506 tiene el vector M (0,1), la tercera línea de rango 507 tiene el vector M (1,1), la cuarta línea de rango 508 tiene el vector M (1,2), la quinta línea de rango 509 tiene el vector M (1,3), la sexta línea de rango 510 tiene el vector M (2,3) y la séptima línea de rango 511 tiene el vector M (2,4). La Figura 5c muestra las células de rango de las diferentes diferencias de fase,  
 45 y las líneas de rango 505-511.

50 Debe notarse que el procedimiento explicado en relación con la Figura 6 solo necesita ejecutarse una vez pr. configuración de medición. Por lo tanto, si se utiliza un procedimiento para estimar el rango a un objeto de acuerdo con la presente invención en un Radar con una configuración de medición particular, por ejemplo, un número particular de coordenadas de fase y una relación de diferencia de frecuencia particular de las coordenadas de fase, el procedimiento explicado en relación con la Figura 6 puede ejecutarse por el fabricante, y el conjunto de vectores M puede almacenarse en una memoria del radar.

55 La Figura 7 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para seleccionar una estimación de rango candidato de una pluralidad de estimaciones de rango candidato para determinar el rango a un objeto de acuerdo con una realización de la presente invención. El procedimiento selecciona un primer conjunto de estimaciones de rango candidato, y para cada estimación de rango candidato determina la distancia desde su punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional hasta el punto de medida (MP); en el que el rango al objeto se estima seleccionando la estimación de rango candidato del primer conjunto de estimaciones de rango candidato que tiene un punto  
 60 asociado único en el espacio de fase N-dimensional con la distancia más pequeña al punto medido (MP).

Primero en la etapa 701, el contador n se establece en cero y la variable min se establece en infinito. A continuación, en la etapa 702, para la n-ésima línea de rango se encuentra el rango candidato  $r_n$  en la n-ésima línea de rango que tiene el punto asociado posicionado en el primer hiperplano N-1 dimensional. Este rango candidato puede  
 65 encontrarse utilizando la ecuación (4)

$$r_n/R = \frac{\sum_{i=1}^N (\varphi_i + M_n(i)) \cdot v_i}{\sum_{i=1}^N v_i^2} \quad (4)$$

5 donde, R es un rango inequívoco para la configuración de medición elegida, N es el número de coordenadas de fase,  $\varphi_i$  es la i-ésima coordenada de fase del punto de medida (MP),  $M_n$  es el vector M para la n-ésima línea de rango y  $v_i$  especifica el número de células de rango para la i-ésima diferencia de fase en la configuración de medición elegida, dada por la relación de diferencia de frecuencia entre las diferencias de fase utilizadas. Luego, en la etapa 704 se determina el punto asociado en el espacio de fase para  $r_n/R$ . Este punto puede determinarse  
10 utilizando la ecuación (5)

$$\varphi_{a_{i,n}} = v_i \cdot (r_n/R) - M_n(i) \quad (5)$$

15 donde  $\varphi_{a_{i,n}}$  es la i-ésima coordenada de fase del punto. Luego, en la etapa 704 se determina la distancia entre el punto de medida (MP) y el punto en la n-ésima línea de rango que está más cerca al punto de medida (MP). Esta distancia puede determinarse utilizando la ecuación (3). A continuación, en la etapa 705 el procedimiento examina si la distancia determinada es menor que la variable min. Si la distancia determinada es menor que la variable min, el procedimiento va a la etapa 706, donde establece que min sea igual a la distancia determinada para la n-ésima línea de rango, y guarda el valor del rango candidato para la n-ésima línea de rango en la variable EST y continúa a la  
20 etapa 707. Si la distancia determinada no es menor que la variable min, el procedimiento salta la etapa 706 y va directamente a la etapa 707. En la etapa 707 el procedimiento determina si se han examinado todas las líneas de rango, esto puede hacerse determinando si n+1 es igual al número de vectores M. Si el procedimiento determina que no se han examinado todas las líneas de rango el procedimiento vuelve a la etapa 702 e incrementa n en 1. Si se han examinado todas las líneas de rango el procedimiento termina en la etapa 708, y el valor de EST se devuelve como el rango estimado al objeto.  
25

El procedimiento descrito en relación con la Figura 7 puede utilizarse en el ejemplo mostrado en las Figuras 5a-c para determinar un primer conjunto de rangos candidatos 514-520, y para cada rango candidato en el primer conjunto de rangos candidatos determinar la distancia desde su punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional al punto de medida (MP) 512; en la que el rango al objeto se estima seleccionando la estimación de rango candidato del primer conjunto de estimaciones de rango candidato que tiene un punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional con la distancia más pequeña al punto medido (MP). La tabla de la Figura 8 de la segunda a la quinta columna 530-534 muestra los cálculos intermedios resultantes. La segunda columna 531 muestra el rango candidato para cada una de las líneas de rango que tienen un punto asociado más cerca al punto de medición (MP), es decir, el primer conjunto de rangos candidatos, la tercera y cuarta columna 532 533 muestran las coordenadas de fase de los puntos asociados 514-520 del primer conjunto de rangos candidatos, y la quinta columna 534 muestra la distancia desde los puntos asociados 514-520 del primer conjunto de rangos candidatos al punto medido (MP) 512.  
30  
35

40 Puede verse que la tercera línea de rango 507 es la línea de rango que está más lejos del punto de medida (MB), y que la cuarta línea de rango 508 es la línea de rango que está más cerca. En consecuencia, el procedimiento devuelve 0.462R como el rango estimado al objeto.

45 La Figura 9 muestra un dibujo esquemático de un dispositivo 900 para estimar el alcance a un objeto de acuerdo con una realización de la presente invención. El dispositivo 900 comprende un transmisor 901, un receptor 902 y una unidad de procesamiento 903. El transmisor 901 se configura para transmitir una primera señal hacia el objeto, en la que la primera señal comprende al menos una frecuencia primaria (F0), una primera frecuencia (F1) y una segunda frecuencia (F2). El receptor 902 se configura para recibir una señal de eco reflejada que se refleja desde el objeto que comprende al menos la frecuencia primaria (F0'), la primera frecuencia (F1') y la segunda frecuencia (F2'). La unidad de procesamiento 903 se configura para determinar un punto medido (MP) en un espacio de fase N-dimensional que comprende al menos una primera coordenada de fase que representa la diferencia de fase entre la fase de la primera frecuencia (F1') y la fase de la frecuencia primaria (F0') en la señal de eco reflejada recibida, y una segunda coordenada de fase que representa la diferencia de fase entre la fase de la segunda frecuencia (F2') en la señal de eco reflejada recibida y la fase de una primera frecuencia de referencia en una primera señal de referencia en la que la primera señal de referencia es una señal de eco reflejada que se refleja desde el objeto.  
50  
55 Además la unidad de procesamiento 903 se configura para estimar el rango al objeto seleccionando una estimación de rango candidato de una pluralidad de estimaciones de rango candidato, teniendo cada estimación de rango candidato en el rango inequívoco R un punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional posicionado en las líneas de rango, y en la que se selecciona una estimación de rango candidato dependiendo de la distancia desde su punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional hasta el punto medido (MP), de manera que se genera una estimación de rango única utilizando información de al menos dos diferencias de fase medidas sin promediar directamente las estimaciones de rango ambiguas.  
60

65 En las reivindicaciones de dispositivos que enumeran varios medios, varios de estos medios pueden realizarse por un mismo elemento de hardware. El mero hecho de que ciertas medidas se relatan en reivindicaciones dependientes

mutuamente diferentes o descritas en diferentes realizaciones no indica que una combinación de estas medidas no pueda utilizarse con ventaja.

- 5 Debe enfatizarse que el término "comprende/que comprende" cuando se utiliza en esta memoria descriptiva se toma para especificar la presencia de características, números enteros, etapas o componentes declarados, pero no excluye la presencia o adición de una o más características, números enteros, etapas, componentes o grupos de los mismos.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para estimar el rango a un objeto utilizando la transmisión de una señal multifrecuencia que comprende las etapas de:
- transmitir una primera señal hacia el objeto, en la que la primera señal comprende al menos una frecuencia primaria (F0), una primera frecuencia (F1) y una segunda frecuencia (F2);
  - recibir una señal de eco reflejada que se refleja desde el objeto que comprende al menos la frecuencia primaria (F0'), la primera frecuencia (F1') y la segunda frecuencia (F2');
  - determinar un punto medido (MP) en un espacio de fase N-dimensional que comprende al menos una primera coordenada de fase que representa la diferencia de fase entre la fase de la primera frecuencia (F1') y la fase de la frecuencia primaria (F0') en la señal de eco reflejada recibida, y una segunda coordenada de fase que representa la diferencia de fase entre la fase de la segunda frecuencia (F2') en la señal de eco reflejada recibida y la fase de una primera frecuencia de referencia en una primera señal de referencia en la que la primera señal de referencia es una señal de eco reflejada que se refleja desde el objeto, en la que el espacio de fase N-dimensional tiene una dimensionalidad igual al número de coordenadas de fase en el punto de medida (MP);
- caracterizado porque** el rango al objeto se estima seleccionando una estimación de rango candidato de una pluralidad de estimaciones de rango candidato, teniendo cada estimación de rango candidato en el rango inequívoco R un punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional posicionado en una línea de rango, y en la que se selecciona una estimación de rango candidato que depende de la distancia desde su punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional hasta el punto medido (MP), de manera que se genera una estimación de rango única utilizando información de al menos dos diferencias de fase medidas sin promediar directamente las estimaciones de rango ambiguas, en las que la estimación de rango candidato seleccionada es la estimación de rango candidato que tiene un punto asociado en el espacio de fase N-dimensional con la distancia más baja al punto medido (MP).
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la primera señal de referencia es la señal de eco reflejada recibida, y la primera frecuencia de referencia en la primera señal de referencia es la frecuencia primaria (F0').
3. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 2, en el que la primera señal comprende además una tercera frecuencia (F3), y el punto medido en el espacio de fase N-dimensional comprende además una tercera coordenada de fase que representa la diferencia de fase entre la fase de la tercera frecuencia (F3) en la señal de eco reflejada recibida y la fase de una segunda frecuencia de referencia en una segunda señal de referencia de manera que se genera una estimación de rango única utilizando información de al menos tres diferencias de fase medidas sin primero promediar directamente las estimaciones de rango ambiguas.
4. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la segunda señal de referencia es la señal de eco reflejada recibida, y la segunda frecuencia de referencia es la frecuencia primaria (F0').
5. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 4, en el que una estimación de rango candidato se selecciona seleccionando un primer conjunto de estimaciones de rango candidato, y para cada estimación de rango candidato en el primer conjunto de estimaciones de rango candidato se determina la distancia desde su punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional hasta el punto de medida (MP); en el que el rango al objeto se estima seleccionando la estimación de rango candidato del primer conjunto de estimaciones de rango candidato que tiene un punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional con la distancia más pequeña al punto medido (MP).
6. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, en el que los puntos asociados únicos en el espacio de fase N-dimensional de las estimaciones del rango candidato en el primer conjunto de estimaciones del rango candidato se posicionan en un primer hiperplano N-1 dimensional, en el que el primer hiperplano N-1 dimensional se posiciona de manera que el punto medido (MP) en el espacio de fase N-dimensional se posiciona en el primer hiperplano N-1 dimensional, y en el que el primer hiperplano N-1 dimensional se orienta de manera que sea perpendicular a las líneas de rango.
7. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el primer conjunto de estimaciones de rango candidato se selecciona examinando una pluralidad de líneas de rango, y para cada una de la pluralidad de líneas de rango se determina el rango candidato que tiene un punto asociado en la línea de rango que tiene la distancia más baja al punto medido (MP) en el espacio de fase N-dimensional.
8. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 7, en el que el primer conjunto de estimaciones de rango candidato es seleccionado de una pluralidad de conjuntos de estimaciones de rango candidato en función de la posición del punto de medida (MP) en el espacio de fase N-dimensional.
9. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 8, en el que el procedimiento comprende además las etapas de:

- generar un punto medido alternativo (AMP) en el espacio de fase N-dimensional si al menos una de las coordenadas de fase del punto medido (MP) en el espacio de fase N-dimensional está dentro de un rango predeterminado;

5     • determinar para cada estimación de rango candidato en el primer conjunto de estimaciones de rango candidato la distancia desde su punto asociado en el espacio de fase N-dimensional hasta el punto medido alternativo (AMP);

10    en el que el rango al objeto se estima seleccionando la estimación de rango candidato que tiene la distancia mínima más baja, en el que la distancia mínima para una estimación de rango candidato se define como la distancia desde su punto asociado en el espacio de fase N-dimensional hasta el punto medido (MP) en el espacio de fase N-dimensional o el punto de medida alternativo (AMP) en el espacio de fase N-dimensional cualquiera que sea menor.

10. Un dispositivo (900) para estimar el rango a un objeto utilizando la transmisión de una señal multifrecuencia; en el que el dispositivo (900) comprende:

15     • un transmisor (901) configurado para transmitir una primera señal hacia el objeto, en el que la primera señal comprende al menos una frecuencia primaria (F0), una primera frecuencia (F1) y una segunda frecuencia (F2);

- un receptor (902) configurado para recibir una señal de eco reflejada que se refleja desde el objeto que comprende al menos la frecuencia primaria (F0'), la primera frecuencia (F1') y la segunda frecuencia (F2'); y

20     • una unidad de procesamiento (903) configurada para determinar un punto medido (MP) en un espacio de fase N-dimensional que comprende al menos una primera coordenada de fase que representa la diferencia de fase entre la fase de la primera frecuencia (F1') y la fase de la frecuencia primaria (F0') en la señal de eco reflejada recibida, y una segunda coordenada de fase que representa la diferencia de fase entre la fase de la segunda frecuencia (F2') en la señal de eco reflejada recibida y la fase de una primera frecuencia de referencia en una primera señal de referencia en la que la primera señal de referencia es una señal de eco reflejada que se refleja desde el objeto, en la que el espacio de fase N-dimensional tiene una dimensionalidad igual al número de coordenadas de fase en el punto de medida (MP);

25     **caracterizado porque** la unidad de procesamiento (903) se configura además para estimar el rango al objeto seleccionando una estimación de rango candidato de una pluralidad de estimaciones de rango candidato, teniendo cada estimación de rango candidato en el rango inequívoco R un punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional posicionado en líneas de rango, y en la que se selecciona una estimación de rango candidato en función de la distancia desde su punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional hasta el punto medido (MP), de manera que se genera una estimación de rango única utilizando información de al menos dos diferencias de fase medidas sin promediar directamente las estimaciones de rango ambiguas en las que la unidad de procesamiento (903) se configura para seleccionar la estimación de rango candidato que tiene un punto asociado en el espacio de fase N-dimensional con la distancia más baja al punto medido (MP).

11. Un dispositivo (900) de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la segunda señal de referencia es la señal de eco reflejada recibida, y la frecuencia de referencia en la segunda señal de referencia es la frecuencia primaria (F0').

40     12. Un dispositivo (900) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 10 a la 11, en el que la unidad de procesamiento (903) se configura para seleccionar una estimación de rango candidato seleccionando un primer conjunto de estimaciones de rango candidato, y para cada estimación de rango candidato en el primer conjunto de estimaciones de rango candidato se determina la distancia desde su punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional hasta el punto de medida (MP); y se estima el rango al objeto seleccionando la estimación de rango candidato del primer conjunto de estimaciones de rango candidato que tiene un punto asociado único en el espacio de fase N-dimensional con la distancia más pequeña al punto medido (MP).

50     13. Un dispositivo (900) de acuerdo con la reivindicación 12, en el que los puntos asociados únicos en el espacio de fase N-dimensional de las estimaciones de rango candidato en el primer conjunto de estimaciones de rango candidato se posicionan en un primer hiperplano N-1 dimensional en el espacio de fase N-dimensional, en el que el primer hiperplano N-1 dimensional se posiciona de manera que el punto medido (MP) se posiciona en el primer hiperplano N-1 dimensional, y en el que el primer hiperplano N-1 dimensional se orienta de manera que es perpendicular a las líneas de rango.

55     14. Un dispositivo (900) de acuerdo con la reivindicación 13, en el que la unidad de procesamiento (903) se configura para seleccionar el primer conjunto de estimaciones de rango candidato examinando una pluralidad de líneas de rango, y para cada una de la pluralidad de líneas de rango se determina el rango candidato que tiene un punto asociado en la línea de rango que tiene la distancia más baja al punto medido (MP) en el espacio de fase N-dimensional.

60

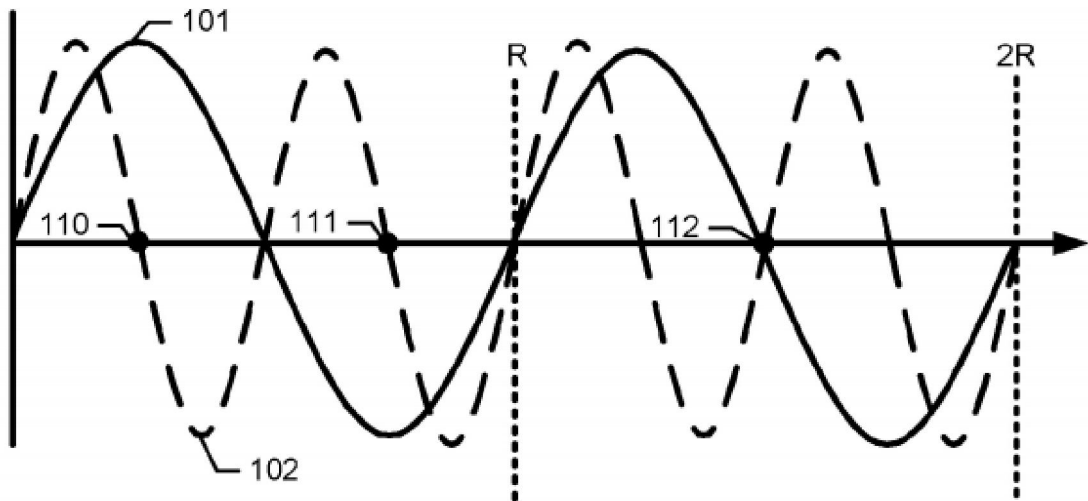


Figura 1a

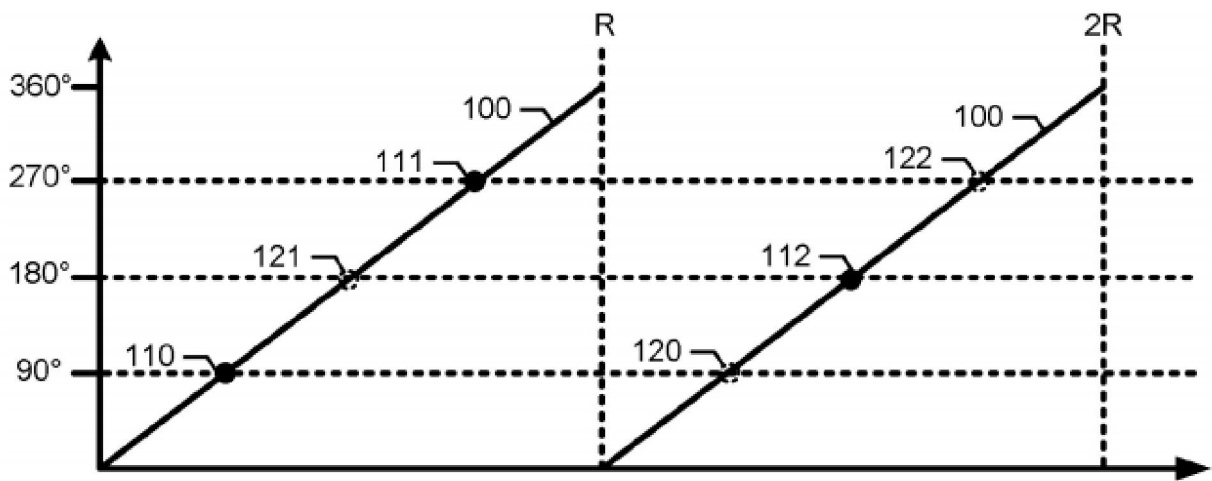


Figura 1b

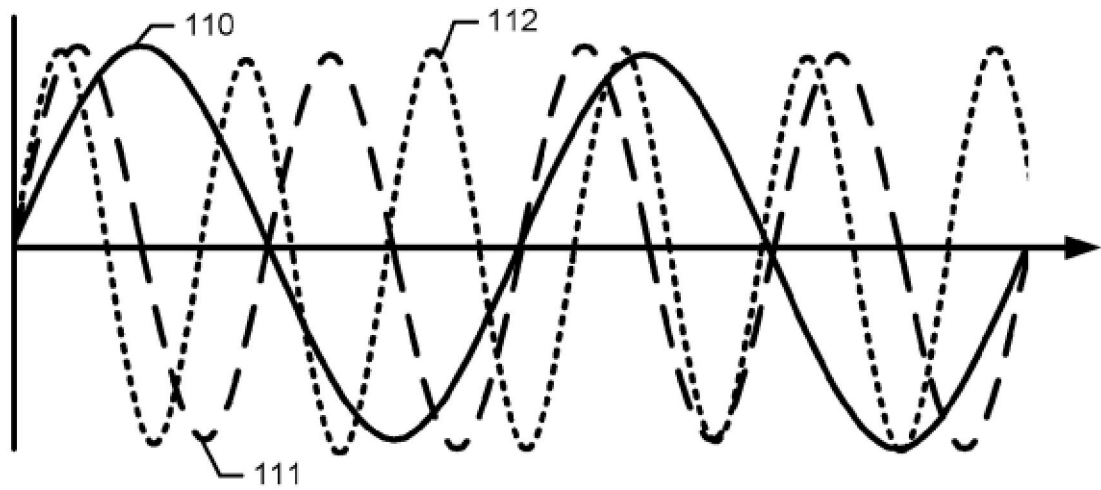


Figura 2a

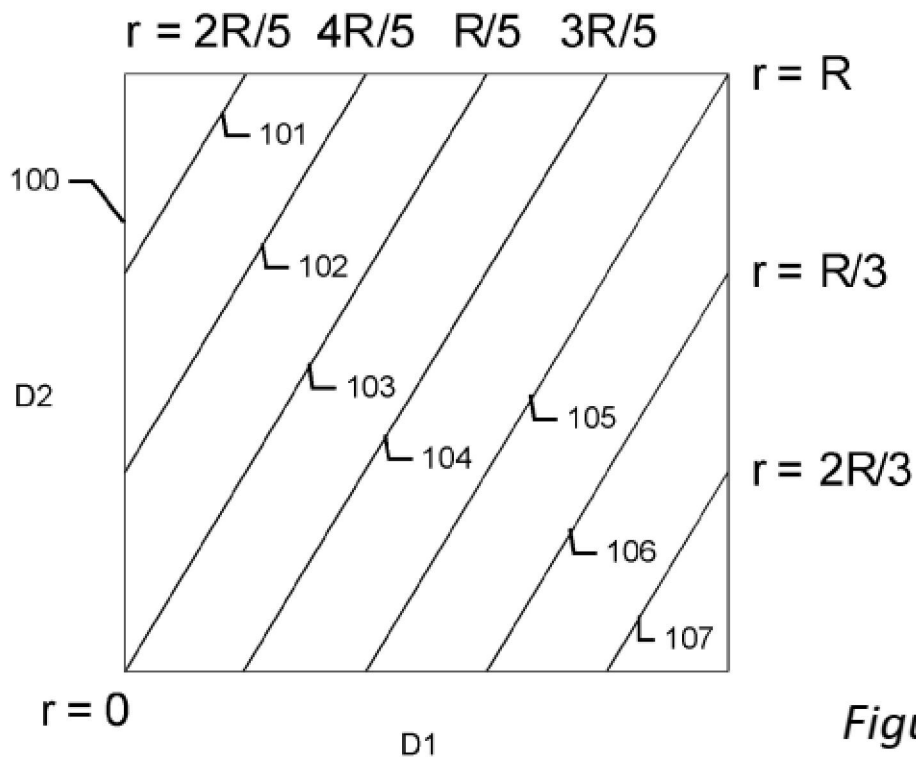


Figura 2b

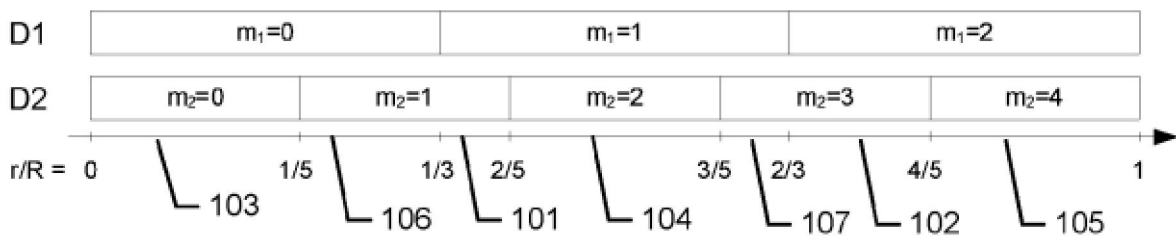


Figura 2c

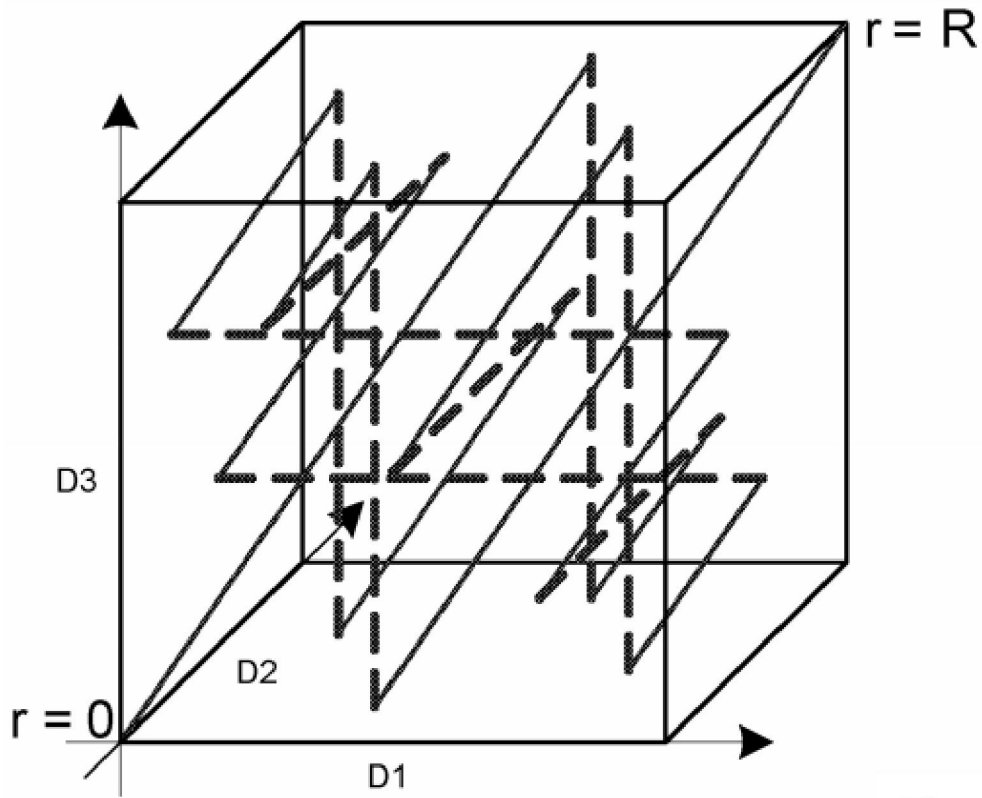


Figura 3

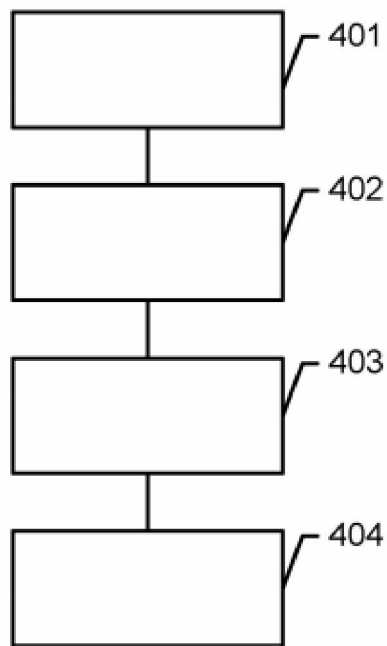


Figura 4

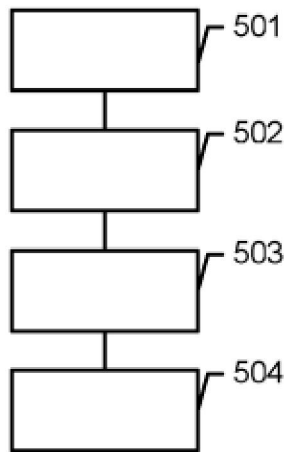


Figura 5a

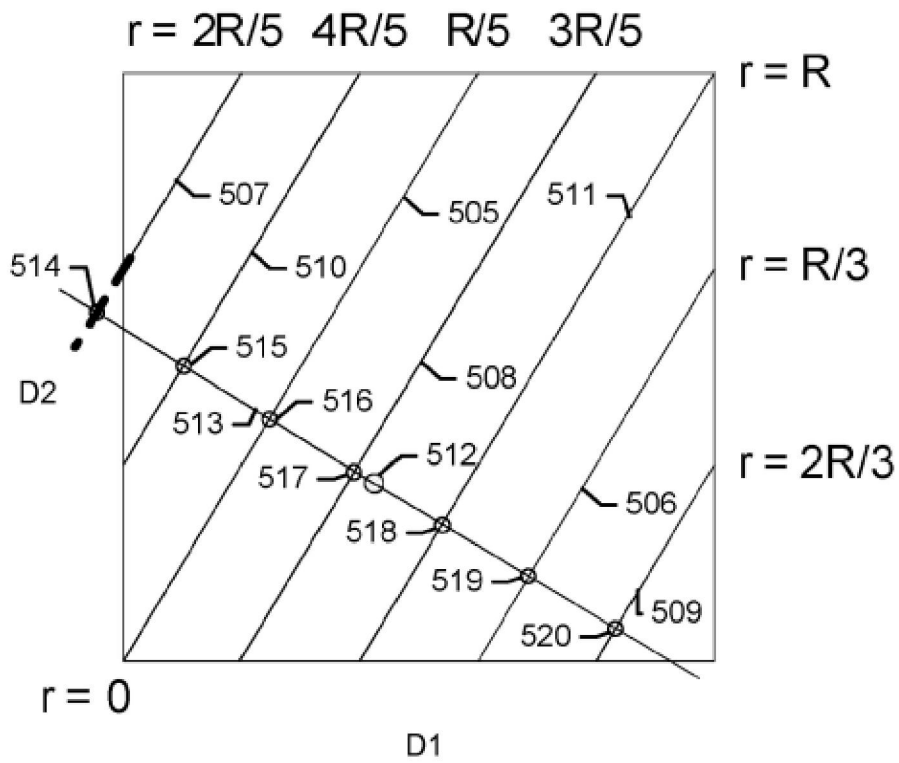


Figura 5b

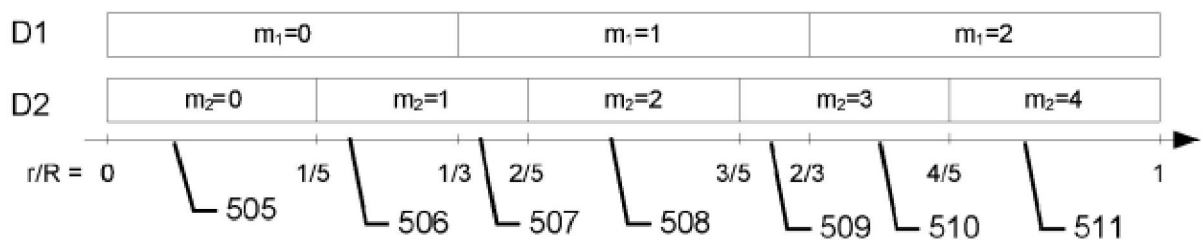


Figura 5c



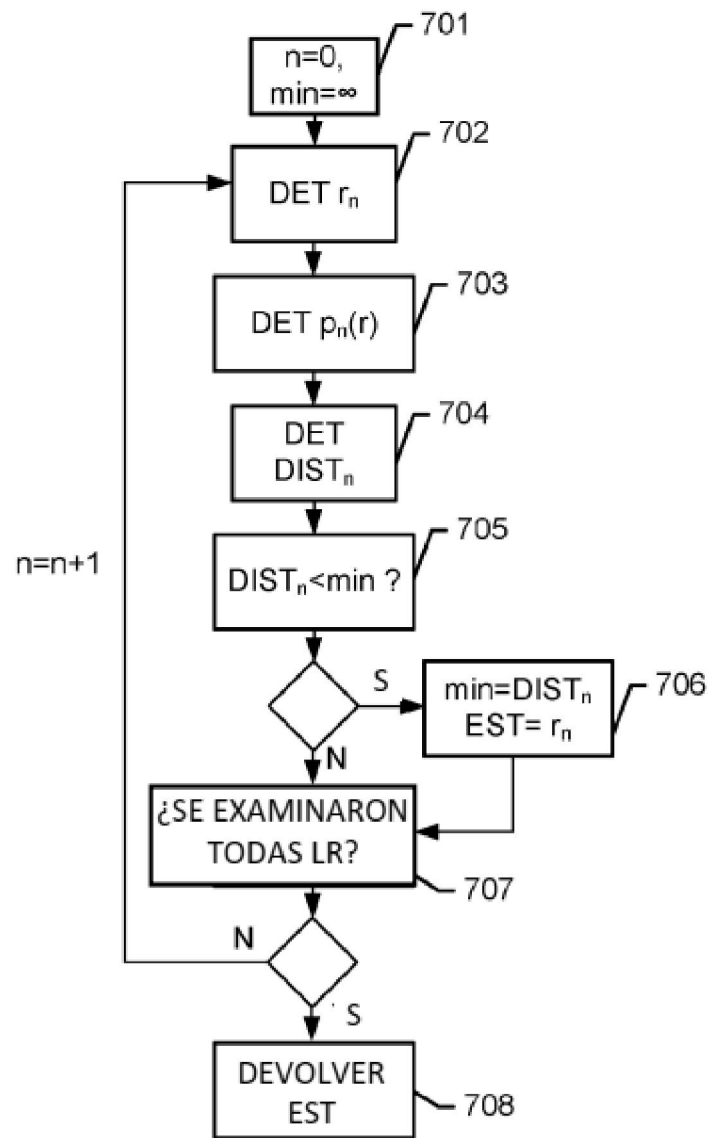
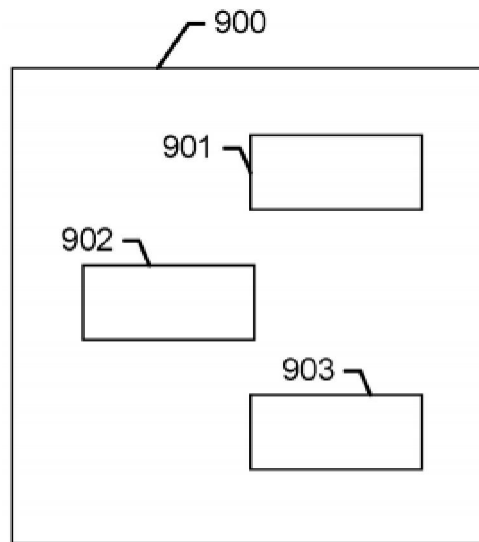


Figura 7

	530	531	532	533	534	
Línea de Rango	$M_n = (m_1, m_2)$	r/R	$\psi_1$	$\psi_2$	$d^2$	
505	0	$M_0 = (0,0)$	0,079	0,238	0,397	0,035588
506	1	$M_1 = (0,1)$	0,226	0,679	0,132	0,106176
507	2	$M_2 = (1,1)$	0,315	-0,056	0,574	0,282647
508	3	$M_3 = (1,2)$	0,462	0,385	0,309	0,000294
509	4	$M_4 = (1,3)$	0,609	0,826	0,044	0,247353
510	5	$M_5 = (2,3)$	0,697	0,091	0,485	0,129706
511	6	$M_6 = (2,4)$	0,844	0,532	0,221	0,023824

Figura 8



*Figura 9*