(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 646 995**

(51) Int. CI.:

G01S 11/08 (2006.01)
G01S 13/82 (2006.01)
G01S 13/84 (2006.01)
H04L 25/02 (2006.01)
H04L 27/26 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.08.2007 PCT/IB2007/003164**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **19.02.2009 WO09022192**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.08.2007 E 07825458 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.09.2017 EP 2183614**

(54) Título: **Estimación de distancia**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.12.2017

(73) Titular/es:

NOKIA TECHNOLOGIES OY (100.0%)
KEILALAHDENTIE 4
02150 ESPOO, FI

(72) Inventor/es:

HAMALAINEN, ARI, HENRIK

(74) Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

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 distancia

Campo de la invención

Realizaciones de la presente invención se refieren a estimación de distancia. En particular, se refieren a aparatos, a un método, a un programa informático, a un conjunto de chips y a un módulo para la estimación de distancia utilizando al menos una señal de radiofrecuencia.

Antecedentes de la invención

En muchas situaciones, es deseable determinar la distancia desde un punto a otro, por ejemplo, para localizar un objeto. Es posible determinar una distancia entre dos puntos utilizando ondas de radiofrecuencia (RF). Algunos métodos de determinación de distancia implican usar un primer dispositivo para transmitir una señal de RF a un segundo dispositivo, y determinar la distancia entre los mismos analizando la atenuación que se ha producido durante la propagación de la señal.

Otros métodos de determinación de distancia implican la determinación del tiempo de vuelo de una señal que se transmite desde un primer dispositivo a un segundo dispositivo y luego utilizando la ecuación:

$$d = c \times t_{tof} \qquad (1)$$

donde d = la distancia entre el primer y el segundo dispositivos, c es la velocidad de la luz y t_{tof} es el tiempo de vuelo.

Para hacer la estimación de la distancia lo más precisa posible, el tiempo de vuelo se debe determinar con el menor error posible.

El documento GB2405276 divulga un medio para determinar la distancia entre la primera y segunda señales de comunicación inalámbrica. El primer terminal recibe una señal que comprende una derivada de trayectoria múltiple compuesta de una señal multiplexada por división de frecuencia ortogonal transmitida por el segundo terminal. La señal recibida se demodula y se resuelve en una pluralidad de componentes correspondientes a diferentes componentes de longitud de trayectoria en la señal recibida y se identifica el componente correspondiente a la longitud de la trayectoria más corta. Para el componente identificado, se determina el tiempo de desplazamiento desde el segundo terminal al primer terminal.

El documento US4665404 divulga un método y un aparato para transmitir una señal de espectro amplio desde cada una de una pluralidad de estaciones base. La señal de espectro amplio tiene una temporización predeterminada y tiene un componente de onda de tierra y una componente de onda de cielo. La señal se transmite con un tiempo de repetición por lo menos tan grande como un tiempo de retardo máximo anticipado del componente de onda de cielo, de tal manera que el componente de onda de tierra de la señal de espectro amplio transmitido pueda distinguirse del componente de onda de cielo. La señal se detecta en cada una de una pluralidad de estaciones móviles y la temporización de la señal detectada se compara con una señal de temporización local. La diferencia de fase entre estas señales es indicativa del alcance de la estación base desde la estación móvil.

El documento US 2003/162547 divulga un sistema de difusión simultánea inalámbrica, tal como una red OFDM, que incluye la capacidad de determinar la ubicación de un usuario móvil.

Breve descripción de varias realizaciones de la invención

La invención se caracteriza por el método de acuerdo con la reivindicación 1, un aparato correspondiente según la reivindicación 7, un módulo o conjunto de chips correspondiente según la reivindicación 9, un dispositivo electrónico portátil correspondiente según la reivindicación 10 y un programa informático correspondiente según la reivindicación 11.

Breve descripción de los dibujos

Para una mejor comprensión de varias realizaciones de la presente invención, se hará ahora referencia a modo de ejemplo solamente a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 ilustra un aparato;
La figura 2 ilustra un primer aparato que transmite una señal a un segundo aparato;
La figura 3 ilustra un método de estimación de distancia;
La figura 4 ilustra un diagrama esquemático de un transmisor;
La figura 5 ilustra un diagrama esquemático de un receptor;
La figura 5 ilustra un diagrama de bloques esquemático de un primer método;

La figura 6a ilustra un diagrama de constelación para modulación por desplazamiento de fase en cuadratura;
La figura 6b ilustra un diagrama de constelación para modulación de desplazamiento de fase en cuadratura, que incluye un valor que representa un dato medido;
La figura 7 ilustra una primera señal que se transmite desde un primer aparato a un segundo aparato y una segunda señal que se transmite desde el segundo aparato al primer aparato; y
La figura 8 ilustra un diagrama de bloques esquemático de un segundo método de estimación de distancia.

Descripción detallada de varias realizaciones de la invención

Las figuras ilustran un aparato 10, que comprende: un receptor 18 configurado para ser activado periódicamente para recibir una señal, cada primer tiempo; un circuito de transformación 306 configurado para transformar una señal recibida, para determinar datos en la señal recibida; un comparador 316 configurado para comparar los datos determinados con datos de referencia; y unos circuitos de estimación 304 y 320 configurados para utilizar la diferencia entre los datos determinados y los datos de referencia para estimar una corrección a un múltiplo del primer periodo de tiempo, para determinar una distancia entre el receptor y un origen de la señal.

La figura 1 ilustra un aparato 10. El aparato 10 puede ser, por ejemplo, un dispositivo electrónico portátil. El aparato 10 comprende un procesador 12, un dispositivo de almacenamiento 14, un transceptor 20, un dispositivo de salida de usuario 22 y un dispositivo de entrada de usuario 24.

El procesador 12 está conectado para escribir en y leer desde el dispositivo de almacenamiento 14. El dispositivo de almacenamiento 14 puede ser una unidad de memoria única o una pluralidad de unidades de memoria.

El procesador 12 está conectado para recibir una entrada desde el dispositivo de entrada de usuario 24 y puede, por ejemplo, comprender un teclado y/o una entrada de audio. El procesador 12 está también conectado para proporcionar una salida al dispositivo de salida de usuario 22. El dispositivo de salida de usuario 22 es para transportar información a un usuario y puede comprender, por ejemplo, una pantalla o una salida de audio. El dispositivo de entrada de usuario 24 y el dispositivo de salida de usuario 22 pueden proporcionarse como una sola unidad, tal como un dispositivo de pantalla táctil.

El procesador 12 es operable para recibir una entrada desde y proporcionar una salida al transceptor de radio 20. El transceptor de radio 20 funciona como un transmisor 16 y/o un receptor 18. El transceptor de radio 20 puede estar configurado para transmitir y recibir señales ortogonales de multiplexación por división de frecuencia (OFDM), tal como señales de la red inalámbrica de área local (WLAN) 802.11a.

El receptor 18, el transmisor 16 y el transceptor 20 se describen a continuación utilizando una pluralidad de bloques funcionales. El receptor 18, transmisor 16 o transceptor 20 pueden comprender un único circuito integrado o un conjunto de circuitos integrados (es decir, un conjunto de chips) para realizar estas funciones. El(los) circuito(s) integrado(s) puede(n) comprender uno o más circuitos integrados específicos de aplicación (ASIC) conectados y/o uno o más procesadores programables para realizar las funciones utilizando instrucciones de programa informático 26.

Un chip o conjunto de chips para llevar a cabo realizaciones de la invención se pueden incorporar dentro de un módulo. Dicho módulo puede estar integrado dentro del aparato 10, y/o puede ser separable del aparato 10.

También se apreciará por parte de la persona experta que, aunque se describen las funciones a continuación como realizadas por el transmisor 16, el receptor 18, o el transceptor 20, al menos parte de las funciones pueden alternativamente ser realizadas por el procesador principal 12 del aparato 10. En particular, la estimación de desfase de tiempo y la estimación de distancia pueden realizarse mediante el procesador 12.

Las instrucciones de programa informático 26 pueden llegar al aparato 10 a través de una señal portadora electromagnética o pueden copiarse desde una entidad física 28, tal como un producto de programa informático, un dispositivo de memoria o un medio de grabación, tal como un CD-ROM o DVD.

Un dispositivo de almacenamiento del transmisor 16, el receptor 18 o el transceptor 20 o el dispositivo de almacenamiento 12 del aparato 10 pueden almacenar instrucciones de programa informático 26 que controlan la operación del aparato 10 cuando se carga en un procesador. Las instrucciones 26 del programa informático pueden proporcionar la lógica y las rutinas que permiten al aparato realizar los métodos ilustrados en las figuras 3 y 8.

Las instrucciones de programa informático proporcionan:

instrucciones para transformar una señal recibida, para determinar datos en una señal recibida, en el que la señal se recibe periódicamente cada primer tiempo;
instrucciones para comparar los datos determinados con datos de referencia; y
instrucciones para utilizar la diferencia entre los datos determinados y los datos de referencia para estimar una corrección a un múltiplo del primer tiempo, para determinar una distancia entre el receptor y un origen de la

señal.

La figura 2 ilustra un primer aparato 110 que transmite una señal OFDM 130 a un segundo aparato 120. El primer aparato 110 y el segundo aparato 120 pueden tomar la misma forma que el aparato ilustrado en la figura 1.

La figura 3 ilustra un diagrama de flujo de un método para estimar la distancia entre el primer aparato 110 y el segundo aparato 120 ilustrado en la figura 2.

En el bloque 140 de la figura 3, el primer aparato 110 transmite una señal 130 al segundo aparato 120.

La figura 4 ilustra un esquema funcional del transmisor 16 utilizado para transmitir la señal 130. En esta realización, el transmisor 16 está configurado para transmitir señales OFDM. El transmisor 16 comprende un circuito que se refiere a una conversión de serie a paralelo 204, creación de símbolos 206, transformación 208, conversión de digital a analógico 212, 214, la conversión ascendente de frecuencia 216 y un reloj de símbolos 220.

El procesador 12 del aparato 10 está configurado para emitir un flujo de bits en serie 202 al convertidor de serie a paralelo 204 del transmisor 16. El flujo de bits en serie 202 son datos que han de transmitirse al segundo aparato 120. El convertidor de serie a paralelo 204 convierte el flujo de bits en serie en N flujos de bits paralelos 203 intercalando los datos en el flujo de bits en serie 202. La figura 4 muestra el flujo de bits en serie 202 que se convierte en cuatro flujos de bits paralelos 203, que ilustran una realización particular de la invención. En la práctica, el flujo de bits en serie podría convertirse en cualquier número de flujos de bits paralelos.

Los N flujos de bits en paralelo 203 se proporcionan como una entrada a los circuitos de creación de símbolos 206. El circuito de creación de símbolos 206 está configurado para convertir un segmento de cada uno de los N flujos de bits paralelos en un símbolo. Cada símbolo puede comprender cualquier número de bits. Los símbolos se crean periódicamente mediante el circuito de creación de símbolos 206, de acuerdo con una base de tiempo establecida por el reloj de símbolos 220.

N símbolos se crean mediante el circuito de creación de símbolos 206 y luego se establecen en un bus 240 que conecta el circuito de creación de símbolos 206 con el circuito de transformación 208. N símbolos diferentes se establecen en el bus 240 durante un período de ajuste T_{ajuste} durante cada periodo T_{reloj} del reloj de símbolos 220. El periodo de reloj T_{reloj} puede incluir un periodo de protección $T_{protección}$, que es un período en el que la información no se establece en el bus 240, permitiendo que el circuito de transformación 208 diferencie claramente cuándo cambia la información que se proporciona al circuito de creación de símbolos 206. Si hay un período de protección, $T_{reloj} = T_{ajuste} + T_{protección}$.

Es posible que el circuito de creación de símbolos 206 cree símbolos usando una técnica de modulación tal como modulación de amplitud o modulación por desplazamiento de fase. Un ejemplo de una técnica de modulación adecuada es la modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK). En QPSK, un flujo de bits se divide en componentes en fase (I) y en cuadratura (Q). Cada símbolo consiste en dos bits. La figura 6a ilustra la posición de cada uno de los posibles símbolos QPSK ([0,1], [1,1], [1,0], [0,0]) en un diagrama de constelación como puntos vectoriales 610, 620, 630 y 640.

El circuito de transformación 208 realiza una transformación en los símbolos de entrada. Un ejemplo de una transformación adecuada es una transformada de Fourier discreta inversa, que cambia la señal de entrada desde el dominio de frecuencia al dominio de tiempo. Se puede usar un algoritmo de transformada de Fourier rápida inversa para realizar la transformada de Fourier discreta inversa. Después de que se ha realizado una transformada de Fourier discreta inversa en los N símbolos de entrada, se produce una señal que incluye una subportadora OFDM para cada uno de los N símbolos de entrada.

La parte real de cada salida de señal mediante el circuito de transformación 208 se proporciona como una entrada a un convertidor de digital a analógico (DAC) 212. De forma similar, la parte imaginaria de cada señal se proporciona a un DAC 214. Las salidas de los DAC 212, 214 se proporcionan a un convertidor ascendente de frecuencia 216, que cambia la frecuencia de cada señal desde la frecuencia de banda base a una frecuencia adecuada para la transmisión de RF. El convertidor ascendente de frecuencia 216 proporciona una salida a una antena 218, que transmite las señales OFDM 130 como ondas electromagnéticas.

En el bloque 150 de la figura 3, la señal OFDM 130 se recibe en la antena 322 del segundo aparato 120.

La figura 5 ilustra un esquema funcional del receptor 18 del segundo aparato 120, que está configurado para recibir la señal OFDM 130. El receptor 18 comprende un reloj de símbolo de recepción 308, un convertidor de baja frecuencia 314, convertidores analógicos a digitales (ADC) 310 y 312, circuitos de transformación 306, circuitos de estimación de símbolos 316, circuitos de conversión de paralelo a serie 302, circuito de estimación de desplazamiento de tiempo 320 y circuito de estimación de distancia 321.

El reloj de símbolo de recepción 308 permite periódicamente que la antena 322 reciba una señal OFDM. Cuando la

antena 322 recibe la señal OFDM 130 durante un periodo de habilitación, proporciona la señal como una entrada a un convertidor descendente de frecuencia 314. El convertidor descendente de frecuencia 314 reduce la frecuencia de la señal OFDM recibida y proporciona las partes real e imaginaria de la señal al primer y segundo ADC 312 y 310. El primer ADC 312 proporciona la parte real de la señal al circuito de transformación 306 (en forma digitalizada) y el segundo ADC 310 proporciona la parte imaginaria (en forma digitalizada).

En el bloque 160 de la figura 3, una transformación se realiza en la señal recibida para determinar los datos.

El circuito de transformación 306 del receptor realiza una transformación inversa a la realizada por el circuito de transformación 208 del transmisor 16. Por ejemplo, cuando el circuito de transformación 208 del transmisor 16 está configurado para realizar una transformada de Fourier discreta inversa para convertir la señal desde el dominio de frecuencia al dominio de tiempo, el circuito de transformación 306 del receptor 18 está configurado para realizar una transformada de Fourier discreta. Se puede usar un algoritmo de transformada de Fourier rápida para realizar la transformada de Fourier discreta.

El circuito de transformación 306 transforma la señal de entrada (incluyendo las partes real e imaginaria) y emite N señales de datos al circuito de estimación de símbolos 304, donde cada señal de datos de salida se refiere a un símbolo.

En el bloque 170 de la figura 3, los datos determinados (que corresponden a los símbolos recibidos) se comparan con datos de referencia para determinar que se hayan recibido símbolos.

La realización mostrada en la figura 5 ilustra 4 líneas de señales que se proporcionan al circuito de estimación de símbolos 304, que refleja las cuatro líneas de símbolos que se proporcionaron al circuito de transformación 208 en el transmisor 16. El número de símbolos recuperados desde la señal OFDM recibida tras la transformación depende del número de símbolos insertados en la señal transmitida.

En condiciones ideales, la salida de datos mediante el circuito de transformación 306 del receptor 18, que representa símbolos, corresponderá exactamente en un diagrama de constelación con los símbolos que fueron creados mediante el circuito de creación de símbolos 206 del transmisor 16. Es decir, si se crearon símbolos correspondientes a los puntos 610, 620, 630 y 640 de la figura 6a (representando los símbolos [0,1], [1,1], [0,0] y [1,0] respectivamente por el circuito de creación de símbolos 206 del transmisor 16, los datos correspondientes a los puntos 610, 620, 630 y 640 serán emitidos por el circuito de transformación 306 del receptor 18.

Sin embargo, si las condiciones no son ideales, la salida de datos mediante el circuito de transformación 306 no se corresponden exactamente con los puntos vectoriales 610, 620, 630 y 640.

El circuito de estimación de símbolos 316 del receptor 18 comprende un dispositivo de almacenamiento 318 y un comparador 316. El dispositivo de almacenamiento 318 almacena datos de referencia correspondientes a todos los símbolos posibles que pueden ser creados por el circuito de creación de símbolos 206 del transmisor 16. Por ejemplo, en el ejemplo QPSK ilustrado en la figura 6a, los datos de referencia correspondientes a los símbolos 610, 620, 630 y 640 se almacenan en el dispositivo de almacenamiento 318.

El comparador 316 está configurado para comparar los datos de referencia con los datos determinados por el circuito de transformación 306. En el caso ideal, el comparador 316 es capaz de determinar a partir de la comparación que los datos determinados coinciden exactamente con los datos de referencia almacenados y, por lo tanto, es capaz de determinar con qué símbolos están relacionados los datos determinados. En un caso no ideal, el comparador 316 está configurado para determinar a partir de la comparación con qué símbolos de referencia es más probable que coincidan los datos determinados.

Las condiciones no ideales surgen si el reloj de símbolos 220 del transmisor 16 y el reloj de símbolos de recepción 308 del receptor 18 no están sincronizados, dando como resultado que los datos determinados por el circuito de transformación 306 del receptor 18 estén desfasados de los datos de referencia almacenados en el dispositivo de almacenamiento 318.

También surgen condiciones no ideales si los relojes de símbolos 220, 308 están sincronizados, pero la señal electromagnética que se recibe por la antena del receptor 18 no se recibe en la misma fase que la señal electromagnética transmitida (es decir, si el receptor 18 no está a una distancia correspondiente a un número entero de longitudes de onda de señal alejadas del transmisor 16), dando como resultado que los datos determinados por el circuito de transformación 306 del receptor 18 estén desfasados de los datos de referencia almacenados en el dispositivo de almacenamiento 318.

La figura 6b ilustra un diagrama de constelación que tiene un punto vectorial 650 que se refiere a una porción de los datos determinados. El punto vectorial 650 se refiere al símbolo [1,1], pero está desfasado de la posición ideal del símbolo [1,1] dado por el punto 620.
El comparador 316 está configurado para comparar la porción de datos determinados con los datos de referencia

almacenados en el dispositivo de almacenamiento 318 y determinar el 'punto ideal' más cercano al punto vectorial 650 determinado. En este caso, el punto ideal más cercano es el punto vectorial 620, que corresponde al símbolo [1,1]. Por lo tanto, el comparador 316 estima que la porción de los datos determinados que corresponde al símbolo [1,1].

Una vez que el circuito de estimación de símbolos 304 ha estimado que los símbolos se corresponden con los datos determinados, los símbolos estimados son emitidos al convertidor de paralelo a serie 302. El convertidor de paralelo a serie 302 combina los N flujos de bits paralelos (en el caso ilustrado, N = 4) para producir un flujo de bits en serie 202, realizando una operación inversa a la realizada por el convertidor de serie a paralelo 204 del transmisor 16. El flujo de bits en serie 202 se envía al procesador 12 del aparato para su procesamiento.

En el bloque 180 de la figura 3, se calcula la distancia entre el primer aparato 11 y el segundo aparato 120.

La distancia d entre el primer aparato 110 y el segundo aparato 120 está dada por la ecuación:

$$d = c \times t_{tof} \qquad (1)$$

donde c es la velocidad de la luz y t_{tof} es el tiempo de vuelo de la señal recibida.

Se considera una situación donde el reloj de símbolos de recepción 308 opera con la misma periodicidad que el reloj de símbolos 220 y está sincronizado con el reloj de símbolos 220. Esto puede lograrse mediante el primer aparato 110 que transmite información relativa a su reloj al segundo aparato 120.

En este caso, se puede suponer que la diferencia de fase medida entre el transmisor 16 y el receptor 18 se debe a la señal electromagnética que se recibe mediante el receptor 18 en una fase diferente a la señal electromagnética transmitida.

Una estimación aproximada del tiempo de vuelo de la señal recibida $t_{tof\text{-}aprox}$ puede hacerse contando el número de períodos de tiempo enteros del reloj de recepción 308 (o, de manera equivalente, el reloj de símbolos 220) n que transcurren entre la transmisión y la recepción de la señal OFDM electromagnética 130 y multiplicarlos por el período T_{reloj} del reloj de recepción 220:

$$t_{tof\text{-}aprox} = nT_{reloj} \qquad (2)$$

Una estimación aproximada de la distancia que separa el primer aparato 110 y el segundo aparato 120 es, por lo tanto:

$$d_{aprox} = c \times nT_{reloj} \qquad (3)$$

Sin embargo, esta estimación de la distancia puede mejorarse mediante la determinación de cómo la fase de la señal recibida se diferencia de la fase de la señal transmitida.

La posición de cada punto vectorial en el diagrama de constelación se describe por la ecuación:

$$z = Re^{i\theta} \qquad (4)$$

donde z es la posición del punto vectorial en el diagrama de constelación, R es el radio del punto a partir de la intersección de los ejes en fase y en cuadratura y θ es el ángulo entre el vector y el eje en fase.

El desplazamiento de fase $\theta_{desplazamiento}$ entre el punto vectorial 650 medido y el punto vectorial 620 ideal viene dado por:

$$\theta_{desplazamiento} = \theta_2 - \theta_1 \qquad (5)$$

donde θ_2 es la fase del punto vectorial 650 determinado y θ_1 es la fase del punto ideal 620, medido a partir del eje en fase del diagrama de constelación (véase la figura 6b).

El desplazamiento de fase $\theta_{desplazamiento}$ se puede utilizar para hacer una corrección al enésimo múltiplo del tiempo de reloj de símbolos T_{reloj} y, por lo tanto, también para hacer una corrección en la estimación aproximada del tiempo de vuelo $t_{tof\text{-}aprox}$, calculando un desplazamiento de tiempo, Δt, donde:

$$\Delta t = \theta_{desplazamiento}/\omega \qquad (6)$$

donde ω es la frecuencia angular del punto vectorial 650 determinado, es decir, la frecuencia subportadora para el símbolo detectado.

El circuito de estimación del desplazamiento de tiempo 320 está configurado para realizar el cálculo dado en la

ecuación 6 después de recibir la información relevante de desplazamiento de fase desde el circuito de estimación de símbolos 304.

Una estimación mejorada del tiempo de vuelo de la señal recibida, $t_{tof\text{-}imp}$, puede encontrarse sumando el número de períodos de tiempo que han transcurrido entre la transmisión y la recepción de la señal electromagnética en el desplazamiento de tiempo promedio, Δt:

$$t_{tof\text{-}imp} = nT + \Delta t \qquad (7)$$

A continuación, se puede hacer un cálculo mejorado de la distancia d usando la estimación mejorada del tiempo de vuelo:

$$d_{est\text{-}imp} = c \times t_{tof\text{-}imp} \qquad (8)$$

donde $d_{est\text{-}imp}$ es la estimación mejorada de la distancia entre el primer aparato 110 y el segundo aparato 120.

El circuito de estimación de distancia 321 está configurado para realizar el cálculo dado en las ecuaciones 7 y 8 después de recibir la información de desplazamiento de tiempo relevante desde el circuito de estimación de desplazamiento de tiempo 320.

Opcionalmente, la distancia $d_{est\text{-}imp}$ puede estimarse varias veces (por ejemplo, una para cada subportadora) y promediarse mediante el circuito de estimación de la distancia 321 para reducir el error.

La figura 7 ilustra una primera señal OFDM 730 que se transmite desde un primer aparato 710 a un segundo aparato 720, y una segunda señal 740 que se transmite desde el segundo aparato 720 al primer aparato 710. El primer y el segundo aparato 710 y 720 toman la misma forma que el aparato 10 descrito en la figura 1.

En esta realización, el primer y segundo aparatos 710 y 720 comprenden cada uno un transceptor 20 que tiene la funcionalidad del transmisor 16 y del receptor 18 descritos anteriormente. Debe reconocerse que los esquemas del transmisor 16 y del receptor 18 en las figuras 4 y 5 ilustran las funciones del transceptor cuando se transmiten y se reciben. Cada uno de los componentes/bloques en estos esquemas no necesita relacionarse con un elemento separado en el transceptor 20. Por ejemplo, la antena 322 utilizada para la recepción puede ser la misma que la antena 218 utilizada para la transmisión.

En un transceptor 20, el reloj de símbolos 220 del transmisor 16 y el reloj de recepción 308 del receptor 18 están sincronizados, tienen la misma periodicidad y pueden operar utilizando la misma fuente de reloj.

La figura 8 ilustra un diagrama de flujo de un método relacionado con la realización de la invención según la figura 7. En el bloque 810, el primer aparato 710 transmite la primera señal 730 al segundo aparato 720. Desde el punto en el que se crea el primer símbolo mediante el creador de símbolos 206, el primer aparato 710 comienza a contar el número n de reloj de símbolos 220 períodos de tiempo T_{reloj} que han transcurrido.

En el bloque 820 de la figura 8, el segundo aparato 720 recibe la primera señal 730 y espera un periodo de tiempo mT_{reloj}, y luego transmite la segunda señal 740 al primer aparato 710, donde m es un entero y T_{reloj} es el período del reloj de símbolos 220 en el primer aparato 710.

El primer aparato 710 recibe la segunda señal 740 y sigue los mismos procesos que los descritos anteriormente en relación con la recepción de la señal 130 en el bloque 150 de la figura 3.

En el bloque 830 de la figura 8, el circuito de transformación 306 del receptor 18 realiza una transformación en la segunda señal recibida para determinar los datos, de la misma manera como se ha descrito anteriormente en relación el bloque 160 de la figura 3.

En el bloque 840 de la figura 8, los datos determinados (que corresponden a los símbolos recibidos) se comparan con datos de referencia para determinar que se hayan recibido símbolos, de la misma manera que se ha descrito anteriormente en relación con el bloque 170 de la figura 3.

En el bloque 850 de la figura 8, la diferencia entre los datos determinados y los datos de referencia se usa para estimar la distancia entre el primer aparato 710 y el segundo aparato 720.

Un desplazamiento de tiempo Δt para un símbolo particular puede calcularse utilizando las ecuaciones 5 y 6, como se describió anteriormente. El primer dispositivo 710 conoce el tiempo que tarda el segundo aparato 720 entre la recepción de la primera señal 730 y la transmisión de la segunda señal 740, que es igual a mT_{reloj}, lo que significa que, ventajosamente, el primer aparato 710 es capaz de determinar el tiempo combinado de vuelo de la primera y segunda señales, $t_{tof\text{-}12}$, utilizando la ecuación:

$$t_{tof\text{-}12} = T_{reloj}\,(n\text{-}m) + \Delta t \qquad (9)$$

Puede ser que cada vez que el segundo aparato 720 transmite una segunda señal 740 en respuesta a la recepción de una primera señal 730, el tiempo transcurrido entre la recepción de la primera señal 730 y la transmisión de la segunda señal 740, mT_{reloj}, permanezca igual, y que este valor predeterminado sea conocido por el primer aparato 710. En una situación donde el segundo aparato 720 elige desviarse del valor predeterminado (por ejemplo, porque no está disponible el canal de transmisión a utilizar), puede incluir una indicación del valor de m o mT_{reloj} como datos en la segunda señal 740 o en otra señal transmitida al primer aparato 710.

Se deduce a partir de la ecuación (9) que la distancia estimada d_{est} desde el primer aparato 710 al segundo aparato 720 es:

$$d_{est} = \frac{c\left[T_{reloj}\left(n-m\right)+\Delta t\right]}{2} \qquad (10)$$

Opcionalmente, la distancia d_{est} se puede estimar múltiples veces (una vez para cada subportadora) y promediarse mediante el circuito de estimación de distancia 321 para reducir el error.

En algunas realizaciones, la distancia estimada d_{est} entre el primer aparato 710 y el segundo aparato 720 se puede determinar en el primer aparato 710 y en el segundo aparato 720.

En una realización, una tercera señal se puede transmitir desde el primer aparato 710 al segundo aparato 720. El primer aparato 710 puede usar la primera y segunda señales para determinar la distancia estimada d_{est} y el segundo aparato 720 puede usar la segunda y tercera señales para determinar la distancia estimada d_{est}.

Alternativamente, una tercera señal se puede transmitir desde el segundo aparato 720 al segundo aparato 710 y una cuarta señal puede ser transmitida desde el primer aparato al segundo aparato 720. En este ejemplo, el primer aparato 710 puede usar la primera y la segunda señales para determinar la distancia estimada d_{est} y el segundo aparato 720 puede usar la tercera y cuarta señales para determinar la distancia estimada d_{est}.

El segundo aparato 720 puede, por ejemplo, transmitir su estimación de la distancia al primer aparato 710 para permitir que el primer aparato 710 produzca una estimación de la distancia promedio utilizando el(los) valor(es) estimado(s) calculado(s) en el segundo aparato 720.

Al menos porciones de los bloques ilustrados en las figuras 3 y 8 pueden representar etapas de un método y/o secciones de código en el programa informático 26. La ilustración de un orden particular de los bloques no implica necesariamente que exista un orden requerido o preferido para los bloques y que se pueda variar el orden y la disposición del bloque.

REIVINDICACIONES

1. Un método, que comprende:

transformar una señal multiplexada por división de frecuencia ortogonal (130), recibida en un receptor (18), para determinar, para cada subportadora de la señal multiplexada por división de frecuencia ortogonal (130), datos (θ_2) en la señal recibida (130);
comparar, para cada subportadora, los datos determinados (θ_2) con datos de referencia (θ_1) para determinar, para cada subportadora, una diferencia de fase ($\theta_{desplazamiento}$) entre una fase de la señal cuando transmite y una fase de la señal cuando se recibe;
utilizar para cada subportadora la diferencia de fase determinada ($\theta_{desplazamiento}$) para estimar una corrección (Δt) a un múltiplo (n) de períodos (T_{reloj}) de un reloj de símbolos (308) que ha transcurrido entre una transmisión y una recepción de la señal para determinar, para cada subportadora, una distancia ($d_{est\text{-}imp}$) entre el receptor y un origen (110, 16) de la señal;
en el que la distancia ($d_{est\text{-}imp}$) se determina determinando un tiempo de vuelo ($t_{tof\text{-}imp}$) de la señal, y
en donde el tiempo de vuelo ($t_{tof\text{-}imp}$) de la señal se determina usando el múltiplo del periodo (nT_{reloj}) y la corrección (Δt) al múltiplo del período; y
determinar una distancia media de las distancias determinadas para cada subportadora.

2. Un método según la reivindicación 1, en el que los datos de referencia (θ_1) y los datos determinados (θ_2) son los mismos si no se determina ninguna diferencia de fase ($\theta_{desplazamiento}$).

3. Un método según cualquier reivindicación anterior, en el que la señal (130) se transforma desde el dominio de frecuencia al dominio de tiempo.

4. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el receptor (18) es un transceptor (18, 710), comprendiendo además el método que el transceptor transmita una señal adicional (730) a un transceptor adicional (720) y, posteriormente, recibir la señal transmitida desde el transceptor adicional (130, 740).

5. Un método según la reivindicación 4, en el que el tiempo tomado por el transceptor adicional (720) entre la recepción de la señal adicional (730) y la transmisión de la señal (130, 740) al transceptor (18, 710) es un múltiplo (m) del período (T_{reloj}).

6. Un método según la reivindicación 5, en el que la distancia (d_{est}) se determina determinando un tiempo de vuelo de la señal ($t_{tof\text{-}12}$), y se determina el tiempo de vuelo de la señal ($t_{tof\text{-}12}$) usando: un múltiplo (n) del periodo (T_{reloj}), el tiempo (mT_{reloj}) tomado por el transceptor adicional (720) y la corrección (Δt) al múltiplo del período (nT_{reloj}).

7. Aparato (10, 18), que comprende:

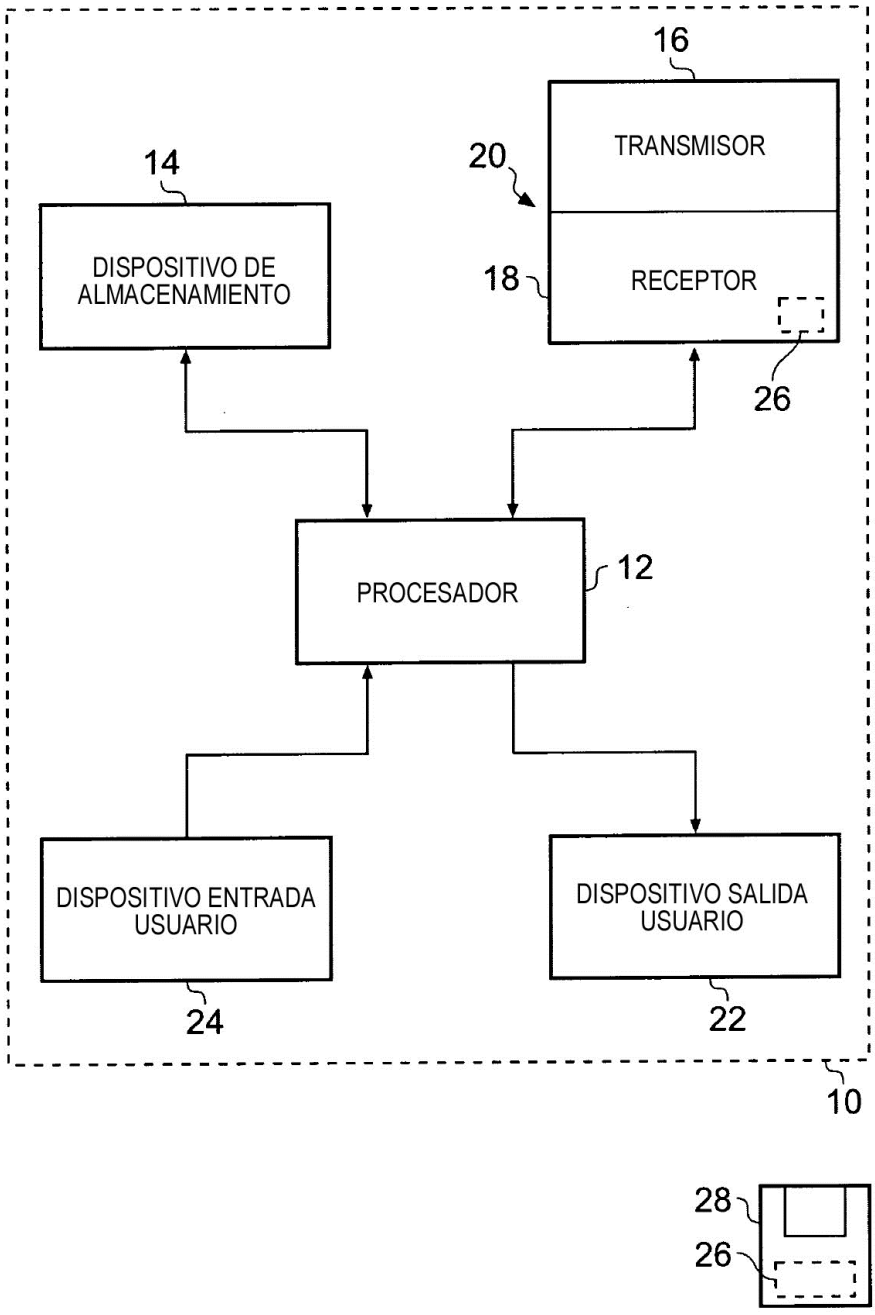
medios (306) configurados para transformar una señal multiplexada por división de frecuencia ortogonal (130), recibida en un receptor (18), para determinar, para cada subportadora de la señal multiplexada por división de frecuencia ortogonal (130), datos (θ_2) en la señal recibida (130);
medios (316) configurados para comparar, para cada subportadora, los datos determinados (θ_2) con datos de referencia (θ_1) para determinar una diferencia de fase ($\theta_{desplazamiento}$) entre una fase de la señal cuando transmite y una fase de la señal cuando se recibe; y
medios (304, 320, 321) configurados para utilizar, para cada subportadora, la diferencia de fase determinada ($\theta_{desplazamiento}$) para estimar una corrección (Δt) a un múltiplo (n) de períodos (T_{reloj}) de un reloj de símbolos (308) del receptor que ha transcurrido entre una transmisión y una recepción de la señal para determinar, para cada subportadora, una distancia ($d_{est\text{-}imp}$) entre el receptor y un origen (110, 16) de la señal;
en donde la distancia ($d_{est\text{-}imp}$) se determina determinando un tiempo de vuelo ($t_{tof\text{-}imp}$) de la señal, y
en donde el tiempo de vuelo ($t_{tof\text{-}imp}$) de la señal se determina usando el múltiplo del periodo (nT_{reloj}) y la corrección (Δt) al múltiplo del período; y
determinar una distancia media de las distancias determinadas para cada subportadora.

8. Aparato (10, 18), que comprende medios configurados para realizar el método de una o más de las reivindicaciones 2 a 6.

9. Un módulo o conjunto de chips que comprende el aparato (10, 18) de las reivindicaciones 7 u 8.

10. Un dispositivo electrónico portátil que comprende el aparato (10, 18) de las reivindicaciones 7 u 8.

11. Un programa informático, que comprende instrucciones de programa informático (26) que, cuando se ejecutan mediante al menos un procesador (12) de un aparato (10), hacen que el aparato realice el método como se reivindica en una cualquiera o más de las reivindicaciones 1 a 6.


16
TRANSMISOR
20
14
DISPOSITIVO DE ALMACENAMIENTO
18
RECEPTOR
26
PROCESADOR
12
DISPOSITIVO ENTRADA USUARIO
24
DISPOSITIVO SALIDA USUARIO
22
10

28
26

FIG. 1

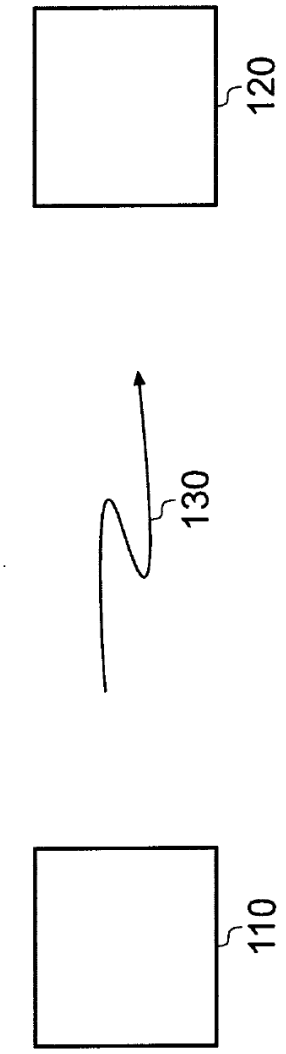


FIG. 2

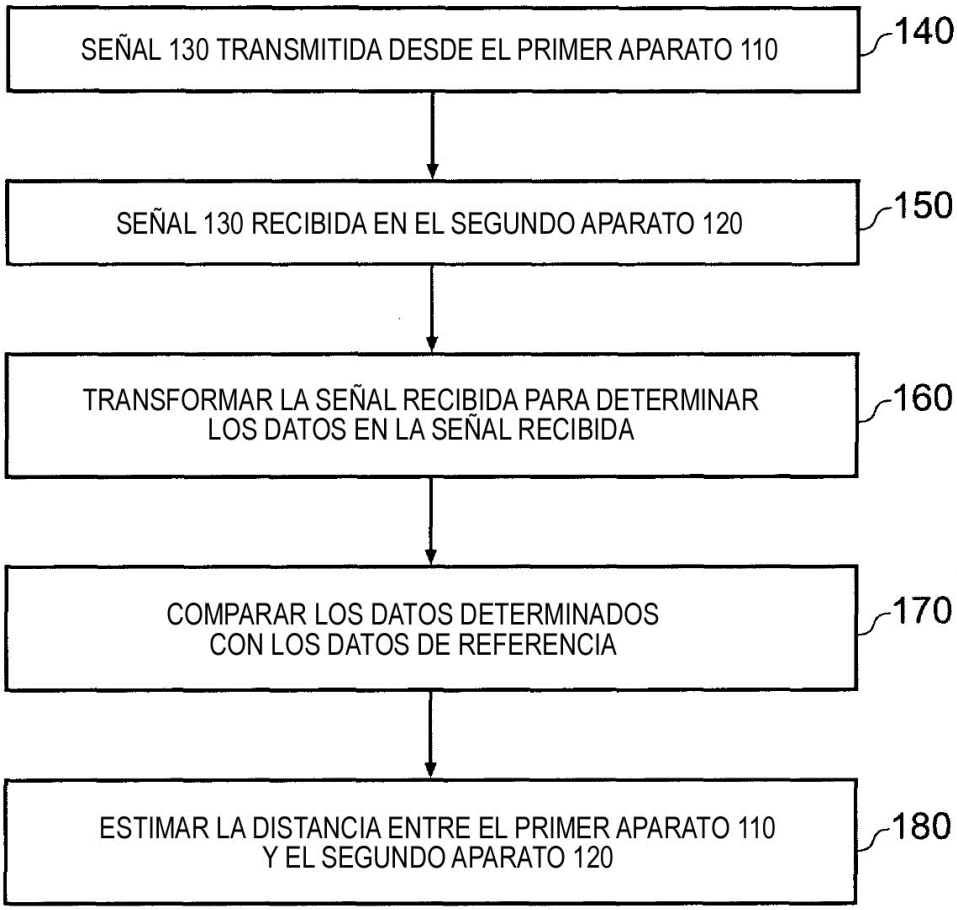

SEÑAL 130 TRANSMITIDA DESDE EL PRIMER APARATO 110
140
SEÑAL 130 RECIBIDA EN EL SEGUNDO APARATO 120
150
TRANSFORMAR LA SEÑAL RECIBIDA PARA DETERMINAR LOS DATOS EN LA SEÑAL RECIBIDA
160
COMPARAR LOS DATOS DETERMINADOS CON LOS DATOS DE REFERENCIA
170
ESTIMAR LA DISTANCIA ENTRE EL PRIMER APARATO 110 Y EL SEGUNDO APARATO 120
180

FIG. 3

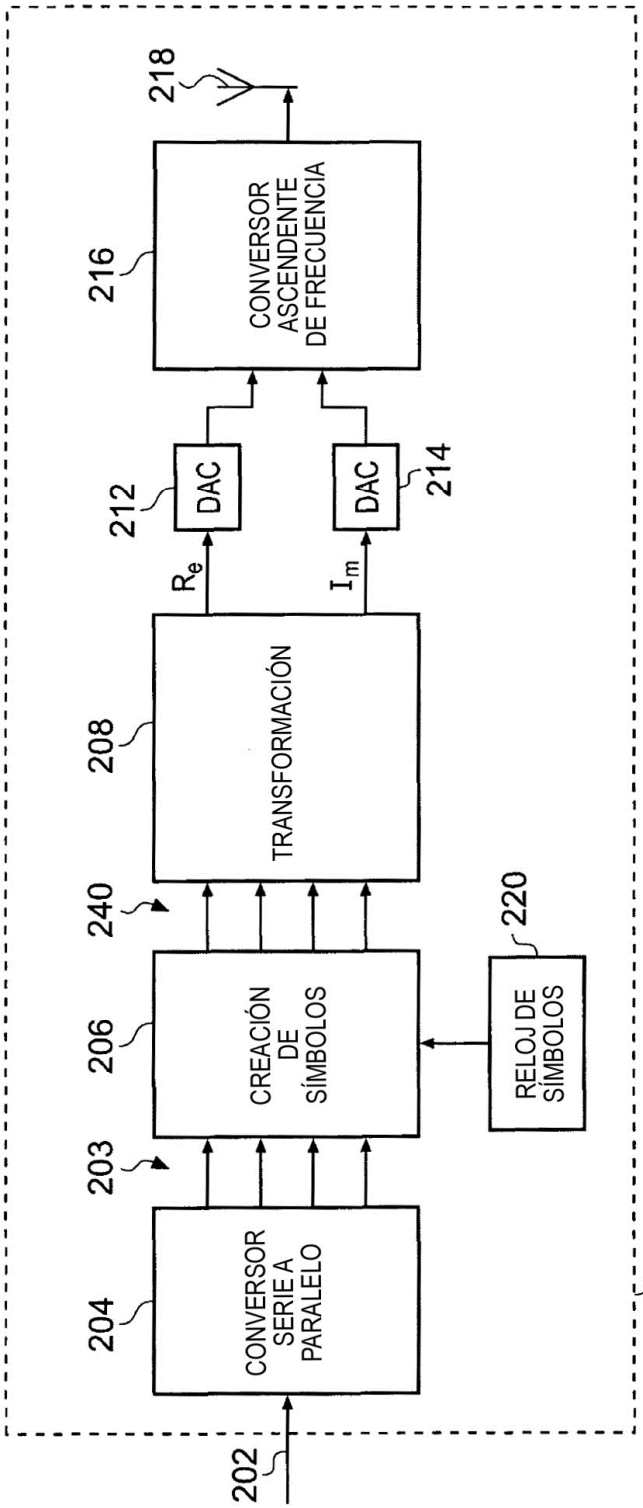

218
216
CONVERSOR ASCENDENTE DE FRECUENCIA
212
DAC
214
DAC
R_e
I_m
208
TRANSFORMACIÓN
240
220
206
CREACIÓN DE SÍMBOLOS
RELOJ DE SÍMBOLOS
203
204
CONVERSOR SERIE A PARALELO
202
16

FIG. 4

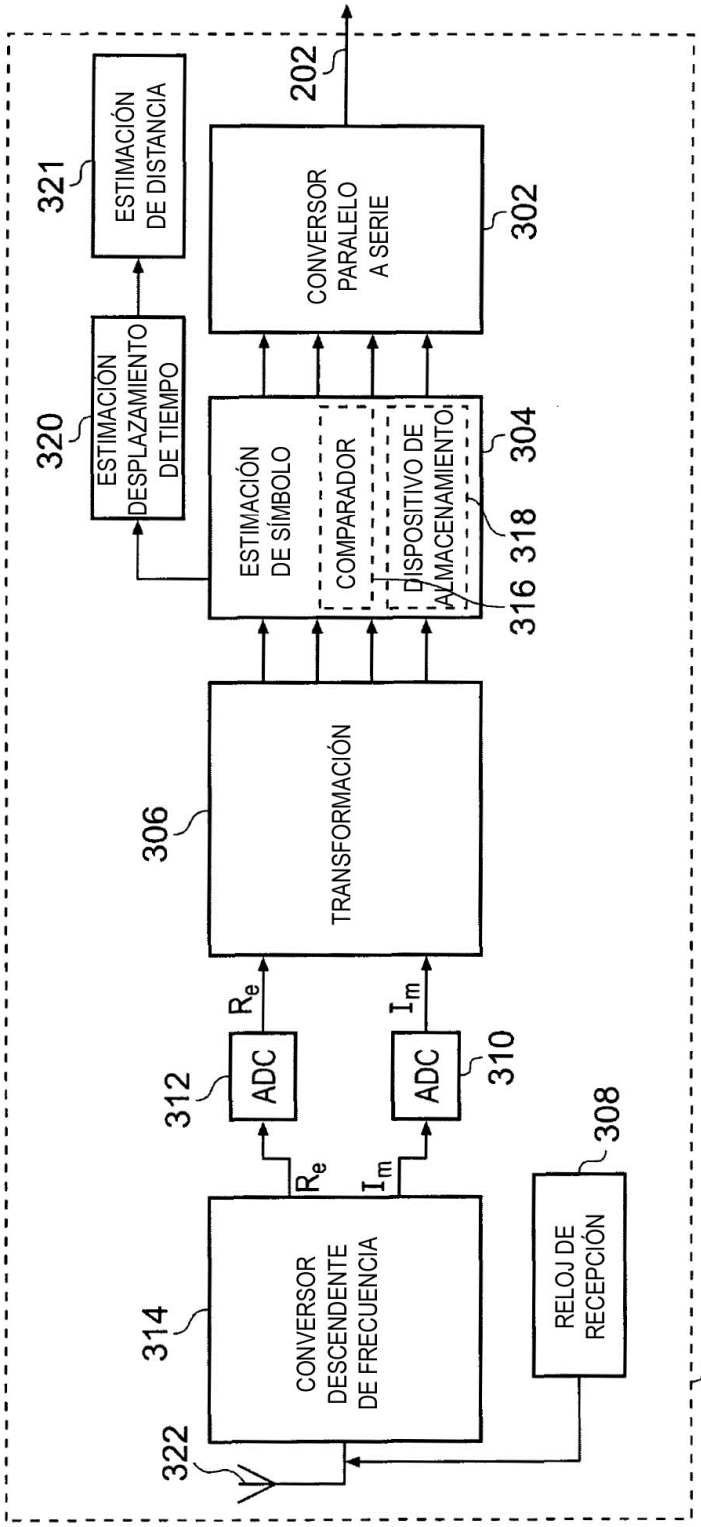

202
321
ESTIMACIÓN DE DISTANCIA
CONVERSOR PARALELO A SERIE
302
320
ESTIMACIÓN DESPLAZAMIENTO DE TIEMPO
ESTIMACIÓN DE SÍMBOLO
COMPARADOR
DISPOSITIVO DE ALMACENAMIENTO
304
316 318
306
TRANSFORMACIÓN
R_e
I_m
312
ADC
310
ADC
308
RELOJ DE RECEPCIÓN
314
CONVERSOR DESCENDENTE DE FRECUENCIA
322
18

FIG. 5

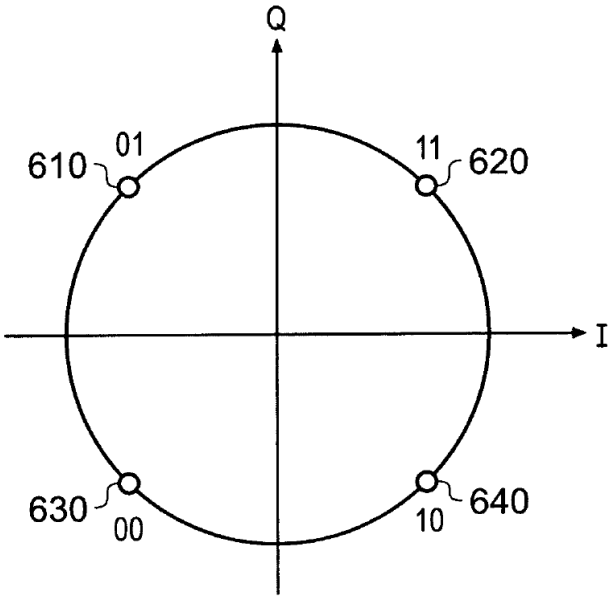

Q
610
01
11
620
I
630
00
10
640

FIG. 6a

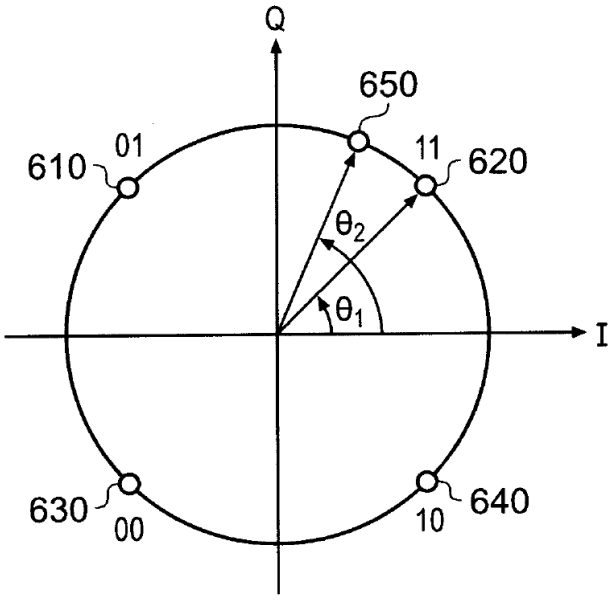

Q
650
610
01
11
620
θ2
θ1
I
630
00
10
640

FIG. 6b

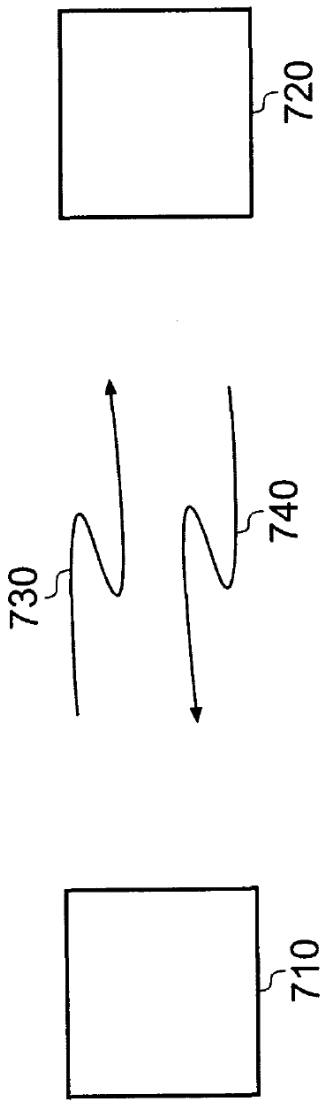


FIG. 7

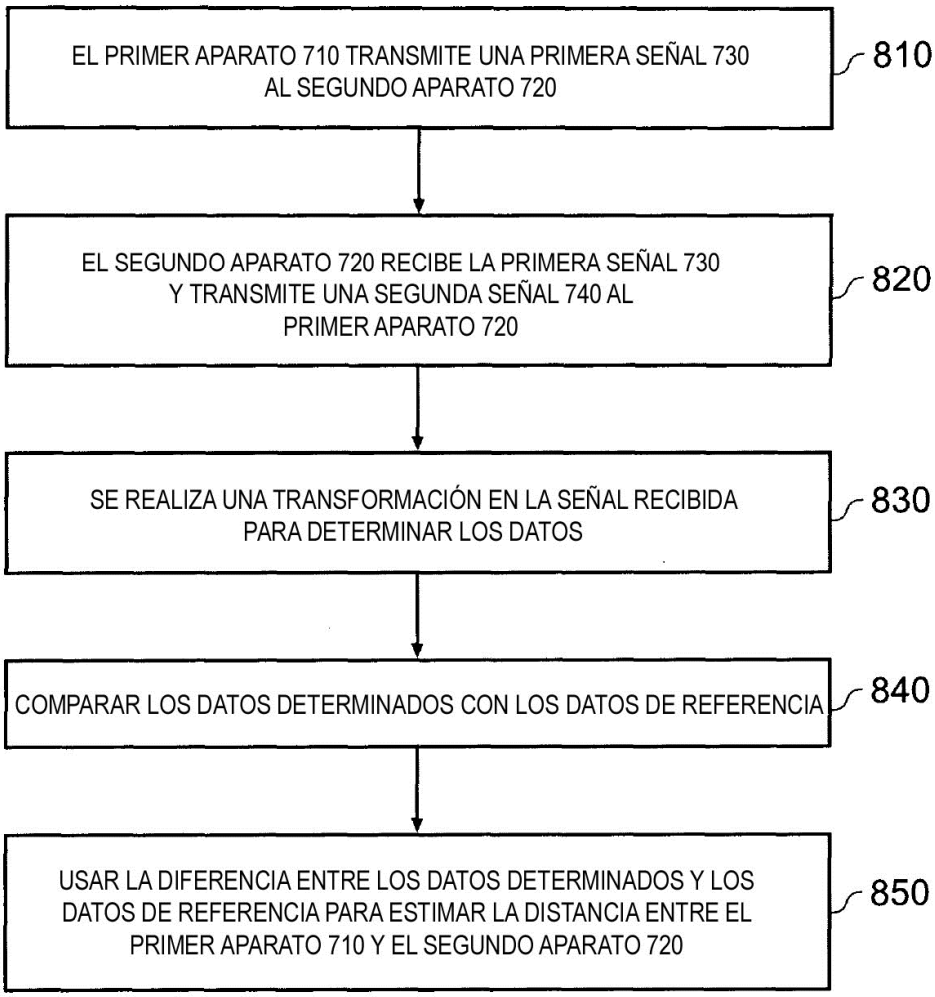

EL PRIMER APARATO 710 TRANSMITE UNA PRIMERA SEÑAL 730 AL SEGUNDO APARATO 720
810
EL SEGUNDO APARATO 720 RECIBE LA PRIMERA SEÑAL 730 Y TRANSMITE UNA SEGUNDA SEÑAL 740 AL PRIMER APARATO 720
820
SE REALIZA UNA TRANSFORMACIÓN EN LA SEÑAL RECIBIDA PARA DETERMINAR LOS DATOS
830
COMPARAR LOS DATOS DETERMINADOS CON LOS DATOS DE REFERENCIA
840
USAR LA DIFERENCIA ENTRE LOS DATOS DETERMINADOS Y LOS DATOS DE REFERENCIA PARA ESTIMAR LA DISTANCIA ENTRE EL PRIMER APARATO 710 Y EL SEGUNDO APARATO 720
850

FIG. 8