

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 014 236**

51 Int. Cl.:
G01S 11/02 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.10.2017 PCT/EP2017/077328**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.05.2018 WO18077959**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2017 E 17787930 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2024 EP 3532861**

54 Título: **Mediciones de tiempo de llegada (TOA)**

30 Prioridad:
28.10.2016 EP 16196384

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.04.2025

73 Titular/es:
**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.00%)
Hansastr. 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:
ALAWIEH, MOHAMMAD

74 Agente/Representante:
PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 3 014 236 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

Mediciones de tiempo de llegada (TOA)

5 Antecedentes

10 **[0001]** Las operaciones de tiempo de llegada (TOA) pueden permitir estimar las distancias de un transmisor que envía una transmisión (por ejemplo, transmisiones de radiofrecuencia o transmisiones de ultrasonido) de un receptor que recibe las transmisiones. Las estimaciones de TOA pueden ser obtenidas correlacionando una señal recibida con una señal almacenada y recuperando una muestra que lleva el valor pico de una función de correlación.

15 **[0002]** Las estimaciones de TOA pueden tener una resolución (por ejemplo, expresada en metros) limitada por la frecuencia de muestreo. Cuanto mayor sea la frecuencia de muestreo, mayor será la resolución. Como la frecuencia de muestreo no puede ser infinita, la resolución máxima es limitada.

[0003] El documento US 7.653.004 B2 describe un procedimiento para realizar una medición de TOA. Según esto, primero se identifica una correlación comparando el perfil de correlación recibido con diferentes funciones de correlación de referencia. Basándose en la comparación, el TOA es corregido mediante un retardo de fase estimado.

20 **[0004]** El documento WO 2006063768 A1 describe un procedimiento para realizar una medición de TOA a partir del borde de inflexión de un perfil de correlación.

25 **[0005]** El documento US 7.054.126 B2 describe un procedimiento para realizar una medición de TOA utilizando filtros de conformación de pulso tipo coseno alzado de raíz cuadrada y adaptados a chip en formas de onda de propagación de secuencia directa.

[0006] El documento WO 2004/051302 describe un procedimiento para mediciones de tiempo de llegada, TOA, comprendiendo una sesión de medición donde se determina un TOA según los datos de correlación.

30 **[0007]** El documento US2012/032855 A1 describe un procedimiento de alcance de alta resolución que utiliza señales multiportadora.

[0008] El documento US 2011/207477 A1 describe un procedimiento para operar una red de comunicación inalámbrica para permitir la estimación de calidad de una medición basada en el tiempo.

35 **[0009]** El documento US 2007/121679 A1 describe un procedimiento para mejorar las mediciones de tiempo de llegada, TOA, en una red de comunicación inalámbrica.

[0010] El documento US 2003/227895 A1 describe un sistema para mejorar la precisión de las mediciones de tiempo de llegada, TOA, en redes de comunicación inalámbrica.

40 **[0011]** Un procedimiento para calcular una correlación cruzada entre la señal recibida y de muestra en una secuencia de código de Barker continua en el tiempo para determinar una medición asociada al TOA es descrito por König S. y col., "Precise time of flight measurements in IEEE 802.11 networks by cross-correlating the sampled signal with a continuous Barker code", Mobile AD HOC and Sensor Systems (Mass), 2010 IEEE 7ª International Conference en, IEEE, Piscataway, NJ, EE. UU., 8 de noviembre de 2010.

Resumen de la invención

50 **[0012]** La presente invención se define en las reivindicaciones independientes.

[0013] Según un aspecto, se proporciona un procedimiento para mediciones de tiempo de llegada, TOA, de transmisiones transmitidas por un transmisor en un canal de transmisión, siendo el canal de transmisión el entorno, comprendiendo una sesión de configuración y una sesión de medición, donde la sesión de configuración comprende:
 55 realizar una pluralidad de procedimientos de correlación para una pluralidad de señales de configuración para obtener múltiples funciones de correlación de configuración asociadas a diferentes distancias conocidas en una resolución de submuestra, siendo la pluralidad de señales de configuración recibida en el canal de transmisión de un transmisor; para cada procedimiento de correlación de configuración, determinar la muestra de pico y los datos de una muestra inmediatamente anterior y una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico para cada correlación; y
 60 determinar, a partir de la muestra de pico determinada y los datos de la una muestra inmediatamente anterior y la una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico, datos de configuración preasignados asociados al canal de transmisión; y donde la sesión de medición comprende: realizar, en una resolución de muestra, un procedimiento de correlación en una señal de medición recibida para obtener una función de correlación de medición, siendo la resolución de submuestra superior a la resolución de muestra; determinar una muestra de pico y datos de correlación
 65 de una muestra adicional inmediatamente anterior y una muestra adicional inmediatamente posterior a la muestra de

pico en la función de correlación de medición; determinar un TOA y/o una distancia que se asocia al TOA según la muestra de pico y los datos de corrección obtenidos mediante al menos los datos de correlación de las muestras adicionales inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico y los datos de configuración preasignados asociados al canal de transmisión obtenidos en una resolución de submuestra.

5
[0014] Los datos de correlación (por ejemplo, valores de correlación) de las muestras inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico tienen información con respecto al TOA y/o a la distancia que es aún más precisa que la información que puede obtenerse simplemente identificando el pico en la función de correlación. Los datos de correlación pueden adaptarse al entorno utilizando datos de configuración preasignados. Se puede obtener
 10 una resolución de "submuestra", es decir, una resolución (por ejemplo, en términos de distancias que se pueden determinar) que va más allá de la resolución máxima posible con la frecuencia de muestreo del receptor al muestrear la señal recibida.

15 **[0015]** Según un aspecto, los datos de configuración preasignados varían según la distancia.

[0016] Por consiguiente, es posible adaptar los datos de corrección al canal de transmisión. Según la invención, se proporciona la sesión de configuración que obtiene una pluralidad de datos de las señales de configuración recibidas de una pluralidad de distancias diferentes, para obtener datos de configuración preasignados en asociación con distancias o retardos en el tiempo. Por consiguiente, los datos preasignados son extremadamente precisos.

20 **[0017]** Según la invención, los datos de configuración preasignados tienen una resolución superior a la resolución de la etapa de determinación para estimar el TOA y/o la distancia.

25 **[0018]** Por consiguiente, la precisión aumenta aún más. En concreto, como los datos de correlación en las muestras cercanas a la muestra de pico proporcionan información a una resolución de submuestra, los datos de configuración preasignados también pueden tener una resolución de submuestra, lo que permite aumentar la precisión de los datos de distancia obtenidos por los datos de correlación de las muestras cercanas a la muestra de pico.

30 **[0019]** La sesión de configuración comprende:

realizar una pluralidad de procedimientos de correlación para una pluralidad de señales de configuración para obtener múltiples funciones de correlación de configuración asociadas a diferentes distancias en una resolución de submuestra, siendo la pluralidad de señales de configuración recibida en el canal de transmisión de un transmisor;

35 para cada procedimiento de correlación de configuración, determinar la muestra de pico y los datos de la una muestra inmediatamente anterior y la una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico para cada correlación; y

determinar, a partir de la muestra de pico determinada y los datos de la una muestra inmediatamente anterior y la una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico, datos de configuración preasignados asociados al canal de transmisión.

40 **[0020]** Por consiguiente, los datos de configuración precisos se obtienen de la sesión de configuración, estando los datos de configuración en una resolución de submuestra.

45 **[0021]** Según un aspecto, una sesión de configuración tiene una sesión de simulación, por ejemplo, donde las señales recibidas se simulan a través de un canal simulado que simula las características del canal de transmisión.

[0022] Según un aspecto, se proporciona (en la sesión de configuración y en la sesión de operación) el hecho de comparar y/o medir la diferencia entre el valor de correlación de una muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico y el valor de correlación de una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico, y/o comparar o calcular una relación entre:- la diferencia entre el valor de correlación de una muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico inmediatamente y el valor de correlación de una muestra posterior a la muestra de pico; y

55 - la suma del valor de correlación de una muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico y el valor de correlación de una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico.

[0023] El cociente:

$$\frac{R(i+1) - R(i-1)}{R(i+1) + R(i-1)}$$

60 proporciona información precisa sobre la distancia y/o TOA real de la señal recibida. Este cociente se puede calcular, en la sesión de medición, en la etapa que consiste en determinar el TOA y/o la distancia. Este cociente puede

calcularse adicional o alternativamente en la sesión de configuración, para obtener información precisa sobre el canal de transmisión.

5 **[0024]** Según un aspecto, se proporciona un procedimiento para realizar mediciones de diferencia de tiempo de llegada, TDOA, comprendiendo medir un primer TOA para una primera transmisión, un segundo TOA para una segunda transmisión y medir una distancia restando el primer TOA del segundo TOA, donde al menos una de las mediciones se realiza con un procedimiento según los ejemplos anteriores y/o posteriores.

10 **[0025]** Según un aspecto, se proporciona un procedimiento para realizar mediciones de tiempo de ida y vuelta, RTT, comprendiendo transmitir una primera señal de un primer dispositivo a un segundo dispositivo, transmitir una segunda señal del segundo dispositivo al primer dispositivo y realizar el procedimiento uno de los ejemplos anteriores y/o posteriores para calcular la distancia entre los dispositivos primero y segundo para al menos las señales primera y/o segunda.

15 **[0026]** Según un aspecto, los dispositivos primero y segundo son equipos de usuario, UE, comprendiendo el procedimiento además realizar mediciones de RTT según un protocolo de dispositivo a dispositivo, D2D, o de vehículo a vehículo, V2V, para obtener la distancia mutua entre los dos UE, donde al menos un UE realiza las etapas que consisten en realizar en la sesión de medición y determinar la muestra de pico y los datos de correlación en la sesión de medición.

20 **[0027]** Según un aspecto, se proporciona un dispositivo comprendiendo:
 una unidad de estimación de tiempo de llegada, TOA, o de distancia para estimar, en la primera resolución, un TOA de una transmisión transmitida por un transmisor, o una distancia asociada al TOA, a partir de una posición de una muestra de pico en una función de correlación obtenida procesando una señal recibida, siendo el canal de transmisión
 25 el entorno, donde la primera resolución está asociada al tiempo de muestreo de la señal recibida y/o a la función de correlación; y
 una unidad de corrección para modificar el TOA o la distancia que se estima según al menos los datos de correlación de las muestras inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra y los datos de configuración preasignados que tienen una resolución superior a la primera resolución, siendo la resolución de la submuestra superior a la resolución
 30 de la muestra, caracterizado porque los datos de configuración se obtienen mediante las siguientes etapas:

realizar una pluralidad de procedimientos de correlación para una pluralidad de señales de configuración para obtener múltiples funciones de correlación de configuración asociadas a diferentes distancias conocidas en la resolución de submuestra;
 35 para cada procedimiento de correlación de configuración, determinar la muestra de pico y los datos de una muestra inmediatamente anterior y una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico para cada correlación; y
 determinar, a partir de la muestra de pico determinada y los datos de la una muestra inmediatamente anterior y la una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico, los datos de configuración preasignados asociados al canal de transmisión.

40 **[0028]** Según un aspecto, el dispositivo realiza uno de los procedimientos analizados anteriormente y/o a continuación.

45 **[0029]** Según un aspecto, se proporciona un dispositivo de almacenamiento que contiene datos de configuración preasignados que se combinarán con los datos de correlación de las muestras inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra con el pico para adaptar una medición al canal de transmisión.

50 **[0030]** Según un aspecto, se proporciona un sistema comprendiendo un transmisor y un receptor (por ejemplo, uno de los dispositivos anteriores y/o posteriores) y está destinado a medir un TOA de una señal recibida del transmisor al menos en la etapa de determinación o en la sesión de configuración.

55 **[0031]** Por consiguiente, los ejemplos anteriores y posteriores tienen una baja complejidad (por ejemplo, en términos de utilización de recursos, como el número de adiciones, multiplicaciones, etc., que se procesarán) con respecto a los procedimientos según la técnica anterior.

[0032] Además, no se distorsionan los datos de correlación, por ende, se aumenta la precisión.

60 **[0033]** En algunos ejemplos, la frecuencia de muestreo de las señales transmitidas/recibidas en la sesión de configuración es la misma que la frecuencia de muestreo de las señales transmitidas/recibidas en la sesión de medición (operación). No obstante, la información puede obtenerse en una resolución de submuestra realizando un gran número de mediciones de configuración en la sesión de configuración.

65 **[0034]** Según un ejemplo, es posible realizar mediciones de configuración real en la sesión de configuración utilizando una cadena de hardware para el transceptor. Pueden utilizarse cables de diferente longitud para esta sesión de configuración para obtener un perfil de correlación en cada longitud. El cable puede conectar directamente el

transmisor a la salida del receptor. El tiempo exacto de propagación de la señal para cada cable puede controlarse con un instrumento de medición establecido en la frecuencia portadora definida. El transmisor y el receptor pueden sincronizarse. El número de cables utilizados puede estar relacionado con el número de submuestras (K). Por consiguiente, los datos de configuración preasignados pueden calcularse para cada medición con una longitud de cable diferente. Conociendo el tiempo exacto de propagación de la señal para cada cable.

5
10 **[0035]** En algunos ejemplos, se proporciona el hecho de comparar y/o medir, durante la determinación de los datos de correlación de la muestra inmediatamente anterior y la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico, la diferencia entre el valor de correlación de una muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico y el valor de correlación de una muestra posterior a la muestra de pico con el valor de correlación de la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico y/o calcular una relación entre:

- la diferencia entre el valor de correlación de una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico y el valor de correlación de una muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico; y
15 - la suma del valor de correlación de una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico y el valor de correlación de una muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico.

20 **[0036]** En algunos ejemplos, se proporciona, en la sesión de configuración realizada en una resolución de submuestra, comparar y/o medir la diferencia entre el valor de correlación de la muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico y el valor de correlación de la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico, y/o calcular una relación entre el cálculo de una relación entre:

- la diferencia entre el valor de correlación de la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico y el valor de correlación de una muestra anterior a la muestra de pico; y
25 - la suma del valor de correlación de una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico y el valor de correlación de una muestra anterior a la muestra de pico.

30 **[0037]** En algunos ejemplos, se proporciona la obtención de los datos de configuración preasignados a partir de una función de ajuste.

[0038] En algunos ejemplos, se proporciona la obtención de los datos de configuración preasignados a partir de una función lineal.

35 **[0039]** En algunos ejemplos, se proporcionan datos de configuración mediante el uso de una función cuadrática.

40 **[0040]** En algunos ejemplos, se proporciona la recopilación de los datos de configuración preasignados a partir de una pluralidad de TOA y/o distancias a distancias mutuas inferiores a la resolución de medición asociada a la frecuencia de muestreo, para adaptar el canal de transmisión a los datos de correlación asociados a las muestras inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico.

45 **[0041]** En algunos ejemplos, se proporciona la adaptación de datos obtenidos por las muestras inmediatamente anteriores y/o posteriores a la muestra de pico con datos asociados al canal de transmisión obtenidos en una resolución de submuestreo.

[0042] En algunos ejemplos, se proporciona que la función lineal o cuadrática transforma los datos de una función de correlación de medición en datos que tienen en cuenta las características del entorno.

50 **[0043]** En algunos ejemplos, los datos de configuración comprenden una pendiente de una función lineal.

[0044] En algunos ejemplos, se proporciona la obtención de un cociente asociado a una muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico y la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico en la función de correlación y la adaptación del cociente a las condiciones del canal.

55 **[0045]** En algunos ejemplos, se proporciona el cambio de escala de un cociente asociado a la muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico y la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico en la función de correlación mediante un dato de configuración preasignado "a".

60 **[0046]** En algunos ejemplos, se proporciona la obtención de un valor con un cociente Índice de correlación asociado a la muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico y la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico en la función de correlación que obtiene los datos de corrección basándose en

$$\text{datos de corrección} = \left(\frac{\text{corrÍndice}}{a} - \frac{b}{a} \right)$$

donde "a" y "b" son datos de configuración preasignados.

5 **[0047]** En algunos ejemplos, "a" y "b" son coeficientes obtenidos de una función de ajuste obtenida en la sesión de configuración.

[0048] En algunos ejemplos, se proporciona la determinación de un TOA mediante

$$\text{TOA}_{\text{final}} = \text{TOA}_{\text{estimado}} + (\text{Corrección} - K/2)/K$$

10

donde TOA_estimado es el TOA estimado, Corrección es el dato de corrección y K es una constante asociada al número de submuestras de la sesión de configuración.

15 **[0049]** En algunos ejemplos, se proporciona la determinación de un TOA mediante

$$\text{TOA}_{\text{final}} = \text{TOA}_{\text{estimado}} + (\text{Corrección} - K/2)/K$$

donde TOA_estimado es el TOA estimado, Corrección es el dato de corrección y K es una constante asociada al número de submuestras de la sesión de configuración.

20

[0050] En algunos ejemplos, se proporciona, en la sesión de configuración, el hecho de realizar correlaciones de sesión de configuración asociadas a diferentes submuestras "k" y, para cada sesión de configuración, obtener un cociente Índice de correlación(k) asociado a la al menos una muestra inmediatamente anterior a la muestra pico y la al menos una muestra inmediatamente posterior a la muestra pico; y

25 proyectar diferentes Índices de correlación(k) para obtener una función de ajuste que se aproxime a los diferentes datos obtenidos en la sesión de configuración.

[0051] En algunos ejemplos, se proporciona la obtención de datos de configuración preasignados como coeficientes "a" y "b" de la función de ajuste.

30

[0052] En algunos ejemplos, la resolución de submuestra es tal que los datos de configuración preasignados se obtienen en diferentes posiciones que están dentro de la resolución de muestra.

35 **[0053]** En algunos ejemplos, la señal de medición recibida es una señal transmitida en una red de evolución a largo plazo, LTE, o una red 4G o 5G.

[0054] En algunos ejemplos, la señal de medición recibida es una señal recibida de un satélite y/o de un sistema Galileo.

40 **[0055]** En algunos ejemplos, las etapas que consisten en realizar y determinar una muestra de pico y datos de correlación de muestras adicionales inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico en la función de correlación de medición se realizan por un primer dispositivo, y las etapas que consisten en determinar un TOA y/o una distancia se realizan por un dispositivo remoto.

45 **[0056]** En algunos ejemplos, el primer dispositivo es un equipo de usuario, UE, y el segundo dispositivo es un servidor de ubicación, o una estación base, o un nodo evolucionado, eNB, o un gNB (NodeB de próxima generación en 5G). En algunos ejemplos, se proporciona la medición de las TDOA obtenidas mediante transmisiones recibidas de una pluralidad de estaciones base.

50 **[0057]** En algunos ejemplos, se proporciona el uso de un dispositivo de comunicación en dúplex completo, comprendiendo el procedimiento, antes de la etapa que consiste en realizar: transmitir y recibir la señal transmitida en una operación en dúplex completo; y, después de la etapa que consiste en determinar un TOA, obtener los retardos asociados a los componentes internos del dispositivo de comunicación en dúplex completo.

55

[0058] En algunos ejemplos, se proporciona una compensación de los retardos internos del dispositivo de

comunicación en dúplex completo.

[0059] En algunos ejemplos, se proporciona un dispositivo configurado para obtener la muestra de pico y los datos asociados a las muestras inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico de un dispositivo remoto.

[0060] En algunos ejemplos, se proporciona un dispositivo de dúplex completo configurado para obtener retardos asociados a sus componentes internos transmitiendo y recibiendo simultáneamente la misma señal.

[0061] En algunos ejemplos, se proporciona un sistema comprendiendo un transmisor y un receptor, donde el receptor está destinado a medir un TOA de una señal recibida del transmisor al menos en la etapa de determinación o en la sesión de configuración.

[0062] En algunos ejemplos, se proporciona un dispositivo comprendiendo medios de almacenamiento no transitorios que contienen instrucciones legibles por el procesador que, cuando son ejecutadas por un procesador, hacen que el procesador realice cualquiera de los procedimientos posteriores o anteriores.

[0063] Según un aspecto, se proporciona un procedimiento para configurar un dispositivo comprendiendo:

realizar una pluralidad de procedimientos de correlación para una pluralidad de señales de configuración para obtener múltiples funciones de correlación de configuración asociadas a diferentes distancias en una resolución de submuestra;

para cada procedimiento de correlación de configuración, determinar la muestra de pico y los datos de la al menos una muestra inmediatamente anterior y la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico para cada correlación;

asociar los datos de configuración al canal de transmisión.

[0064] Según un aspecto, se proporciona un dispositivo para definir datos de configuración a partir de una señal de configuración recibida, comprendiendo además:

una unidad de correlación para correlacionar la señal de configuración recibida con una señal de referencia para obtener una función de correlación de configuración; y

una unidad de determinación de muestra para determinar una muestra de pico de la función de correlación de medición y los datos de una muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico y una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico, y una unidad de definición de datos de configuración que obtiene la muestra de pico y las otras muestras para proporcionar datos de configuración.

[0065] Según un aspecto, se proporciona un dispositivo como el anterior y/o el posterior, donde el dispositivo se calibra al:

realizar una pluralidad de procedimientos de correlación para una pluralidad de señales de configuración para obtener múltiples funciones de correlación de configuración asociadas a diferentes distancias en una resolución de submuestra;

para cada procedimiento de correlación de configuración, determinar la muestra de pico y los datos de las muestras inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico para cada correlación; asociar los datos de configuración al canal de transmisión.

[0066] Según un aspecto, se proporciona un procedimiento para configurar un dispositivo, comprendiendo el procedimiento:

realizar una pluralidad de procedimientos de correlación para una pluralidad de señales de configuración para obtener múltiples funciones de correlación de configuración asociadas a diferentes distancias en una resolución de submuestra;

para cada procedimiento de correlación de configuración, determinar la muestra de pico y los datos de la muestra inmediatamente anterior y posterior a la muestra de pico para cada correlación; asociar los datos de configuración al canal de transmisión.

[0067] En este documento, las transmisiones y/o señales pueden ser, por ejemplo, transmisiones y/o señales de radiofrecuencia y/o ultrasonido.

[0068] El transmisor y/o el receptor pueden ser, por ejemplo, móviles y/o pueden acoplarse a medios móviles. El transmisor y/o el receptor pueden estar, por ejemplo, conectados a un satélite.

Breve descripción de las figuras

[0069]

- La Fig. 1A muestra un procedimiento según un ejemplo,
- La Fig. 1B muestra un dispositivo según un ejemplo.
- 5 La Fig. 1C muestra un dispositivo según un ejemplo.
- La Fig. 1D muestra un sistema según un ejemplo.
- La Fig. 1E muestra un procedimiento según un ejemplo.
- La Fig. 1F muestra un procedimiento según un ejemplo.
- Las Figs. 2A, 2B y 2C muestran resultados comparativos mediante la implementación de diferentes ejemplos.
- 10 La Fig. 3 muestra un dispositivo según un ejemplo que implementa un procedimiento según un ejemplo.
- La Fig. 4 muestra un sistema según un ejemplo.
- La Fig. 5A muestra un procedimiento según un ejemplo.
- La Fig. 5B muestra un resultado de una implementación según un ejemplo.
- Las Figs. 6A y 6B muestran funciones según los ejemplos.
- 15 La Fig. 7 muestra resultados según un ejemplo.
- La Fig. 8A muestra un sistema según un ejemplo.
- La Fig. 8B muestra un sistema según un ejemplo.
- La Fig. 8C muestra un sistema según un ejemplo.
- La Fig. 9 muestra un dispositivo según un ejemplo.
- 20 La Fig. 10 muestra resultados comparativos mediante la implementación de diferentes ejemplos.
- La Fig. 11 muestra un procedimiento según un ejemplo.
- La Fig. 12 muestra un sistema según un ejemplo.
- La Fig. 13 muestra un esquema según un ejemplo.
- La Fig. 14 muestra una implementación según un ejemplo.

25

Descripción detallada

[0070] La Fig. 1A muestra un procedimiento 120. El procedimiento 120 se utiliza para realizar mediciones utilizando una técnica de TOA. El procedimiento 120 utiliza datos de configuración que se han obtenido en un procedimiento anterior, es decir, en una sesión de configuración (fuera de línea) 110 (que se muestra en la Fig. 1E). El número de referencia 100 en la Fig. 1E se refiere a una secuencia de procedimientos 110 y 120. El procedimiento 110 se realiza (incluso días o años) antes del inicio del procedimiento 120.

[0071] El procedimiento 120 comprende una sesión de operación durante la cual se realizan mediciones de TOA. El procedimiento 120 utiliza datos de configuración preasignados. Los datos de configuración son datos obtenidos utilizando una sesión de configuración tal como una sesión definida por el procedimiento 110.

[0072] El procedimiento 120 se realiza en una señal de medición que tiene (cuando se recibe) una frecuencia de muestreo (frecuencia de muestreo de medición). Por ejemplo, una transmisión recibida de un transmisor se muestrea a la frecuencia de muestreo. La frecuencia de muestreo es tal que una señal de medición recibida se procesa como una sucesión de muestras discretas (cada muestra asociada a un instante de tiempo particular). Por lo tanto, una señal recibida puede representarse como una sucesión de muestras (por ejemplo, 0, 1, 2, ..., i-1, i, i+1, ..., I), cada una de las cuales está asociada a un valor (que puede estar conectado, por ejemplo, a magnitudes electromagnéticas o ultrasónicas), que ha sido recibido por el receptor mediante muestreo (la señal recibida puede obtenerse físicamente por una antena). Las señales recibidas se procesan, por ejemplo, utilizando un procesador de señales digitales (DSP) u otro dispositivo informático, para obtener datos que permitan obtener una medición del TOA (retardo en el tiempo de una transmisión), que está conectado al entorno (canal de transmisión).

[0073] El tiempo de muestreo está asociado a una resolución. De hecho, los retardos en el tiempo y las distancias que pueden reconocerse son discretos en número.

[0074] En la etapa 122, se realiza un procedimiento de correlación (correlación cruzada) en una señal de medición recibida. Se deriva una función de correlación (función de correlación de medición). Se determina una muestra de pico en la función de correlación de medición para permitir una estimación de un TOA y/o de una distancia asociada a la señal recibida.

[0075] Un ejemplo de correlación (correlación cruzada) es proporcionado por la fórmula

$$R_{xy}[i] = \sum_{k=0}^{I-1} y[i+k]x^*[k]$$

60

donde "I" es la longitud del código de referencia en las muestras e "i" es un valor que indica cuánto debe desplazarse y para que y y x coincidan. x* es el conjugado complejo de x. Aquí, puede utilizarse el signo R(i) en lugar de R_{xy}[i] por

simplicidad. Cuando se nombra el máximo o un pico del perfil de correlación, se puede hacer referencia al pico del valor absoluto (por ejemplo, sólo un valor positivo). La función de correlación cuantifica cómo $y[i+k]$ y $x[k]$ coinciden y se asocia a una probabilidad de que las dos funciones estén en fase. En términos generales, la correlación puede tener una frecuencia de muestreo que puede ser la misma que (o puede estar asociada a) la señal de medición recibida. Una sincronización de las señales puede ser un requisito previo para realizar la correlación.

[0076] En concreto, la resolución alcanzable por los procedimientos de correlación está limitada a la distancia entre muestras adyacentes. Si, por ejemplo, la distancia entre la muestra $i-1$ (en el instante t_1) e i (en el instante t_2) es de 10 ns, se proporciona información para los instantes t_1 y t_2 , pero la correlación no proporciona la misma información precisa en diferentes instantes (como, por ejemplo, $t_1 < t_2$).

[0077] En la etapa 124, se recupera una muestra de pico en la función de correlación. La muestra de pico asocia directamente la señal recibida de medición a una distancia (por ejemplo, entre la antena del transmisor y la antena del receptor). En particular, es posible estimar un TOA determinando la muestra de pico, que es la muestra (en la sucesión de muestras del perfil de correlación) que tiene el valor máximo (por ejemplo, el valor absoluto máximo). La información proporcionada por la correlación (y los TOA y distancias estimados, también) tiene una resolución máxima, limitada a la frecuencia de muestreo de la señal de medición recibida. El hecho de que la resolución sea limitada (resolución máxima alcanzable) provoca una granularidad de distancias. En términos generales:

- 20 - cuanto mayor sea la frecuencia de muestreo;
- cuanto menor sea la distancia de tiempo entre diferentes muestras en la señal recibida;
- cuanto mayor sea la resolución (y la precisión);
- cuanto menor sea la distancia de tiempo entre los diferentes TOA (retardos en el tiempo) que se pueden medir; y
- cuanto menor sea la longitud entre diferentes distancias que se puede estimar con una medición de TOA.

[0078] Por ejemplo, cuando un receptor estima la distancia de un transmisor que se mueve hacia el receptor, en un primer instante, el valor pico en el perfil de correlación puede recuperarse en una muestra de orden i (asociada a un TOA particular y/o a una distancia particular), mientras que, en un segundo instante, el valor de pico puede recuperarse en una muestra de orden $(i+1)$ (asociada a otro TOA y a otra distancia), pero la determinación de los valores de pico, como tal, no proporciona información sobre el tiempo de vuelo (TOF) de la señal en un instante intermedio entre la muestra de orden i y la muestra de orden $(i+1)$ (y, por lo tanto, no proporciona información alguna sobre la distancia del receptor del transmisor). Por lo tanto, una determinación de muestra de pico, como tal, estima un TOF cuya resolución está limitada por la frecuencia de muestreo (estimación aproximada). Por lo tanto, al menos en la etapa 124, se recopilan datos adicionales, distintos de la posición del pico en el perfil de correlación, a partir del perfil de correlación para corregir la estimación que se calcula utilizando la determinación de la muestra de pico.

[0079] En la etapa 124, se determinan los datos de correlación de una muestra adicional anterior y de una muestra adicional posterior a la muestra de pico en la función de correlación de medición. Se determina la muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico y la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico. La muestra inmediatamente anterior o posterior es la muestra anterior o posterior a la muestra de pico de solamente una muestra en la función recibida de medición (muestras adyacentes). Por ejemplo, si una función recibida se recibe como una sucesión de 1, 2, ..., $i-1$, i , $i+1$, ..., l , muestras, y la muestra de pico es la muestra de orden i de la sucesión, la muestra inmediatamente anterior es la muestra de orden $(i-1)$, mientras que la muestra inmediatamente posterior es la muestra de orden $(i+1)$. Si las muestras de la función recibida se adquieren cada 10 ns, el retardo en el tiempo de las muestras inmediatamente anteriores/posteriores y la muestra máxima es, por lo tanto, de 10 ns. Los valores y/o datos de correlación también se obtienen en la etapa 124. Por ejemplo, se recopila el valor de correlación del pico y los valores de correlación de al menos una de las muestras $i-2$, $i-1$, i , $i+1$, $i+2$.

[0080] En la etapa 124, se recuperan los valores asociados a los valores de correlación de las muestras inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico. Se recupera un valor (o versiones modificadas del mismo, como un valor normalizado) de la función de correlación en la muestra adicional inmediatamente anterior y en la muestra adicional inmediatamente posterior a la muestra pico. Se puede obtener una diferencia entre un valor de correlación de una muestra inmediatamente anterior al valor de pico y un valor de correlación de una muestra inmediatamente posterior al valor de pico. La diferencia puede ser una diferencia algebraica, por lo que se puede tener en cuenta el signo ("+" o "-"). Se puede realizar una suma de un valor de correlación de una muestra anterior al valor de pico y un valor de correlación de una muestra inmediatamente posterior al valor de pico. Se puede calcular un cociente (por ejemplo, de una diferencia entre el valor de correlación de una muestra anterior al valor de pico y un valor de correlación de una muestra inmediatamente posterior al valor de pico en el numerador, dividido por una suma de un valor de correlación de una muestra anterior al valor de pico y un valor de correlación de una muestra posterior al valor de pico en el denominador). Por ejemplo, si un valor de correlación es $R(i)$ en la muestra de pico i , el cociente (que puede denominarse Índice de correlación en el presente documento) puede ser:

$$\frac{R(i+1)-R(i-1)}{R(i+1)+R(i-1)}$$

[0081] Por ende, en la etapa 124, además de la determinación de una muestra de pico que proporciona una primera información sobre el TOA, se obtienen datos asociados a otras muestras (por ejemplo, datos asociados a 5 valores de correlación de las muestras adyacentes a la muestra de pico).

[0082] En la etapa 126, se calcula un TOA y/o una distancia según la muestra de pico y los datos de corrección derivados de las muestras adicionales. Se realiza una estimación aproximada del TOA o de la distancia a partir de la muestra de pico en el perfil de correlación (por ejemplo, la muestra con el valor absoluto máximo). Esta estimación es 10 corrida utilizando datos de corrección derivados al menos de los datos de correlación de muestras adicionales inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico. Por ejemplo, el cociente tratado anteriormente (Índice de correlación) puede utilizarse para corregir la estimación obtenida de la muestra de pico.

[0083] Los valores de correlación cercanos al máximo de la función de correlación (es decir, los valores del 15 perfil de correlación medidos en las muestras que son adyacentes a la muestra de pico) llevan información adicional sobre la señal TOF (que proporciona información sobre la distancia del transmisor). Al utilizar los valores de la función de correlación en las muestras que están cerca del valor máximo, la determinación de los valores de TOA o de distancia es más precisa (al menos, alcanza un nivel de precisión similar a un nivel de precisión que se lograría con una mayor frecuencia de muestreo). Se puede hacer referencia, por ejemplo, al cociente tratado anteriormente (la muestra de 20 orden i es la muestra de pico):

$$\text{corr Índice} = \frac{R(i+1)-R(i-1)}{R(i+1)+R(i-1)}$$

[0084] En este caso, el valor de correlación $R(i-1)$ en la muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico 25 i se compara con el valor de correlación $R(i+1)$ en la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico i . Si $R(i-1) > R(i+1)$, es posible obtener información adicional sobre la posición del transmisor. Por ejemplo, es posible derivar la probabilidad de que el transmisor esté realmente más cerca del receptor de lo estimado simplemente recuperando la muestra de pico. $R(i-1) > R(i+1)$ da la idea de que, con una mejor resolución (mayor frecuencia de muestreo), el valor de pico no se recuperaría en el instante de tiempo asociado a la muestra de orden i , sino en una muestra asociada a 30 un instante de tiempo anterior. De manera análoga, si $R(i-1) < R(i+1)$, existe una alta probabilidad de que la distancia real sea superior a la estimada al simplemente recuperar la muestra máxima. $R(i-1) < R(i+1)$ da la idea de que, con una mejor resolución (mayor frecuencia de muestreo), el valor de pico se identificaría después del instante de tiempo asociado a la muestra de orden i .

[0085] Por lo tanto, los datos obtenidos por los datos de correlación de muestras adicionales anteriores y 35 posteriores a la muestra de pico permiten derivar datos de corrección para una medición de TOA.

[0086] En la etapa 126, los TOA o la distancia estimados se corrigen utilizando los datos de corrección. Por ejemplo, se realiza una transformación (tal como, por ejemplo, una combinación lineal) para transformar el TOA 40 estimado en una medición corregida a través de una composición con un valor asociado a un dato de corrección (por ejemplo, un valor transformado).

[0087] En la etapa 126, los datos de corrección adaptados (por ejemplo, calibrados) al canal de transmisión se obtienen utilizando datos de configuración preasignados. Los datos de configuración preasignados se han definido en 45 una sesión de configuración (por ejemplo, utilizando el procedimiento 110). Los datos de configuración preasignados proporcionan información sobre el entorno. Los datos de configuración preasignados permiten aumentar la precisión de la medición de TOA, de modo que los datos de corrección obtenidos por los datos de correlación de muestras adicionales inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico se procesan para adaptarse a las condiciones ambientales específicas del canal de transmisión. Los datos de configuración preasignados pueden estar en forma de 50 funciones (por ejemplo, funciones lineales) que pueden transformar un primer dato de corrección en un segundo dato de corrección que tenga en cuenta la situación del lugar donde se llevan a cabo las mediciones de TOA. Los datos de configuración preasignados pueden comprender una función obtenida por inferencia o interpolación a partir de señales de datos obtenidas en unos datos de sesión de configuración (por ejemplo, con el procedimiento 110). Se pueden utilizar funciones de ajuste (por ejemplo, función de ajuste lineal, funciones de ajuste cuadrático u otras). 55

[0088] Cada dato de corrección puede estar asociado a un valor, intervalo, rango de distancia o intervalo de TOA particular, por ejemplo, después de haber adaptado los datos de la función de correlación (por ejemplo, muestra

de pico, valor en las muestras cercanas a la muestra de pico). Dado que la determinación de las distancias y los TOA mediante la recuperación del valor de pico permite obtener, en el mejor de los casos, estimaciones discretas, cada valor de TOA discreto (o distancia) que puede estimarse puede preasignarse (por ejemplo, en una sesión de configuración) a al menos un dato de configuración.

5

[0089] Mediante el uso de datos de corrección basados en los datos (por ejemplo, el valor) de las muestras adicionales inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico en combinación con los datos de configuración preasignados, la resolución de medición de los retardos en el tiempo y las distancias aumenta más allá de la resolución máxima limitada a la frecuencia de muestreo. Por lo tanto, es posible concluir que los presentes ejemplos alcanzan una resolución de submuestra (precisión de submuestra).

10

[0090] La Fig. 1E muestra un procedimiento 110 (que realiza una sesión de configuración) utilizado para obtener datos de configuración (pluralidad de datos de configuración) a partir de señales de configuración recibidas de una pluralidad de ubicaciones diferentes (de un transmisor que se mueve a través de diferentes ubicaciones, de modo que se conocen las ubicaciones, o se conoce la distancia desde la ubicación). Los datos de configuración comprenden, por ejemplo, datos obtenidos a partir de datos de TOA logrados mediante la realización de correlaciones en las señales de configuración recibidas. Los datos de configuración proporcionan información sobre el canal de transmisión. Los datos de configuración se utilizan, en la o las sesiones de operación posteriores, para estimar mejor el TOA o la distancia.

15

20

[0091] La Fig. 1B muestra un dispositivo 130. El dispositivo 130 es un dispositivo para medir un TOA y/o una distancia. El dispositivo 130 realiza el procedimiento 120. El dispositivo 130 se configura utilizando el procedimiento 110. El dispositivo 130 forma parte de un dispositivo receptor que recibe transmisiones enviadas por un transmisor cuya distancia se debe calcular.

25

[0092] En funcionamiento, una señal de medición recibida 132 (muestreada a una frecuencia de muestreo particular) se proporciona a una unidad de correlación 134. La señal de medición recibida 132 se correlaciona (correlaciona de forma cruzada) con una señal de referencia 133 (que puede almacenarse en una memoria) para obtener una función de correlación de medición 136. La función de correlación de medición 136 se proporciona como un valor absoluto (por ejemplo, con sólo valores numéricos positivos), como un valor normalizado (por ejemplo, dividiendo los valores por un valor particular) o similar. Al correlacionar una función recibida con una función prealmacenada, se determina un máximo en el perfil de correlación, teniendo la muestra el valor máximo relacionado con el TOA de la señal de medición recibida (y con la distancia del transmisor).

30

35

[0093] La función de correlación de medición 136 se proporciona a una unidad de determinación de muestra 138. La unidad de determinación de muestra 138 determina la muestra de pico 140 de la función de correlación de medición 136. La muestra de pico es la muestra que tiene el valor máximo (por ejemplo, entre los valores absolutos y/o los valores normalizados) de la función de correlación. La unidad de determinación de muestra 138 reconoce otras muestras, tales como una muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico 140 y una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico 140. La muestra de pico 140 es una entrada a una unidad de estimación de TOA o de distancia 144, que estima un TOA (y/o una distancia asociada al TOA) 146. El TOA puede estimarse de manera aproximada según la posición del pico en la función de correlación (estando la posición del pico asociada a un TOA particular, estando el TOA asociado a una distancia particular).

40

45

[0094] En términos generales, la estimación realizada por la unidad de estimación 144 tiene una resolución limitada: en una señal de radiofrecuencia (RF), por ejemplo, la resolución de distancia máxima de algunos metros puede ser alcanzable, por ejemplo, cuando el tiempo de muestreo se encuentra en las decenas de nanosegundos (aproximadamente, las ondas electromagnéticas viajan a la velocidad de tres metros en diez nanosegundos).

50

[0095] Se puede proporcionar una unidad de determinación de datos de corrección 148. La unidad de determinación de datos de corrección 148 hace uso de los datos de correlación (por ejemplo, el valor) 142 de las muestras inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico 140 en la función de correlación de medición 136 y/o el TOA o la distancia estimada 146. A partir de los datos de las muestras cercanas, la información procede de la posición de un transmisor que es incluso más precisa que la información inferida por la posición de la muestra de pico.

55

[0096] La unidad de determinación de datos de corrección 148 puede introducirse con datos asociados a la función de correlación de medición 136 (por ejemplo, la muestra de pico 140 y/o los datos de correlación 142 asociados a las muestras inmediatamente cercanas a la muestra de pico 140, el TOA o la distancia estimada 146).

60

[0097] La unidad de determinación de datos de corrección 148 se introduce con datos de configuración preasignados 150 (obtenidos con el procedimiento 110). Los datos de configuración 150 se pueden almacenar, por ejemplo, en una memoria y estar a disposición de la unidad de determinación de datos de corrección 148. Los datos de configuración 150 pueden comprender tablas y/o funciones de consulta (por ejemplo, funciones de ajuste). Los datos de configuración 150 pueden contener información sobre el entorno (canal de transmisión), ya que pueden

65

haberse obtenido a partir de mediciones reales (por ejemplo, en la sesión de configuración y/o con el procedimiento 110). Las mediciones reales se han obtenido en una resolución de submuestra con respecto a la resolución máxima de la medición (por ejemplo, la resolución asociada a la frecuencia de muestreo). Los datos de configuración 150 permiten realizar transformaciones de modo que la información de muestra asociada a los picos 140 y los datos de correlación 142 asociados a las muestras cercanas a los picos se transforman en datos de corrección que tienen en cuenta las condiciones del canal de transmisión. Por lo tanto, hay datos precisos (por ejemplo, en la precisión de la submuestra) a disposición de la unidad de determinación de datos de corrección 148 para modificar el TOA (o distancia) estimado 146.

10 **[0098]** Mediante el uso de los datos de configuración 150, los datos de correlación (por ejemplo, valores de correlación) 142 de las muestras inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico 140 se transforman para adaptar el TOA (o distancia) estimado 146 al TOA corregido de alta resolución o valores de distancia 156. Se utiliza una unidad de corrección 154 para modificar el TOA o las distancias estimados con los datos de corrección. En particular, no sólo se corrige el TOA (o distancia) 146, sino que también se tienen en cuenta las condiciones del canal de transmisión.

[0099] Por ejemplo, en la unidad de corrección 154, existe la posibilidad de corregir el TOA o la distancia 146 por composición con (por ejemplo, adición de) un valor 152 asociado a los datos de corrección, estando el valor 152 en la resolución de submuestra.

20 **[0100]** La Fig. 1C muestra un dispositivo 160 que puede ser un sistema de cálculo de TOA o de distancia 160. El dispositivo 160 puede comprender una antena 161. El dispositivo 160 puede comprender un transceptor de recepción 162, que puede estar conectado a la antena 161. El dispositivo 160 puede comprender el dispositivo 130. El dispositivo 160 puede comprender un filtro 164. El dispositivo 160 también puede comprender una unidad de E/S 25 166, que puede proporcionar como salida a un usuario o a un dispositivo externo un cálculo del TOA (o una distancia), por ejemplo, el valor 156.

[0101] La Fig. 1D muestra un dispositivo transmisor 170 cuya distancia D_1 en el instante t_1 debe ser determinada por el dispositivo 130 o 160. El dispositivo transmisor 170 puede moverse para tener una distancia D_2 del dispositivo 130 o 160 en el instante t_2 . El número de referencia 180 se refiere a un sistema comprendiendo el transmisor 170 y un receptor 130 o 160 para calcular la distancia (por ejemplo, en tiempo real). El dispositivo transmisor 170 puede ser, por ejemplo, un sistema Galileo o satélite.

[0102] En términos generales, las mediciones de TOA basadas en la recuperación del pico de muestra en la función de correlación están limitadas en la precisión en virtud del tiempo de muestreo máximo (que tiene un valor finito). Si, en un entorno de RF, el tiempo de muestreo es de 10 ns, la precisión máxima de una medición de TOA basada solamente en la recuperación de la muestra máxima puede tener una resolución de aproximadamente 3 m. Por lo tanto, al muestrear a 10 ns, solamente las distancias que son aproximadamente múltiples de 3 m serían detectables sin aproximación.

40 **[0103]** En algunos ejemplos, la Fig. 1 puede referirse a un receptor simulado, un transmisor simulado y un canal simulado.

[0104] Un ejemplo comparativo se proporciona en las Figs. 2A y 2B. En la Fig. 2A, un perfil ideal 200 para una correlación en una señal recibida de una distancia de 300 m se alinea con la señal de referencia (0°) y proporciona un pico correcto. Sin embargo, con una diferencia de fase de 180° como se muestra en la Fig. 2B (que se refiere a una estimación sin corrección, por ejemplo, simplemente recuperando el máximo en el perfil de correlación), un máximo detectado 206 se desvía del máximo ideal 204 con un Δd que es de 1,5 m en este caso. En las Figs. 2A y 2B, la abscisa se proporciona en metros (como consecuencia de que la distancia está asociada a la posición del pico en la muestra de correlación). Puede utilizarse un filtro de correlación que calcule la correlación.

[0105] En sistemas que no tienen datos de corrección, sólo cuando un transmisor (por ejemplo, 170) transmite una señal de una posición a una distancia que es un múltiplo de la distancia recorrida por las ondas, la medición de TOA puede ser, en el mejor de los casos, correcta. Cuando el transmisor transmite desde una posición diferente, puede estar presente una cierta cantidad de error.

[0106] No obstante, se corrige la desviación de las mediciones de TOA, mediante la implementación del procedimiento 120 y/o el uso del dispositivo 130 o 160. La Fig. 2C muestra un primer perfil (función) de correlación 210 (que puede representar una función de correlación de medición 136) de una primera señal recibida en una sesión de medición de una distancia que es exactamente detectable al recuperar la muestra de pico cuando se correlaciona una función recibida (es decir, el transmisor se coloca a una distancia que es múltiplo a aproximadamente 3 m durante un tiempo de muestra de 10 ns). Se identifica un pico 240 (por ejemplo, por la unidad de determinación de muestra 138 o la etapa 124). Por consiguiente, se identifica la muestra de pico (en la Fig. 2C, la muestra de pico está en la 17ª muestra) y el TOA y/o la distancia se estima de manera aproximada (por ejemplo, por la unidad 144). Otras dos muestras, asociadas a los valores de correlación 242', se identifican como las muestras inmediatamente anteriores y

posteriores a la muestra con el pico 240.

[0107] La Fig. 2C también muestra un segundo perfil (función) de correlación 212 de una segunda señal recibida en la misma sesión de medición, pero después de eso el transmisor se ha movido medio metro (por ejemplo, la distancia es ahora de aproximadamente 2,5 m). Al realizar la segunda correlación (por ejemplo, repitiendo la etapa 122 para una nueva señal), se recupera un segundo pico. En este caso, el pico del segundo perfil de correlación 212 está en la posición del pico de la primera correlación 210. Esto se debe al hecho de que las señales recibidas primera y segunda se reciben desde distancias que están demasiado cerca entre sí para distinguirse en la resolución de la presente frecuencia de muestreo. Sin embargo, las posiciones de las muestras inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico en el segundo perfil de correlación 212 son diferentes de las muestras 242' del primer perfil de correlación 210. Por lo tanto, incluso si, desde la posición de los picos 240, la distancia del transmisor no se midiera con una gran precisión, es posible utilizar muestras cercanas a la muestra de pico (muestras 242") para reconstruir una ubicación más exacta del transmisor en una resolución de submuestra. Utilizando los datos de corrección 152 obtenidos por los datos contenidos por las muestras 242" (por ejemplo, valores 142), se corrigen los resultados de la estimación.

[0108] Sin embargo, se ha observado que, incluso utilizando los valores de las muestras anteriores y posteriores a la muestra de pico, todavía es posible aumentar la precisión, utilizando los datos de configuración preasignados 150. Como los datos de configuración preasignados se han recopilado de una pluralidad de TOA y/o distancias que tienen distancias inferiores a la resolución de medición asociada a la frecuencia de muestreo, los datos de configuración preasignados son adecuados para adaptar al canal de transmisión (por ejemplo, calibrar) los datos de correlación asociados a las muestras anteriores y posteriores a la muestra de pico.

[0109] Para las muestras 242", el valor de correlación $R(i-1)$ (que es la 16ª muestra) es más alto que el valor de correlación $R(i+1)$ (que es la 18ª muestra). Por lo tanto, es posible inferir que, con una mayor resolución (por ejemplo, con una frecuencia de muestreo mucho mejor), el "pico real" se recuperaría antes del instante asociado a la muestra de pico. Por lo tanto, el cociente Índice de correlación identificado anteriormente proporciona una información más precisa en la posición del transmisor con respecto a la estimación basada en simplemente recuperar el valor de pico en la función de correlación.

$$\frac{R(i+1) - R(i-1)}{R(i+1) + R(i-1)}$$

30

[0110] Sin embargo, al adaptar los datos obtenidos de las muestras cercanas a la muestra de pico (por ejemplo, del cociente Índice de correlación) utilizando datos preasignados a una resolución más alta (submuestreo

[0111] Sin embargo, al adaptar los datos obtenidos de las muestras cercanas a la muestra de pico (por ejemplo, del cociente Índice de correlación) utilizando datos preasignados a una resolución más alta (resolución de submuestreo), se aumenta aún más la precisión del TOA y/o las distancias corregidas 156.

[0112] Los datos de correlación que se utilizarán para medir la distancia (o TOA) se obtienen adaptando los datos obtenidos por las muestras inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico con datos asociados al canal de transmisión, habiendo sido estos datos obtenidos en una resolución de submuestreo (siendo la resolución de submuestreo superior a la resolución de muestreo de las mediciones realizadas por la unidad de determinación de muestras 138, por ejemplo). Un ejemplo de datos de configuración preasignados 150 (obtenidos con el procedimiento 110) se proporciona en la Fig. 6A. Los datos de configuración preasignados 150 (por ejemplo, índice de corrección) pueden adoptar la forma de una función lineal 600. La función lineal 600 se puede haber obtenido, por ejemplo, por inferencia, interpolación, procedimiento de mínimos cuadrados u otros procedimientos estadísticos. La función lineal 600 puede utilizarse para transformar datos de una función de correlación de medición (por ejemplo, datos asociados al pico anterior y/o posterior a la muestra de pico) en datos que tienen en cuenta las características del entorno (canal de transmisión). Por lo tanto, diferentes entornos pueden estar asociados a diferentes funciones lineales (por ejemplo, diferentes pendientes).

[0113] En la Fig. 6B, se muestra una función cuadrática. La función cuadrática se puede expresar, por ejemplo, como $y=ax^2+bx+c$. En un caso, por ejemplo, puede ser:

$$y=1,9e-05*x^2+0,21*x+0,038$$

55

[0114] La Fig. 3 muestra un procedimiento 300 que puede realizarse como una realización del procedimiento 120 y/o por el dispositivo 130 o 160.

[0115] En la etapa 302 (que incorpora la etapa 122), se calcula una correlación R, por ejemplo, obteniendo la

función de correlación de medición 136. La correlación R tiene una resolución de muestra (resolución asociada a la frecuencia de muestreo de la señal recibida y/o la frecuencia de muestreo de la función de correlación).

5 **[0116]** En la etapa 304, se identifica un TOA aproximado inicial (por ejemplo, TOA 146) o una distancia aproximada (por ejemplo, a través de las unidades 138 y 144).

10 **[0117]** En la etapa 306, se realizan cálculos asociados a la función de correlación 136 (por ejemplo, a los datos de correlación de al menos una muestra adicional anterior y/o posterior a la muestra de pico 242") (por ejemplo, en la unidad de determinación de datos de corrección 148). Por ejemplo, es posible calcular valores tales como:

$$\text{diferencia}_R = R(i + 1) - R(i-1)$$

$$\text{suma}_R = R(i + 1) + R(i - 1)$$

$$\text{corrÍndice} = \frac{\text{diferencia}_R}{\text{suma}_R}$$

15 **[0118]** Por ende, el valor Índice de correlación puede incorporar el cociente tratado anteriormente y puede dar una idea de la "posición real" del pico. En particular, si la distancia (o TOA) real es superior a la distancia estimada al recuperar la muestra de pico en el perfil de correlación, entonces el valor $\text{dif}_R = R(i + 1) - R(i - 1)$ es superior a cero.

20 **[0119]** En la etapa 308 (que puede ser realizada por la unidad de determinación de datos de corrección 148 y/o en la etapa 126), los datos de corrección 152 se calculan, por ejemplo, adaptando el Índice de correlación a las condiciones del entorno. Por ejemplo, la corrección puede realizarse utilizando una transformación lineal que puede traducir Índice de correlación por un dato de configuración preasignado "b" y cambiar a escala por un dato de configuración preasignado "a" según una fórmula tal como:

25

$$\text{datos de corrección} = \left(\frac{\text{corrÍndice}}{a} - \frac{b}{a} \right)$$

30 **[0120]** El término "b" puede estar relacionado con el número de correlaciones, por ejemplo. Este término "b" se puede utilizar para ajustar, en algunos casos, ligeras desviaciones cuando se realiza un ajuste lineal (por ejemplo, cuando una ecuación lineal puede ajustarse aproximadamente al Índice de correlación, pero el margen de error es aceptable). También es posible elegir una función de ajuste de mayor grado (por ejemplo, una función de ajuste cuadrático).

35 **[0121]** Por lo tanto, el cociente Índice de correlación, calculado según los valores de correlación de las muestras cercanas a la muestra de pico, puede ajustarse a escala en una cantidad "a". Básicamente, "a" y "b" pueden ser los coeficientes de una transformación lineal que tiene en cuenta las condiciones del canal de transmisión. Se pueden definir otras formas de adaptar los datos de corrección al canal de transmisión particular (por ejemplo, utilizando una transformación cuadrática, y así sucesivamente). Los datos tales como "a" y "b", que están preasignados, pueden haberse obtenido en un procedimiento de configuración (por ejemplo, el procedimiento 110). Básicamente, los datos
40 "a" y "b" proporcionan un perfil modelado que permite corregir el TOA impreciso estimado simplemente buscando la muestra de pico en el perfil de correlación.

45 **[0122]** En la etapa 310 (que se incorpora por la unidad de corrección 154 y/o realiza en la etapa 126), los datos de corrección pueden estar compuestos (por ejemplo, sumados algebraicamente) por el TOA o la distancia inicial que se estima en la etapa 304 (por ejemplo, por la unidad 144).

[0123] Por lo tanto, el TOA preciso puede ser una combinación lineal entre un TOA estimado y un valor de corrección, por ejemplo:

$$\text{TOA}_{\text{final}} = \text{TOA}_{\text{estimado}} + (\text{Corrección} - K/2)/K$$

50

[0124] K puede ser un número fijo. K puede estar asociado al número de submuestras de la sesión de configuración, por ejemplo (es decir, el número de señales de configuración, recibidas por diferentes distancias en la configuración, para las que se han realizado las correlaciones).

[0125] Los datos de configuración preasignados 150 pueden ser los mismos para todos los TOA (o distancias). Como se puede observar a partir de la Fig. 6A, por ejemplo, los datos a, b pueden ser constantes, ya que son coeficientes de una función lineal. También se puede fijar en general el parámetro K (número de submuestras).

[0126] Aquí se tratan ejemplos de una sesión de configuración. En algunos ejemplos, es posible utilizar un transmisor tal como el dispositivo transmisor 170, que, como se muestra en la Fig. 1D, puede moverse entre diferentes posiciones en diferentes instantes de tiempo. Por ejemplo, el transmisor puede moverse desde una distancia D_1 a una distancia D_2 entre los instantes de tiempo t_1 y t_2 . El transmisor y/o el receptor pueden tener unidades (por ejemplo, unidad de GPS, unidad de reloj, dispositivo de almacenamiento, unidad de cálculo, etc.) que permiten tener en cuenta los datos asociados a la posición (por ejemplo, datos de coordenadas, datos geográficos, etc.) o el receptor es capaz de tener en cuenta las distancias relativas sin la necesidad de un esquema de sincronización. El transmisor y/o el receptor pueden acoplarse a un dispositivo móvil, que puede transportarlo a lo largo de diferentes posiciones (por ejemplo, ubicaciones geográficas). El transmisor y/o el receptor pueden estar acoplados a un satélite, por ejemplo.

[0127] La Fig. 4 muestra un receptor 430 que puede ser, por ejemplo, el dispositivo 130 y/o 160. El receptor 430 define los datos de configuración 150. La Fig. 4 muestra el esquema del dispositivo 430, con unidades que pueden ser las mismas que las unidades de la Fig. 1B (las mismas unidades pueden recuperarse sustituyendo "4" por "1" en el primer dígito de los números de referencia). Una señal de configuración recibida 432 puede introducirse en una unidad de correlación 434. La señal de configuración recibida 432 se correlaciona con una señal de referencia 433 (que puede almacenarse en una memoria) para obtener una función de correlación de configuración 436. La función de correlación de medición 436 se proporciona a una unidad de determinación de muestra 438. La unidad de determinación de muestra 438 determina la muestra de pico 440 de la función de correlación de medición 436. La unidad de determinación de muestra 438 también determina datos (valores de correlación) de otras muestras, es decir, una muestra anterior a la muestra de pico 440 y una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico 440. La muestra de pico 440 y las otras muestras se proporcionan a una unidad de definición de datos de configuración 449 para proporcionar (y/o guardar en una memoria) datos de configuración que, en funcionamiento, proporcionarán los datos de configuración preasignados 150. Un ejemplo de los datos de configuración 150 definidos por la unidad de definición de datos de configuración 449 puede ser, por ejemplo, los coeficientes "a" y "b" tratados anteriormente.

[0128] Durante la sesión de configuración (procedimiento 110), se puede cambiar la distancia que separa el transmisor (por ejemplo, 170) y el receptor (el receptor y/o el transmisor pueden cambiar la posición). Por lo tanto, el receptor 430 puede recibir una señal de configuración desde cada una de una pluralidad de distancias. La señal de configuración puede ser una transmisión electromagnética o de ultrasonido continua o en ráfaga, que no obstante puede tomarse a diferentes distancias que separan el transmisor y el receptor durante diferentes instantes de tiempo. Por lo tanto, el receptor 430 obtiene datos de una pluralidad de señales de configuración recibidas, cada una de las cuales se procesa (por ejemplo, utilizando diferentes correlaciones). En algunos ejemplos, es posible utilizar un único correlador, donde las mediciones se llevan a cabo en diferentes instantes de tiempo. El receptor 430 puede correlacionar cada una de las señales de configuración recibidas y para cada una de ellas determinar la muestra de pico 442 y los datos de correlación (como los valores de correlación) asociados a la al menos una muestra adicional 442 anterior y/o posterior a la muestra de pico 442. Al menos algunas de estas operaciones pueden realizarse no en tiempo real (por ejemplo, después de haber recibido y almacenado todas las señales recibidas por el transmisor), sino como fuera de línea.

[0129] En la sesión de configuración, el transmisor o receptor puede moverse espacialmente mientras envía una transmisión de configuración, de modo que el receptor recibe en diferentes instantes de tiempo señales a diferentes distancias.

[0130] En algunos ejemplos, la sesión de configuración puede realizarse a nivel de simulación. El desplazamiento de distancia en la simulación puede realizarse, por ejemplo, con un canal simulado y módulos transceptores de software.

[0131] Cuando se realizan mediciones de configuración real en la sesión de configuración, se puede utilizar una cadena de hardware para el transceptor. Se puede hacer referencia a la Fig. 1D, donde no se muestra un cable, pero puede proporcionarse entre los dispositivos 170 y 130/160. Pueden utilizarse cables de diferente longitud para esta sesión de configuración para obtener un perfil de correlación en cada longitud. La Fig. 10 muestra las mediciones realizadas para diferentes longitudes de cable (1002: 350 cm; 1004: 375 cm; 1006: 400 cm). El cable puede conectar directamente el transmisor a la salida del receptor. El tiempo exacto de propagación de la señal para cada cable puede controlarse con un instrumento de medición establecido en la frecuencia portadora definida (por ejemplo, un analizador de red). El transmisor (170 en la Fig. 1D) y el receptor (por ejemplo, 130,160,430) deben sincronizarse en esta etapa, de lo contrario no será posible medir el tiempo de propagación relativo en diferentes instantes debido a los desplazamientos de frecuencia. El número de cables utilizados puede estar relacionado con el número de submuestras (K). Siguiendo las etapas en 120, se puede calcular el valor de Índice de correlación para cada medición con una longitud de cable diferente. Conociendo el tiempo exacto de propagación de la señal para cada cable, el perfil en la Fig. 6A puede obtenerse a continuación con datos reales. El número de valores de Índice de correlación(k) es igual al

número de mediciones tomadas dentro de una muestra (es decir, el tiempo de propagación relativo a partir de la longitud del cable está en submuestras).

[0132] Con respecto a la sesión de medición (procedimiento 120), la sesión de configuración tiene una resolución que es superior (resolución de submuestra). Si, por ejemplo, la frecuencia de muestreo que se utilizará en la sesión de medición es de 10 ns (asociada a una resolución máxima de aproximadamente 3 m), la sesión de configuración puede ser tal que el receptor recopile señales de configuración cuando el transmisor haya recorrido una distancia inferior a 3 m (por ejemplo, cada 300 mm, para obtener una resolución de configuración 10 veces superior a la que se puede lograr con la simple detección del valor de pico en la correlación). Por ende, en la sesión de configuración, las señales de configuración recibidas se reciben desde una sucesión de distancias que con una resolución mejor que la resolución de una medición de TOA cuando sólo se basa en la recuperación de la muestra de pico. Por lo tanto, se obtiene información en una resolución de submuestra que se utiliza para adaptar, en las sesiones de medición, los datos obtenidos de los valores de correlación de las muestras cercanas a la muestra de pico al entorno.

[0133] Se puede hacer referencia a la Fig. 2C. El receptor 430 puede recibir dos señales diferentes que proporcionan diferentes perfiles de correlación 210 y 212 que pueden haber sido transmitidos por el transmisor desde diferentes posiciones (por ejemplo, desde distancias de medio metro). La distancia entre las diferentes posiciones (por ejemplo, el medio metro) está dentro de la resolución máxima (en concreto, los perfiles de correlación 210 y 212 tienen el mismo máximo 240). Sin embargo, se obtiene información de los datos de correlación (por ejemplo, 442) de muestras adicionales inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico (por ejemplo, datos $R(i-1)$ y $R(i+1)$). Estos datos pueden permitir calcular los datos de configuración 150 (por ejemplo, los coeficientes "a" y "b") que se utilizarán en la sesión de medición.

[0134] Aparte de en la sesión de medición, en la sesión de configuración, la posición del transmisor es en general conocida para cada señal que es recibida por el receptor: el transmisor puede tener el conocimiento de la posición, por ejemplo, una posición absoluta y puede almacenar o transmitir datos relacionados con la posición, a fin de permitir asociar una señal de configuración particular, recibida por el receptor, a la posición del transmisor. Incluso si no se conoce la posición absoluta, la distancia relativa entre diferentes mediciones es suficiente. Para esta etapa, se pueden realizar varias mediciones relacionadas con las submuestras. Incluso si no se conoce el TOA absoluto, los datos de configuración se pueden extraer de los perfiles de correlación tomados en varios instantes dentro de una muestra. Por ende, en la sesión de configuración, es posible asociar la distancia del receptor desde el transmisor con valores (242") de los datos de correlación (por ejemplo, $R(i-1)$ y/o $R(i+1)$) de en muestras adicionales ($i-1$ e $i+1$) inmediatamente anterior y posterior a la muestra de pico. Es posible determinar, como retroalimentación, el comportamiento del canal de transmisión según los datos transmitidos. Por lo tanto, la configuración proporciona datos de configuración preasignados (datos de calibración) que se utilizarán, en la sesión de operación, para adaptar los datos de corrección al entorno.

[0135] Si las señales de configuración 432 se reciben desde distancias que son inferiores a la resolución máxima que normalmente se puede lograr con una simple determinación de la muestra de pico, los datos de configuración recopilados 150 pueden considerarse a una frecuencia de submuestreo, ya que tienen una precisión que va más allá de la resolución proporcionada por la frecuencia de muestreo.

[0136] La Fig. 1F muestra un procedimiento 110' para realizar una sesión de configuración (por ejemplo, para implementar el procedimiento 110 y/o realizado por el dispositivo 430).

[0137] En la etapa 112, se realiza una pluralidad de procedimientos de correlación para una pluralidad de señales de configuración para obtener múltiples funciones de correlación de configuración a diferentes distancias (por ejemplo, asociadas a diferentes submuestras). La distancia entre las señales está en una resolución de submuestra con respecto a la resolución de muestra del procedimiento de medición 120, por ejemplo (por ejemplo, la distancia de tiempo entre dos muestras consecutivas de la señal recibida de medición 132 está asociada a una distancia que es superior a las distancias para las que se calculan las correlaciones en la sesión de configuración). Las señales de configuración a partir de las cuales se realizan los cálculos pueden obtenerse a través de mediciones reales o simuladas.

[0138] En la etapa 114, para cada procedimiento de correlación de configuración realizado en la etapa 112, se determinan la muestra de pico y las muestras de datos inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico para cada configuración.

[0139] En la etapa 116, los datos de configuración (datos 150) están asociados al canal de transmisión. Los datos de configuración tienen una resolución de submuestra y, por lo tanto, se utilizan para obtener los datos de corrección para corregir el TOA y/o la distancia estimados.

[0140] Se proporciona un ejemplo de sesión de configuración mediante el procedimiento 500 en la Fig. 5A, que incorpora una etapa 110, por ejemplo y que puede incorporar, por ejemplo, las operaciones del dispositivo 430, para

recibir transmisiones realizadas, por ejemplo, por el transmisor 170.

5 **[0141]** En la etapa 502, el transmisor inicia una transmisión (la transmisión continuará en las etapas posteriores). Según los ejemplos, la transmisión puede estar en banda base. En la Fig. 5B se muestra un código de secuencia 520 de longitud 64 conformado con un filtro de RRC con 5 y entre 15 (por ejemplo, 10) muestras por símbolo en el transmisor. Sin embargo, se pueden utilizar otros filtros en forma de pulso.

10 **[0142]** En la etapa 504, la transmisión se realiza realmente en el canal de transmisión. La transmisión se recibe como una sola señal 432 en la Fig. 4 (puede ser muestreada, filtrada, etc.).

15 **[0143]** En la etapa 506, se realizan correlaciones $R()$, por ejemplo, utilizando la unidad de correlación 434. Cada señal recibida puede entenderse como relacionada con una submuestra "k". La referencia a las submuestras se justifica debido a que la información se proporciona sobre datos que no serían alcanzables simplemente estimando una distancia o un TOA recuperando la muestra de pico. Además, utilizando la unidad de determinación de muestra 438, se adquieren la muestra de pico y los datos de correlación de las muestras adicionales inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico.

20 **[0144]** En la etapa 508 (que puede realizarse, por ejemplo, mediante la unidad de definición de datos de configuración 449), se obtienen datos de configuración para una submuestra "k". Por ejemplo, si la muestra de pico en el perfil de correlación de orden k es la muestra "i", se pueden realizar los siguientes cálculos:

$$diferencia_R(k) = R(i + 1, k) - R(i - 1, k)$$

$$suma_R(k) = R(i + 1, k) + R(i - 1, k)$$

$$corr\acute{ind}ice(k) = \frac{diferencia_R(k)}{suma_R(k)}$$

25

[0145] En particular, en este caso, se puede calcular un valor Índice de correlación(k) para cada submuestra "k".

30 **[0146]** En la etapa 510, se puede realizar una proyección de Índice de correlación(k) sobre un número finito (por ejemplo, K) de submuestras (por ejemplo, de señales de configuración recibidas 432). El número de submuestras puede ser, por ejemplo, el número de señales de configuración recibidas que son recibidas por el receptor en la sesión de configuración.

35 **[0147]** La proyección de un Índice de correlación(k) diferente para $k=0...K$ puede reflejar el hecho de que, si bien los valores k "Índice de correlación(k)" son muestras (por ejemplo, se obtienen como una sucesión de valores), es posible obtener una función continua que se aproxima a los diferentes datos obtenidos por las diferentes señales de configuración.

40 **[0148]** En la etapa 512, se puede utilizar una técnica de regresión (por ejemplo, regresión lineal) para obtener una función continua. Se puede calcular una función de ajuste lineal (o una función de ajuste cuadrático) a partir de los múltiples datos de muestra. Por ejemplo, se pueden calcular los coeficientes a, b para una función de ajuste lineal y/o los coeficientes a, b, c, para una función cuadrática.

45 **[0149]** La Fig. 6A muestra una gráfica 600 (abscisa: submuestras k; ordenada: amplitud) donde se han utilizado múltiples puntos (cada punto asociado a los datos obtenidos de una correlación con una señal de configuración recibida por el receptor durante una sesión de configuración) para aproximar una función lineal (por ejemplo, utilizando un ajuste lineal, regresión lineal) por una sola línea 602. Se puede utilizar un procedimiento de mínimos cuadrados para calcular la línea 602. La función lineal puede describirse como:

50
$$Amplitud = ak + b.$$

[0150] Los coeficientes a y b pueden ser los valores a y b que se utilizarán en la etapa 308 para incorporar los datos de configuración preasignados 150. Como se puede entender, los datos de configuración preasignados 150 se pueden obtener fácilmente en la sesión de configuración en la resolución de submuestra.

55 **[0151]** Los datos de configuración 150 pueden definirse para cada valor discreto (TOA o distancia) o para cada posible muestra de pico que será identificable mediante la realización de correlaciones.

[0152] Por consiguiente, durante la sesión de medición (sesión de operación) se calcula un TOA a partir del TOA estimado y la función estimada por el Índice de correlación sobre la base de los datos obtenidos por la al menos una muestra cercana a la muestra de pico. Pueden tenerse en cuenta los tres casos siguientes:

Por ejemplo, en el procedimiento de medición 300, después de haber identificado el TOA en 304, haber calculado el Índice de correlación en 306, haber calculado la corrección de la submuestra como Índice de correlación/a-b/a con los valores de configuración preasignados a y b (obtenidos en la sesión de configuración), el TOA preciso se calcula como una combinación lineal del TOA estimado y un valor de corrección. Por ejemplo:

$$\text{TOA_preciso} = \text{TOA_aproximado} + (\text{Corrección} - K/2)/K$$

10

[0153] La corrección puede obtenerse, por ejemplo, como:

$$\text{Corrección} = \text{corrÍndice} / a - b/a$$

15 **[0154]** La Fig. 7 tiene una gráfica 700 que muestra en ordenadas los errores 700 en el cálculo del TOA después de haber aplicado el procedimiento de ajuste con un tiempo de muestreo de 10 ns (abscisa: distancia transmisor-receptor). Es posible observar que el error puede ser inferior a 1 cm, donde en la Fig. 2B el error podría haber sido de 1,5 m. El aumento de error en el medio ocurre cuando R(i-1) y R(i+1) están cerca entre sí.

20 **[0155]** La Fig. 8A muestra un sistema de localización de diferencia de tiempo de llegada, TDOA, 800 comprendiendo un transmisor 802 (que puede ser, por ejemplo, un teléfono móvil, un terminal móvil, un teléfono inteligente, un dispositivo de localización o un aparato similar) que debe localizarse (por ejemplo, su distancia debe determinarse) y al menos tres receptores sincronizados Rx1 804, Rx2 806 y Rx3 808 (que pueden ser estaciones base, por ejemplo, de una red de comunicación móvil, tal como una red GSM o similar, o dispositivos en posiciones conocidas). El transmisor 802 es, por ejemplo, el transmisor 170; al menos uno de los receptores Rx1 804, Rx2 806 y Rx3 808 puede ser uno de los dispositivos 130, 160, 430. Las distancias d1, d2, d3 del transmisor 802 desde los receptores Rx1 804, Rx2 806 y Rx3 808 se calculan utilizando uno de los procedimientos 100, 120 y/o 300. Al calcular la diferencia entre los TOA (y, por ejemplo, al determinar las curvas 810, 812 para las cuales la diferencia de las distancias desde dos receptores es constante), el transmisor 802 se localiza en un sistema de coordenadas (por ejemplo, un sistema de coordenadas geográficas). Se puede realizar una sesión de configuración (utilizando el procedimiento 110 y/o 500 y/o el dispositivo 430). No es estrictamente necesario que el transmisor que ha realizado la sesión de configuración sea el mismo que el transmisor 802 que está realmente localizado en la sesión de medición. La localización del transmisor 802 se puede realizar, por ejemplo, intercambiando datos (por ejemplo, distancias d1, d2, d3) entre los receptores 804-808 y/o el transmisor 802. Al calcular los datos de corrección (preferentemente según los datos de configuración preasignados 150), se aumenta la precisión de las mediciones.

[0156] La Fig. 8B muestra un sistema de posicionamiento 822 que es un sistema de posicionamiento de TOA. Se debe localizar un receptor 822 (que puede ser, por ejemplo, un teléfono móvil, un terminal móvil, un teléfono inteligente, un dispositivo de localización o un aparato similar). Por ejemplo, se calculan las distancias (por ejemplo, indicadas con 834, 836, 838) del receptor 822 desde al menos tres (preferentemente al menos cuatro) transmisores Tx1 824, Tx2 826, Tx3 828 (que pueden ser estaciones base o dispositivos en posiciones conocidas o, en cualquier caso, transmisores con posición conocida). Por consiguiente, se recupera la posición (por ejemplo, en coordenadas geográficas) del receptor. El receptor 822 puede ser, por ejemplo, uno de los dispositivos 130, 160, o 430 y/o puede realizar cualquiera de los procedimientos 100, 120, y 300. No es necesario, en algunos ejemplos, que el receptor 822 también sea el mismo receptor que ha realizado la sesión de configuración. Al calcular los datos de corrección (según los datos de configuración preasignados 150 en una resolución de submuestra), se aumenta la precisión de las mediciones.

[0157] La Fig. 8C muestra un sistema de tiempo de ida y vuelta (RTT) 840 para medir la distancia entre dos dispositivos 842 y 844 (por ejemplo, montados en satélites o al menos uno montado en un satélite). Como se puede observar a partir de la Fig. 8C, el tiempo de ida y vuelta $t_{\text{tiempo de ida y vuelta}}$ se puede obtener al menos mediante un primer tiempo de transmisión t_p para transmitir una primera señal 846 del dispositivo 842 al dispositivo 844. Puede transcurrir un retardo en el tiempo $t_{\text{respuesta}}$ para permitir el procesamiento al dispositivo 844.

55 **[0158]** También se puede calcular un segundo tiempo de transmisión t_p para transmitir una segunda señal 848 del dispositivo 844 al dispositivo 842 (por ejemplo, en respuesta a la primera señal 846). t_p se calcula a partir de $t_{\text{tiempo de ida y vuelta}}$ y $t_{\text{respuesta}}$ (por ejemplo, restando $t_{\text{respuesta}}$ de $t_{\text{tiempo de ida y vuelta}}$ y posteriormente dividiendo por 2) para obtener un tiempo proporcional a la distancia entre los dispositivos 842 y 844. Al calcular la distancia entre los dispositivos 842 y 844, se utiliza el procedimiento 100, 120 o 300. Por lo tanto, cuando se transmite la primera señal 846, el dispositivo 60 844 puede incorporarse mediante el dispositivo 130 y/o 160. De manera adicional o como alternativa, cuando se

transmite la segunda señal, el dispositivo 846 puede ser incorporado por el dispositivo 130 y/o 160. Se ha realizado una sesión de configuración en una resolución de submuestra para preparar los datos de configuración para los dispositivos 842, 846. Al calcular los datos de corrección (según los datos de configuración preasignados 150), se aumenta la precisión de las mediciones.

5

[0159] La Fig. 9 muestra un dispositivo 900 (que puede implementar al menos uno de los dispositivos 130, 160, 170, 430, 802-808, 822-828, 842, 844) comprendiendo un procesador 902 que ejecuta instrucciones. El dispositivo 900 comprende una memoria 904 comprendiendo instrucciones legibles por el procesador 906 que, cuando son ejecutadas por el procesador 902, hacen que el procesador 902 realice uno de los procedimientos anteriores (por ejemplo, 100, 110, 120, 300, 500). La memoria 904 también contiene datos 908. Los datos 908 contienen, por ejemplo, datos de configuración preasignados (datos 150). Cuando el dispositivo 900 implementa un transmisor en la sesión de configuración, los datos 908 pueden contener datos de ubicación, que se utilizarán para realizar la configuración en una resolución de submuestra. El dispositivo 900 puede comprender una unidad de transmisión/recepción 910 y una antena 912, por ejemplo, para realizar las transmisiones o recepciones de señales descritas anteriormente. El dispositivo 900 puede comprender un dispositivo de entrada/salida (I/O) para la comunicación de datos a un dispositivo externo (por ejemplo, una red de comunicación y/o un dispositivo de visualización para comunicar un resultado a un usuario) y/o para recibir selecciones de un usuario.

10

15

[0160] En vista de lo anterior, es posible observar que un ejemplo particular puede comprender:

20

- Una sesión de configuración con:

- ° Transmisión de señales de un transmisor (etapa 502);
- ° Cálculo de correlaciones sobre K submuestras (etapa 506);
- 25 ° Cálculo para cada submuestra k de un Índice de correlación(k) (etapa 508);
- ° Proyección del Índice de correlación a las K submuestras (etapa 510) para obtener una función de ajuste (por ejemplo, una función continua);
- ° Estimación de los coeficientes de ajuste a y b (etapa 512);

30

- Una sesión de medición posterior con:

- ° Recepción de una señal de un transmisor cuya distancia se va a medir (etapa 302);
- ° Estimación de un TOA y/o distancia aproximada (etapa 504);
- ° Cálculo de un Índice de corrección (etapa 506);
- 35 ° Cálculo de datos de corrección (Corrección) una Corrección = Índice de correlación/a-b/a
- ° Corrección del TOA utilizando una combinación lineal entre el TOA estimado (TOA_aproximado) y los datos de corrección (Corrección), por ejemplo según una fórmula $TOA_preciso = TOA_aproximado + (Corrección-K/2)K$.

35

[0161] Es posible implementar cualquiera de los procedimientos y aparatos descritos en esta invención en el contexto de una red de evolución a largo plazo, LTE, 4G, 5G, etc. (pero que también se pueden usar en otros entornos). En los ejemplos, el receptor 130, 160, 802, 822, 842 y/o 844 puede ser un equipo de usuario (UE), que está conectado a una estación base (BS) que puede ser un nodo evolucionado (eNB) y/o un gNB.

40

[0162] La Fig. 11 muestra un ejemplo del procedimiento 1100 basado en al menos uno de LTE, 4G, 5G u otro entorno. El ejemplo se basa en una estrategia de OTDOA (diferencia de tiempo de llegada observada). LTE actualmente admite informes dentro de una muestra. El informe de resolución de RSTD más alto se establece en $0,5 \cdot T_s$, lo que equivale a alrededor de 16,32 ns [1].

45

[0163] Con el presente ejemplo, un equipo de usuario, UE, 1102 (por ejemplo, con respecto al servidor de ubicación 1104) se localiza en la resolución de submuestra.

50

[0164] El servidor de ubicación 1104 (por ejemplo, estación base, eNB, gNB, etc.) puede señalar, en 1106, una solicitud, tal como "capacidades de solicitud de LPP" (Protocolo de posicionamiento de LTE = LPP, incluso si se pueden utilizar otros protocolos). El UE 1102 puede responder, por ejemplo, mediante la señalización de un "LPP que proporciona capacidades", en 1108. El servidor de ubicación 1104 puede señalar, en 1110, una solicitud, tal como "LPP que proporciona datos de asistencia". El servidor de ubicación 1104 puede señalar, en 1112, una solicitud, tal como "información de ubicación de solicitud de LPP". En 1110, el servidor de ubicación puede proporcionar información de asistencia al UE (por ejemplo, qué eNB se encuentran en la región del UE). En 1112, el servidor puede solicitar la información de ubicación, dependiendo de las opciones de solicitud de las mediciones que el UE envíe. En 1110 (el servidor de ubicación proporciona datos de asistencia al UE), el servidor puede actualizar o proporcionar al UE datos de configuración. En nuestro caso, el UE puede proporcionar al servidor de ubicación en 1108 que es capaz de realizar mediciones de alta resolución. Si el UE es capaz de realizar estas mediciones, el servidor de ubicación puede solicitar en 1112 que el UE proporcione la información de ubicación con precisión de submuestra.

55

60

[0165] El UE 1102 puede realizar mediciones en 1114 con respecto a su posición y, en 1116, señalar una

65

comunicación tal como un "LPP que proporciona información de ubicación", que puede ser como el esquema 1300 de la Fig. 13, cualquiera que pueda comprender datos 1302 "información de medición de señal de OTDOA", entre los cuales puede haber, por ejemplo, el identificador físico 1306 del eNB, y/o el TOA 1308 respectivo con precisión de muestra (por ejemplo, el TOA 146 estimado), y/o el índice de corrección de valor 1310 (u otra información con respecto a los datos de otras muestras, tales como la muestra anterior y la muestra posterior a la muestra de pico). En ejemplos, el TOA se puede medir para cada eNB (o cada servidor de ubicación o cada estación base), y el UE puede informar el ID de la estación base a la que pertenece el TOA.

[0166] En 1114, el UE 1102 puede obtener datos como los anteriores, implementando las etapas 122, 124 (y, en su caso, también 126). El UE 1102 funciona, por ejemplo, como el dispositivo 130 (o al menos como los componentes 134-138), 160 y/o 300. En algunos ejemplos, el UE 1102 funciona midiendo TDOA obtenidas por transmisiones recibidas de una pluralidad de estaciones base 806', 808', 812' como en la Fig. 12 (en algunos ejemplos, el servidor de ubicación 1104 es una de las estaciones base 806', 808', 812'). En algunos ejemplos, se transmiten los TOA (y no las TDOA). El servidor de ubicación 1104 puede construir las TDOA a partir de las mediciones de TOA informadas desde el UE. El TOA correspondiente a las distancias d1, d2, d3 en la Fig. 12 se pueden obtener utilizando uno de los procedimientos 100, 120, 300 y/o una de sus etapas. Al obtener la diferencia entre los TOA (y, por ejemplo, al determinar las curvas 810, 812 para las cuales la diferencia de las distancias desde dos receptores es constante), el receptor 1102 se localiza en un sistema de coordenadas (por ejemplo, un sistema de coordenadas geográficas). Una sesión de configuración (utilizando el procedimiento 110 y/o 500 y/o el dispositivo 430) puede haberse realizado previamente fuera de línea (también con diferentes equipos y/o mediante simulación).

[0167] Por consiguiente, el UE 1102 informa acerca de su ubicación, en 1116, por ejemplo, en la resolución de submuestra. El UE 1102 puede medir el TOA desde diferentes estaciones base 806', 808', 812'. Se elige una estación base como referencia y el TOA se puede obtener en precisión de submuestra según la señal transmitida por la estación base.

[0168] Otros ejemplos pueden basarse también con el procedimiento de señalización que difieren, al menos parcialmente, de al menos algunas de las comunicaciones en 1100 y, en particular, las comunicaciones en 1106-1112.

[0169] Por lo tanto, un UE 1102 que requiere un modo de alta precisión para aplicaciones de alcance o posicionamiento, puede:

- 1) informar acerca de la medición de TOA con datos de corrección en la precisión de submuestreo; y/o
- 2) informar, junto con los TOA en las muestras, acerca de las muestras adicionales inmediatamente anteriores y/o posteriores a los valores de muestra de pico (por ejemplo, normalizados), y/o el pico principal y/o las dos muestras adicionales inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico (sin normalización) y los valores de las muestras adicionales inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico y/o los datos asociados a la misma, como Índice de correlación.

[0170] Con referencia al ejemplo 1), el UE 1102 funciona como el dispositivo 130 o 160 y/o realiza todas las etapas del procedimiento 120 o 300, para proporcionar la medición de TOA 156 en la precisión de submuestra.

[0171] Con referencia al ejemplo 2), el UE 1102 transmite al menos uno (o una combinación de):

- la muestra de pico 140 (por ejemplo, como se determina en la etapa 114), por ejemplo, en forma normalizada;
- las muestras adicionales inmediatamente anteriores y posteriores a la muestra de pico y/o los datos asociados a la misma 142 (por ejemplo, en forma no normalizada) (en otros ejemplos, se pueden transmitir otros datos, como Índice de correlación).

[0172] A continuación, el servidor de ubicación 1104 (en LTE o 5G, por ejemplo) puede calcular el TOA 156 según los informes (por ejemplo, los valores 140 y/o 142 proporcionados por el UE 1102) y la información previa (como los datos de configuración preasignados 150 obtenidos a través de una sesión de configuración realizada fuera de línea), el servidor de ubicación 1104 puede estimar en submuestras el TOA. Por lo tanto, en el ejemplo 2), al menos algunos de los componentes 144, 148 y/o 154 del dispositivo 130 pueden estar en el servidor de ubicación 1104, mientras que al menos algunos de los componentes 134 y 136 pueden estar en el UE 1102 (son posibles otras configuraciones). El ejemplo 2) es un ejemplo del dispositivo 130 subdividido en dos subdispositivos remotos (el UE 1102 es un primer subdispositivo y el servidor de ubicación 1104 es el segundo subdispositivo). Son posibles otras configuraciones diferentes. En ejemplos según protocolos tales como D2D (dispositivo a dispositivo) y/o V2V (vehículo a vehículo) o técnicas similares, dos UE diferentes (que pueden ser los dispositivos 842 y 844 de la Fig. 8C) pueden obtener su distancia mutua y notificarla a una estación base. Solamente se necesita uno de los dos dispositivos capaces de informar acerca de las mediciones en resolución de submuestra al Servidor de ubicación (1104). El UE informador puede enviar la muestra de pico o valores de correlación adicionales.

[0173] Para el alcance entre dos dispositivos (D2D, V2V...), los dispositivos de alcance pueden informar acerca de las mediciones al servidor de ubicación, en modo de cobertura/RRC conectado, que calcula el alcance con alta

precisión. Para el alcance entre dos dispositivos (D2D, V2V ...), los dispositivos de alcance pueden informar acerca de las mediciones al servidor de ubicación, en modo de cobertura/RRC conectado, que calcula el alcance con alta precisión.

5 **[0174]** Otro ejemplo (Fig. 14) se obtiene en la compensación de retardos internos de un dispositivo 1400 (por ejemplo, un dispositivo de dúplex completo) que puede, por ejemplo, compensar los retardos del dispositivo. Si el dispositivo es capaz de calcular los retardos internos (o realizar la compensación de los retardos internos), por ejemplo, en modo dúplex completo, el envío se recibe a través de la cadena de receptores de RF, el dispositivo puede calcular la calibración y notificarla por separado, o informar al TOA y la medición de la submuestra, o compensar la medición de calibración de TOA e informar a las submuestras. Como alternativa o además, un dispositivo también puede indicar su capacidad de calibrar los retardos del transceptor (indicador de capacidad de calibración) al servidor de ubicación, por ejemplo.

10 **[0175]** Como se puede observar a partir de la Fig. 14, es posible tener en cuenta los retardos τ_{antena} debido a un bloque de conmutación de antena y conformación de haces 1402, los retardos τ_{RF} debido a un transceptor 1404, los retardos τ_{conv} debido al bloque de conversión de analógico a digital y de conversión de analógico a digital 1406. Estos bloques pueden estar conectados en cascada a un procesador de banda base digital 1408 (que, en los ejemplos, puede ser el procesador que controla el dispositivo 130 o 160). Es posible obtener un valor asociado a $\tau_{\text{antena}} + \tau_{\text{RF}} + \tau_{\text{conv}}$ transmitiendo y recibiendo simultáneamente la misma señal.

20 **[0176]** τ_{antena} , τ_{RF} y τ_{conv} son retardos del transceptor. Para el posicionamiento con aproximaciones unidireccionales, la diferencia (TDOA) se puede construir de modo que estos retardos se cancelen. Si se aplica un alcance bidireccional, los retardos añaden un desplazamiento al alcance medido.

25 **[0177]** Un dispositivo 1400 puede utilizar la estrategia de alta precisión de muestreo para compensar y/o informar acerca de los retrasos si el dispositivo tiene la capacidad, por ejemplo, en modo dúplex completo, el envío se recibe a través de la cadena de receptores de RF, el dispositivo puede calcular la calibración y notificarlo por separado, o informar al TOA y la medición de submuestra, o compensar la medición de calibración de TOA (realizando la corrección en el bloque 154, por ejemplo) e informar a las submuestras.

30 **[0178]** Por lo tanto, un dispositivo de dúplex completo que realiza el procedimiento de compensación de retardos internos implementa al mismo tiempo el transmisor y el receptor. Las etapas 122, 124 y 126 del procedimiento 120 pueden basarse, por lo tanto, en la señal transmitida por el mismo dispositivo de dúplex completo. En este caso, el TOA no debe entenderse como asociado a una distancia, sino a los retardos implicados por los componentes (1402, 1404, 1406) del dispositivo de dúplex completo 1400.

35 **[0179]** Si el dispositivo de dúplex completo 1400 funciona bajo LTE, 5G, etc., el dispositivo 1400 también puede señalar su retardo interno a una estación base (por ejemplo, eNB, gNB, nodo de ubicación). En algunos casos, el dispositivo de dúplex completo 1400 solamente puede implementar las etapas 122 y 124 y/o los elementos 134 y 138, 40 y señalar la muestra de pico 140 y los datos de otras muestras (por ejemplo, la muestra anterior y la muestra posterior al pico) a la estación base que, a su vez, puede implementar la etapa 126 y/o los bloques 144, 146 y 150 (obteniendo datos de configuración preasignados).

45 **[0180]** Un receptor según la invención es independiente de la técnica de conformación de pulsos particular que adopte (si la hubiese). Se puede utilizar, por ejemplo, el coseno gaussiano y la raíz de coseno alzado (RRC).

Discusión sobre los ejemplos

50 **[0181]** La estimación del tiempo de llegada (TOA) es fundamental para aplicaciones como aplicaciones de alcance, posicionamiento y sincronización de tiempo. El TOA a menudo se deriva del resultado de la correlación entre la señal recibida y una señal de referencia. Los TOA se pueden derivar directamente del pico de correlación; sin embargo, la precisión está limitada por la frecuencia de muestreo. Por ende, se debe llevar a cabo una estrategia de alta resolución después de la correlación para obtener correcciones de submuestras. El perfil del resultado de la correlación también depende de las características del canal. Estas características generan errores adicionales si no se compensan o se tienen en cuenta.

[0182] Además de la precisión, la intensidad computacional desempeña un papel importante en la elección del algoritmo debido a los recursos limitados en la plataforma diana.

60 **[0183]** En presencia de una recepción de señal de línea de visión (LOS), el perfil de correlación lleva la información de retardo en el tiempo requerida para calcular el TOA. El máximo de correlación proporciona una estimación de TOA aproximado en la precisión de la muestra. Para lograr una mayor precisión, la estimación inicial de TOA debe corregirse en la resolución de submuestra. Las Figs. 2A y 2B muestran el perfil de correlación ideal en la línea discontinua y la correlación calculada en el lado del receptor con una frecuencia de muestreo de 10 ns. En la Fig.

2A, la señal recibida está alineada con la señal de referencia (0°) y, por ello, la corrección de submuestreo resultante es cero. Sin embargo, con una diferencia de fase de 180° como se muestra en la Fig. 2B, el máximo detectado se desvía del máximo ideal con un Δd que es de 1,5 m en este caso.

5 **[0184]** El procedimiento propuesto para estimar las correcciones de submuestra funciona en dos modos (sesiones). En el primer modo (sesión de configuración) se modelan los efectos del canal y la secuencia de transmisión en el perfil de correlación. El segundo modo (sesión de medición) es durante la operación: la corrección de submuestra se estima según el perfil modelado directamente a partir de la correlación calculada en el lado del receptor.

10 **[0185]** El diagrama de flujo de la Fig. 5A muestra la operación fuera de línea en el primer modo. Una secuencia de transmisión en forma de pulso se envía a través de un canal. La Fig. 5B muestra una secuencia conformada con un filtro de RRC (sin embargo, se puede utilizar cualquier filtro en forma de pulso para este procedimiento).

[0186] El canal en este escenario emula el efecto del retardo en el perfil de correlación recibido. El perfil de correlación de la siguiente etapa se recopila sobre K submuestras como se muestra en la Fig. 2C para los retardos en el tiempo k₁ y k₂ dentro de una muestra. R(i,k) representa el máximo de correlación entre la señal recibida y la señal de referencia x. R(i-1,k) y R(i+1,k) representan los puntos en el perfil de correlación antes y después del máximo, respectivamente. R(i-1,k) y R(i+1,k) se recopilan sobre K correlaciones. Para cada k correlación se calculan dif_R(k) y suma_R(k), representados por:

20

$$\text{diferencia_R}(k) = R(i+1,k) - R(i-1,k)$$

$$\text{suma_R}(k) = R(i+1,k) + R(i-1,k)$$

25 **[0187]** El índice *Índice de correlación(k)* se calcula a continuación como $\text{Índice de correlación}(k) = \text{dif_R}_{xy}(k) / \text{suma_R}_{xy}(k)$. La Fig. 6A muestra el *Índice de correlación(k)* para K = 1000. En algunos casos, el ajuste cuadrático podría ser más adecuado.

[0188] Durante el funcionamiento, o en el segundo modo (sesión de medición), el receptor digital puede corregir el TOA utilizando los coeficientes a y b en el caso anterior. La corrección de la submuestra se calcula simplemente como

30

$$\text{corríndice}(k) = \frac{\text{diferencia_R}(k)}{\text{suma_R}(k)}$$

35 y, por último, la medición de TOA preciso se obtiene modificando linealmente la corrección del TOA aproximado inicial. Por ejemplo, se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$\text{TOA_preciso} = \text{TOA_aproximado} + (\text{Corrección-K/2})/K$$

40 K puede ser un valor fijo. Por ejemplo, K puede ser el número de submuestras (correlaciones calculadas en la sesión de configuración).

[0189] Por lo tanto, es posible resumir que el TOA, que a menudo es fundamental para la distancia para las mediciones, puede estimarse normalmente por medio de una correlación cruzada entre una señal recibida y una señal de referencia. La precisión de la muestra a menudo no es suficiente para aplicaciones como el posicionamiento y el alcance. Los procedimientos actuales son inexactos o tienen una alta complejidad computacional. Los presentes procedimientos se dirigen a dispositivos pequeños debido a la baja complejidad y la extracción precisa del TOA a partir de una instantánea, dado que el perfil de correlación no está distorsionado.

50 **[0190]** Se ejecutan dos modos de operación: modo fuera de línea (sesión de configuración) y modo de operación (sesión de medición). En el modo fuera de línea, se realiza el mapeo del perfil de correlación con el retardo en el tiempo correspondiente y, posteriormente, se ajusta a una ecuación algebraica. Este procedimiento puede realizarse una vez. En el modo de operación (sesión de medición), el receptor calcula el índice del perfil de correlación y resuelve las ecuaciones algebraicas para realizar las mediciones en la precisión de la submuestra. Una última etapa en las mediciones de TOA puede corregirse mediante correcciones de submuestra.

55

Otras implementaciones

[0191] Aunque se han descrito algunos aspectos en el contexto de un aparato, es evidente que estos aspectos también representan una descripción del procedimiento correspondiente, donde un bloque o dispositivo corresponde a una etapa de procedimiento o un rasgo de una etapa de procedimiento. De manera análoga, los aspectos descritos en el contexto de una etapa de procedimiento también representan una descripción de un bloque o elemento o rasgo correspondiente de un aparato correspondiente. Algunas o todas las etapas de procedimiento pueden ser ejecutadas por (o mediante el uso de) un aparato de hardware, como por ejemplo, un microprocesador, un ordenador programable o un circuito electrónico. En algunos ejemplos, una o varias de las etapas de procedimiento más importantes pueden ser ejecutadas mediante tal aparato.

[0192] Dependiendo de ciertos requisitos de implementación, los ejemplos pueden implementarse en hardware o en software. La implementación puede ser realizada mediante el uso de un medio de almacenamiento digital, por ejemplo, un disco flexible, un DVD, un CD, un Blu-Ray, una ROM, una PROM, una EEPROM o una memoria FLASH, teniendo señales de control legibles electrónicamente almacenadas en el mismo, las cuales cooperan (o son capaces de cooperar) con un sistema informático programable tal que se realice el respectivo procedimiento. Por lo tanto, el medio de almacenamiento digital puede ser legible por un ordenador.

[0193] Algunos ejemplos comprenden un soporte de datos que tiene señales de control electrónicamente legibles, que son capaces de cooperar con un sistema informático programable, de tal forma que se realiza uno de los procedimientos descritos en esta invención.

[0194] En general, los ejemplos pueden implementarse como un producto de programa informático con un código de programa, siendo el código de programa operativo para realizar uno de los procedimientos cuando el producto de programa informático se ejecuta en un ordenador. El código de programa se puede almacenar, por ejemplo, en un soporte legible por máquina.

[0195] Otros ejemplos comprenden el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención, almacenado en un soporte legible por máquina.

[0196] En otras palabras, un ejemplo del procedimiento inventivo es, por lo tanto, un programa informático que tiene un código de programa para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

[0197] Un ejemplo adicional del procedimiento inventivo es, por lo tanto, un soporte de datos (o un medio de almacenamiento digital, o un medio legible por ordenador) comprendiendo, grabado en el mismo, el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención. El soporte de datos, el medio de almacenamiento digital o el medio con el programa típicamente son tangibles y/o no transitorios.

[0198] Un ejemplo adicional del procedimiento inventivo es, por lo tanto, un flujo de datos o una secuencia de señales que representan el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención. El flujo de datos o la secuencia de señales pueden, por ejemplo, estar configurados para ser transferidos a través de una conexión de comunicación de datos, por ejemplo, a través de Internet.

[0199] Un ejemplo adicional comprende un medio de procesamiento, por ejemplo, un ordenador, o un dispositivo lógico programable, configurado para o adaptado para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención.

[0200] Un ejemplo adicional comprende un ordenador que tiene instalado en el mismo el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención.

[0201] Un ejemplo adicional comprende un aparato o un sistema configurado para transferir (por ejemplo, electrónicamente u ópticamente) un programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención a un receptor. El receptor puede, por ejemplo, ser un ordenador, un dispositivo móvil, un dispositivo de memoria o similares. El aparato o sistema puede, por ejemplo, comprender un servidor de archivos para transferir el programa informático al receptor.

[0202] En algunos ejemplos, se puede usar un dispositivo lógico programable (por ejemplo, una matriz de puertas programables) para realizar algunas o todas las funcionalidades de los procedimientos descritos en esta invención. En algunos ejemplos, una matriz de puertas programables en campo puede cooperar con un microprocesador con el fin de realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención. En general, los procedimientos se realizan preferentemente por cualquier aparato de hardware.

[0203] El aparato descrito en esta invención puede implementarse usando un aparato de hardware, o usando un ordenador, o usando una combinación de un aparato de hardware y un ordenador.

[0204] Los procedimientos descritos en esta invención pueden realizarse usando un aparato de hardware, o usando un ordenador, o usando una combinación de un aparato de hardware y un ordenador.

[0205] Los ejemplos descritos anteriormente son meramente ilustrativos. Se entiende que, para otros expertos en la materia, resultarán evidentes modificaciones y variaciones de las disposiciones y los detalles descritos en esta invención. Por lo tanto, la intención es que la invención esté limitada solo por el alcance de las próximas reivindicaciones de patente y no por los detalles específicos presentados a modo de descripción y explicación de las realizaciones en esta invención.

10 Bibliografía

[0206]

- 15 [1] Technical Specification 36.355 3GPP LTE Positioning Protocol (LPP) (Release 13) 3rd Generation Partnership Project, 3rd Generation Partnership Project, 2016
[2] S. Fischer, "Observed Time Difference Of Arrival (OTDOA) positioning in 3GPP LTE", Qualcomm White Pap, vol. 1, pp. 1-62, Jun. 2014Second.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento (120) para mediciones de tiempo de llegada, TOA, de transmisiones transmitidas por un transmisor en un canal de transmisión, siendo el canal de transmisión el entorno, comprendiendo el procedimiento
5 una sesión de configuración (110') y una sesión de medición (120),

donde la sesión de configuración (110') comprende:

10 realizar (112) una pluralidad de procedimientos de correlación para una pluralidad de señales de configuración para obtener múltiples funciones de correlación de configuración asociadas a diferentes distancias conocidas en una resolución de submuestra, siendo la pluralidad de señales de configuración recibida en el canal de transmisión del transmisor;
para cada procedimiento de correlación de configuración, determinar (114) la muestra de pico (440) y los datos (442) de una muestra inmediatamente anterior y una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico
15 (440) para cada correlación; y
determinar (116), a partir de la muestra de pico (440) determinada y los datos (442) de la una muestra inmediatamente anterior y la una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico (440), datos de configuración preasignados asociados al canal de transmisión; y

20 donde la sesión de medición (120) comprende:

realizar (122), en una resolución de muestra, un procedimiento de correlación en una señal de medición recibida (132) para obtener una función de correlación de medición (136), siendo la resolución de submuestra superior a la resolución de muestra;
25 determinar (124) una muestra de pico (140) y datos de correlación (142) de una muestra adicional inmediatamente anterior y una muestra adicional inmediatamente posterior a la muestra de pico (140) en la función de correlación de medición (136); y
determinar (126) un TOA y/o una distancia (156) que se asocia al TOA según la muestra de pico (140) y los datos de corrección (152) obtenidos mediante al menos los datos de correlación (142) de la muestra adicional
30 inmediatamente anterior y la muestra adicional inmediatamente posterior a la muestra de pico (140) y los datos de configuración preasignados (150) asociados al canal de transmisión obtenidos en la resolución de submuestra.

2. Un procedimiento para realizar mediciones de tiempo de ida y vuelta, RTT, comprendiendo transmitir
35 una primera señal (846) de un primer dispositivo (842) a un segundo dispositivo (844), transmitir una segunda señal (848) del segundo dispositivo (844) al primer dispositivo (842), y realizar el procedimiento de la reivindicación 1 para calcular la distancia entre los dispositivos primero y segundo (842, 844) para al menos las señales primera y/o segunda (846, 848).

3. El procedimiento según la reivindicación 2, donde los dispositivos primero y segundo son equipos de usuario, UE, (842, 844), comprendiendo el procedimiento además realizar mediciones de RTT según un protocolo de dispositivo a dispositivo, D2D, o de vehículo a vehículo, V2V, para obtener la distancia mutua entre los dos UE (842, 844), donde al menos un UE (842, 844) realiza las etapas que consisten en realizar (122) en la sesión de medición (120) y determinar (124) la muestra de pico y los datos de correlación en la sesión de medición (120).
40

4. Un procedimiento (120) para realizar mediciones de diferencia de tiempo de llegada, TDOA, donde la sesión de medición (120) comprende medir un primer TOA para una primera transmisión, un segundo TOA para una segunda transmisión y medir una distancia restando el primer TOA del segundo TOA, donde cada uno de los TOA primero y segundo se mide mediante un procedimiento según la reivindicación 1.
50

5. El procedimiento según la reivindicación 4, comprendiendo además medir las TDOA obtenidas mediante transmisiones recibidas de una pluralidad de estaciones base (806', 808', 812').

6. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo además
55 transformar los datos de correlación (142) de la muestra adicional inmediatamente anterior y la muestra adicional inmediatamente posterior a la muestra de pico (140) según una función de transformación (600) obtenida experimentalmente.

7. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la sesión de configuración
60 (110) obtiene una pluralidad de datos de señales de configuración recibidas a partir de una pluralidad de distancias y/o de retardos en el tiempo diferentes, para obtener los datos de configuración preasignados (150) en asociación con las distancias o los retardos en el tiempo (146).

8. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo además realizar
65 una transmisión de un transmisor (170) en movimiento a fin de obtener diferentes señales de configuración asociadas

a diferentes distancias y/o a los TOA en el receptor (130, 160, 430).

9. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo además, el hecho de comparar y/o medir, durante la determinación de los datos de correlación de la muestra inmediatamente anterior y la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico, la diferencia entre el valor de correlación (242") de la muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico (140) y el valor de correlación (242") de la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico (140), y/o
- 10 calcular una relación entre:
- la diferencia entre el valor de correlación (242") de la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico (140) y el valor de correlación (242") de la muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico (140); y
 - la suma del valor de correlación (242") de la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico (140) y el valor de correlación (242") de la muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico (140).
- 15 10. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo además, en la sesión de configuración realizada en una resolución de submuestra:
- 20 comparar y/o medir la diferencia entre el valor de correlación (242") de la muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico (140) y el valor de correlación (242") de la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico (440), y/o
- 25 calcular una relación entre:
- la diferencia entre el valor de correlación (242") de la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico (440) y el valor de correlación (242") de la muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico (440); y
 - la suma del valor de correlación (242") de la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico (440) y el valor de correlación (242") de la muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico (440).
- 30 11. El procedimiento según las reivindicaciones 9 y 10, comprendiendo además obtener una función lineal (600) a partir de valores de las relaciones de la reivindicación 10, comprendiendo además, el hecho de cambiar de escala, durante la determinación de los datos de corrección, la relación de la reivindicación 9 a un valor asociado a un coeficiente angular de la función lineal.
- 35 12. El procedimiento según la reivindicación 11, comprendiendo además corregir el TOA o la distancia estimada con un valor asociado a la relación cambiada a escala de la reivindicación 11.
13. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los datos de configuración preasignados se obtienen mediante simulación o realizando mediciones en un cable.
- 40 14. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo además obtener los datos de configuración preasignados a partir de una función de ajuste.
- 45 15. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo además recopilar los datos de configuración preasignados (150) a partir de una pluralidad de TOA y/o distancias a distancias mutuas inferiores a la resolución de medición asociada a la frecuencia de muestreo, para adaptar el canal de transmisión a los datos de correlación asociados a la muestra inmediatamente anterior y a la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico.
- 50 16. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los datos de configuración preasignados (150) incluyen una función lineal o cuadrática.
17. El procedimiento según la reivindicación 16, donde la función lineal o cuadrática se obtiene mediante inferencia, interpolación, un procedimiento de mínimos cuadrados u otros procedimientos estadísticos.
- 55 18. El procedimiento según la reivindicación 16 o 17, donde la función lineal o cuadrática transforma los datos de una función de correlación de medición en datos que tienen en cuenta las características del entorno.
- 60 19. El procedimiento según la reivindicación 17 o 18, donde los datos de configuración comprenden una pendiente de una función lineal.
20. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la señal de medición recibida (132) es una señal transmitida en una red de evolución a largo plazo, LTE, o una red 4G o 5G.
- 65 21. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la señal de medición recibida (132) es una señal recibida de un satélite y/o de un sistema Galileo.

22. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde las etapas que consisten en realizar (122) y determinar (124) una muestra de pico (140) y datos de correlación (142) de la muestra adicional inmediatamente anterior y la muestra adicional inmediatamente posterior a la muestra de pico (140) en la función de correlación de medición (136) se realizan por un primer dispositivo (1102), y la etapa que consiste en determinar (126) un TOA y/o una distancia (146) se realiza por un dispositivo remoto.
23. El procedimiento según la reivindicación 22, donde el primer dispositivo es un equipo de usuario, UE, (1102) y el segundo dispositivo es un servidor de ubicación (1104), o una estación base, o un nodo evolucionado, eNB, o un nodo de próxima generación, gNB.
24. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que utiliza un dispositivo de comunicación en dúplex completo (1400), comprendiendo el procedimiento, antes de la etapa que consiste en realizar, el hecho de:
transmitir y recibir la señal transmitida en una operación en dúplex completo; y, después de la etapa que consiste en determinar (126) un TOA, obtener los retardos asociados a los componentes internos del dispositivo de comunicación en dúplex completo (1400).
25. El procedimiento según la reivindicación 24, comprendiendo además compensar los retardos internos del dispositivo de comunicación en dúplex completo (1400).
26. Un dispositivo (130, 160, 430, 1102, 1104) comprendiendo:
una unidad de estimación de tiempo de llegada, TOA, o de distancia (144) configurada para estimar, en una resolución de muestra, un TOA de una transmisión transmitida por un transmisor, o una distancia (146) asociada al TOA, en un canal de transmisión, a partir de una posición de una muestra de pico en una función de correlación obtenida procesando una señal recibida (142), siendo el canal de transmisión el entorno, donde la resolución de muestra está asociada al tiempo de muestreo de la señal recibida y/o a la función de correlación; y
una unidad de corrección (154) para modificar el TOA o la distancia (146) que se estima según al menos los datos de correlación (142) de una muestra inmediatamente anterior y una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico y los datos de configuración preasignados (150) que tienen una resolución de submuestra, siendo la resolución de submuestra superior a la resolución de muestra, siendo los datos de configuración obtenidos mediante las siguientes etapas:
realizar (112) una pluralidad de procedimientos de correlación para una pluralidad de señales de configuración, recibidas en el canal de transmisión del transmisor, para obtener múltiples funciones de correlación de configuración asociadas a diferentes distancias conocidas en la resolución de submuestra;
para cada procedimiento de correlación de configuración, determinar (114) la muestra de pico (440) y los datos (442) de una muestra inmediatamente anterior y una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico (440) para cada correlación; y
determinar (116), a partir de la muestra de pico (440) determinada y los datos (442) de la una muestra inmediatamente anterior y la una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico (440), los datos de configuración preasignados (150) asociados al canal de transmisión.
27. El dispositivo (430) según la reivindicación 26, configurado además para definir los datos de configuración (150) a partir de una señal de configuración recibida (432), comprendiendo:
una unidad de correlación (434) para correlacionar la señal de configuración recibida (432) con una señal de referencia (433) para obtener una función de correlación de configuración (436);
una unidad de determinación de muestra (438) para determinar una muestra de pico (440) de la función de correlación de medición (436) y datos de otras muestras, incluyendo la muestra inmediatamente anterior a la muestra de pico (440) y la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico (440); y
una unidad de definición de datos de configuración (449) para obtener la muestra de pico (440) y las otras muestras para proporcionar datos de configuración (150).
28. El dispositivo (1104) según la reivindicación 26 o 27, configurado para obtener la muestra de pico y los datos asociados a la muestra inmediatamente anterior y a la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico a partir de un dispositivo remoto (1102, 1104).
29. El dispositivo según la reivindicación 28, configurado además como un dispositivo de dúplex completo configurado para obtener retardos asociados a sus componentes internos transmitiendo y recibiendo simultáneamente la misma señal.
30. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 26-29, configurado además para realizar un

procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-25.

31. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 26-30, configurado además para recopilar los datos de configuración preasignados (150) a partir de una pluralidad de TOA y/o de distancias a distancias mutuas inferiores a la resolución de medición asociada a la frecuencia de muestreo, para adaptar el canal de transmisión a los datos de correlación asociados a la muestra inmediatamente anterior y a la muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico.
32. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 26-31, configurado para recibir la señal de medición recibida (132) de un satélite y/o de un sistema Galileo.
33. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 26-32, configurado para medir las TDOA obtenidas mediante transmisiones recibidas de una pluralidad de estaciones base (806', 808', 812').
34. Un sistema comprendiendo un transmisor (170) y un receptor (130, 160, 430), donde el receptor es el dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 26-33 y está configurado para medir un TOA de una señal recibida del transmisor al menos en una etapa de determinación (126) o en una sesión de configuración (110).
35. Un dispositivo (900) comprendiendo medios de almacenamiento no transitorios que contienen instrucciones legibles por procesador que, cuando son ejecutadas por un procesador, hacen que el procesador realice el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-25.
36. Un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 26-33, donde el dispositivo se calibra al:
- realizar una pluralidad de procedimientos de correlación para una pluralidad de señales de configuración para obtener múltiples funciones de correlación de configuración asociadas a diferentes distancias en una resolución de submuestra;
- para cada procedimiento de correlación de configuración, determinar la muestra de pico y los datos de una muestra inmediatamente anterior y una muestra inmediatamente posterior a la muestra de pico para cada correlación; y
- asociar los datos de configuración al canal de transmisión.

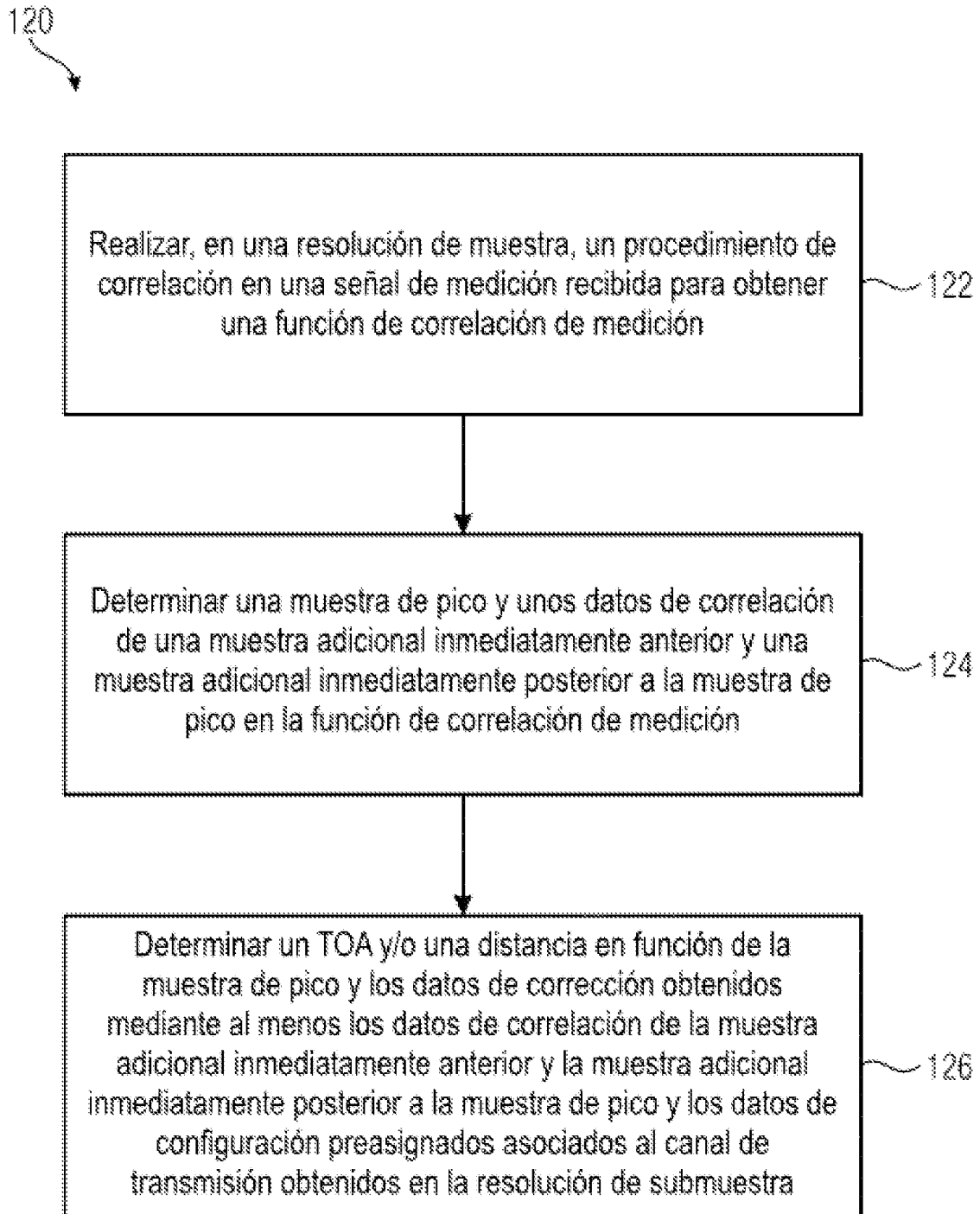


Fig. 1A

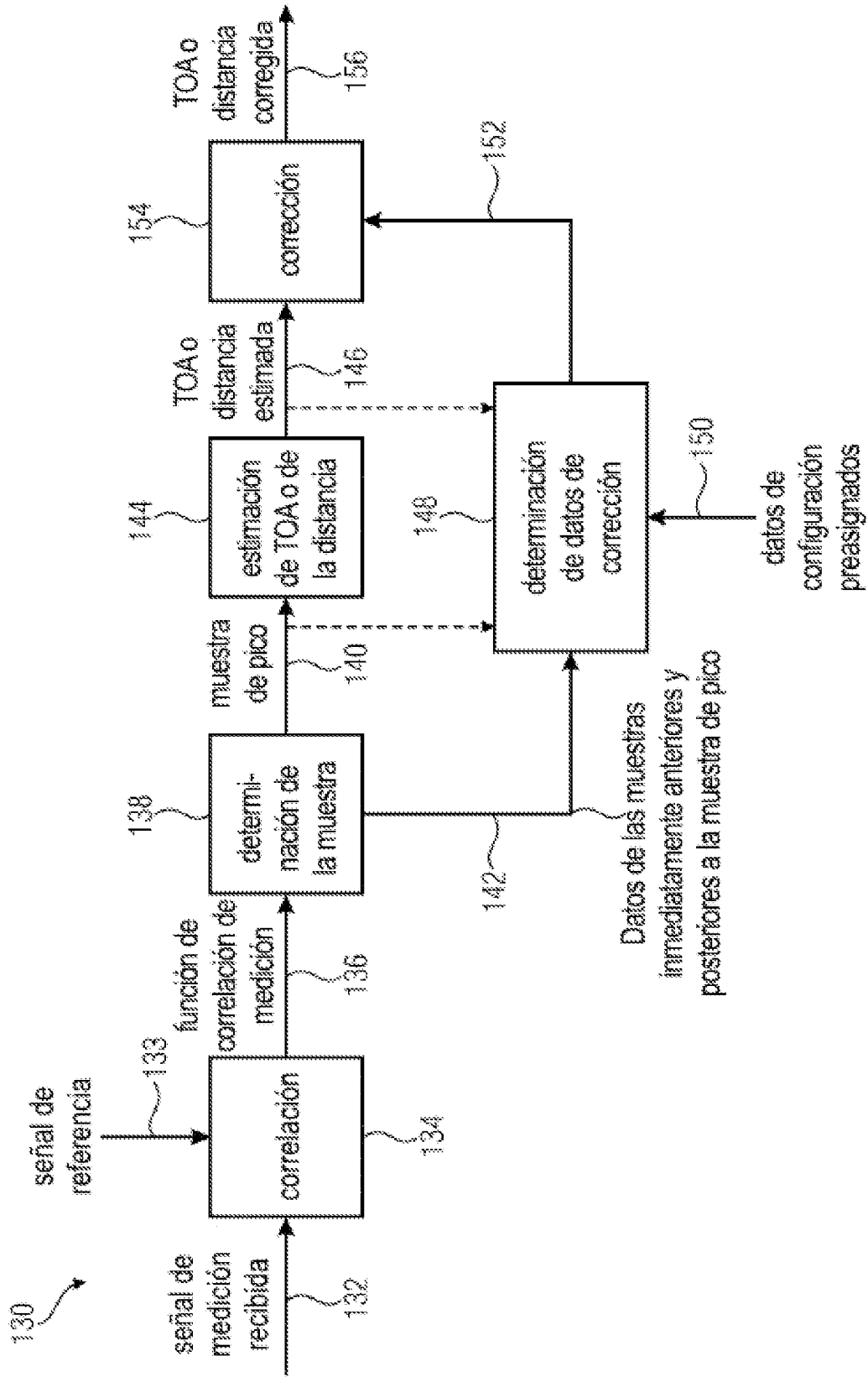


Fig. 1B

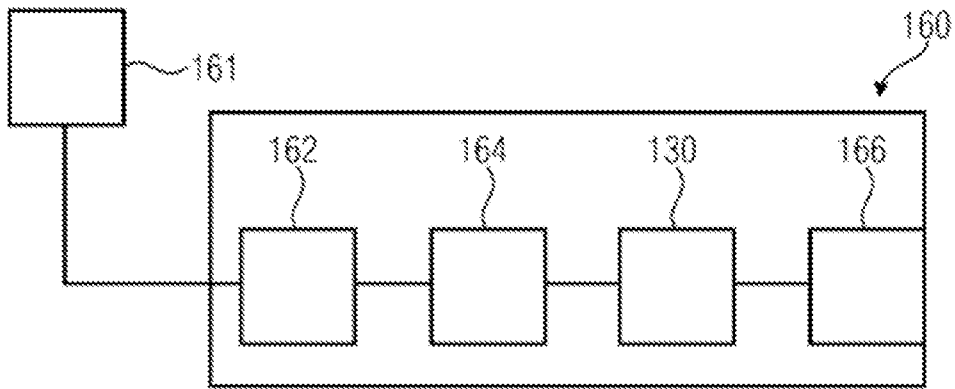


Fig. 1C

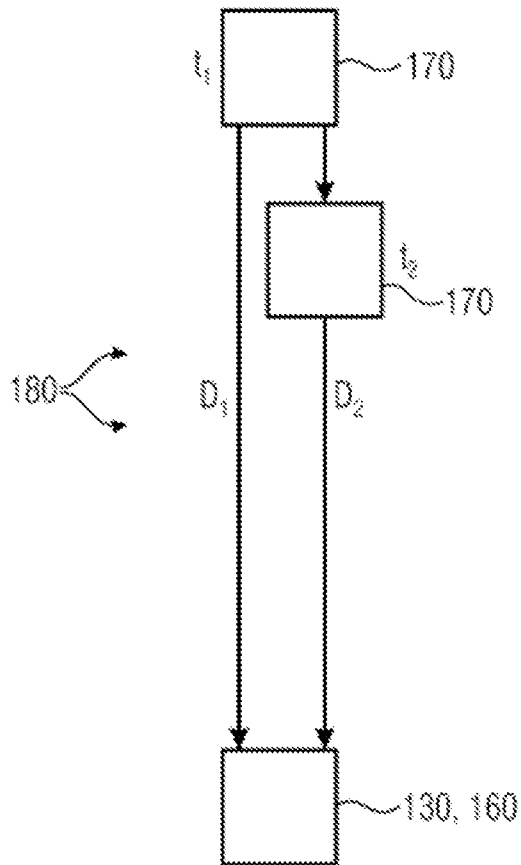


Fig. 1D

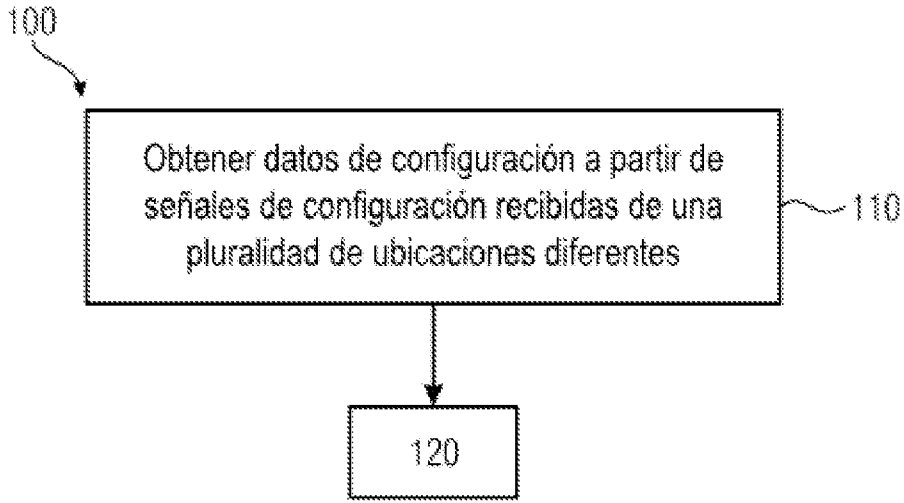


Fig. 1E

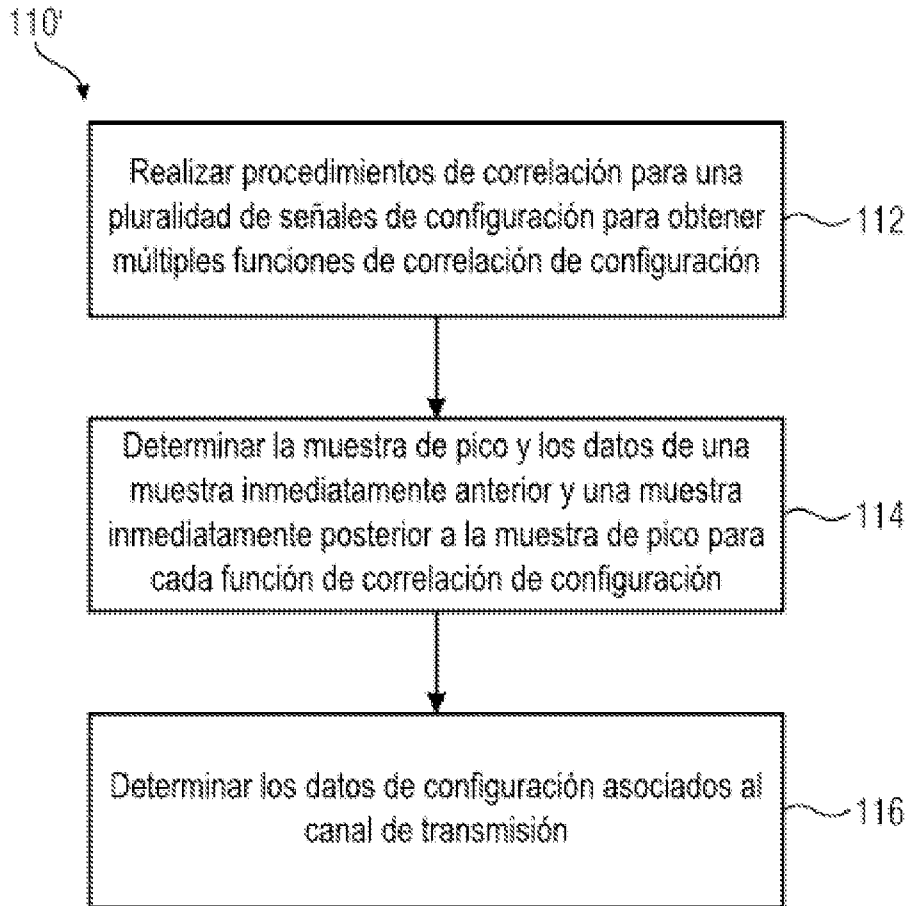


Fig. 1F

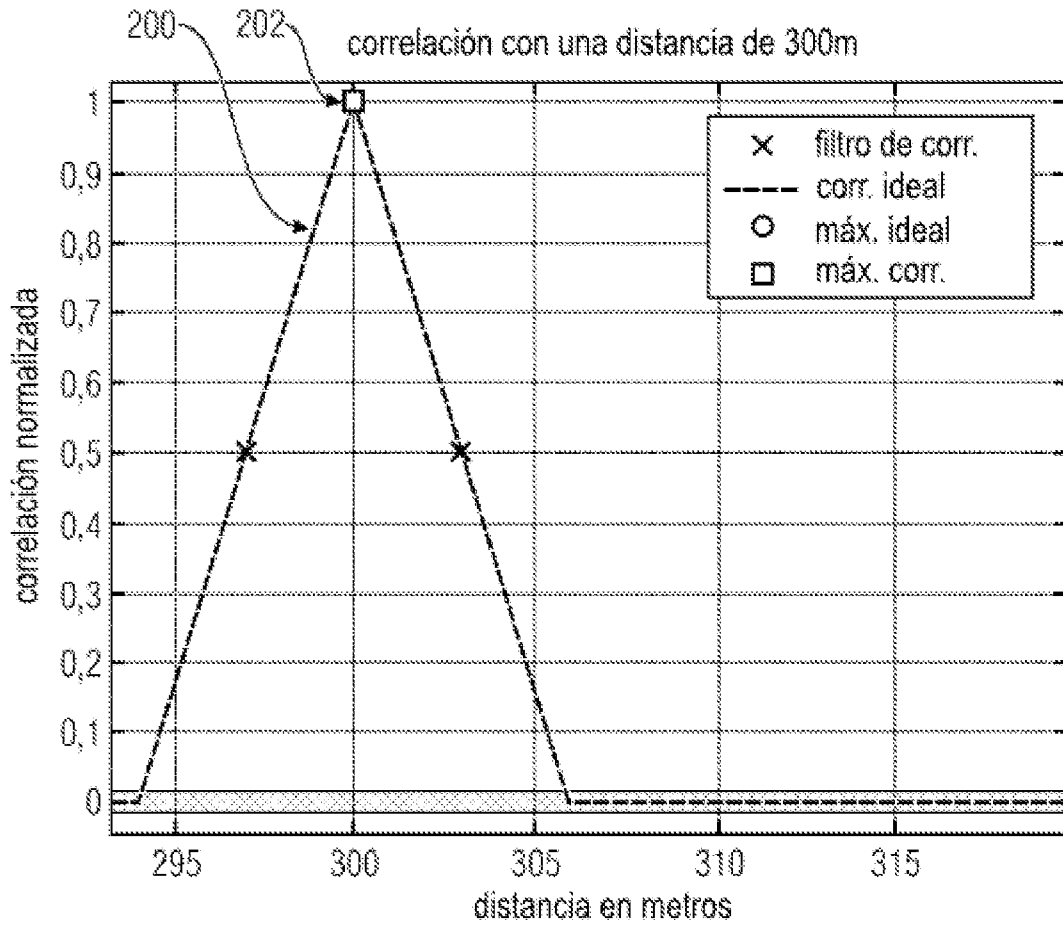


Fig. 2A

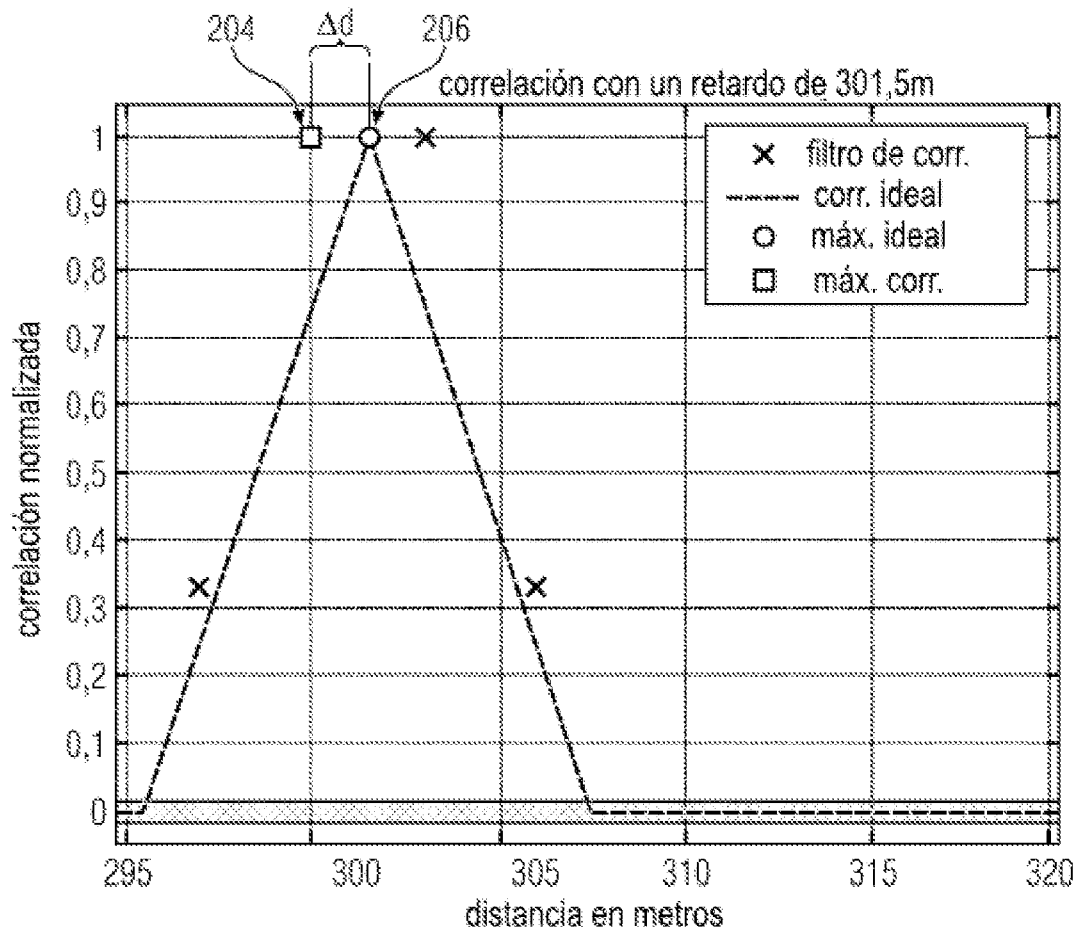


Fig. 2B

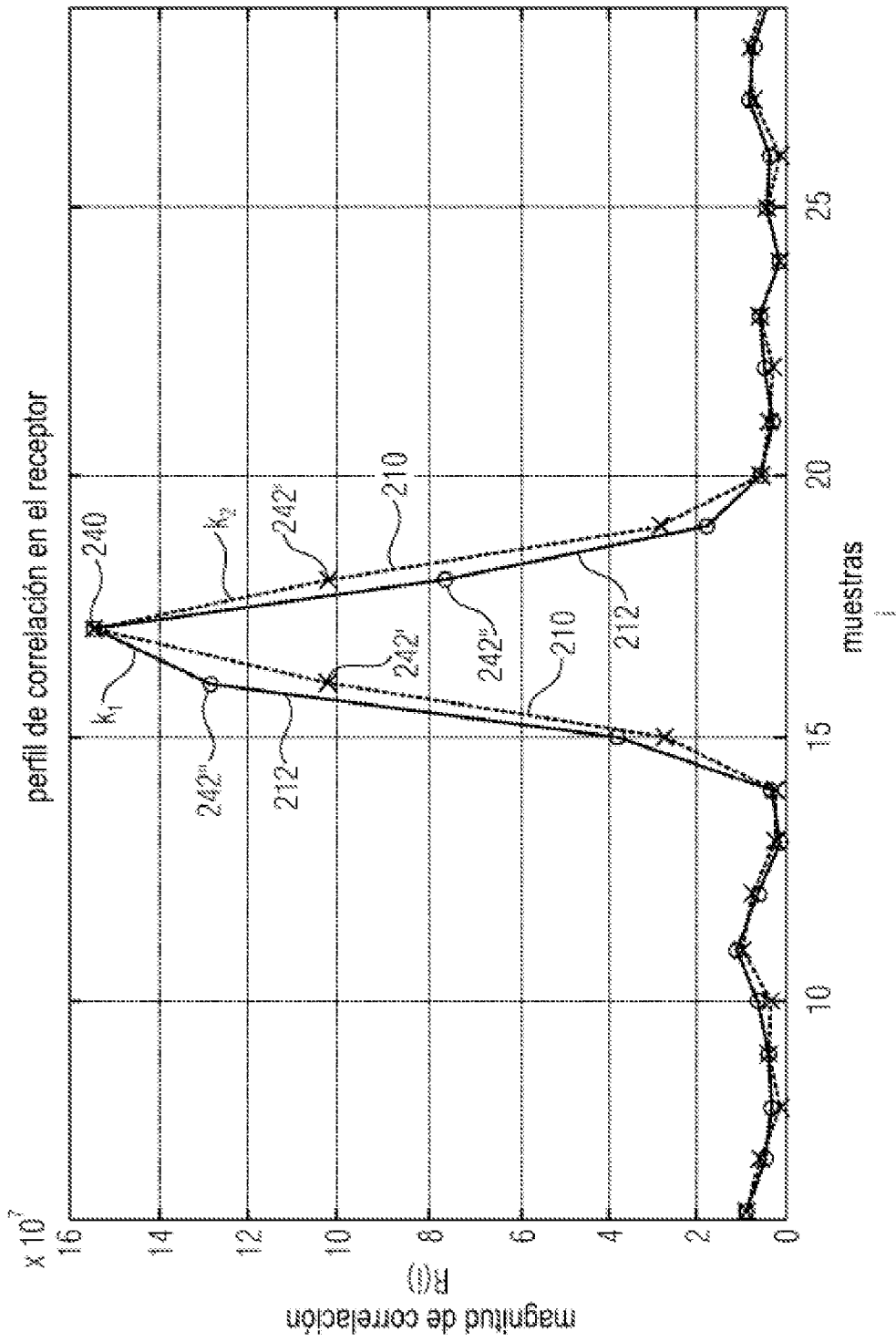


Fig. 2C

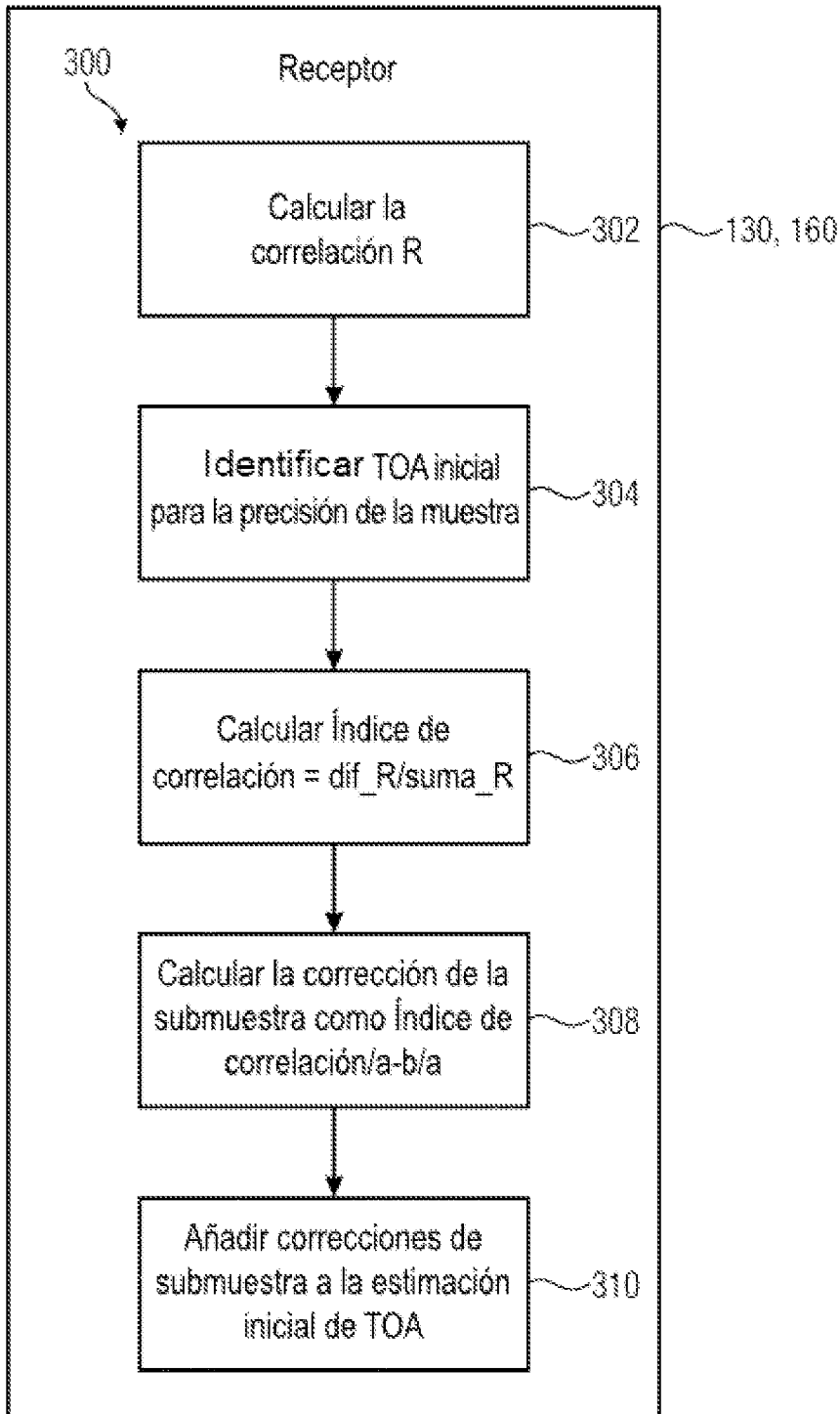


Fig. 3

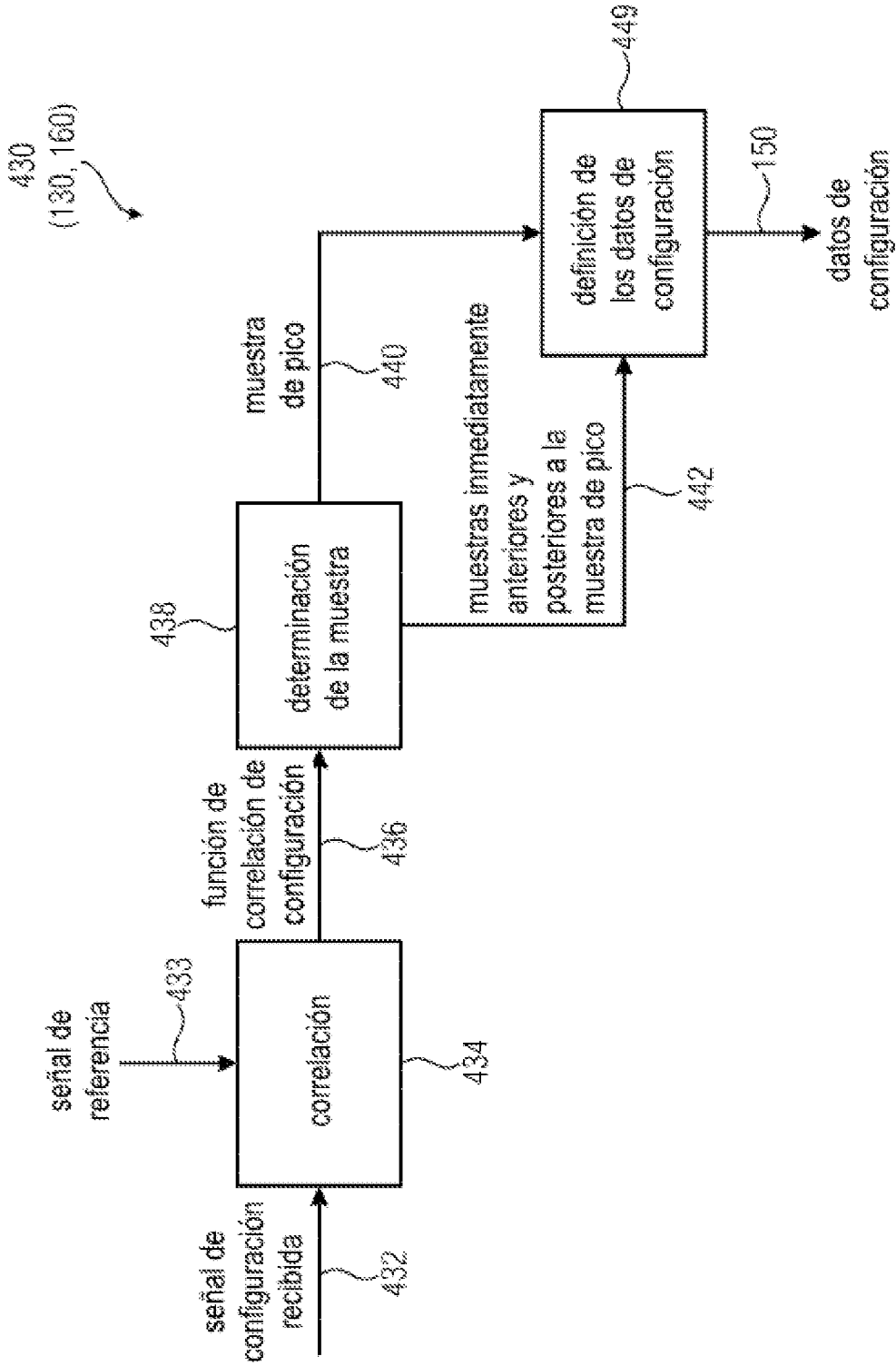


Fig. 4

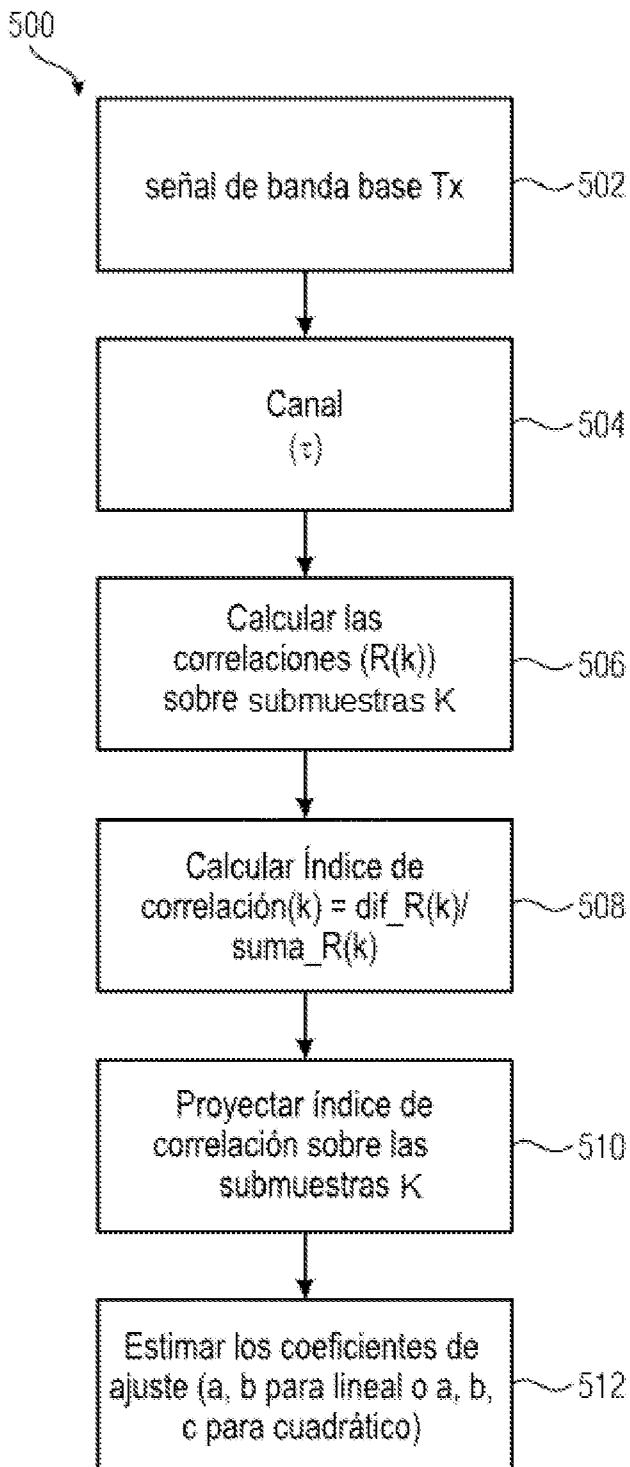


Fig. 5A

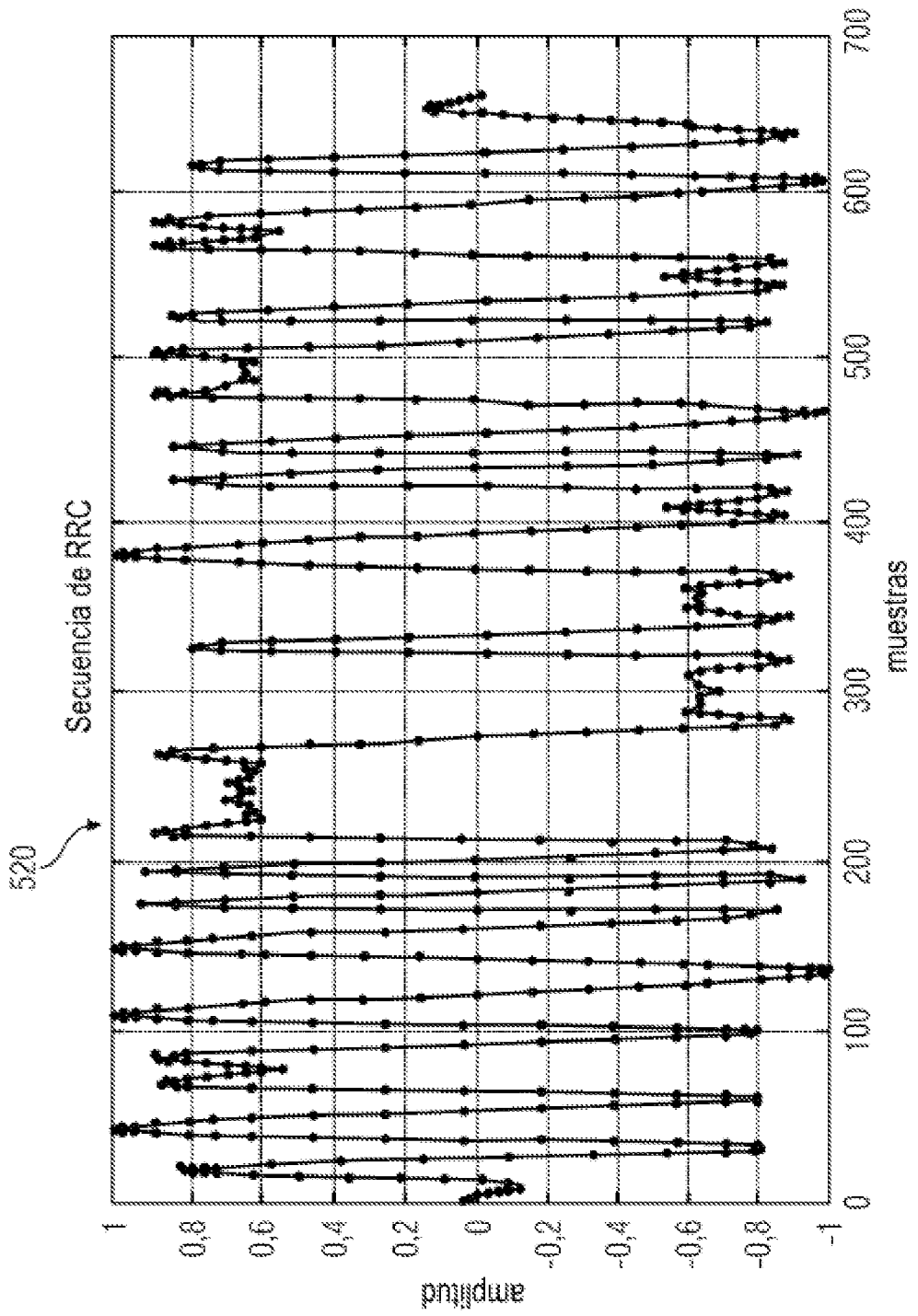


Fig. 5B

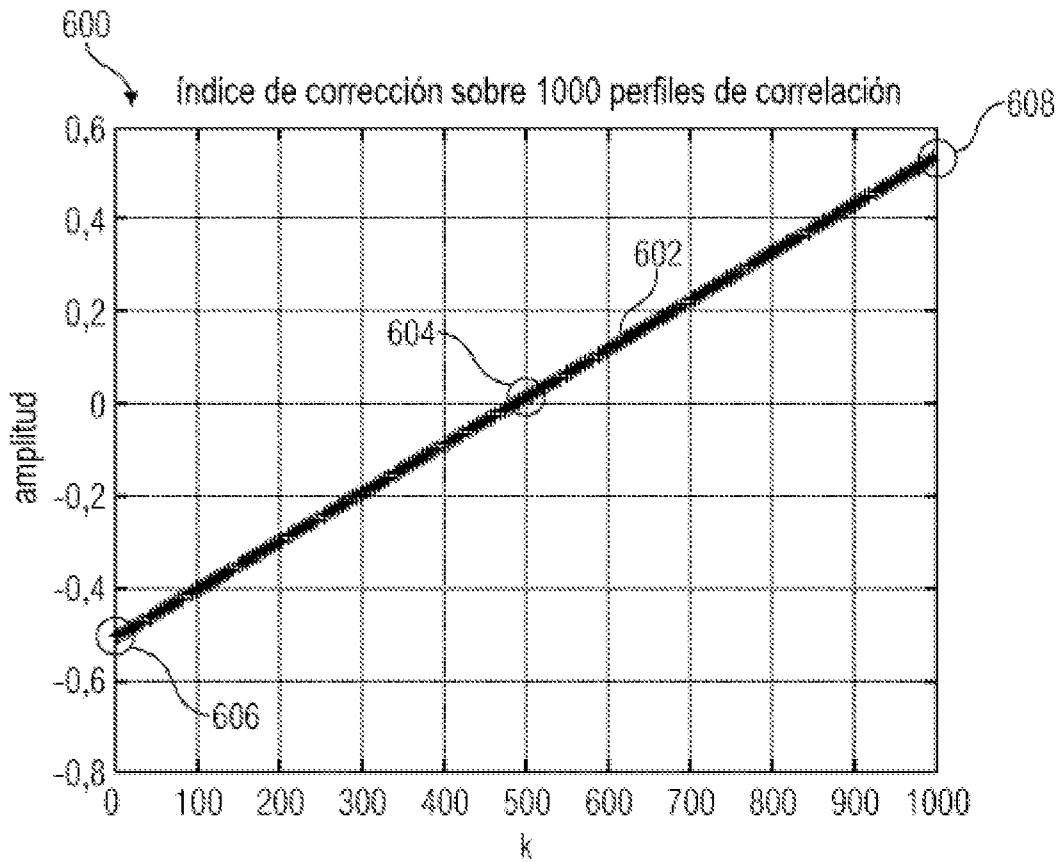


Fig. 6A

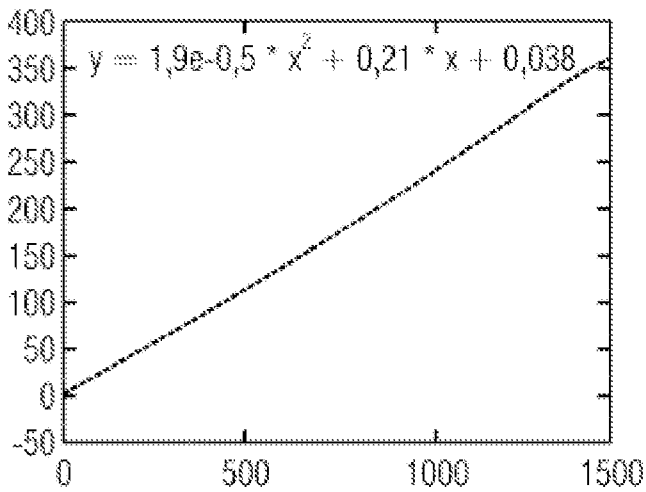


Fig. 6B

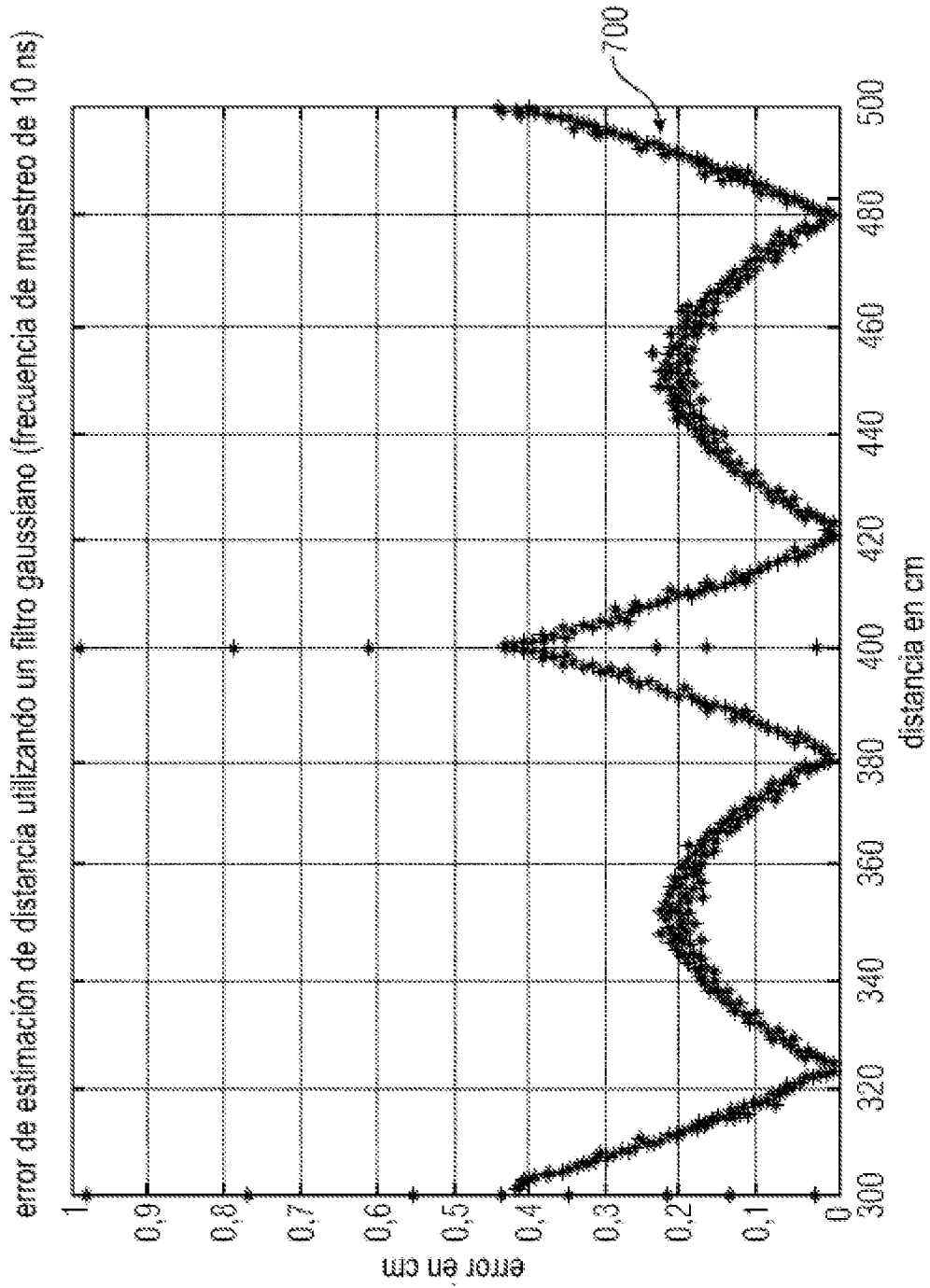


Fig. 7

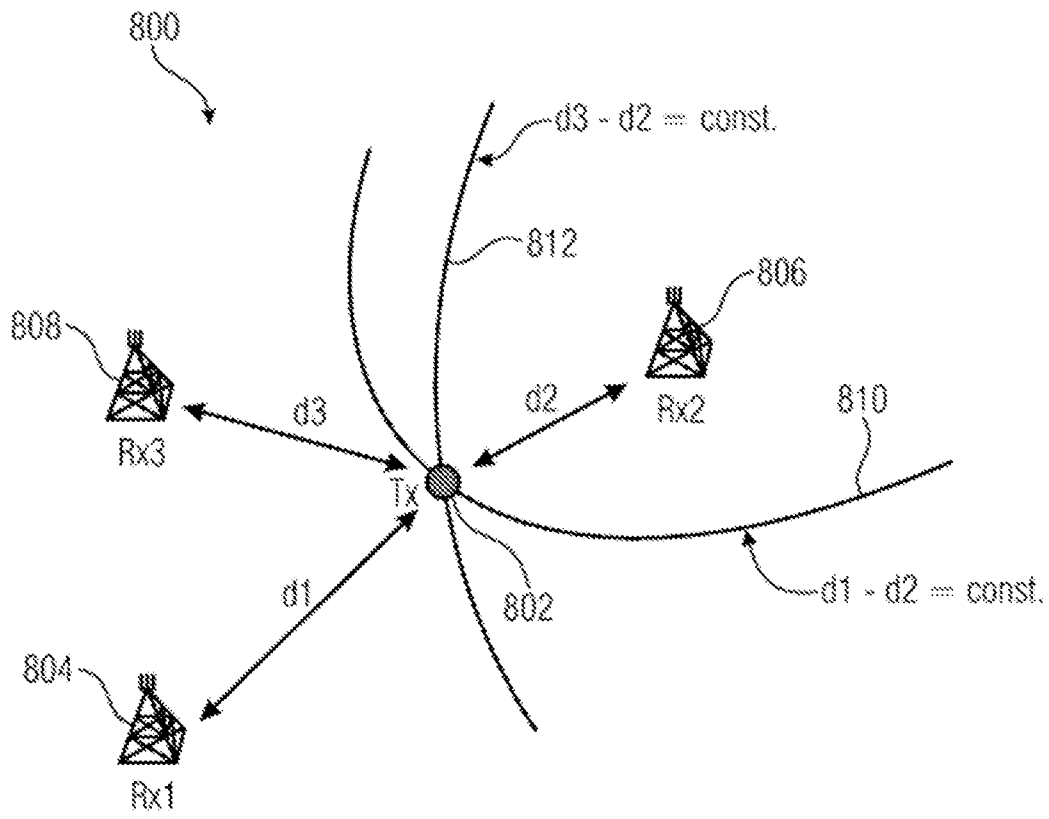


Fig. 8A

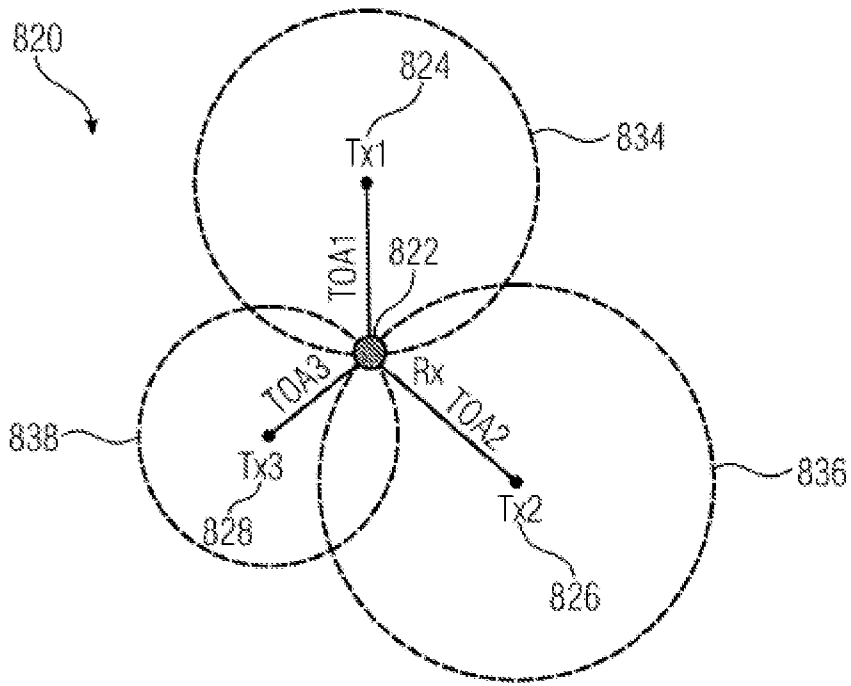


Fig. 8B

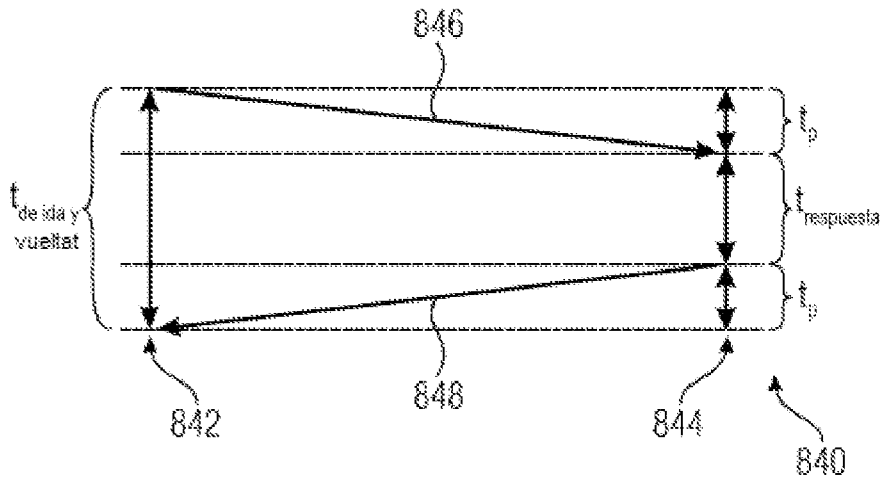


Fig. 8C

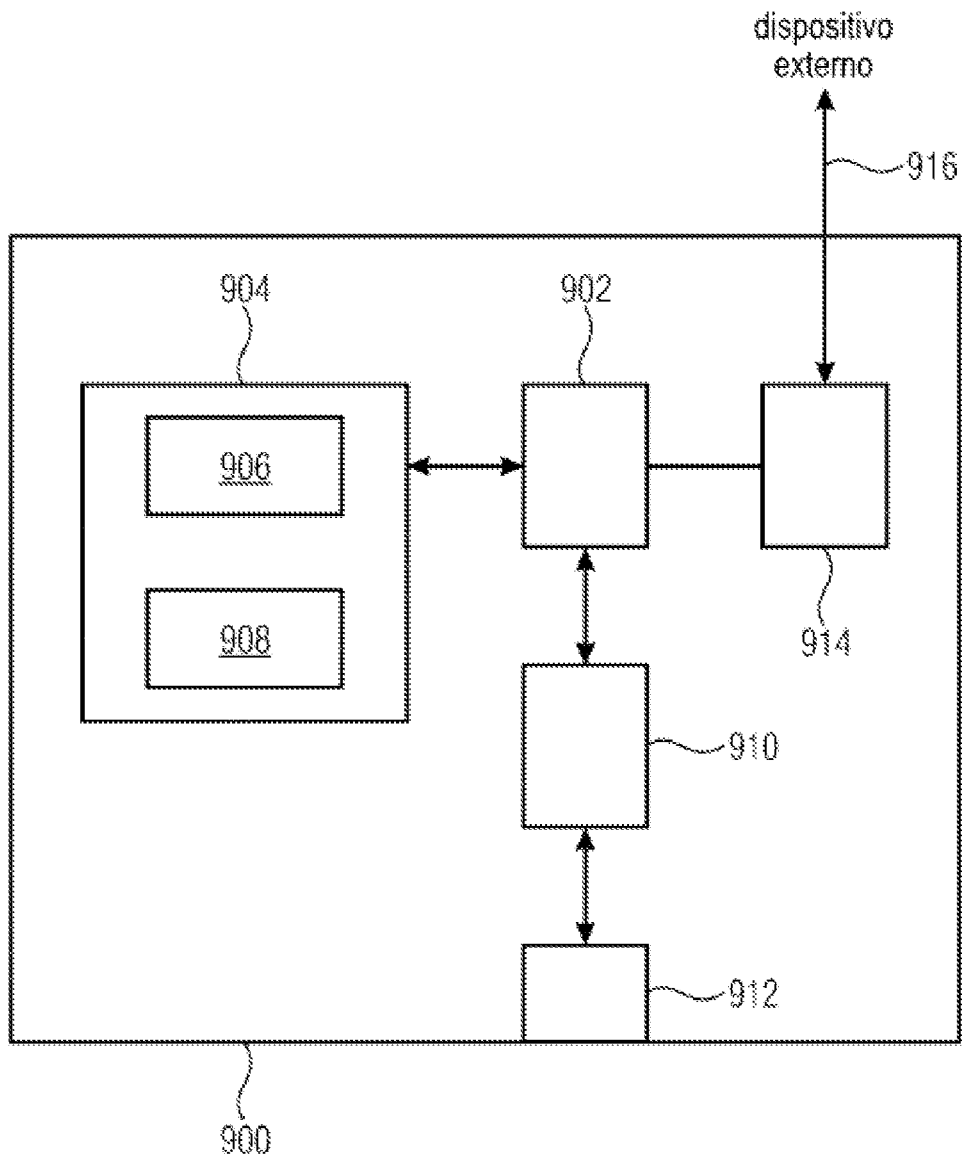


Fig. 9

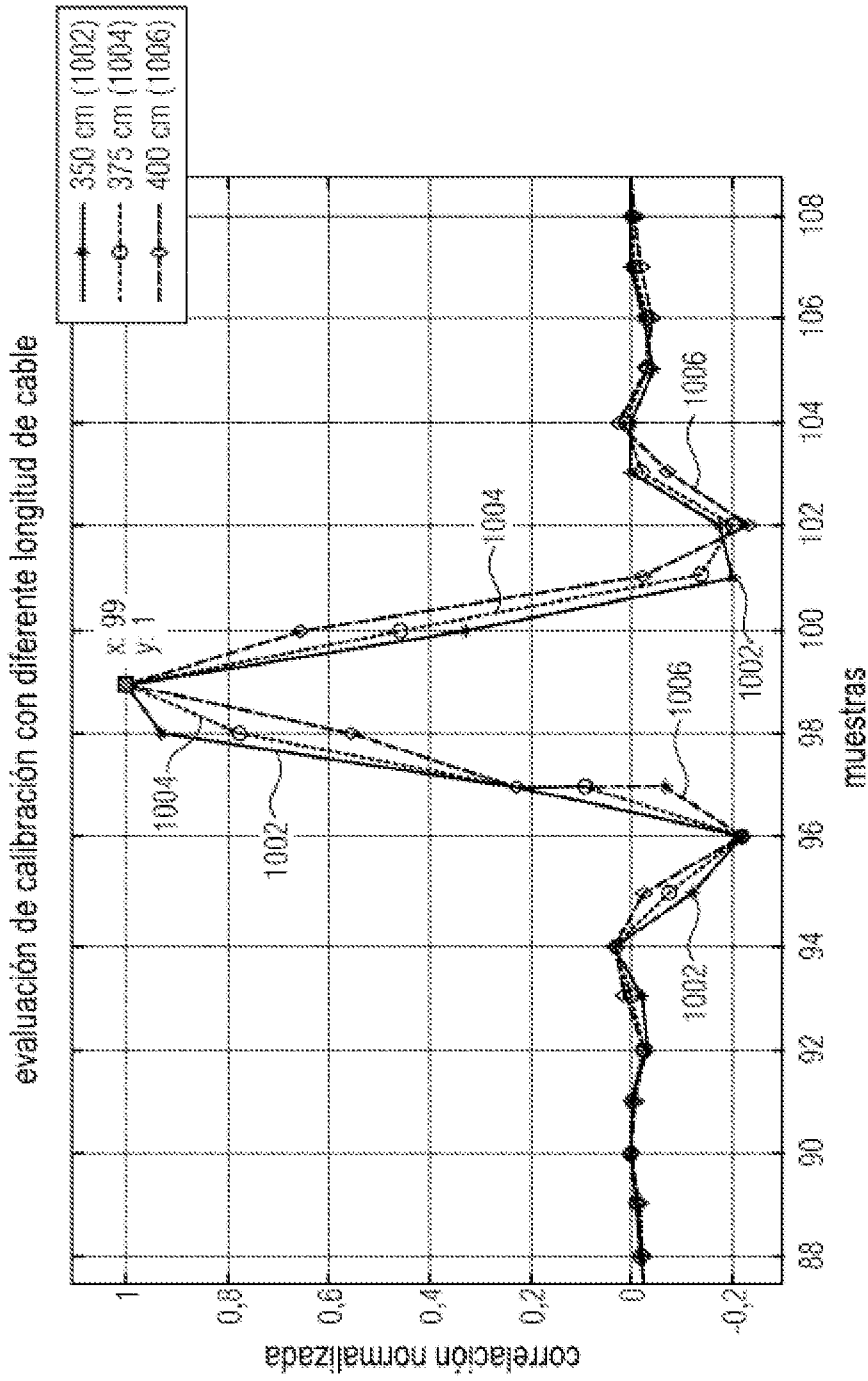


Fig. 10

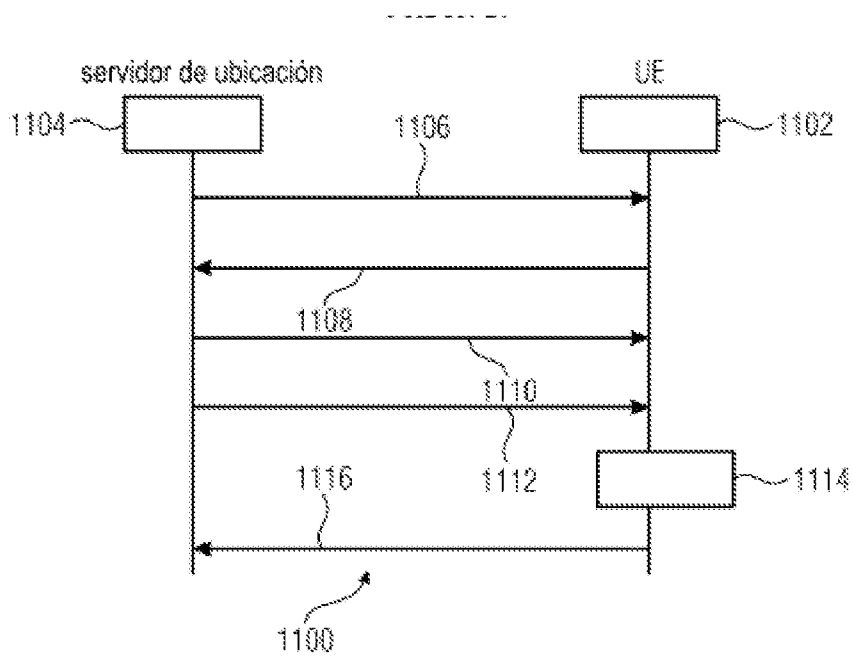


Fig. 11

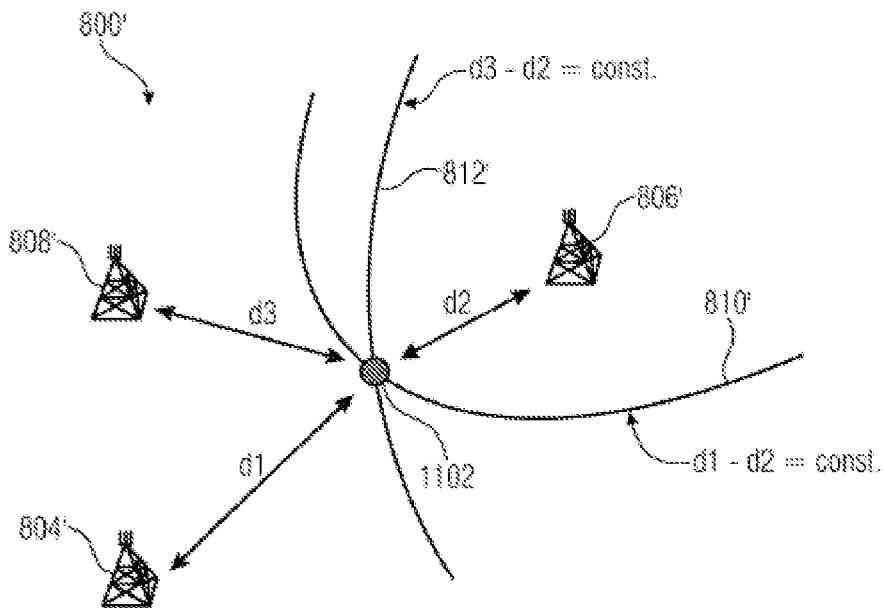


Fig. 12

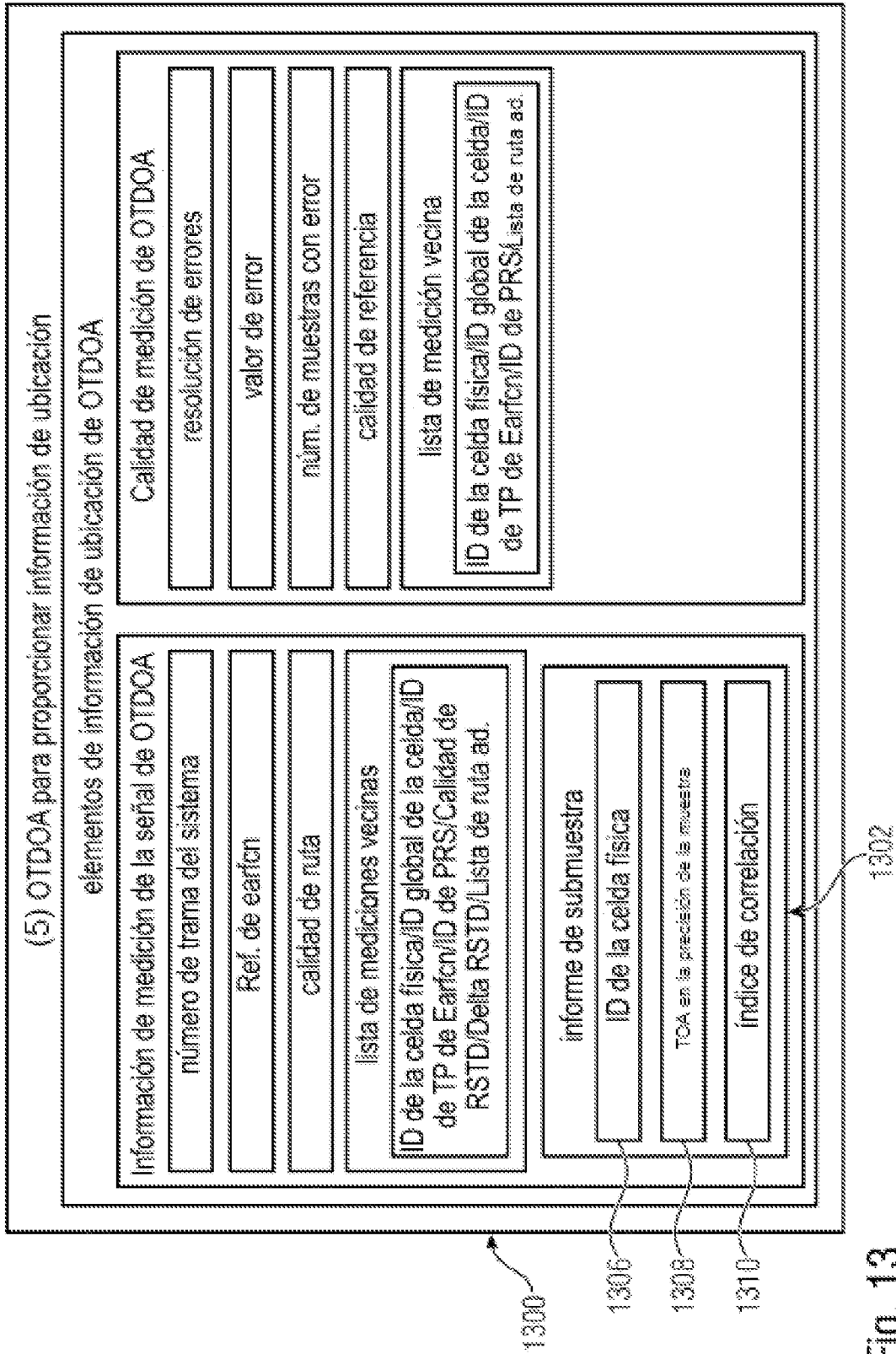


Fig. 13

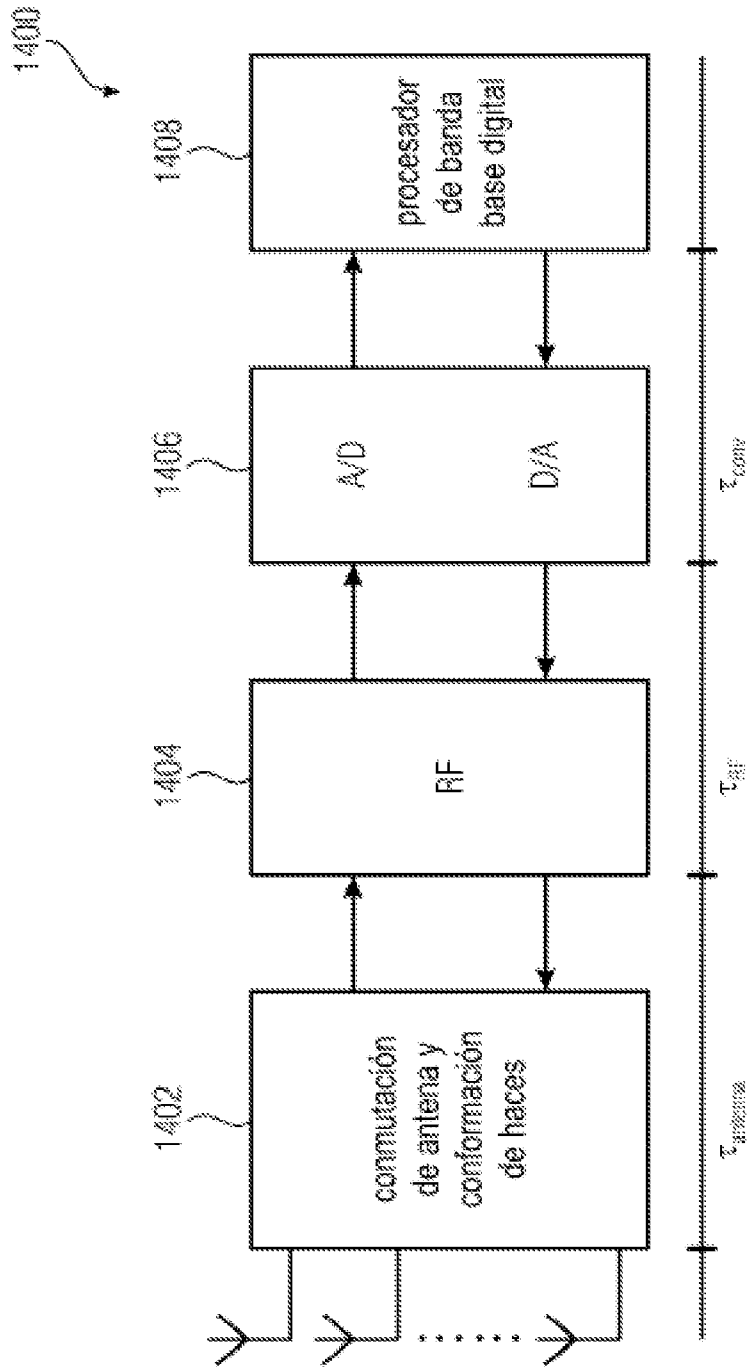


Fig. 14