

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 881 612**

51 Int. Cl.:

G01S 5/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.04.2018 PCT/FR2018/050900**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.10.2018 WO18189477**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2018 E 18724950 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.05.2021 EP 3610283**

54 Título: **Procedimiento, dispositivo y producto de programa informático para la geolocalización de un transmisor de radio**

30 Prioridad:

11.04.2017 FR 1753177

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

30.11.2021

73 Titular/es:

**KERLINK (100.0%)
1, rue Jacqueline Auriol
35235 Thorigne-Fouillard, FR**

72 Inventor/es:

ROUSSELOT, FLORENT

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 881 612 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

Procedimiento, dispositivo y producto de programa informático para la geolocalización de un transmisor de radio

Área técnica

5 La invención se refiere al campo de los procedimientos para la geolocalización de un dispositivo transmisor de señales de radio, en particular de dispositivos transmisores de señales pertenecientes al campo del Internet de las cosas. Más concretamente, la invención se refiere a la geolocalización de un dispositivo transmisor de señales como parte de una red de área amplia de largo alcance que tiene una pluralidad de pasarelas de concentración de datos.

Antecedentes tecnológicos

10 El Internet de las cosas consiste en permitir que los objetos comuniquen automáticamente datos con una red inalámbrica. Por ejemplo, un contador de agua equipado con un módulo de comunicación puede comunicar automáticamente una lectura de agua a la empresa de gestión de la facturación del agua.

15 Las pasarelas de concentración de mensajes, también llamadas estaciones, se encargan de recibir y transmitir datos desde y hacia los módulos de comunicación presentes en su zona de cobertura y de retransmitir estos datos a los equipos encargados de procesarlos, por ejemplo, servidores accesibles en una red basada en el protocolo de Internet.

20 Existen varias tecnologías de acceso radioeléctrico para implementar redes de módulos de comunicación. A modo de ejemplo puramente ilustrativo y no limitativo, pueden mencionarse las tecnologías LoRa™, Sigfox™ o WM-Bus (del inglés "Wireless Meter Bus"), que se basan especialmente en diferentes tipos de modulación. Lo que tienen en común estas tecnologías es que ofrecen comunicaciones *de largo alcance*, lo que reduce el número de pasarelas al aumentar su cobertura.

25 En algunas situaciones, puede ser necesario geolocalizar ciertos objetos emisores de señales de radio. Este puede ser el caso, por ejemplo, de los transmisores asociados a objetos móviles como paletas de transporte de productos o similares. Se sabe que utiliza la orientación por satélite (GPS) para este fin. Sin embargo, el uso de componentes que permiten la localización a través de datos GPS puede ser complejo, costoso y consumir energía para el dispositivo de transmisión de señales y, por lo tanto, no es adecuado para todos los usos o dispositivos de transmisión de señales.

El documento US5058200 A describe un sistema de geolocalización para un dispositivo transmisor. El documento US2003/146871 A1 describe un sistema de geolocalización que utiliza la dirección de la diferencia entre los tiempos de llegada.

30 También se sabe, por ejemplo de US2010/0138184 A1 un procedimiento de geolocalización por triangulación que utiliza los datos de recepción de una señal transmitida por un dispositivo transmisor de señales en una pluralidad de receptores de radio. Estos datos de recepción son, por ejemplo, la fecha de recepción de la señal o la intensidad de la señal de radio recibida por los diferentes receptores. Sin embargo, este método de triangulación tiene una precisión limitada y no puede geolocalizar el dispositivo emisor de señales con una fiabilidad satisfactoria.

35 Por lo tanto, existe la necesidad de un procedimiento de geolocalización de un dispositivo transmisor de señales de radio con baja complejidad, bajo consumo de energía y buena fiabilidad.

Sumario

40 La invención permite satisfacer estas necesidades. Una idea de la invención es permitir la geolocalización de un dispositivo transmisor de señales de radio sin aumentar el consumo de energía de dicho dispositivo transmisor de señales de radio. Una idea de la invención es permitir la geolocalización de un dispositivo transmisor de señales de radio sin aumentar la complejidad de dicho dispositivo transmisor de señales de radio. Una de las ideas de la invención es permitir la geolocalización de un dispositivo transmisor de señales de radio con un grado de precisión satisfactorio. Una idea de la invención es geolocalizar un dispositivo emisor de señales de radio utilizando una infraestructura de red de comunicaciones que se comunica con dicho dispositivo emisor de señales de radio. Una idea de la invención es permitir la geolocalización de un dispositivo transmisor de señales de radio con una fiabilidad satisfactoria.

Para ello, la invención proporciona un procedimiento de geolocalización de un dispositivo transmisor de señales, dicho dispositivo transmisor de señales que transmite una señal de radio, el procedimiento de geolocalización que comprende:

- 50 a. proporcionar las posiciones de una pluralidad de estaciones receptoras de una red de radiocomunicación y las fechas de recepción de la señal de radio por dichas estaciones receptoras,
- b. seleccionar una estación de referencia entre la pluralidad de estaciones receptoras,

- c. definir una zona de exploración basada en las posiciones de las estaciones receptoras,
- d. subdividir la zona de exploración en una pluralidad de sub-zonas según una granularidad de exploración,
- e. para cada sub-zona, calcular un grado de error acumulado de dicha sub-zona, comprendiendo el cálculo del grado de error acumulado de dicha sub-zona:

5 o determinar una posición bajo prueba dentro de dicha sub-zona,

o calcular para cada estación receptora un parámetro de error de transmisión respectivo en función de una fecha de recepción de la señal de radio por dicha estación receptora, una fecha de recepción de la señal de radio por la estación de referencia, una velocidad de propagación de la señal de radio, una distancia entre la posición comprobada y dicha estación receptora y una distancia entre la posición comprobada y la estación de referencia,

10 o calcular el error acumulado de la sub-zona a partir de los parámetros de error de transmisión calculados para todas las estaciones receptoras,

- f. seleccionar una sub-zona con un grado de error acumulado mínimo como sub-zona de localización del dispositivo transmisor de señales

15 g. definir una nueva zona de exploración, la nueva zona de exploración incluye y está centrada en la sub-zona de localización seleccionada en la etapa f),

- h. definir una nueva granularidad de exploración inferior a la granularidad de exploración,

- i. iterar el procedimiento desde la etapa d) con la nueva zona de exploración como zona de exploración y la nueva granularidad como granularidad,

20 y en el que en cada iteración la nueva zona de exploración se define en la etapa h) como igual a la sub-zona de localización seleccionada en la etapa f) más un margen que rodea completamente la sub-zona de localización y cuya anchura es mayor que la granularidad de la exploración.

Mediante dicho procedimiento, se puede lograr la geolocalización del dispositivo transmisor de señales de radio sin necesidad de modificar el dispositivo transmisor de señales. En particular, el procedimiento según la invención permite la geolocalización de un dispositivo transmisor de señales de radio sin aumentar su complejidad ni su consumo de energía. Además, el procedimiento según la invención permite, gracias a sucesivas iteraciones, geolocalizar el dispositivo transmisor de la señal con una buena precisión de geolocalización.

25 Según otras realizaciones ventajosas, dicho procedimiento de geolocalización puede tener una o más de las siguientes características.

Según una realización, la definición de la zona de exploración comprende la determinación de una longitud máxima de las estaciones de recepción, una longitud mínima de las estaciones de recepción, una latitud máxima de las estaciones de recepción, una latitud mínima de las estaciones de recepción, estando la zona de exploración limitada por dichas longitudes y latitudes máximas y mínimas. Según una realización, la definición de la zona de exploración comprende además la adición de un margen a la zona de exploración delimitada por las longitudes y latitudes máxima y mínima de las estaciones receptoras.

30 Según una realización, el procedimiento comprende un número de iteraciones superior a 3, por ejemplo igual a 7. Gracias a estas características, es posible obtener una geolocalización con un grado de precisión satisfactorio.

35 Según una realización, la etapa de cálculo del parámetro de error de transmisión de una estación receptora satisface la fórmula

Según una realización, la etapa de cálculo del parámetro de error de transmisión de una estación receptora satisface la fórmula

$$40 \quad E_i^{k,l} = |d_i^{k,l} - d_0^{k,l}| - |(T_i - T_0) * C|$$

donde $E_i^{k,l}$ es el parámetro de error de la estación receptora en la posición probada, $d_i^{k,l}$ es la distancia entre la posición probada y la estación receptora, $d_0^{k,l}$ es la distancia entre la posición probada y la estación de referencia, T_i es la fecha de recepción de la señal de radio por la estación receptora, T_0 es la fecha de recepción de la señal de radio por la estación de referencia, y C es la velocidad de propagación de la señal de radio emitida por el dispositivo emisor de señales.

45 Según una realización, el grado de error acumulado de una sub-zona es la suma de los parámetros de error de transmisión de la pluralidad de estaciones receptoras para dicha sub-zona.

- 5 Según una realización, el procedimiento comprende además determinar un umbral de calidad de la señal y desestimar la señal de radio recibida por las estaciones receptoras cuya calidad de recepción de la señal de radio está por debajo del umbral de calidad de la señal determinado. Gracias a estas características, la fiabilidad del procedimiento de geolocalización es satisfactoria. En particular, es posible excluir las estaciones cuya calidad de recepción de la señal es demasiado pobre para garantizar resultados fiables.
- 10 Según una realización, el procedimiento comprende además determinar una fecha de recepción umbral e ignorar la señal de radio recibida por las estaciones que tienen una fecha de recepción de señal mayor que la fecha de recepción umbral. Gracias a estas características, la fiabilidad de la geolocalización es satisfactoria. En particular, es posible descartar las estaciones cuya recepción de señales podría corresponder a la recepción de señales multitrayecto.
- 15 Según una realización, el procedimiento comprende además determinar que una distancia entre dos estaciones de recepción es inferior a una desviación de umbral y realizar la etapa de definir la zona de exploración utilizando una posición común para dichas dos estaciones de recepción que tienen una distancia inferior a la desviación de umbral.
- 20 Según una realización, en la etapa de definición de la zona de exploración en función de las posiciones de las estaciones receptoras, se ignora la posición de una de dichas dos estaciones receptoras cuya distancia es inferior a la desviación de umbral. En otras palabras, la posición común utilizada para las dos estaciones receptoras con una distancia inferior a la desviación de umbral es la posición de una de dichas dos estaciones.
- 25 Según una realización, el procedimiento comprende además la determinación de una posición mediana entre dichas dos estaciones receptoras cuya distancia es inferior a la desviación umbral y la realización de la etapa de definición de la zona de exploración según la posición mediana calculada en lugar de tener en cuenta las posiciones de dichas dos estaciones utilizadas para calcular esta posición mediana. En otras palabras, la etapa de definir la zona de exploración se realiza basándose en las posiciones de las estaciones de recepción distintas de dichas dos estaciones de recepción y basándose en la posición media entre dichas dos estaciones de recepción cuya distancia es menor que la distancia umbral.
- 30 Según una realización, la señal de radio transmitida por el dispositivo de transmisión de señales comprende una carga útil y una cabecera, comprendiendo dicha cabecera un identificador y una fecha de transmisión de dicha señal, comprendiendo el procedimiento además la identificación de la señal de radio por cada estación receptora utilizando el identificador contenido en la cabecera de la señal.
- 35 Según una realización, la pluralidad de estaciones de recepción están conectadas a un servidor, el procedimiento comprende además, para cada estación de recepción, transmitir al servidor un mensaje que comprende un identificador de la señal de radio, una información de calidad de la recepción de la señal de radio por la estación de recepción, una fecha de recepción de la señal de radio, y un identificador de la estación de recepción.
- Según una realización, la invención también proporciona un dispositivo de geolocalización de un dispositivo emisor de señales de radio, dicho dispositivo emisor de señales emite una señal de radio, el dispositivo de geolocalización que comprende:
- a. Un módulo de selección para seleccionar una estación de referencia entre la pluralidad de estaciones receptoras que han recibido la señal de radio,
 - b. Un módulo de definición de la zona de exploración configurado para definir una zona de exploración en función de las posiciones de dichas estaciones receptoras,
 - 40 c. un módulo de subdivisión configurado para subdividir la zona de exploración en una pluralidad de sub-zonas basadas en una granularidad de exploración,
 - d. Un módulo de cálculo del grado de error acumulado configurado para, para cada sub-zona, calcular un grado de error acumulado de dicha sub-zona, comprendiendo el cálculo del grado de error acumulado de dicha sub-zona:
 - 45 - determinar una posición probada dentro de dicha sub-zona,
 - calcular para cada estación receptora un parámetro de error de transmisión respectivo en función de una fecha de recepción de la señal de radio por dicha estación receptora, una fecha de recepción de la señal de radio por la estación de referencia, una velocidad de propagación de la señal de radio, una distancia entre la posición comprobada y dicha estación receptora y una distancia entre la posición comprobada y la estación de referencia,
 - 50 - calcular el grado de error acumulado de la sub-zona a partir de los parámetros de error de transmisión calculados para todas las estaciones receptoras,

- e. Un módulo de selección de sub-zonas configurado para seleccionar una sub-zona que tenga un grado de error acumulado mínimo como sub-zona de localización del dispositivo de transmisión de señales,

en el que el módulo de definición de la zona de exploración también está configurado para definir una nueva zona de exploración, la nueva zona de exploración incluye y está centrada en la sub-zona de localización seleccionada por el módulo de selección de sub-zonas, estando el módulo de subdivisión configurado además para definir una nueva granularidad de exploración más pequeña que la granularidad de exploración el dispositivo de geolocalización está configurado para geolocalizar iterativamente el dispositivo de transmisión de señales a partir de las zonas de exploración y la granularidad definidas iterativamente por el módulo de definición de la zona de exploración y el módulo de subdivisión, y en el que en cada iteración, la nueva zona de exploración se define como igual a la sub-zona de ubicación seleccionada por el módulo de selección de sub-zonas más un margen que rodea completamente la sub-zona de ubicación y que tiene una anchura mayor que la granularidad de exploración.

De acuerdo con una realización, la invención también proporciona un programa de ordenador que contiene instrucciones en un medio de grabación y que está adaptado para ser ejecutado en el dispositivo anterior para realizar el procedimiento como el anterior.

15 Breve descripción de las figuras

La invención se entenderá mejor, y otros propósitos, detalles, características y ventajas de la misma se aclararán en el curso de la siguiente descripción de varias realizaciones particulares de la invención, dadas únicamente a modo de ilustración y no de limitación, con referencia a los dibujos adjuntos.

- **La figura 1** es una representación esquemática de un objeto transmisor de señales de radio dentro de una red de comunicación de área amplia que comprende una pluralidad de pasarelas de comunicación conectadas a un servidor;
- **La figura 2** es una representación esquemática de una zona geográfica de exploración subdividida en sub-zonas y en la que se encuentra una pluralidad de estaciones receptoras;
- **La figura 3** es una representación esquemática de las zonas de exploración geográfica seleccionadas en las sucesivas iteraciones del procedimiento de geolocalización de la figura 4 ;
- **La figura 4** es un diagrama de flujo que ilustra las etapas sucesivas de un procedimiento de geolocalización según una primera realización;
- **La figura 5** es un diagrama de flujo que ilustra las etapas sucesivas de un procedimiento de geolocalización según una segunda realización.

30 Descripción detallada de modos de realización

La figura 1 ilustra un dispositivo transmisor de señales de radio 1 para ser geolocalizado. Dicho dispositivo 1 es de cualquier tipo capaz de comunicar datos a través de una señal de radio 2, como un dispositivo 1 perteneciente al Internet de las Cosas. Este dispositivo 1 puede ser, por ejemplo, un sensor inalámbrico, como un contador de agua, gas u otro. Un dispositivo de este tipo está equipado con un módulo de comunicación inalámbrica y puede así comunicar datos medidos o calculados, en función de sus características, como la lectura de un contador de agua, de gas o de otro tipo. Dicho dispositivo 1 perteneciente al Internet de las Cosas tiene la particularidad de consumir poca energía, siendo comúnmente descrito como de "bajo consumo", y de utilizar medios de comunicación de muy baja velocidad, por ejemplo inferior a 2Kbps.

La señal de radio 2 transmitida por el dispositivo 1 incluye una cabecera y una carga útil. La cabecera contiene información técnica para el procesamiento de la señal de radio 2. Esta información técnica es, por ejemplo, información sobre el dispositivo 1 que transmitió la señal de radio 2, el receptor de la señal de radio 2 o un identificador de la señal de radio 2. La carga útil de la señal de radio 2 comprende los datos transmitidos por el dispositivo 1 y destinados a ser procesados por el receptor de la señal de radio 2, como los datos recogidos por el sensor, la información para controlar el estado del dispositivo 1 u otra información requerida por el receptor de la señal de radio 2.

Cuando la señal de radio 2 es transmitida por el dispositivo 1, esta señal de radio 2 es recibida por una pluralidad de estaciones 3, o pasarelas de concentración de mensajes, situadas en las proximidades del dispositivo 1, como se ilustra con las flechas 4 en la figura 1.

En la figura 1, se muestran tres estaciones 3. Cada estación 3 tiene al menos una antena 5. Esta antena 5 permite la recepción de las señales de radio 2 transmitidas en un radio determinado alrededor de dicha estación 3. La estación 3 también incluye una caja de control 6 para procesar la señal de radio recibida 2. El tratamiento de la señal de radio 2 por parte de la unidad de control 6 consiste al menos en transmitir la información contenida en la señal de radio 2 a

un servidor remoto 7. Para ello, la caja de control 6 comprende una interfaz de comunicación conectada a una red, como una red de comunicación de área amplia del tipo Internet u otra.

La caja de control 6 envía un mensaje 8 al servidor remoto 7 a través de esta red de comunicación. Este mensaje 8 contiene la información contenida en la señal de radio recibida 2 con información adicional. Esta información adicional es, por ejemplo, información sobre la calidad de recepción de la señal de radio 2 recibida, una fecha de llegada de la señal de radio 2 a la estación 3 o un identificador de la estación 3. Así, en el ejemplo ilustrado en la figura 1, la señal de radio 2 transmitida por el dispositivo 1 es recibida por tres estaciones 3 y cada estación 3 envía al servidor remoto 7 un mensaje respectivo 8 que comprende el contenido de la señal de radio 2 asociado a la información sobre la calidad de recepción de la señal de radio 2, la identificación de la estación 3 y la fecha de recepción de la señal de radio 2 por dicha estación 3. La calidad de la señal recibida por la estación 3 se expresa, por ejemplo, mediante el RSSI (*Received Signal Strength Indication*) y/o el SNR (*Signal to Noise Ratio*) de la señal de radio 2.

El servidor remoto 7 incluye un agregador de flujos 9 y una aplicación de *servicio* basado en la localización (LBS) 10. El agregador de flujos 9 sirve para recibir todos los mensajes 8 transmitidos por las estaciones 3. Este agregador de flujos 9 está configurado para decodificar el encabezado de la señal de radio 2 para extraer el número de identificación de la señal de radio 2. El agregador de flujos 9 transmite a la aplicación de localización 10, para cada mensaje 8 recibido por el agregador de flujos 9, el identificador de la señal de radio 2, la fecha de recepción de la señal de radio 2 por la estación 3, el identificador de la estación 3 y la información de calidad de la recepción de la señal de radio 2 por la estación 3. La aplicación de localización 10 geolocaliza el dispositivo 1 que ha emitido la señal de radio 2 a partir de estos datos, como se explica a continuación en relación con las figuras 2 a 5.

Cuando la aplicación de localización 10 recibe, para una misma señal de radio 2, una pluralidad de datos de al menos tres estaciones separadas 3 que han recibido dicha señal de radio 2, la aplicación de localización 10 puede geolocalizar por triangulación el dispositivo 1 que ha transmitido dicha señal de radio 2. Esta identificación de la recepción de la misma señal de radio 2 por estaciones separadas 3 se realiza utilizando el identificador de señal de radio 2 decodificado a partir de la cabecera de dicha señal de radio 2, es decir, cuando al menos tres mensajes 8 incluyen el mismo identificador de señal de radio 2, la aplicación de localización 10 puede realizar una geolocalización del dispositivo 1 mediante el procedimiento de geolocalización ilustrado en la figura 4.

En una primera etapa 11 del procedimiento de geolocalización ilustrado en la Figura 4, la aplicación de geolocalización 10 selecciona una estación de referencia entre las estaciones 3 que han recibido la señal de radio 2. Esta estación de referencia se determina arbitrariamente. Así, en una realización, la estación de referencia es la estación 3 con la fecha de recepción de señal de radio 2 más baja, es decir, la estación 3 con la recepción de señal de radio 2 más temprana.

En una segunda etapa 12, la aplicación de geolocalización 10 determina una zona de exploración 13 para localizar el dispositivo 1.

En una primera iteración del procedimiento de geolocalización, la etapa 12 de definición de la zona de exploración 13 incluye una etapa 14 de definición de la zona de exploración 13 basado en las coordenadas de las estaciones 3 que recibieron la señal de radio 2. La figura 2 ilustra un ejemplo de la realización de la etapa 14 de definición de la zona de exploración 13 durante la primera iteración del procedimiento de geolocalización y en el contexto de una señal de radio 2 que ha sido recibida por cuatro estaciones distintas 3 referenciadas GW_i , i que van de 1 a 4 en la figura 2. Cada estación GW_i está localizada y tiene coordenadas (X_i, Y_i) que corresponden a su latitud y longitud respectivamente. Para definir la zona de exploración 13 en esta etapa 14 de la primera iteración del procedimiento de geolocalización, la aplicación de geolocalización 10 determina las latitudes máxima y mínima de las estaciones GW_i , así como las longitudes máxima y mínima de dichas estaciones GW_i que han recibido la señal de radio 2. Así, en el ejemplo de la figura 2, el procedimiento de geolocalización 10 determina que la latitud mínima de las estaciones es la latitud del valor X_2 de la estación GW_2 y la latitud máxima es la latitud X_4 de la estación GW_4 . Asimismo, la longitud mínima es la longitud Y_1 de la estación GW_1 y la longitud máxima es la longitud Y_3 de la estación GW_3 . La zona de exploración 13 definida en este paso 14 está delimitada por las coordenadas máximas y mínimas así determinadas. Así, la zona de exploración 13 definida en este paso 14 en el ejemplo mostrado en la Figura 2 se define como la zona entre las latitudes X_2 y X_4 y las longitudes entre Y_1 e Y_3 . La zona de exploración 13 así definida representa una zona geográfica que comprende cada una de las estaciones GW_i que han recibido la señal de radio 2. Esta zona de exploración 13 definida a partir de las coordenadas de las estaciones GW_i puede, opcionalmente, ser aumentada por un margen que rodea dicha zona de exploración 13, dicho margen permite obtener una mayor fiabilidad de geolocalización.

Cuando se define la zona de exploración 13, la aplicación de geolocalización 10 determina en una etapa 15 una granularidad de exploración. En la primera iteración del procedimiento de geolocalización, esta granularidad de exploración se define arbitrariamente, por ejemplo en un valor de 1° de latitud/longitud. A continuación, en una etapa 16 del procedimiento de geolocalización, la zona de exploración 13 se subdivide en sub-zonas cuadradas 17 según la granularidad de la exploración, es decir, sub-zonas cuadradas 17 de 1° de lado entre las coordenadas (X_1, Y_2) y (X_4, Y_3) en el ejemplo mostrado en la figura 2.

La aplicación de localización 10 explora la zona de exploración 13 en una etapa de exploración 18 para determinar la sub-zona 17 que incluye el dispositivo de transmisión de señales de radio 1 2. Para ello, para cada sub-zona 17, la aplicación de geolocalización 10 define en una etapa 19 una posición a comprobar para la sub-zona correspondiente. Esta posición a comprobar tiene coordenadas (k, l) incluidas en dicha sub-zona 17. Esta posición de prueba se centra, por ejemplo, en el sub-zona 17. La regla de definición de la posición a comprobar para cada sub-zona 17 se aplica de forma homogénea para todas las sub-zonas 17 de la zona de exploración 13.

Para cada sub-zona 17, la aplicación de geolocalización 10 calcula un parámetro de error acumulado asociado a dicha sub-zona 17. Para ello, la aplicación de geolocalización 10 calcula, en una etapa 20, para cada estación 3, un parámetro de error $E_i^{k,l}$. Para ello, para cada estación, la aplicación de geolocalización 10 aplica la siguiente fórmula

$$E_i^{k,l} = |d_i^{k,l} - d_0^{k,l}| - |(T_i - T_0) * C|$$

En la cual:

$E_i^{k,l}$ es el parámetro de error de la estación i para una posición probada de coordenadas k, l;

$d_i^{k,l}$ es la distancia entre la estación i y la posición probada con coordenadas k, l. Esta distancia se calcula utilizando la información de localización de la estación i transmitida por ésta en el mensaje 8 al servidor 7.

$d_0^{k,l}$ es la distancia entre la estación de referencia y la posición probada con coordenadas k,l. Esta distancia se calcula utilizando la información de localización de la estación de referencia transmitida en el mensaje 8 transmitido por dicha estación de referencia al servidor 7;

T_i es la fecha de recepción de la señal de radio 2 por la estación i;

T_0 es la fecha de recepción de la señal de radio 2 por la estación de referencia;

C es la velocidad de propagación de la señal de radio 2.

Este cálculo del parámetro de error 20 se realiza para la posición probada (k,l) de cada sub-zona 17 para todas las estaciones 3 que han recibido la señal de radio 2

Cuando se han calculado todos los parámetros de error $E_i^{k,l}$ de una sub-zona 17 para todas las estaciones i que han recibido la señal de radio 2, dicha sub-zona 17 que incluye la posición comprobada se asocia a un parámetro de error acumulado correspondiente a la suma de los parámetros de error $E_i^{k,l}$ así calculados para esta sub-zona 17. En otras palabras, la aplicación de geolocalización 10 calcula en una etapa 35 para cada sub-zona 17 un parámetro de error acumulado según la siguiente fórmula

$$\sum_{i=2}^N E_i^{k,l}$$

Donde i es la estación bajo prueba, N es el número de estaciones que han recibido la señal de radio 2, y $E_i^{k,l}$ es el parámetro de error calculado por la estación i para las coordenadas (k,l) correspondientes a la posición a probar en el sub-zona 17 correspondiente.

Una vez calculados todos los parámetros de error acumulado para todas las sub-zonas 17, la aplicación de geolocalización 10 selecciona en una etapa 21 la sub-zona 17 con el parámetro de error acumulado más bajo. Esta sub-zona seleccionada es la sub-zona 17 en la que se encuentra el dispositivo 1 que transmite la señal de radio 2.

Sin embargo, esta localización se realiza con un grado de precisión correspondiente a la granularidad de exploración definida en la etapa 15. Por lo tanto, es preferible realizar nuevas iteraciones del procedimiento de geolocalización reduciendo, por un lado, la zona de exploración 13, pero también reduciendo la granularidad de la exploración, como se ilustra en la figura 3. Así, para cada iteración, es necesario redefinir la zona de exploración, la granularidad de la exploración para subdividir la zona de exploración redefinida, calcular el error acumulado para todas las sub-zonas de la nueva zona de exploración y seleccionar como sub-zona la sub-zona con el parámetro de error acumulado más bajo.

En la Figura 3, la zona de exploración 13 en el lado izquierdo de la Figura 3 ilustra la zona de exploración 13 correspondiente a la zona de exploración 13 ilustrada en la Figura 2 y definida en una primera iteración del procedimiento de geolocalización definido en la Figura 4. En esta primera iteración, el parámetro de error acumulado más bajo se identificó en la sub-zona referenciada 22 en la figura 3, teniendo esta sub-zona 22 coordenadas entre (X2+6°,Y1+6°) y (X2+7°,Y1+7°). Para mejorar la precisión de la geolocalización del dispositivo 1, se requiere al menos una segunda iteración del procedimiento de geolocalización. Una primera etapa de esta segunda iteración es definir una nueva zona de exploración 23 en una etapa 24 del procedimiento ilustrado en la figura 4. Esta nueva zona de exploración 23 se define como la sub-zona 22 seleccionada en la primera iteración de la etapa 21. Así, en el ejemplo de la figura 3, esta nueva zona de exploración 23 se encuentra entre las latitudes X2+6° y X2+7° y las longitudes Y1+6° e Y1+7°.

Una vez que la aplicación de geolocalización 10 ha definido esta nueva zona de exploración 23, la aplicación de geolocalización 10 repite la etapa 15 para definir una nueva granularidad para la exploración de la nueva zona de exploración 23. Esta nueva granularidad de exploración es, por ejemplo, una fracción de la granularidad de exploración definida en la etapa 15 de la iteración anterior, es decir, la primera iteración. En el ejemplo mostrado en las figuras 2 y 3, la granularidad de exploración establecida para la zona de exploración 13 en la primera iteración fue de 1°. En la segunda iteración, la granularidad de exploración se define como una fracción de la granularidad de exploración de la primera iteración, por ejemplo una granularidad de exploración de 0,1°.

La aplicación de geolocalización 10 repite la etapa de subdivisión 16 aplicándolo a la nueva zona de exploración 23. Así, la nueva zona de exploración 23 se subdivide en una pluralidad de sub-zonas cuadradas 25 de 0,1° de lado. La aplicación de geolocalización 10 realiza la etapa de exploración 18 sobre todas las sub-zonas 25 para calcular el parámetro de error acumulado para cada una de las sub-zonas 25. Así, para cada sub-zona 25, la aplicación de geolocalización define una nueva posición a probar, se calcula un parámetro de error en la posición probada para cada estación 3 y se asocia un parámetro de error acumulado a cada sub-zona 25. La aplicación de geolocalización 10 selecciona entonces la sub-zona 25 con el parámetro de error acumulado más bajo como la sub-zona 25 en la que se encuentra el dispositivo 1.

La aplicación de geolocalización 10 puede realizar una pluralidad de iteraciones para mejorar la precisión de la geolocalización. Así, de forma similar a la segunda iteración, una tercera iteración define una nueva zona de exploración 26 como la sub-zona 25 seleccionada en la etapa 21 de la iteración anterior, es decir, en la segunda iteración. Así, en la figura 3, la segunda iteración da como resultado la selección de un sub-zona 27 de los sub-zonas 25 por tener el parámetro de error acumulado más bajo. Esta sub-zona 27 es la zona comprendida entre las latitudes X2+6,2° y X2+6,3° y las longitudes Y1+6,8° Y1+6,9°. La nueva zona de exploración 26 se define en esta tercera iteración como la sub-zona seleccionada 27. En esta tercera iteración, se define una nueva granularidad de exploración en la etapa 15 como una fracción de la granularidad de exploración de la segunda iteración, por ejemplo una granularidad de exploración de 0,01°. A continuación, la aplicación subdivide la nueva zona de exploración 26 de acuerdo con esta nueva granularidad de exploración y luego determina los parámetros de error acumulado de las sub-zonas 28 de esta nueva zona de exploración 26 antes de seleccionar dicha sub-zona 28 con el parámetro de error acumulado más bajo.

La aplicación de geolocalización 10 realiza iterativamente el cálculo de los parámetros de error acumulado para sub-zonas de zonas de exploración reducidas sucesivas con granularidades de exploración reducidas en cada nueva iteración. Preferiblemente, la aplicación de geolocalización 10 realiza al menos tres iteraciones del cálculo del error acumulado y, preferiblemente, realiza siete iteraciones sucesivas del cálculo del error acumulado. En la última iteración, la sub-zona seleccionada representa la sub-zona en la que está geolocalizado el dispositivo 1 que transmite la señal de radio 2.

Para evitar posibles errores en la geolocalización del dispositivo 1, es preferible en las sucesivas definiciones de las zonas de exploración en la etapa 24 añadir un margen a la sub-zona seleccionada en la etapa 21 de la iteración anterior. En efecto, la presencia de obstáculos entre el dispositivo 1 que transmite la señal de radio 2 y las estaciones 3 que reciben dicha señal de radio 2 puede aumentar la fecha de recepción de la señal de radio 2 por dichas estaciones 3 y, por lo tanto, modificar el parámetro de error asociado a dicha estación 3 durante la etapa 20. Como resultado, el parámetro de error acumulado mínimo de una zona de exploración puede ser erróneo, de modo que la sub-zona seleccionada puede ser una sub-zona sin dispositivo 1.

Por lo tanto, es preferible definir la nueva zona de exploración en la etapa 24 incluyendo la sub-zona seleccionada en la iteración anterior en la etapa 21 y añadirle un margen de error. Dicho margen crece hasta un grosor predefinido alrededor de la sub-zona seleccionada en la etapa 21 de la iteración anterior. Este espesor se define, por ejemplo, en función de la granularidad utilizada durante la exploración de la iteración anterior. En una realización de ejemplo, el margen de error tiene un grosor alrededor del sub-zona seleccionado igual a la granularidad de exploración de la iteración anterior multiplicada por un número entero positivo, por ejemplo 5.

En el ejemplo mostrado anteriormente con respecto a la Figura 3, la definición de la nueva zona de exploración 23 en la etapa 24 de la segunda iteración se realiza añadiendo a la primera sub-zona seleccionada 22 un margen igual a cinco veces la granularidad de 1° definida en la primera iteración. Así, la nueva zona de exploración 23 está comprendida entre las latitudes X2+(6-5*1)° y X2+(7+5*1)° y las longitudes Y1+(6-5)° Y1+(7+5)°, es decir,

comprendida entre las latitudes $X2+1^\circ$ y $X2+12^\circ$ y las longitudes $Y1+1^\circ$ $Y1+12^\circ$, con una granularidad de exploración de $0,1^\circ$. Del mismo modo, la zona de exploración 26 definida en la etapa 24 de la tercera iteración comprende la sub-zona 27 seleccionada en la etapa 21 de la segunda iteración a la que se añade un margen de cinco veces la granularidad de exploración de $0,1^\circ$ definida en la segunda iteración. Esta zona de exploración 26 definida en la

5 tercera iteración se encuentra por tanto entre las latitudes $X2+(6,2-0,1*5)^\circ$ y $X2+(6,3+0,1*5)^\circ$ y las longitudes $Y1+(6,8-0,1*5)^\circ$ $Y1+(6,9+0,1*5)^\circ$, es decir, entre las latitudes $X2+5,7^\circ$ y $X2+6,8^\circ$ y las longitudes $Y1+6,3^\circ$ $Y1+7,4^\circ$, con una granularidad de barrido de $0,01^\circ$.

Otras funcionalidades del servidor 7 también permiten mejorar la calidad de la geolocalización del dispositivo 1. Así, como se ilustra en la Figura 5, la aplicación de geolocalización 10 puede comprender un preprocesamiento y un

10 postprocesamiento del procedimiento de geolocalización como se ha descrito anteriormente con respecto a la Figura 4.

Una primera etapa de preprocesamiento ilustrado en la etapa 29 de la FIG. 5 puede consistir en descartar las estaciones 3 que han recibido la señal de radio 2 con una calidad de señal demasiado baja para ser utilizada con un grado de fiabilidad satisfactorio. Así, cuando el mensaje 8 transmitido al servidor 7 por una estación 3 tiene una

15 calidad de señal asociada a los datos correspondientes a dicha señal de radio 2 inferior a un valor umbral, esta estación 3 no es tenida en cuenta por la aplicación de geolocalización 10. Dicho valor umbral se determina de forma arbitraria. En un ejemplo, para una calidad de señal expresada mediante RSSI, este valor umbral es del orden de -130 dB. Así, un mensaje 8 procedente de una estación 3 que haya recibido la señal de radio 2 con un RSSI inferior a -130db no es tenido en cuenta por la aplicación de geolocalización 10 para la geolocalización del dispositivo 1.

Un segundo preprocesamiento ilustrado por la etapa 30 de la figura 5 consiste en descartar las estaciones 3 que tienen varias antenas de recepción 5 que han recibido la señal de radio 2 y cuya desviación de la fecha de recepción de la señal de radio 2 en las diferentes antenas 5 de dicha estación 3 son superiores a una desviación umbral, por

20 ejemplo una desviación umbral del orden de 1500 ns. El mensaje 8 correspondiente a la fecha de recepción más alta, es decir, el mensaje correspondiente al trayecto más largo y, por lo tanto, recibido en último lugar, es entonces descartado por la aplicación de geolocalización 10 para la geolocalización del dispositivo 1.

En una tercera etapa de preprocesamiento ilustrada por la etapa 31 de la figura 5, se realiza un filtrado en función de las distancias entre las diferentes estaciones 3 que han recibido la señal de radio 2. La función de esta filtración es

30 garantizar que las estaciones 3 que han recibido el mensaje 8 estén lo suficientemente alejadas entre sí para asegurar una buena viabilidad de geolocalización. Normalmente, si dos estaciones 3 están a unos diez metros de distancia, se realiza la etapa 14 de definir la zona de exploración 13 en función de las coordenadas de las estaciones 3 que han recibido el mensaje durante la primera iteración del procedimiento de geolocalización. Para ello, dicha etapa 14 de definición de la zona de exploración 13 incluye una etapa (no mostrada) de comparación de las distancias entre las estaciones 3 con una distancia umbral, por ejemplo 500 metros.

Según una primera variante, cuando la distancia entre dos de las estaciones 3 que han recibido el mensaje es inferior a esta distancia umbral, sólo se tiene en cuenta la posición geográfica de una de dichas dos estaciones 3

35 para definir la zona de exploración 13 durante la etapa 14 de la primera iteración del procedimiento de geolocalización. La estación 3 que no se tiene en cuenta en esta etapa 14 de definición de la zona de exploración 13 se elige arbitrariamente, por ejemplo, como la que ha recibido el mensaje en último lugar. Sin embargo, esta estación 3 sólo se descarta para la etapa 14 de definir la zona de exploración 13, las etapas de exploración 18 y el

40 cálculo de error acumulado 35 siguen realizándose integrando las etapas de cálculo de error 20 de dichas dos estaciones 3, incluyendo la estación 3 descartada para la etapa 14 de definir la zona de exploración 13.

En una segunda realización, cuando la distancia entre dos de las estaciones 3 que han recibido el mensaje es inferior a esta distancia umbral, se calcula una posición mediana entre dichas dos estaciones 3. La etapa 14 de

45 definición de la zona de exploración 13 en función de las coordenadas de las estaciones 3 que han recibido el mensaje 8 se realiza entonces sin tener en cuenta dichas dos estaciones 3, sino teniendo en cuenta, en lugar de dichas dos estaciones 3, la posición mediana entre estas dos estaciones 3. De nuevo, las etapas de barrido 18 y de cálculo del error acumulado 35 se realizan teniendo en cuenta dichas dos estaciones 3.

En una primera etapa de post-procesamiento ilustrado en la etapa 32 de la Figura 5, la aplicación de geolocalización 10 corrige las distancias estimadas entre las estaciones 3 que recibieron la señal de radio 2 y la posición estimada

50 del dispositivo 1. Para ello, la aplicación calcula para cada estación 3 una relación SNR/dist entre la SNR (relación señal/ruido) de la señal de radio 2 recibida por una estación 3 y la distancia calculada entre la posición estimada del dispositivo 1 por la aplicación de geolocalización 10 y la posición de dicha estación 3. A continuación, la aplicación de geolocalización 10 calcula una media de las relaciones SNR/dist. Este primer post-procesamiento 32 supone que los obstáculos están distribuidos homogéneamente en la zona de transmisión de la señal de radio 2 y que la relación

55 SNR/dist debe ser homogénea para todas las estaciones 3 que recibieron la señal.

Cuando una relación SNR/dist asociada a un mensaje 8 es mayor que esta relación SNR/dist media, la aplicación de geolocalización 10 incrementa la fecha de recepción de la señal de radio 2 por la estación 3 correspondiente a dicho

mensaje 8. Cuando una relación SNR/dist asociada a un mensaje 8 es inferior a esta relación SNR/dist media, la aplicación de geolocalización 10 disminuye la fecha de recepción de la señal de radio 2 por la estación 3

- 5 correspondiente a dicho mensaje 8. Este incremento o decremento se realiza, por ejemplo, con una granularidad de 10ns. Además, este cambio en la fecha de recepción de la señal puede ser proporcional a la diferencia entre la SNR/dist calculada y la SNR/dist media. Así, cuanto mayor sea la diferencia entre la SNR/dist media y la SNR/dist de un mensaje 8, mayor será la corrección de la fecha de recepción por parte de la estación 3 que transmitió dicho mensaje 8. A continuación, la aplicación de geolocalización 10 vuelve a realizar la geolocalización del dispositivo 1 (definición de la estación de referencia e iteraciones sucesivas de definición de la zona de exploración, granularidad de la exploración, cálculo del parámetro de error acumulado y selección de sub-zonas) utilizando los datos de la fecha de recepción de la señal de radio 2 así modificados.
- 10 Una segunda etapa de posprocesamiento 33 consiste en descartar un resultado de la aplicación de geolocalización 10 que esté demasiado cerca o demasiado lejos de la estación de referencia, lo que podría corresponder a una geolocalización incoherente del dispositivo 1. Es decir, una vez completada la geolocalización de la posición del dispositivo 1, la distancia entre esta posición estimada del dispositivo 1 y la estación de referencia se compara con los valores límite máximo y mínimo. Estos valores límite se determinan en términos absolutos o en relación con las distintas distancias entre estaciones utilizadas. Cualquier estimación que se aleje demasiado de la estación de referencia se rechaza por incoherente. Del mismo modo, también se rechaza cualquier estimación que esté demasiado cerca de la estación de referencia, por ejemplo, a menos de unas decenas de metros. A continuación, la aplicación de geolocalización realiza una nueva estimación de la geolocalización del dispositivo 1, como se ha explicado anteriormente con respecto a la figura 4, descartando del procesamiento la estación de referencia previamente seleccionada.
- 15
- 20 Un tercer post-procesamiento 34 puede incluir el suavizado de los resultados proporcionados por la aplicación de geolocalización 10 a lo largo del tiempo y la mitigación de las variaciones inherentes a las incertidumbres de medición. Así, se promedian las sucesivas estimaciones de la posición del mismo dispositivo 1 obtenidas mediante diferentes señales de radio 2 procesadas por la aplicación de geolocalización 10. El número de estimaciones utilizadas en cada media depende del tipo de dispositivo 1, cuanto más móvil sea el dispositivo 1, menor será este número.
- 25
- El procedimiento de geolocalización según la invención permite así geolocalizar un dispositivo emisor de señales explotando una señal generada por dicho dispositivo sin necesidad de analizar la carga útil de esta señal. Así, cuando el dispositivo envía una señal, como la lectura de un contador o similar, a la atención de un servidor remoto, el procedimiento de geolocalización según la invención permite geolocalizar el dispositivo explotando esta transmisión de señales sin necesidad de analizar el contenido de la carga útil de la señal. Así, el procedimiento según la invención permite geolocalizar el dispositivo sin requerir el envío de una señal ad hoc por parte del dispositivo, sino aprovechando las señales de funcionamiento habituales del mismo. El procedimiento de geolocalización permite, por tanto, geolocalizar el dispositivo sin imponerle un consumo de energía o una complejidad adicionales respecto a su funcionamiento normal.
- 30
- 35 Aunque la invención se ha descrito en relación con varias realizaciones particulares, está claro que no se limita en modo alguno a ellas y que incluye todos los equivalentes técnicos de los medios descritos, así como combinaciones de los mismos, si entran en el ámbito de la invención.
- Algunas de las realizaciones mostradas, incluyendo los componentes de la pasarela, pueden implementarse en varias realizaciones, de forma unitaria o distribuida, utilizando componentes de hardware y/o software. Los componentes de hardware que pueden utilizarse son ASIC específicos, FPGAs o microprocesadores. Los componentes de software pueden estar escritos en diferentes lenguajes de programación, por ejemplo C, C++, Java o VHDL. Esta lista no es exhaustiva.
- 40
- El uso del verbo "comprender", "incluir" o "incluir" y sus formas conjugadas no excluye la presencia de otros elementos o etapas que los establecidos en una reivindicación.
- 45 En las reivindicaciones, cualquier signo de referencia entre paréntesis no debe interpretarse como una limitación de la reivindicación.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de geolocalización de un dispositivo transmisor de señales, transmitiendo dicho dispositivo transmisor de señales una señal de radio (2), comprendiendo el procedimiento de geolocalización:

- 5 a. Proporcionar las posiciones de una pluralidad de estaciones receptoras (3, GWi) de una red de radiocomunicación y las fechas de recepción (T_i) de la señal de radio (2) por dichas estaciones receptoras (3, GWi),
- b. Seleccionar una estación de referencia (3, GWi) entre la pluralidad de estaciones receptoras (3, GWi),
- c. Definir (14) una zona de exploración (13) en función de las posiciones (X_i, Y_i) de dichas estaciones receptoras (3, GWi),
- 10 d. Subdividir la zona de exploración (13) en una pluralidad de sub-zonas (17) según una granularidad de exploración,
- e. Para cada sub-zona (17, 25, 28), calcular un grado de error acumulado de dicha sub-zona (17, 25, 28), comprendiendo el cálculo del grado de error acumulado de dicha sub-zona (17, 25, 28):

- 15 o determinar (19) una posición probada (k,l) dentro de dicha sub-zona (17, 25, 28),
- o calcular para cada estación receptora (3, GWi) un parámetro de error de transmisión respectivo ($E_i^{k,l}$) en función de una fecha de recepción (T_i) de la señal de radio (2) por dicha estación receptora (3, GWi), una fecha de recepción de la señal de radio (2) por la estación de referencia (T_0) una velocidad de propagación (C) de la señal de radio (2), una distancia ($d_i^{k,l}$) entre la posición probada (k,l) y dicha
- 20 estación de recepción (3, GWi) y una distancia ($d_0^{k,l}$) entre la posición probada (k,l) y la estación de referencia,
- o calcular el grado de error acumulado de la sub-zona (17, 25, 28) en función de los parámetros de error ($E_i^{k,l}$) de transmisión calculados para todas las estaciones receptoras (3, GWi),

- f. seleccionar (21) una sub-zona (22, 27) con un grado mínimo de error acumulado como sub-zona de localización (22, 27) del dispositivo transmisor de señales (1),
- 25 g. definir (24) una nueva zona de exploración (23, 26), la nueva zona de exploración (23, 26) incluyendo y estando centrada en la sub-zona de localización (22, 27) seleccionada en la etapa f),
- h. definir (15) una nueva granularidad de exploración inferior a la granularidad de exploración,
- i. iterar el procedimiento desde la etapa d) con la nueva zona de exploración (23, 26) como zona de exploración (23, 26) y la nueva granularidad como granularidad y **caracterizado porque**

30 en cada iteración la nueva zona de exploración (23, 26) se define en la etapa h) como igual a la sub-zona de localización (22, 27) seleccionada en la etapa f) más un margen que rodea completamente la sub-zona de localización (22, 27) y cuya anchura es mayor que la granularidad de la exploración.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la definición de la zona de exploración (14) comprende la determinación de una longitud máxima de las estaciones de recepción (3, GWi), una longitud mínima de las estaciones de recepción (3, GWi), una latitud máxima de las estaciones de recepción (3, GWi), una latitud mínima de las estaciones de recepción (3, GWi), estando la zona de exploración (13) limitada por dichas longitudes y latitudes máximas y mínimas.

3. procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 2, que comprende un número de iteraciones superior a 3, por ejemplo 7.

40 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la etapa de cálculo del parámetro de error de transmisión (35) de una estación receptora satisface la fórmula:

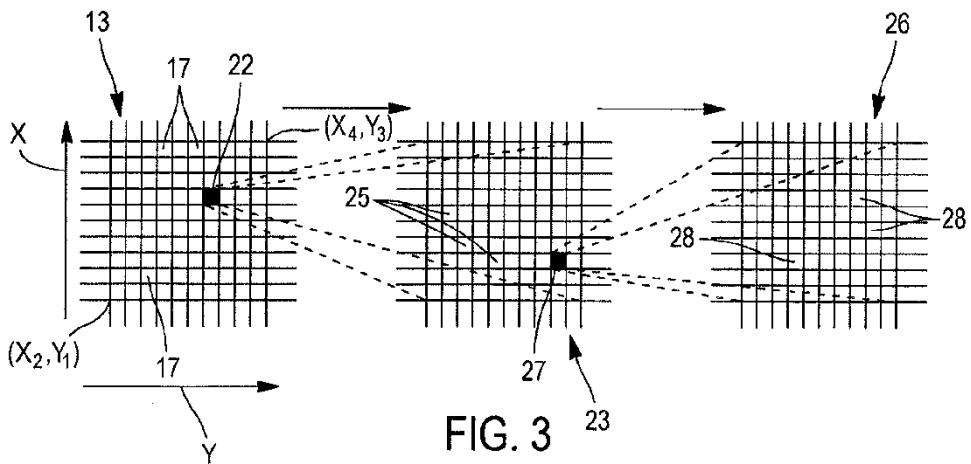
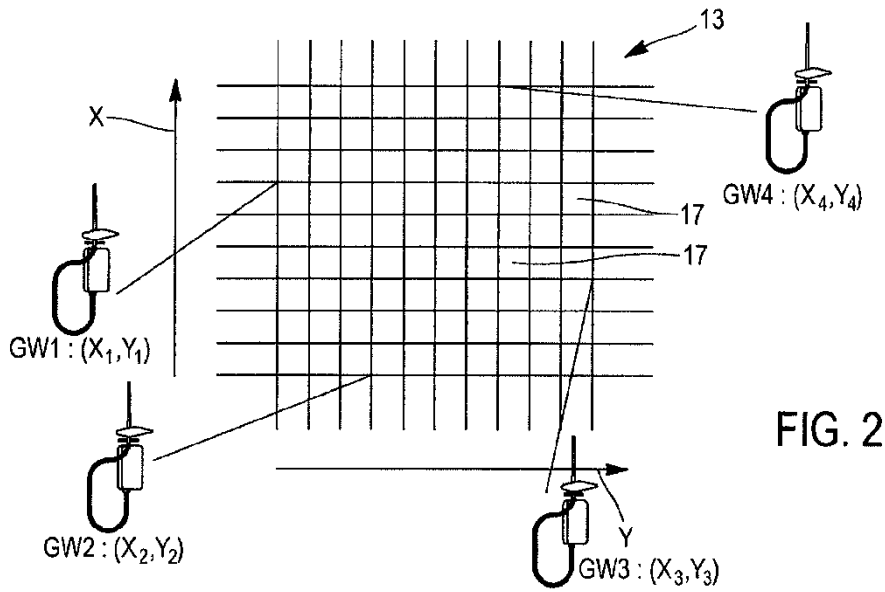
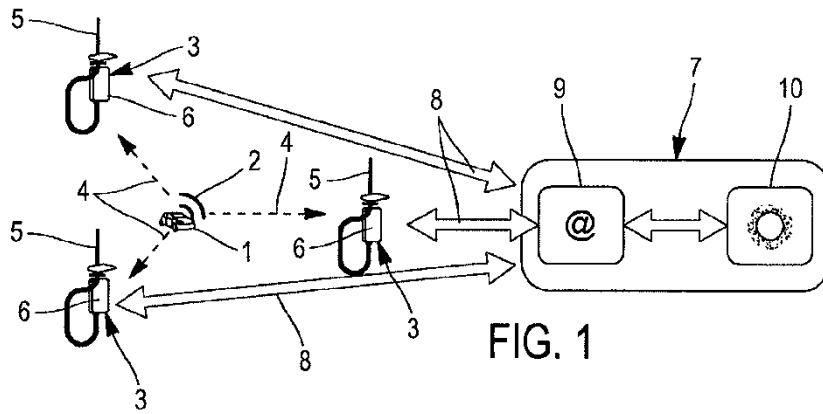
$$E_i^{k,l} = |d_i^{k,l} - d_0^{k,l}| - |(T_i - T_0) * C|$$

donde $E_i^{k,l}$ es el parámetro de error de la estación receptora (3, GWi) en la posición probada (k,l), $d_i^{k,l}$ es la distancia entre la posición probada (k,l) y la estación receptora (3, GWi), $d_0^{k,l}$ es la distancia entre la posición probada (k,l) y la estación de referencia, T_i es la fecha de recepción de la señal de radio (2) por la estación receptora (3, GWi), T_0 es la fecha de recepción de la señal de radio (2) por la estación de referencia, y C es la velocidad de propagación de la señal de radio (2) transmitida por el dispositivo transmisor de señales (1).

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el grado de error acumulado de una sub-zona (17, 25, 28) es la suma de los parámetros de error de transmisión de la pluralidad de estaciones receptoras (3, GWi) para dicha sub-zona (17, 25, 28).

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además determinar un umbral de calidad de la señal y desestimar la señal de radio recibida por las estaciones receptoras cuya calidad de recepción de la señal de radio es inferior al umbral de calidad de la señal determinado.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además determinar una fecha de recepción umbral y desestimar la señal de radio recibida por las estaciones que tienen una fecha de recepción de la señal mayor que la fecha de recepción umbral.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende además determinar que una distancia entre dos estaciones receptoras (3, GWi) es inferior a una desviación de umbral y realizar la etapa c) de definir la zona de exploración (13) utilizando una posición común para dichas dos estaciones receptoras (3, GWi) que tienen una distancia inferior a la desviación de umbral.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la señal de radio (2) transmitida por el dispositivo transmisor de señales (1) comprende una carga útil y una cabecera, comprendiendo dicha cabecera un identificador y una fecha de transmisión de dicha señal de radio (2), comprendiendo además el procedimiento la identificación de la señal de radio por cada estación receptora (3, GWi) utilizando el identificador contenido en la cabecera de la señal.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la pluralidad de estaciones receptoras (3, GWi) están conectadas a un servidor (7), comprendiendo además el procedimiento, para cada estación receptora (3, GWi), transmitir al servidor (7) un mensaje (8) que comprende un identificador de la señal de radio, una información de calidad de recepción de la señal de radio (2) por la estación receptora (3, GWi), una fecha de recepción de la señal de radio (2), y un identificador de la estación receptora (3, GWi).
11. Dispositivo de geolocalización de un dispositivo transmisor de señales de radio, transmitiendo dicho dispositivo transmisor de señales una señal de radio, comprendiendo el dispositivo de geolocalización:
- un módulo de selección para seleccionar una estación de referencia (3, GWi) entre la pluralidad de estaciones receptoras (3, GWi) que han recibido la señal de radio (2),
 - un módulo de definición de la zona de exploración (13) configurado para definir una zona de exploración (13) en función de las posiciones (X_i , Y_i) de dichas estaciones receptoras (3, GWi),
 - un módulo de subdivisión configurado para subdividir la zona de exploración (13) en una pluralidad de sub-zonas (17) según una granularidad de exploración,
 - Un módulo de cálculo del grado de error acumulado configurado, para cada sub-zona (17, 25, 28), para calcular un grado de error acumulado de dicha sub-zona (17, 25, 28), comprendiendo el cálculo del grado de error acumulado de dicha sub-zona (17, 25, 28):
 - determinar una posición probada (k, l) dentro de dicha sub-zona (17, 25, 28),
 - calcular para cada estación receptora (3, GWi) un parámetro de error de transmisión respectivo $(E_i^{k,l})$ en función de una fecha de recepción (T_i) de la señal de radio (2) por dicha estación receptora (3, GWi), una fecha de recepción de la señal de radio (2) por la estación de referencia (T_0) una velocidad de propagación (C) de la señal de radio (2), una distancia $(d_i^{k,l})$ entre la posición probada (k, l) y dicha estación de recepción (3, GWi) y una distancia $(d_0^{k,l})$ entre la posición probada (k, l) y la estación de referencia,
 - calcular el grado de error acumulado de la sub-zona (17, 25, 28) en función de los parámetros de error de transmisión $(E_i^{k,l})$ calculados para todas las estaciones receptoras (3, GWi),
 - Un módulo de selección de sub-zonas configurado para seleccionar una sub-zona (22, 27) con un grado de error acumulado mínimo como sub-zona de localización (22, 27) del dispositivo transmisor de señales (1),
- en el que el módulo de definición de la zona de exploración también está configurado para definir una nueva zona de exploración (23, 26), incluyendo la nueva zona de exploración (23, 26) la sub-zona (22, 27) de localización seleccionada por el módulo de selección de la sub-zona y estando centrada en ella; estando el módulo de subdivisión configurado además para definir una nueva granularidad de exploración más pequeña que la granularidad de exploración, estando el dispositivo de geolocalización configurado para geolocalizar iterativamente el dispositivo transmisor de señales a partir de las zonas de exploración y la granularidad definidas iterativamente por el módulo de definición de zonas de exploración y el módulo de subdivisión, y el dispositivo se **caracteriza porque** en cada iteración la nueva zona de exploración (23, 26) se define como igual a la sub-zona de localización (22, 27) seleccionada por el módulo de selección de sub-zonas más un margen que rodea completamente la sub-zona de localización (22, 27) y que tiene una anchura mayor que la granularidad de la exploración.

12. Un producto de programa de ordenador que comprende instrucciones de código de programa grabadas en un medio legible por ordenador para implementar las etapas del procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 10 cuando dicho programa se ejecuta en el dispositivo de la reivindicación 11.



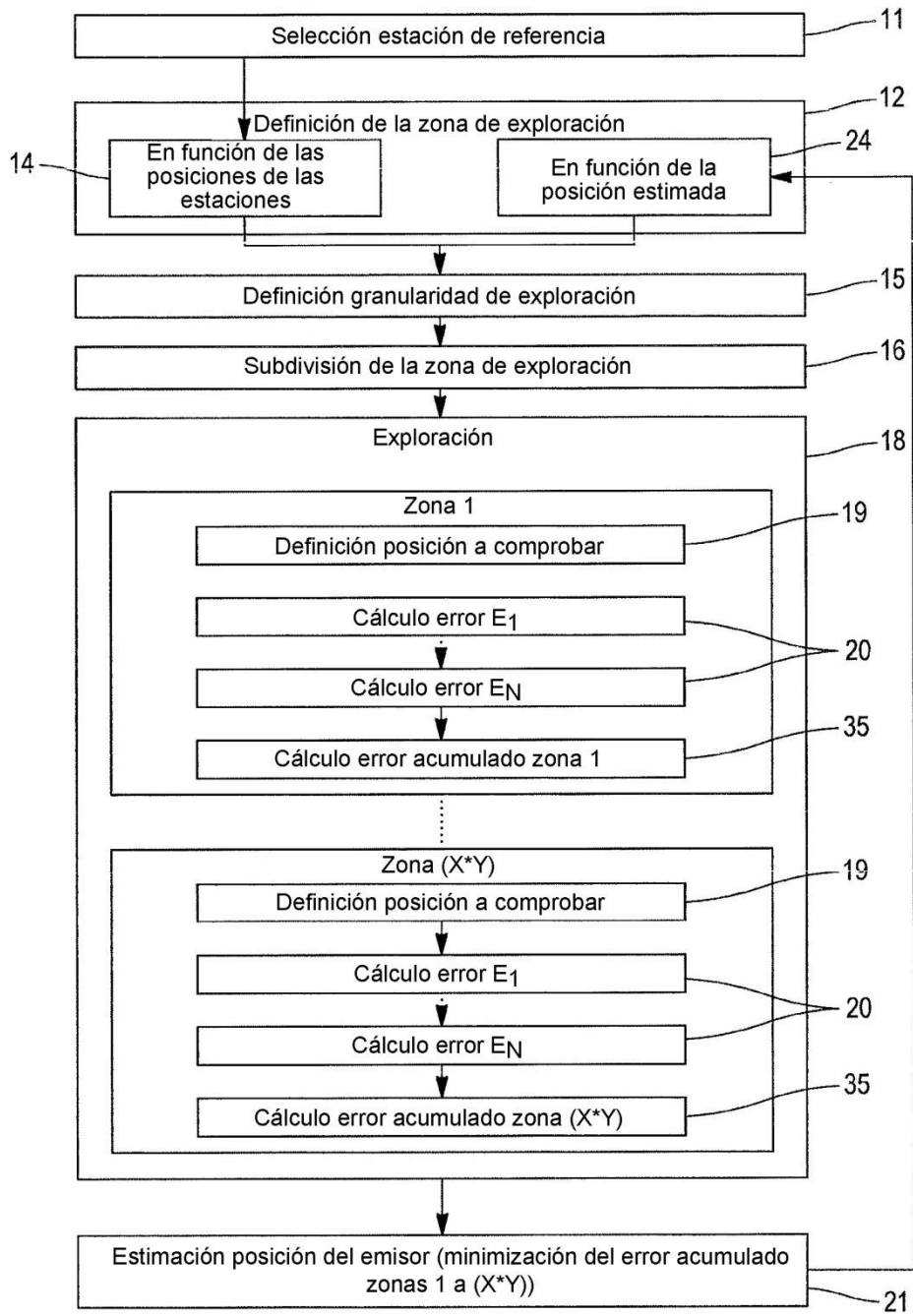


FIG. 4

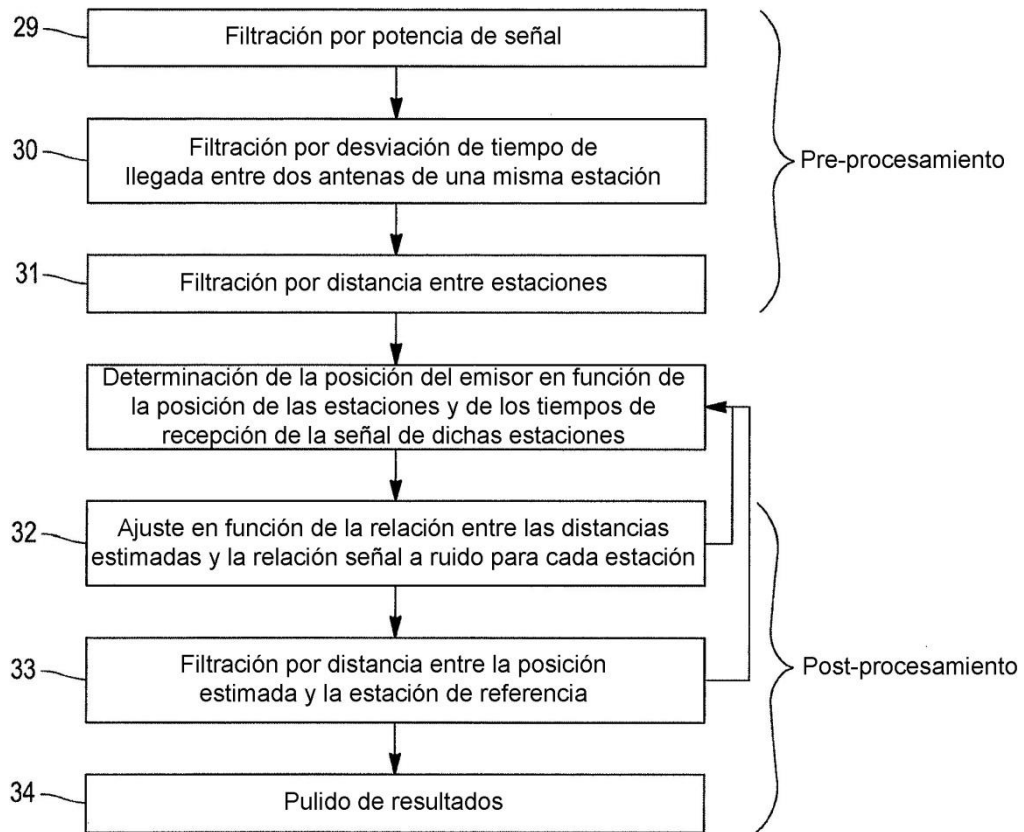


FIG. 5