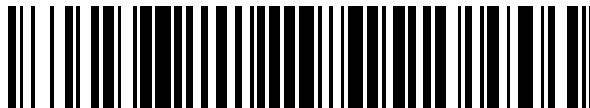


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 953 860**

51 Int. Cl.:

**G01S 19/09** (2010.01)

**G01S 19/34** (2010.01)

**G01S 19/46** (2010.01)

**G01S 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2016** **E 16305944 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023** **EP 3273271**

54 Título: **Procedimiento y sistema de asistencia a la geolocalización de dispositivos nodales de una red de RF asíncrona**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**16.11.2023**

73 Titular/es:

**ABEEWAY (100.0%)  
29 Chemin du Vieux Chene  
38240 Meylan, FR**

72 Inventor/es:

**BOUDAUD, STÉPHANE**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

ES 2 953 860 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 y sistema de asistencia a la geolocalización de dispositivos nodales de una red de RF asíncrona

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere, en general, a dispositivos con capacidad de geolocalización basados en un sistema global de navegación por satélite (GNSS), como el sistema de posicionamiento global (GPS) y, más específicamente, a aquellos de dichos dispositivos que deben conectarse a una red de radiofrecuencia (RF), como una red de área amplia (WAN) de RF, permitiendo comunicaciones asíncronas. La presente invención es particularmente ventajosa cuando se aplica a una red de baja potencia, como una WAN de baja potencia (LPWAN),  
10 permitiendo no sólo comunicaciones asíncronas, sino también de largo alcance y bajo consumo de energía de dispositivos de nodo operados por batería.

**Antecedentes de la invención**

15 La Internet de las cosas (IoT) ha desencadenado el desarrollo de la RF WAN y, más concretamente, de la LPWAN, en la que los dispositivos nodo están diseñados para despertarse cada cierto tiempo y, cada vez que se despiertan, emitir de forma potencialmente asíncrona una pequeña cantidad de datos destinados a ser recibidos por un transceptor de dicha RF WAN. De acuerdo con este modo de funcionamiento, el consumo de dichos dispositivos de nodo es ventajosamente bajo o muy bajo, de modo que pueden funcionar con baterías durante un largo período de tiempo, de meses o incluso años, sin necesidad de mantenimiento ni de sustitución de sus fuentes de alimentación.

Típicamente, un nodo operado por batería es una etiqueta o baliza que comprende un micro-controlador y circuitos de radiofrecuencia (RF) diseñados para dar información sobre las cosas o individuos a los que están ligados.

20 Algunas aplicaciones en las que se pretende utilizar nodos alimentados por batería pueden requerir la determinación de su ubicación geográfica actual. Esto es especialmente útil para aplicaciones en las que se necesita gestionar cosas, como un gran stock de todo tipo de bienes y productos posiblemente repartidos aleatoriamente por una gran superficie como, por ejemplo, una flota de coches en un aparcamiento a la espera de ser enviados. En este caso, cada etiqueta comprende, además de dicho microcontrolador y de los circuitos de radiofrecuencia (RF), un receptor GNSS necesario para el funcionamiento de dicha etiqueta, de forma que se pueda obtener una geolocalización del objeto al que está vinculada.

25 Sin embargo, la inclusión de un receptor GNSS en un dispositivo nodo de una WAN RF, más concretamente una LPWAN, que permita comunicaciones asíncronas y de largo alcance, no deja de plantear serios problemas, especialmente en lo que se refiere al consumo de energía de la etiqueta. De hecho, en este marco, no se puede considerar ni el uso de GNSS autónomos completos, ni el uso de GNSS asistidos conocidos.

30 Para determinar la posición geográfica de un dispositivo de nodo de una WAN de RF, según un GNSS autónomo completo, el dispositivo de nodo tiene que descargar información sobre la constelación GNSS de satélites, como información orbital de satélites entre las que se encuentran las llamadas efemérides (cada efeméride es un conjunto de datos, como parámetros, que permite a un receptor GNSS calcular la órbita precisa de un satélite correspondiente) y almanaque (que contiene órbitas gruesas e información de estado de los satélites). Dado que la tasa de transmisión de datos de cualquier señal GNSS es sólo de 50 bits por segundo (bps), la descarga de dicha información orbital lleva mucho tiempo, es decir, aproximadamente 2 min para descargar una efeméride. Además, dado que cada efeméride sólo es válida durante unas horas, puede ser necesario descargar efemérides actualizadas cada vez que se activa el dispositivo. Además, si las señales GNSS se pierden durante sólo 20mseg  
35 durante la descarga, ésta puede descartarse y reiniciarse desde el principio, ya que las señales efemérides no tienen ningún código de corrección de errores; por lo tanto, perder un solo bit requiere una nueva descarga completa. Cada una de estas limitaciones implica un aumento prohibitivo del consumo de energía del dispositivo de nodo y no se puede considerar el uso de un GNSS autónomo completo para determinar la posición geográfica de un dispositivo de nodo que debe o bien conectarse a una WAN de RF en lo que respecta al consumo de energía del dispositivo de nodo o bien conectarse a una LPWAN que tenga una tasa de transmisión de datos baja o muy baja.

40 Para reducir el tiempo de respuesta denominado "tiempo hasta la primera fijación" o TTFF de los receptores GNSS conectados a una WAN convencional que permita comunicaciones síncronas y de largo alcance, se ha ideado el GNSS asistido o A-GNSS, de modo que las efemérides y otros datos que deben actualizarse una vez cada pocas horas (es decir, cada 6 horas o menos) sean descargados por los dispositivos con capacidad A-GNSS desde un servidor de asistencia A-GNSS cuya función es descargar información orbital como las efemérides y almacenarla en una base de datos accesible a los usuarios. es decir, cada 6 horas o menos) sean descargados por dispositivos con capacidad A-GNSS desde un servidor de asistencia A-GNSS cuya función es descargar información orbital como las efemérides y almacenarla en una base de datos accesible a todos los dispositivos con capacidad A-GNSS conectados a la WAN convencional. Dado que las redes móviles síncronas o no síncronas, como el sistema global mundial de comunicaciones móviles o GSM, y otras redes locales de radiofrecuencia, como Wi-Fi, ofrecen tasas de comunicación de alta velocidad, la descarga de información orbital por parte de dispositivos con capacidad A-GNSS se realiza desde la base de datos en mucho menos tiempo que directamente desde los satélites.  
45

Desafortunadamente, las LPWAN no ofrecen esta capacidad. Dado que los amplios rangos de comunicación y la baja potencia se obtienen a costa de una tasa de transmisión de datos baja o muy baja, descargar la información orbital necesaria de una base de datos de red a través de una LPWAN lleva demasiado tiempo y, por tanto, no es una solución. Las tasa de transmisión de datos de las redes LPWAN suelen oscilar entre 50bps (bits por segundo) y 5kbit/s. En algunos casos, la tasa de bits se adapta en función de la calidad del enlace de radio entre los dispositivos de nodo y otros componentes de la red LPWAN. Por tanto, desde el punto de vista del diseño del sistema, siempre hay que tener en cuenta la menor tasa de datos posible.

Además, la descarga de la información orbital necesaria desde una base de datos de red a través de una WAN de RF que permita comunicaciones asíncronas implica un consumo de energía significativo incompatible con el uso de dispositivos de nodo alimentados por batería destinados a funcionar durante un periodo de tiempo extenso sin requerir ningún mantenimiento ni sustitución de sus fuentes de energía, por lo que el uso de A-GNSS no puede considerarse como tal para determinar la posición geográfica de dichos dispositivos de nodo conectados a una WAN de RF.

Por lo tanto, es un objeto general de la invención superar al menos parcialmente al menos uno de los problemas anteriores.

Es un objeto de la invención proporcionar una solución que permita a un receptor GNSS incluido en un dispositivo de nodo operar desde una red RF permitiendo comunicaciones asíncronas y preferiblemente de largo alcance, particularmente manteniendo un consumo de energía bajo o muy bajo del dispositivo de nodo.

Es otro objeto o adicional de la invención proporcionar una solución que permita a un receptor GNSS incluido en un dispositivo de nodo operar desde una red LP, preferentemente una LPWAN, permitiendo comunicaciones asíncronas, en particular obteniendo un tiempo de respuesta compatible con la baja o muy baja tasa de transmisión de datos de este tipo de redes y/o con las aplicaciones para las que está previsto el dispositivo de nodo.

Los documentos de patente US5752218 A (Harrison Daniel David [US] et al - 12 de mayo de 1998) y US016/044651 A1 (Lu Chi-Chang [TW] - 11 de febrero de 2016) representan el estado de la técnica.

## Sumario de la invención

Para al menos uno de estos fines, se proporciona un procedimiento para proporcionar asistencia a la geolocalización de al menos un dispositivo de nodo de acuerdo con las reivindicaciones 1-9. Además, se proporciona un sistema de acuerdo con la reivindicación 10.

La red backend es una red RF síncrona o no síncrona. Es una red convencional.

Otros objetos, características y ventajas de la presente invención resultarán evidentes para los expertos en la materia al examinar la siguiente descripción en referencia a los dibujos adjuntos. Se pretende que cualquier ventaja adicional se incorpore al presente documento.

## Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra esquemáticamente un sistema de comunicación en el que puede implementarse una realización de la invención.

La figura 2 es un diagrama de flujo que muestra esquemáticamente las etapas del procedimiento según una realización de la invención.

Las figuras se dan a título de ejemplo y no son limitativas de la invención.

## Descripción detallada

La siguiente descripción detallada de la invención se refiere a los dibujos adjuntos. Aunque la descripción incluye realizaciones ejemplares, son posibles otras realizaciones, y pueden introducirse cambios en las realizaciones descritas sin apartarse del espíritu y el ámbito de la invención.

Como se ha comentado en la sección de antecedentes, el GNSS asistido o A-GNSS es la solución estándar que se ha ideado para acelerar el cálculo TTFF de los dispositivos habilitados para GNSS que se conectan a una red de radiofrecuencia síncrona o no síncrona como GSM, por ejemplo, cualquiera de los denominados "teléfonos inteligentes" celulares recientes que implementan la geolocalización. Se han definido dos modos de asistencia que tienen en común aprovechar el canal de comunicación de datos de alta velocidad que ofrecen las redes GSM y otras redes RF síncronas o no síncronas como Wi-Fi, para reducir el TTFF de un receptor GNSS integrado. Más concretamente, se proporciona un servidor GNSS de asistencia o A-GNSS conectado a cada una de dichas redes RF síncronas o no síncronas que descarga regularmente información orbital GNSS como las efemérides actualizadas o el almanaque de los satélites GNSS.

Uno de los dos modos de asistencia se denomina basado en estación móvil (MS) o modo MSB, también llamado GNSS asistido por móvil. En el modo MSB, el dispositivo A-GNSS integrado, por ejemplo, en un teléfono inteligente GSM descarga una hora de referencia y alguna información orbital actualizada, como las efemérides y, eventualmente, el almanaque de los satélites GNSS, desde el servidor A-GNSS a través de dicho canal de comunicación de datos de alta velocidad. Como el rendimiento de datos de ese canal de comunicación es alto, esta descarga puede requerir menos de un segundo. El dispositivo A-GNSS también adquiere datos sobre su ubicación aproximada y, eventualmente, otros datos de asistencia opcionales, como el error de frecuencia de su oscilador interno. La hora de referencia descargada permite al dispositivo A-GNSS corregir su propio reloj horario para conocer la hora exacta del día sin error, o con un error aceptable respecto a la necesidad de la aplicación de geolocalización. En función de la hora del día y de dichos datos sobre su ubicación aproximada, el dispositivo A-GNSS puede determinar qué satélites de la constelación son visibles según dicho almanaque, y luego elegir directamente los satélites de la constelación GNSS que son visibles en esta hora del día desde su posición aproximada. En función de dicho error de frecuencia de su oscilador interno, el dispositivo A-GNSS puede reducir el rango de frecuencias que hay que explorar para escuchar las señales GNSS enviadas continuamente por dichos satélites visibles. Con la ayuda de las efemérides actualizadas de los satélites de la constelación GNSS, el dispositivo A-GNSS puede calcular su geolocalización en función de las señales GNSS recibidas de los satélites visibles en ese momento.

El segundo modo se denomina modo asistido por estación móvil (MS) o modo MSA, también llamado GNSS asistido por red, donde dicha estación móvil es el dispositivo A-GNSS que alberga el receptor GNSS, por ejemplo, un teléfono inteligente GSM. En el modo MSA, el dispositivo A-GNSS digitaliza el canal de radio GNSS a una velocidad al menos igual al ancho de banda de la señal GNSS y para una duración de al menos una longitud de secuencia de al menos 1 Msps ("sps" para muestras por segundo) durante al menos 10 ms, antes de transmitir los datos brutos correspondientes al servidor A-GNSS. En función de dichos datos brutos recibidos del dispositivo A-GNSS y siempre que el servidor A-GNSS conozca la ubicación aproximada del dispositivo A-GNSS y la hora aproximada del día en la que las muestras de las señales GNSS fueron adquiridas por el dispositivo A-GNSS, el servidor A-GNSS puede calcular la geolocalización del dispositivo A-GNSS y enviarla de vuelta al dispositivo A-GNSS. Por lo tanto, en el modo MSA, la geolocalización del dispositivo A-GNSS la calcula realmente el servidor A-GNSS.

La ventaja de este modo MSA es que es potencialmente más rápido que el modo MSB, ya que los recursos informáticos del servidor A-GNSS pueden ser mayores que los del dispositivo A-GNSS. El servidor A-GNSS también puede aprovechar datos de localización no-GNSS para acelerar el cálculo o localizar mejor el dispositivo A-GNSS. Por ejemplo, si se pone a disposición del servidor A-GNSS una base de datos de todos los puntos de acceso inalámbricos con sus posiciones geográficas, este último puede aprovechar esta información no-GNSS para ayudar a encontrar el dispositivo A-GNSS, por ejemplo, determinando su posición aproximada. Del mismo modo, se puede explotar la intensidad de la señal GSM emitida desde el dispositivo A-GNSS y recibida por algunas estaciones base, siempre que las posiciones geográficas de dichas estaciones base sean conocidas por el servidor A-GNSS.

Independientemente de cuál de los modos anteriores se utilice realmente, los mecanismos que se han ideado para prestar asistencia a un receptor GNSS permiten que un dispositivo A-GNSS proporcione su geolocalización en, normalmente, menos de tres segundos en muchos casos. A diferencia del modo autónomo y del modo MSB, el modo MSA también puede ayudar a un dispositivo A-GNSS a proporcionar su posición en un entorno interior utilizando también información no-GNSS. Además, los mecanismos que se han ideado para dar asistencia a un receptor GNSS según cualquiera de los modos MSB y MSA permiten reducir enormemente el consumo del receptor GNSS simplemente porque el tiempo necesario para adquirir su geolocalización se reduce drásticamente.

Al contrario que las redes RF síncronas o no síncronas, la red RF asíncrona y más concretamente una LPWAN no ofrecen comunicación de datos a alta velocidad. Dado que los amplios rangos de comunicación y la baja potencia se obtienen a expensas de una tasa de transmisión de datos baja o muy baja, la descarga de la información orbital necesaria desde un servidor A-GNSS a través de una LPWAN lleva demasiado tiempo y resulta más costosa que una adquisición de posición GNSS autónoma, por lo que claramente no es una solución. Además, la descarga de la información orbital necesaria en un dispositivo de nodo desde un servidor A-GNSS a través de una WAN RF asíncrona implica un consumo de energía significativo incompatible con el uso de dispositivos de nodo alimentados por batería destinados a funcionar durante un largo periodo de tiempo sin necesidad de mantenimiento ni sustitución de sus fuentes de energía; Por otro lado, el uso del modo MSA requiere la transferencia de al menos 20 kbits (al menos 10 ms de muestras de señal en bruto muestreadas a - 1 Msps I/Q 1 bit). Dado que la tasa de bits típica de una red LPWAN es de 100 bits/segundo, se necesitarían 200 segundos, lo que, de nuevo, es más costoso que una fijación GNSS autónoma desde el arranque en frío. El uso de cualquiera de los modos MSB y MSA no puede considerarse como tal para determinar la posición geográfica de dichos dispositivos de nodo conectados a una red RF asíncrona.

Al contrario que las redes RF síncronas o no síncronas, las redes RF asíncronas como la LPWAN no requieren la asignación de una ranura para permitir la comunicación entre sus componentes. En efecto, una comunicación no asíncrona o síncrona requiere la apertura de un canal de comunicación entre un par de componentes para permitir la comunicación entre los mismos. Más concretamente, en el marco de un sistema de comunicación síncrono, como el sistema de comunicación GSM, un dispositivo nodo, es decir, un teléfono inteligente, tiene que esperar a que una

estación base le asigne una ranura para comunicarse con él. Este tiempo de espera hace indeterminado el tiempo en el que un paquete de datos puede ser comunicado de forma eficiente desde un dispositivo nodo a una estación base.

5 Con referencia a la figura 2, puesto que las redes de RF asíncronas, tales como LPWAN, no requieren la asignación de una ranura para permitir la comunicación entre sus componentes, la hora del día a la que se envían los datos 20 en particular desde cada dispositivo de nodo 200 de tal red asíncrona se conoce de manera determinista. Además, el tiempo de propagación necesario para transmitir dichos datos en particular desde cada dispositivo de nodo 200 al menos un transceptor 300 de dicha red RF asíncrona también puede conocerse de manera determinista. Este tiempo de propagación puede desprejarse o no con respecto a la aplicación de geolocalización de al menos un 10 dispositivo de nodo 200. Cada dispositivo de nodo 200 puede enviar 20 un paquete de datos 210 hacia al menos un transceptor 300 de dicha red RF asíncrona con prontitud o con un retardo determinado tras la generación 18 de dicho paquete de datos 210. El tiempo empleado para generar 18 dicho paquete de datos 210 también puede conocerse de manera determinista en función de las capacidades de procesamiento de al menos uno entre el microcontrolador del dispositivo de nodo 200 y su receptor GNSS.

15 Así, en el marco de redes RF asíncronas, siempre que se conozca la hora precisa del día en que al menos un transceptor 300 recibió 22 un paquete de datos 210 emitido desde un dispositivo de nodo 200, puede calcularse la hora precisa del día en que dicho dispositivo de nodo 200 envió 20 dicho paquete de datos 210. Del mismo modo, siempre que se disponga del tiempo preciso necesario para la generación 18 de dicho paquete de datos 210 por parte del dispositivo de nodo 200 o de su receptor GNSS, podrá calcularse la hora precisa del día en que dicho 20 dispositivo de nodo 200 recibió 14 los datos en función de los cuales se ha generado dicho paquete de datos 210 18. La invención aprovecha plenamente esta característica técnica particular de las redes de RF asíncronas sobre las redes de RF síncronas.

Con referencia a la figura 1, la presente invención se refiere a un procedimiento para proporcionar asistencia a la geolocalización de al menos un dispositivo de nodo 200 de una red RF LPWAN asíncrona 100.

25 Dicha red RF asíncrona LPWAN 100 puede diseñarse para permitir comunicaciones, por ejemplo comunicaciones de largo alcance, implementando al menos un transceptor 300, a través del cual el dispositivo de nodo 200 se conecta a dicha red RF asíncrona 100. Potencialmente, se implementa un gran número de dispositivos de nodo 200 en dicha red RF asíncrona 100. Cada dispositivo de nodo 200 puede, obviamente, ser móvil o estar ligado a algo potencialmente en movimiento.

30 La red RF asíncrona 100 es una WAN de baja potencia (LPWAN), que tiene un rendimiento de datos que no excede unos pocos cientos de bits por segundo (bps), por ejemplo 1000 bps, y puede ser tan bajo como unas pocas décimas de bps, por ejemplo 50 bps.

Según otra realización, la red de RF asíncrona 100 debe diseñarse para permitir un bajo consumo de energía de los dispositivos de nodo 200 implementados y, a continuación, permite la implementación de dispositivos de nodo 35 alimentados por batería destinados a funcionar durante un periodo prolongado sin necesidad de mantenimiento ni sustitución de sus fuentes de energía.

Según otra realización, la red RF asíncrona 100 es una WAN de baja potencia (LPWAN) diseñada de forma que permita lograr un bajo consumo de energía de los dispositivos de nodo 200 implementados.

40 La red RF asíncrona 100 es particular en el sentido de que permite la comunicación asíncrona entre sus componentes 200, 300 y, en particular, de cada dispositivo de nodo 200 a al menos un transceptor 300 con el que sea capaz de comunicarse a través de la red RF asíncrona 100.

Se trata, pues, de una característica técnica particular de las redes RF asíncronas para permitir la comunicación entre cada par de sus componentes 200, 300 a una hora del día determinista. Más concretamente, la red RF 45 asíncrona permite a un dispositivo de nodo 200 emitir un paquete de datos 210 en un tiempo determinista tras recibir 14 las secuencias de señales de al menos tres señales GNSS. Entonces es posible deducir el tiempo preciso en que se han recibido dichas secuencias de señales 14 a partir del tiempo preciso en que el paquete de datos 210 es emitido por el dispositivo de nodo 200 o recibido por los demás componentes 300 de la red de RF asíncrona 100.

La figura 1 muestra esquemáticamente una realización de un sistema de comunicación en el que puede funcionar el procedimiento 1 según la invención. Dicho sistema de comunicación comprende la red RF asíncrona 100 ilustrada 50 como una LPWAN. Implementa al menos un dispositivo de nodo 200 y al menos un transceptor 300. Cada dispositivo de nodo 200 es capaz de comunicarse con al menos un transceptor 300 siempre que no haya una distancia demasiado grande entre los mismos. El alcance de la red RF asíncrona 100 viene definido por la distribución geográfica de los transceptores 300 y, potencialmente, por su potencia de emisión. Teniendo en cuenta su potencia de emisión, es preferible que los transceptores 300 estén distribuidos geográficamente para que el 55 alcance de RF de la red asíncrona de RF 100 cubra totalmente una zona amplia. Cada uno de dichos transceptores 300 está situado preferentemente de forma que pueda recibir paquetes de datos de al menos un conjunto de

dispositivos de nodo 200. Cada uno de dichos transceptores 300 está diseñado para emitir a un alcance de al menos 10 km en línea de visión, o de aproximadamente 300 m en entorno urbano.

5 Cada dispositivo de nodo 200 puede comprender un receptor de sistema de posicionamiento global (GNSS). Cada dispositivo de nodo 200 es capaz, gracias a su receptor GNSS, de recibir 14 señales GNSS 810 emitidas por los satélites 800 de la constelación GNSS que le sean visibles. Se considera que los satélites situados en el lado opuesto de la tierra con respecto a la posición geográfica de un dispositivo de nodo 200 no son visibles para dicho dispositivo de nodo 200.

10 El sistema de comunicación también puede comprender un servidor 500 GNSS de asistencia o A-GNSS. Este último se hace para que sea capaz de recibir señales GNSS 810 a través de una antena dedicada y un equipo 700 de una pluralidad de satélites GNSS 800 o tiene acceso a un servidor que sirva datos equivalentes en tiempo real para que pueda descargar todas las grandes piezas de información necesarias para la aplicación del GNSS. Estas grandes piezas de información pueden comprender información orbital sobre los satélites 800 de la constelación GNSS, como las efemérides de los satélites o el almanaque de la constelación GNSS.

15 El servidor A-GNSS 500 forma parte de una red backend cableada o inalámbrica 400 de alto rendimiento. Esta red backend 400 puede definirse como estándar o convencional para enfatizar que puede ser una red síncrona o no síncrona.

20 La red RF asíncrona 100 está conectada a través de al menos un transceptor 300 que actúa como pasarela a la red backend 400 que alberga el servidor A-GNSS 500. Cada transceptor 300 que actúa como pasarela puede estar conectado a la red backend 400 a través de cualquier equipo convencional de comunicaciones cableadas o inalámbricas y/o informático 600, sin perjuicio de la puesta en práctica del procedimiento 1 de prestación de asistencia según la invención. Cada transceptor 300 puede estar conectado por cable a la red backend 400. Cuando no existe tal conexión por cable entre un transceptor 300 de la red RF asíncrona 100 y la red backend 400, dicho transceptor puede estar diseñado para comunicarse con al menos otro transceptor de la red RF asíncrona 100 mediante señal(es) RF, de modo que dicho al menos otro transceptor 300 pueda transmitir los datos recibidos del transceptor inalámbrico 300 a la red backend 400. En el marco del presente procedimiento 1, el tiempo empleado para transmitir inalámbricamente datos desde dicho transceptor inalámbrico 300 a dicho al menos otro transceptor 300 puede despreciarse o computarse para ser tenido en cuenta. Si queremos transmitir el paquete de datos 210 de un transceptor 300 a otro transceptor, hasta llegar al transceptor que actúa como pasarela, basta con añadir, en el paquete de datos 210 de un n-ésimo transceptor a un n-ésimo+1 transceptor, un campo que comprenda al menos un entre:

- i. la duración, por ejemplo en ms, de la transmisión del paquete de datos 210 desde el n-ésimo transceptor al n-ésimo+1 transceptor, dependiendo esta duración de la velocidad de propagación de la señal RF y de la distancia entre el n-ésimo transceptor y el n-ésimo+1 transceptor,
- 35 ii. una marca de tiempo para marcar la hora exacta del día en que el n-ésimo transceptor recibe el paquete de datos y/o una marca de tiempo para marcar la hora exacta del día en que el n-ésimo+1 transceptor recibe el paquete de datos, y
- iii. la duración desde el cómputo de los datos incluidos en dicho paquete de datos.

40 Podemos incluso añadir un retardo aleatorio entre múltiples transmisiones del mismo paquete de datos 210 entre transceptores 300 de la red RF asíncrona 100 para evitar efectos de colisiones sistemáticas entre transmisiones emitidas desde diferentes dispositivos de nodo 200.

La realización mencionada anteriormente en la que dicho transceptor puede estar diseñado para comunicarse con al menos otro transceptor de la red de RF asíncrona 100 también se aplica a los transceptores que están conectados a través de cables.

45 Alternativamente, dicho servidor A-GNSS puede almacenar un mapa de las posiciones geográficas de los transceptores de la red RF asíncrona 100; de este modo, siempre que dicho servidor A-GNSS conozca el transceptor o transceptores 300 a través de los cuales se transfirió la señal o señales RF, puede calcular el tiempo empleado para la transferencia o transferencias.

50 Dicho al menos un dispositivo de nodo 200 y/o su receptor GNSS puede comprender un reloj en tiempo real (RTC) para conocer la hora del día. Ventajosamente, para mantener el coste de los dispositivos de nodo 200 lo más bajo posible, se puede utilizar un RTC con un cristal de reloj de 32 kilohercios de bajo coste. La precisión de +/-1 segundo de dicho RTC puede mantenerse diariamente reseteándolo a intervalos regulares con ayuda de los mensajes de tiempo recibidos a través de la red asíncrona de RF 100. Así, dicho RTC permitirá conocer la hora del día con una precisión de sólo más o menos un segundo.

55 Cada transceptor 300 está equipado con un Reloj en Tiempo Real (RTC) con una precisión mejor o igual a un milisegundo, por ejemplo igual a +/- 8  $\mu$ s, para conocer con precisión la hora del día. Los transceptores 300 pueden estar equipados con receptores GNSS para mantener la precisión de sus relojes.

El procedimiento 1 para proporcionar asistencia a al menos un dispositivo de nodo 200 de una red de RF asíncrona, por ejemplo una WAN de RF asíncrona, que implemente al menos un transceptor 300, cada uno de dichos al menos un dispositivo de nodo 200 que comprende un receptor GNSS, se describe a continuación con referencia a la figura 2, adjunta.

5 El receptor GNSS comprendido por cada dispositivo de nodo 200 es capaz de recibir 14 señales GNSS de satélites visibles y de discriminar rápidamente una secuencia de señales en cada señal GNSS. Esta secuencia de señales puede ser cualquier tipo de secuencia reconocible por dicho receptor GNSS; dicha secuencia de señales se repite periódicamente, en dicha señal GNSS. Los satélites emiten de forma sincrónica secuencias de señales GNSS diferentes. Cada secuencia de señales puede ser una secuencia denominada pseudoaleatoria (PRS), que es diferente para cada satélite y corresponde a su firma. Por ejemplo, cada secuencia de señales puede emitirse periódicamente, más de cada 10 milisegundos, preferiblemente cada milisegundo.

10 El receptor GNSS de cada uno de dichos al menos un nodo 200 está diseñado además para calcular 16 datos proporcionales a al menos dos diferencias de tiempo de llegada entre al menos tres secuencias de señales recibidas de al menos tres satélites. El receptor GNSS y/o el microcontrolador del dispositivo de nodo 200 pueden estar diseñados para medir dichos datos proporcionales a dichas al menos dos diferencias de tiempo de llegada en menos de un segundo.

15 Cada diferencia de tiempo de llegada se mide más particularmente al periodo de repetición de dicha secuencia de señales, siempre que cada señal GNSS repita dicha secuencia de señales según el mismo periodo. Así, para la constelación GPS, la diferencia de tiempo de llegada sólo puede conocerse a un periodo, por ejemplo un periodo de un milisegundo (es decir exactamente 1023  $\mu$ s).

20 Además, dicho al menos un dispositivo de nodo 200 y/o su receptor GNSS pueden comprender un medio legible por ordenador no transitorio especialmente para almacenar al menos datos sobre su posición con una precisión inferior a trescientos kilómetros, preferiblemente inferior a cien kilómetros. Dependiendo de la aplicación que se haga de los dispositivos de nodo 200, su(s) posición(es) puede(n) ser efectivamente conocida(s) dentro de los rangos especificados anteriormente. Por ejemplo, los dispositivos de nodo 200 pueden fijarse en bicicletas que se alquilan en una ciudad determinada; por lo tanto, la posición aproximada de cada dispositivo de nodo 200 se pretende que esté dentro de esta ciudad o de sus suburbios. Como se explica más adelante, si dicho al menos un dispositivo de nodo 200 y/o su receptor GNSS no tuvieran conocimiento de su posición aproximada cuando se despierta, esta información sería potencialmente aconsejada por dicho al menos un transceptor 300, ya que el alcance de emisión de dicho al menos un dispositivo de nodo 200 es inferior a 100 km, por ejemplo de aproximadamente 10 km. Entonces el simple hecho de recibir 22 un paquete de datos 210 de un dispositivo nodo 200 a nivel de un primer transceptor 300 es suficiente para conocer la posición de dicho dispositivo nodo 200 dentro de un área de aproximadamente 10 km alrededor de dicho primer transceptor 300.

25 El medio no transitorio legible por ordenador de cada dispositivo de nodo 200 o su receptor GNSS puede almacenar, además de su posición aproximada, al menos un almanaque de una constelación de satélites GNSS. A continuación, podrá determinar 10 qué satélites de la constelación GNSS son visibles según dicho almanaque en función de dichos datos sobre su posición aproximada y la hora del día dada por su RTC. De este modo, dicho dispositivo de al menos un nodo 200 o su receptor GNSS puede recoger 12 dichos al menos tres satélites visibles de la constelación GNSS para escuchar dichas al menos tres señales GNSS. Además, para cada satélite, dicho al menos un dispositivo de nodo 200 o su receptor GNSS puede calcular también una predicción del desplazamiento de frecuencia esperado debido al Efecto Doppler. De hecho, cuando el dispositivo de nodo 200 conoce su posición aproximada y almacena un almanaque de los satélites GNSS, puede calcular la posición aproximada de los satélites GNSS y entonces puede saber si un satélite GNSS se está acercando o alejando del mismo, y entonces el desplazamiento de frecuencia que tiene que esperar de la señal GNSS de este satélite GNSS.

35 Con respecto a este efecto Doppler, a continuación se describe un caso más particular que es específico de un receptor GNSS capaz de escuchar una baliza de la red RF asíncrona 100.

El periodo de tiempo (y por tanto el consumo de energía) que un receptor GNSS necesita para adquirir 3 o 4 secuencias de señales deseadas depende del tamaño del espacio de búsqueda de frecuencias.

40 Para cada satélite, el número de operaciones a realizar para adquirir su señal GNSS es proporcional a  $F_{error} \times T_{integ}^2$ , en la que  $F_{error}$  es el error máximo de estimación de la frecuencia a la que el receptor GNSS busca la señal GNSS y  $T_{integ}$  es el tiempo deseado de integración coherente, siendo este tiempo deseado como mínimo de 1mseg (correspondiente a una unidad de longitud de la señal GNSS) y como máximo de 20mseg (correspondiente a 20 veces una unidad de longitud de la señal GNSS).

El error máximo de estimación de la frecuencia  $F_{error}$  proviene de tres fuentes:

55 1. el error en la frecuencia del oscilador del receptor GNSS que sirve como referencia de frecuencia; por ejemplo, si la frecuencia del oscilador se conoce con una precisión de +/- 30 ppm (valor típico), entonces el

receptor GNSS puede cometer un error de +/- 47 kHz (30 ppm \* 1,575 Ghz) en la frecuencia a la que espera la señal GNSS;

2. el error en la estimación del Doppler del satélite; cuando un satélite se eleva en el horizonte, su señal GNSS se recibe con una frecuencia ligeramente superior (unos +4,2 kHz) en comparación con la frecuencia de la señal GNSS emitida porque el satélite se acerca al receptor GNSS, el error Doppler de la señal GNSS para un satélite que ha alcanzado el cenit es cero, y cuando el satélite se pone en el horizonte, su señal GNSS se recibe con una frecuencia ligeramente inferior (unos -4,2 kHz) en comparación con la frecuencia de la señal GNSS emitida porque el satélite se aleja del receptor GNSS.

. el error debido a la velocidad del receptor GNSS que también crea un efecto Doppler; este error es de 468Hz para una velocidad de 160 km/h del receptor GNSS.

Así pues, un receptor GNSS sin ninguna ayuda debe barrer el intervalo de frecuencias posibles definido entre 1,575 Ghz +/- 52 kHz con  $0,5 / T_{integ}$  (es decir: 500 Hz, cuando  $T_{integ} = 1$  ms, que corresponde a la sensibilidad más baja, y 25 Hz cuando  $T_{integ} = 20$  ms, que corresponde a la mejor sensibilidad).

Para acelerar la adquisición de cada señal GNSS y reducir así el consumo de energía de cada dispositivo de nodo, el intervalo de búsqueda de frecuencia debe ser lo más pequeño posible.

A continuación se describen dos formas de lograr este objetivo.

La primera forma utiliza el beneficio de una característica técnica de algunas de las LPWAN (por ejemplo, utilizando la tecnología de modulación LoRa) que emite periódicamente una señal de "baliza", que sirve para sincronizar los dispositivos de nodo 200. Esta señal de baliza puede recibirse muy fácilmente con un coste energético muy bajo. Cuando el receptor de radio LPWAN del dispositivo recibe esta señal de baliza, normalmente es capaz de estimar la frecuencia de su oscilador con una precisión de +/- 0,2 ppm, en comparación con un cristal sin calibrar cuya incertidumbre de frecuencia del oscilador es de aproximadamente +/- 30 ppm. El espacio de búsqueda se reduce así a +/- 315 Hz en lugar de +/- 47 kHz.

La segunda vía consiste en que el receptor GNSS puede calcular el desplazamiento de frecuencia inducido por Doppler de un satélite cuando conoce los siguientes elementos:

- La trayectoria del satélite (dada por el almanaque),
- Su ubicación aproximada, y
- El tiempo estimado aproximadamente.

Por ejemplo, el error sobre el Efecto Doppler estimado, cuando el receptor GNSS está situado a 3 km de su posición real, es de +/- 3 Hz; el error sobre el Efecto Doppler estimado cuando el receptor GNSS se equivoca en 2 s con respecto a la hora real del día, es de +/- 1,6 Hz.

La señal de baliza de LPWAN puede comprender las coordenadas GNSS del transceptor más cercano, así como la hora GNSS actual. Así, si el receptor GNSS dispone de un almanaque y recibe la señal de la baliza, conoce todos los datos necesarios para estimar con gran precisión el efecto Doppler de cada satélite. En este caso, el error de calibración de la frecuencia del oscilador y su propio error de efecto Doppler (debido a la velocidad de movimiento del receptor GNSS, no previsible) son dominantes.

Para concluir, cuando el receptor GNSS tiene un almanaque actualizado, utilizando la señal de baliza de la LPWAN, puede:

- medir el error de frecuencia del oscilador con una precisión de +/- 0,2 ppm,
- determinar su posición aproximada con una precisión de unos +/- 5 km,
- conocer la hora del día con una precisión de +/-1 s.

Así pues, el tamaño de la gama de frecuencias a barrer se reduce de +/- 52 kHz a +/- 783 Hz (468 kHz + 315 kHz). De este modo, el número de operaciones necesarias para adquirir una señal GNSS se divide por cien, sin necesidad de un enlace descendente específico para un determinado dispositivo de nodo 200, ya que la señal de baliza es difundida indistintamente por la LPWAN a todos los dispositivos de nodo 200.

Después del cálculo 16 de dichas al menos dos diferencias de tiempo de llegada entre las secuencias de señales recibidas de dichos al menos tres satélites, dicho al menos un dispositivo de nodo 200 o su receptor GNSS genera 18 y emite asincrónicamente 20 un paquete de datos 210 que lleva dichas al menos dos diferencias de tiempo de llegada a través de la red de RF asíncrona 100 hacia dicho al menos un transceptor 300. Dicho paquete de datos 210 también puede llevar la posición aproximada de dicho al menos un dispositivo de nodo 200. Dicho paquete de

datos 210 puede comprimirse y codificarse adecuadamente para reducir la cantidad de datos que deben transportarse en la red RF asíncrona 100, que puede ser, en particular, una LPWAN de bajo rendimiento.

5 Dicho al menos un transceptor 300 recibe 22 dicho paquete de datos 210 y añade 24 una marca de tiempo a dicho paquete de datos 210 para generar 28 un paquete de datos con marca de tiempo que comprende al menos las diferencias de tiempo de llegada calculadas y dicha marca de tiempo.

10 Cuando dicho paquete de datos 210 lleva además información sobre la posición aproximada del dispositivo de nodo 200 desde el que se emitió el paquete de datos 210 recibido, el paquete de datos con marca de tiempo puede comprender también dicha información. Alternativamente, dicho al menos un transceptor 300 también puede añadir 26 a dicho paquete de datos 210 una información sobre su propia posición geográfica, además de dicha marca de tiempo; con esta información añadida destinada a definir la posición aproximada de dicho al menos un dispositivo de nodo 200 siempre que la distancia entre dicho dispositivo de nodo 200 y dicho transceptor 300 sea inferior a cien kilómetros (que es comúnmente el caso teniendo en cuenta la potencia de emisión de dicho dispositivo de nodo 200).

15 La marca de tiempo añadida por dicho al menos un transceptor 300 al paquete de datos 210 se determina con una precisión de más o menos 1 milisegundo, preferiblemente más o menos 8 microsegundos según su RTC. De hecho, cada transceptor 300 está equipado con un RTC que tiene una precisión y estabilidad mucho mejores que las de los dispositivos de nodo 200.

20 Como se ha descrito anteriormente, la red de RF asíncrona 100 está conectada a través de dicho al menos un transceptor 300 que actúa como pasarela a la red backend 400 que alberga el servidor A-GNSS 500. Así, dicho al menos un transceptor 300 que actúa como pasarela es capaz de emitir 30a y/o enviar 30b dicho paquete de datos con marca de tiempo hacia y/o a dicho servidor A-GNSS 500, respectivamente.

25 Dicho servidor A-GNSS 500 recibe 32 dicho paquete de datos con marca de tiempo y extrae 34 la marca de tiempo de dicho paquete de datos con marca de tiempo. A continuación, dicho servidor A-GNSS 500 puede determinar, para al menos una diferencia de hora de llegada calculada o para cada diferencia de hora de llegada calculada, la hora del día en la que dicho dispositivo de al menos un nodo 200 ha calculado la diferencia de hora de llegada en función de la marca de tiempo extraída.

30 A efectos de geolocalización, el servidor A-GNSS 500 tiene que saber con precisión cuándo se ha calculado cada diferencia de tiempo de llegada para poder calcular con precisión la posición de cada uno de los satélites en cuestión en ese instante. Dado que los satélites se mueven a una velocidad de unos 800 metros por segundo (m/s) con respecto a tierra, un error de 10 milisegundos en la hora del día en que se adquirieron dichas secuencias de señales o, equivalentemente, cuando se calculó la diferencia de hora de llegada, da como resultado un error de 8 metros en la posición geográfica; este valor de 10 milisegundos se considera generalmente tiene un límite superior que no se debe sobrepasar.

35 Explotando la característica técnica particular de la red RF asíncrona 100 según la cual permite la comunicación entre cada par de sus componentes 200, 300 a una hora-del-día determinista, el servidor A-GNSS 500 es capaz de determinar la hora del día en que la(s) diferencia(s) de hora de llegada ha(n) sido calculada(s) por dicho al menos un nodo 200 con una precisión proporcional a la precisión del reloj de dicho al menos un transceptor 300 debido a la marca de tiempo añadida al paquete de datos 210, es decir, una precisión que permite la geolocalización del dispositivo nodo 200 con un error aceptable.

40 Dicho servidor A-GNSS 500 también puede extraer 34 cada diferencia de tiempo de llegada calculada de dicho paquete de datos con marca de tiempo.

45 A continuación, el servidor A-GNSS 500 que almacena las efemérides actualizadas de los satélites de la constelación GNSS, puede determinar 38 la posición geográfica del dispositivo de nodo 200 en función de al menos la hora del día determinada y dichos datos proporcionales a dichas al menos dos diferencias de hora de llegada. Por ejemplo, el servidor A-GNSS 500 determina las posiciones geográficas de dichos al menos tres satélites en función de la(s) hora(s) del día determinada(s); a continuación, el servidor A-GNSS 500 determina la posición geográfica del dispositivo nodo 200 en función de las posiciones determinadas de dichos al menos tres satélites en la(s) hora(s) del día determinada(s).

50 En buena aproximación, compatible con fines de geolocalización de dicho al menos un dispositivo de nodo 200, dichas al menos tres señales GNSS pueden haber sido recibidas por dicho al menos un dispositivo de nodo en el mismo instante. Por lo tanto, la hora del día determinada cuando al menos una diferencia de hora de llegada fue calculada por dicho al menos un nodo 200 puede considerarse igual (exactamente o en buena aproximación) a la hora del día(s) cuando otras diferencias de hora de llegada fueron calculadas por dicho al menos un nodo 200. Alternativamente, el servidor A-GNSS 500 puede determinar 36, para cada diferencia de hora de llegada calculada, la hora del día en que dicha diferencia de hora de llegada ha sido calculada por dicho al menos un dispositivo de nodo 200 en función de la marca de tiempo extraída, y luego determinar 38 la posición geográfica del dispositivo de

nodo 200 en función de la hora del día determinada y de dichos datos proporcionales a dichas al menos dos diferencias de hora de llegada.

5 Tres señales de satélite permiten obtener la posición (X, Y) del dispositivo nodo 100. Así, en el caso de que se sepa que el dispositivo de nodo 200 se encuentra en una zona de altitud conocida o en función de un mapa de elevación o utilizando la última altitud conocida del dispositivo de nodo, o utilizando la medición de un sensor de presión (altímetro) integrado en el dispositivo de nodo, el servidor A-GNSS 500 es capaz de determinar 38 con dichas al menos dos diferencias de tiempo de llegada la geolocalización del dispositivo de nodo 200 que computó y le transmitió dichas al menos dos diferencias de tiempo de llegada.

10 En el caso de que la altitud de dicho dispositivo de nodo 200 sea desconocida y/o para reforzar el procedimiento 1, cuatro o más señales GNSS de satélites GNSS visibles 800 pueden ser recibidas 14 por el dispositivo de nodo 200, entonces al menos tres diferencias de tiempo de llegada entre recepciones de secuencias de señales predeterminadas de dichas cuatro o más señales GNSS tomadas en pares pueden ser computadas 16 por el dispositivo de nodo 200, para que el paquete de datos 210 comprenda dichas al menos tres diferencias de tiempo de llegada. De este modo, el servidor A-GNSS 500 es capaz de determinar, en función de al menos tres diferencias de tiempo de llegada, la geolocalización (X, Y, Z) del dispositivo nodo 200 que ha calculado y le ha transmitido dichas diferencias de tiempo de llegada, incluso si la altitud de dicho dispositivo nodo 200 no puede predeterminarse.

El servidor A-GNSS 500 puede tener que hacer frente además al siguiente problema. Obtener las diferencias de tiempo de llegada módulo 1 milisegundo tiene como consecuencia que las ecuaciones de posición GNSS pueden tener múltiples soluciones remotas a 300 km de distancia unas de otras.

20 El problema anterior puede entonces eliminarse conociendo la posición aproximada del dispositivo nodo 200 que reenvió el paquete de datos 210 que lleva dichas al menos dos diferencias de tiempo de llegada. Esta información puede estar incluida en el paquete de datos con marca de tiempo recibido por el servidor A-GNSS 500, o bien ser ya conocida por el servidor A-GNSS 500. Por un lado, como se ha descrito anteriormente, el paquete de datos 210 puede incluir información sobre la posición aproximada de dicho dispositivo de nodo 200 o esta información puede haber sido añadida a dicho paquete de datos 210 por dicho al menos un transceptor 300, de modo que el servidor A-GNSS 500 simplemente tiene que extraer esta información del paquete de datos con marca de tiempo. Otra posibilidad es que el servidor A-GNSS 500 ya conozca o pueda adquirir esta información porque, según la aplicación de geolocalización para la que trabaja, se sabe que todos los dispositivos de nodo 200 están situados en una misma zona, como una ciudad o una reserva natural.

30 Así, cuando se supone que cada dispositivo de nodo 200 conoce la hora del día con una precisión de sólo más o menos 1 segundo (es decir, una precisión insuficiente a efectos de geolocalización), la geolocalización de dicho dispositivo de nodo 200 es determinada por el servidor A-GNSS 500 mediante la ayuda de la marca de tiempo conocida con una precisión mejor o igual a 10 milisegundos y comunicada por dicho al menos un transceptor 300 de la red RF asíncrona 100. La característica técnica de dicha red RF asíncrona 100 según la cual la hora del día a la que se envían los datos desde cada dispositivo de nodo 200 se conoce de manera determinista, permite al servidor A-GNSS 500 determinar retrospectivamente esta hora del día en función de la marca de tiempo añadida por dicho al menos un transceptor 300 en el camino de propagación de un paquete de datos 210 emitido desde dicho dispositivo de nodo 200 a través de la red RF asíncrona 100.

40 Los dispositivos de nodo 200 de la red RF asíncrona 100 no necesitan descargar los datos GNSS de gran tamaño, como las efemérides, para, como ya se ha comentado, mantenerlos activos durante un periodo de tiempo mínimo a fin de reducir al máximo su consumo de energía y mantenerlos en funcionamiento durante el mayor periodo de tiempo posible.

45 En un entorno como el representado en la figura 1, la invención permite que un dispositivo de nodo 200 que forme parte de la LPWAN 100 opere un receptor A-GNSS integrado con fines de geolocalización a pesar de que el rendimiento de dicha LPWAN no sea suficiente para los modos de asistencia estándar, denominados MSA y MSB, que se han descrito anteriormente y que suponen que la red en la que se proporciona la asistencia GNSS tiene un rendimiento suficiente para agilizar el intercambio de grandes cantidades de datos.

50 Dado que el servidor A-GNSS 500 puede tener conocimiento del retardo de transporte fijo a través de la red RF asíncrona 100, puede determinar con precisión en qué tiempo se adquirieron y compararon las secuencias de señales de satélite para obtener diferencias de tiempo de llegada y a partir de dónde se infiere la posición geográfica precisa del dispositivo de nodo 200.

55 Como se ha mencionado anteriormente, los paquetes de datos 210 pueden emitirse 20 hacia dicho al menos un transceptor 300 sin retardo, o con un retardo predeterminado, una vez adquirida la información útil, por ejemplo, las diferencias de tiempo de llegada calculadas. El envío de paquetes de datos 210 con un retardo determinado puede permitir abordar el problema de las colisiones que se producen entre las señales de RF emitidas 20 desde los dispositivos de nodo 200 que posiblemente se despierten y emitan 20 paquetes de datos 210 simultáneamente; para lograrlo, el paquete de datos 210 puede llevar un valor de dicho retardo predeterminado para que el servidor A-GNSS 500 lo conozca y pueda seguir determinando la hora precisa del día de cálculo de las diferencias de hora de

llegada. Además, dicho retardo determinado puede ser generado aleatoriamente por dicho al menos un dispositivo de nodo 200.

Más particularmente, la emisión asíncrona 20 del paquete de datos 210 desde dicho al menos un dispositivo de nodo 200 puede realizarse repetidamente, por ejemplo según un número determinado de veces. Cada emisión 20 de un paquete de datos 210 desde un dispositivo de nodo 200 también puede realizarse tras un retardo determinado aleatoriamente. De esta manera, en el caso de que un primer intento de enviar eficientemente 20 un paquete de datos 210 a un transceptor 300 falle, por ejemplo debido a la colisión entre dicho paquete de datos 210 y otro enviado por otro dispositivo de nodo 200, se puede implementar un segundo intento y potencialmente un número determinado de intentos para asegurarse de que al menos un intento permita eventualmente determinar 38 la geolocalización del dispositivo de nodo 200.

Más de un transceptor 300 puede recibir 22 un mismo paquete de datos 210 de un único dispositivo de nodo 200, por ejemplo, siempre que dicho dispositivo de nodo esté conectado a dos o más transceptores 300. A continuación, puede realizarse más de una difusión 30a de un paquete de datos con marca de tiempo destinado a permitir la determinación de la geolocalización de dicho dispositivo de nodo único 200. Entonces, el servidor A-GNSS puede tener que calcular dos veces o más la geolocalización de dicho dispositivo de nodo único 200. Con el fin de evitar tales cálculos innecesarios, un identificador de dicho dispositivo de nodo 200 puede ser añadido al paquete de datos 210, y luego llevado por el correspondiente paquete de datos con marca de tiempo, para ser eventualmente utilizado por el servidor A-GNSS para darse cuenta de que dos o más solicitudes de geolocalización que recibe 32 provienen del mismo dispositivo de nodo 200.

A continuación se describe una realización específica de la presente invención que puede comprender varias de las consideraciones técnicas descritas anteriormente y varias consideraciones técnicas añadidas. Esta forma de realización específica y, en particular, dichas consideraciones técnicas añadidas no deben considerarse limitativas del alcance de la protección solicitada según las reivindicaciones adjuntas.

Según dicha realización específica, el procedimiento 1 para proporcionar asistencia a la geolocalización de al menos un dispositivo de nodo 200 de una red de RF asíncrona 100 mediante la implementación de al menos un transceptor 300, cada uno de dichos al menos un dispositivo de nodo 200 que comprende un receptor GNSS, comprende las siguientes etapas:

1. Dicho dispositivo de al menos un nodo 200 adquiere al menos tres secuencias pseudoaleatorias; dicho dispositivo de al menos un nodo 200 se despierta en un tiempo arbitrario y busca su posición geográfica precisa; despierta su receptor GNSS para encontrar al menos las secuencias pseudoaleatorias emitidas desde al menos tres satélites; En esta fase de investigación del receptor GNSS puede estar completamente desasistido (es decir sin conocimiento de ningún tipo de información sobre las señales de los satélites a buscar y sin conocimiento de ningún error de frecuencia esperable) o asistida (el receptor GNSS tiene conocimiento de su localización aproximada (+/-100 km), de la hora aproximada (+/- 1min) y almacena un almanaque (de menos de 3 meses); en este caso asistido, puede determinar los satélites teóricamente visibles para él y calcular su desplazamiento de frecuencia Doppler para acelerar la búsqueda de secuencias pseudoaleatorias de satélites.

2. Una vez que el receptor GNSS de dicho al menos un dispositivo de nodo 200 ha adquirido al menos tres secuencias pseudoaleatorias, dicho al menos un dispositivo de nodo 200 difunde en la red asíncrona de RF al menos una señal de radio que contiene la siguiente información:

- a. Su identificador único (como una dirección de red),
- b. el retardo  $D_e$  (en ms) desde la adquisición de dichas al menos tres secuencias pseudoaleatorias,
- c. Una lista de los N identificadores (SVid1,2,...n) de los satélites adquiridos, y
- d. Una lista de (N-1) diferencias de tiempo de llegada  $[T_2, T_3, \dots, T_n]$ , siendo  $T_n$  la diferencia entre los tiempos de llegada de las secuencias transmitidas por los satélites SVn y SV1.

3. Dicha al menos una señal de radio es recibida por dicho al menos un transceptor 300 de la red RF asíncrona 100 donde su(s) trama(s) es(son) marcadas(s) con tiempo(siend  $T_{mst}$  la hora marcada con tiempo), y también donde se añade a su(s) trama(s) un campo que comprende información sobre la potencia de recepción de dicha al menos una señal de radio (Rssi); el retardo de propagación en el aire de dicha(s) trama(s) puede ser despreciable a efectos de geolocalización (porque representa sólo unos pocos microsegundos). Dicho al menos un transceptor 300 reenvía la versión modificada de dicha al menos una señal de radio hacia un servidor A-GNSS.

4. El servidor A-GNSS realiza una primera estimación aproximada de la posición (con una precisión inferior a 30 km) de dicho al menos un dispositivo de nodo 200 en función de dicha información sobre la potencia de recepción de todas las tramas de señales de radio recibidas de dicho al menos un dispositivo de nodo 200; a continuación, en función de los campos  $T_{mst}$  y del retardo contenido en la carga útil de dicha al menos una señal de radio, el servidor A-GNSS estima el tiempo de adquisición en el que se adquirieron las pseudo-rangos

PR (siendo este tiempo de adquisición  $T_{aq}$  igual al tiempo marcado  $T_{mst}$  menos el retardo  $D_e$ ) con una precisión de aproximadamente 1 ms.

5 El servidor A-GNSS ya almacena o adquiere las efemérides actualizadas de todos los satélites; a partir de estas efemérides, el servidor A-GNSS calcula la posición  $P_s(i)$  de cada uno de dichos al menos tres satélites en el tiempo de adquisición  $T_{aq}$  de sus pseudo-rangos PR, donde  $P_s(i)$  es la posición  $[x, y, z]$  del satélite  $i$  en el tiempo  $T_{aq}$ .

6. El servidor A-GNSS resuelve el sistema de ecuaciones:

$$distancia(P_s(i), C) - distancia(P_s(1), C) = (T_i \text{ modulo } 1ms) \cdot Cluz$$

Para cada  $i > 1$ ,

10 en la que  $C$  es la posición del dispositivo nodo 200 a localizar y  $Cluz$  es la velocidad de la luz. Por ejemplo, cuando la señal de radio contiene 3 diferencias de tiempo de llegada relacionadas con 4 satélites (1,2,3,4), el sistema de ecuaciones que hay que resolver es:

$$\left[ \begin{array}{l} distancia(P_s(2), C) - distancia(P_s(1), C) = (T_2 \text{ modulo } 1ms) \cdot Cluz \\ distancia(P_s(3), C) - distancia(P_s(1), C) = (T_2 \text{ modulo } 1ms) \cdot Cluz \\ distancia(P_s(4), C) - distancia(P_s(1), C) = (T_2 \text{ modulo } 1ms) \cdot Cluz \end{array} \right]$$

Que comprende 3 parámetros desconocidos ( $x, y, z$ ).

15 En el caso de que sólo tres satélites sean visibles, la altitud de dicho al menos un dispositivo de nodo 200 debe ajustarse para eliminar una incógnita. En este caso, los parámetros desconocidos pasan a ser:  $x$ , por ejemplo, para la latitud,  $y$ , por ejemplo, para la longitud. Si hay más satélites visibles que parámetros desconocidos (es decir, más de cuatro satélites), se puede resolver el sistema de ecuaciones para minimizar el error.

20 El sistema de ecuaciones puede tener múltiples soluciones remotas separadas entre sí unos 300 km debido al módulo de las ecuaciones. Por ello, el servidor A-GNSS debe determinar aproximadamente la posición de la etiqueta mediante otro procedimiento (por ejemplo, adquiriendo el conocimiento de dicha potencia de recepción de dicha al menos una señal de radio (Rssi) a la antena de dicho al menos un transceptor 300, o mediante el conocimiento de la aplicación a la que está destinado dicho al menos un dispositivo de nodo 200, por ejemplo porque dicho al menos un dispositivo de nodo 200 se encuentra en una zona geográfica delimitada.

7. El servidor comunica al usuario a dicho dispositivo de al menos un nodo 200 la posición precisa calculada y la hora a la que se adquirió la posición  $T_{aq}$ .

30 - En la presente invención, el sistema global de navegación por satélite (GNSS) puede ser cualquiera de los GNSS. Por ejemplo, el GNSS puede ser el sistema de posicionamiento global (GPS) o GALILEO o BEIDOU o IRNSS o QZSS.

- La invención no se limita a las realizaciones descritas anteriormente y se extiende a todas las realizaciones cubiertas por las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento (1) para proporcionar asistencia a la geolocalización de al menos un dispositivo de nodo (200) de una red asíncrona de radiofrecuencia, RF, (100) mediante la implementación de al menos un transceptor (300), comprendiendo cada uno de dichos al menos un dispositivo de nodo (200) un receptor de sistema global de navegación por satélite, GNSS, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:

- 5 a nivel de dicho receptor GNSS de dicho al menos un dispositivo de nodo (200):
- recibir (14) al menos tres señales GNSS procedentes de satélites GNSS visibles (800);
  - calcular (16) los datos proporcionales a al menos dos diferencias de tiempo de llegada entre recepciones de secuencias de señales predeterminadas de dichas al menos tres señales GNSS tomadas por pares;
  - 10 - generar (18) un paquete de datos (210) que comprenda dichos datos proporcionales a dichas al menos dos diferencias de tiempo de llegada, y
  - emitir asincrónicamente (20) el paquete de datos (210) hacia dicho al menos un transceptor (300); y a nivel de dicho al menos un transceptor (300):
  - 15 - recibir (22) dicho paquete de datos (210),
  - añadir (24) una marca de tiempo a dicho paquete de datos (210) para generar (28) un paquete de datos con marca de tiempo; y
  - emitir (30a) dicho paquete de datos con marca de tiempo hacia un servidor A-GNSS (500),

20 en el que, la red RF asíncrona (100) está conectada a través de al menos un transceptor (300) que actúa como pasarela a una red backend (400) que es una red RF síncrona o no síncrona que alberga el servidor A-GNSS (500), el procedimiento comprende además: a nivel de dicho al menos un transceptor (300) que actúa como pasarela:

- enviar (30b) dicho paquete de datos con marca de tiempo a dicho servidor A-GNSS (500); a nivel de dicho servidor A-GNSS (500):
- 25 - recibir (32) dicho paquete de datos con marca de tiempo,
- extraer (34) la marca de tiempo y los datos proporcionales a las dos diferencias de tiempo de llegada de dicho paquete de datos con marca de tiempo, y
- para al menos una diferencia de hora de llegada, determinar (36) la hora del día en la que los datos proporcionales a la diferencia de hora de llegada han sido calculados por dicho al menos un nodo (200)
- 30 en función de los datos extraídos entre los que se encuentra al menos la marca de tiempo extraída;

en el que la red RF asíncrona (100) es una red de área extensa de baja potencia, LPWAN, cuyo rendimiento no supera los 1000 bits por segundo, bps, y puede ser tan bajo como 50 bps.

2. Procedimiento (1) según la reivindicación anterior, en el que la marca de tiempo se determina con una precisión de más o menos 1 milisegundo, preferiblemente más o menos 8 microsegundos.

35 3. Procedimiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, dicho al menos un dispositivo de nodo (200) comprende un reloj de tiempo real, RTC, para conocer la hora del día con una precisión de más o menos un segundo y un medio no transitorio legible por ordenador para almacenar al menos un almanaque de una constelación de satélites GNSS y datos sobre su posición con una precisión inferior a trescientos kilómetros, preferentemente inferior a cien kilómetros, el procedimiento comprende además:

- 40 A nivel de dicho receptor GNSS de dicho al menos un dispositivo de nodo (200):
- determinar (10) qué satélites de la constelación GNSS son visibles según dicho almanaque en función de dichos datos sobre la posición aproximada de dicho al menos un dispositivo de nodo (200) y la hora del día dada por el RTC de dicho al menos un dispositivo de nodo (200), y
  - 45 - recoger (12) al menos tres satélites visibles de la constelación GNSS para escuchar dichas al menos tres señales GNSS.

4. Procedimiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada secuencia de señales se emite periódicamente con un periodo inferior a 10 milisegundos, preferentemente igual a 1 milisegundo.

50 5. Procedimiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la emisión asíncrona (20) del paquete de datos (210) emitido desde dicho al menos un dispositivo de nodo (200) se realiza después de un retardo determinado, dicho paquete de datos (210) lleva además un valor de dicho retardo determinado, siendo dicho retardo determinado potencialmente generado aleatoriamente por dicho al menos un dispositivo de nodo (200), y preferentemente en el que la emisión asíncrona (20) del paquete de datos (210) emitido desde dicho al menos un dispositivo de nodo (200) se realiza repetidamente, por ejemplo según un número determinado de veces.

55 6. Procedimiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho al menos un dispositivo de nodo (200) comprende al menos un dispositivo de nodo alimentado por batería destinado a funcionar durante un amplio período de tiempo sin requerir ningún mantenimiento ni sustitución de sus fuentes de energía.

- 5 7. El procedimiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, el servidor A-GNSS (500) almacenando datos característicos sobre la red RF asíncrona (100), dichos datos característicos comprenden al menos uno de entre un tiempo determinista de llegada a través de la red RF asíncrona (100) a dicho al menos un transceptor (300) que actúa como pasarela y un ámbito geográfico del transceptor o transceptores (300) de la red RF asíncrona (100):  
A nivel de dicho servidor A-GNSS (500):
- determinar (36) la hora del día en la que los datos proporcionales a dicha diferencia de tiempo de llegada han sido calculados por dicho al menos un nodo (200) en función de la marca de tiempo extraída también se realiza en función de dichos datos característicos sobre la red RF asíncrona (100).
- 10 8. El procedimiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además, con el servidor A-GNSS (500) almacenando las efemérides actualizadas de los satélites de la constelación GNSS:  
A nivel de dicho servidor A-GNSS (500):
- determinar (38) la posición geográfica de dicho al menos un dispositivo nodo (200) en función de la hora del día determinada y de dichos datos proporcionales a dichas al menos dos diferencias de hora de llegada.
- 15 9. El procedimiento según la reivindicación 5, en el que:
- la extracción (34) de la marca de tiempo comprende además la extracción de dicho valor de dicho retardo determinado a partir de dicho paquete de datos con marca de tiempo.
- 20 10. Sistema para proporcionar asistencia a la geolocalización de al menos un dispositivo nodo (200) de una red asíncrona de radiofrecuencia (RF) mediante la implementación de al menos un transceptor (300), comprendiendo cada uno de dichos al menos un dispositivo nodo (200) un receptor de sistema global de navegación por satélite (GNSS), y la red de RF asíncrona (100) está conectada a través de al menos un transceptor (300) que actúa como pasarela a una red backend (400) que es una red de RF síncrona o no síncrona que alberga un servidor A-GNSS (500), estando el sistema diseñado para implementar un procedimiento para proporcionar asistencia a la geolocalización de dicho al menos un dispositivo de nodo (200) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-9, comprendiendo el sistema: al menos un dispositivo de nodo (200) que comprende un receptor de sistema global de navegación por satélite, GNSS;
- 25
- una red asíncrona (100);
  - al menos un transceptor (300) en comunicación asíncrona con el al menos un nodo (200) por medio de la red asíncrona (100);
  - un servidor A-GNSS (500) en comunicación síncrona con el al menos un transceptor (300)
  - una red backend (400) que es una red RF síncrona o no síncrona que alberga el servidor A-GNSS;
- 30
- en el que la red RF asíncrona (100) es una red de área extensa de baja potencia, LPWAN, cuyo rendimiento no supera los 1000 bits por segundo, bps, y puede ser tan bajo como 50 bps.

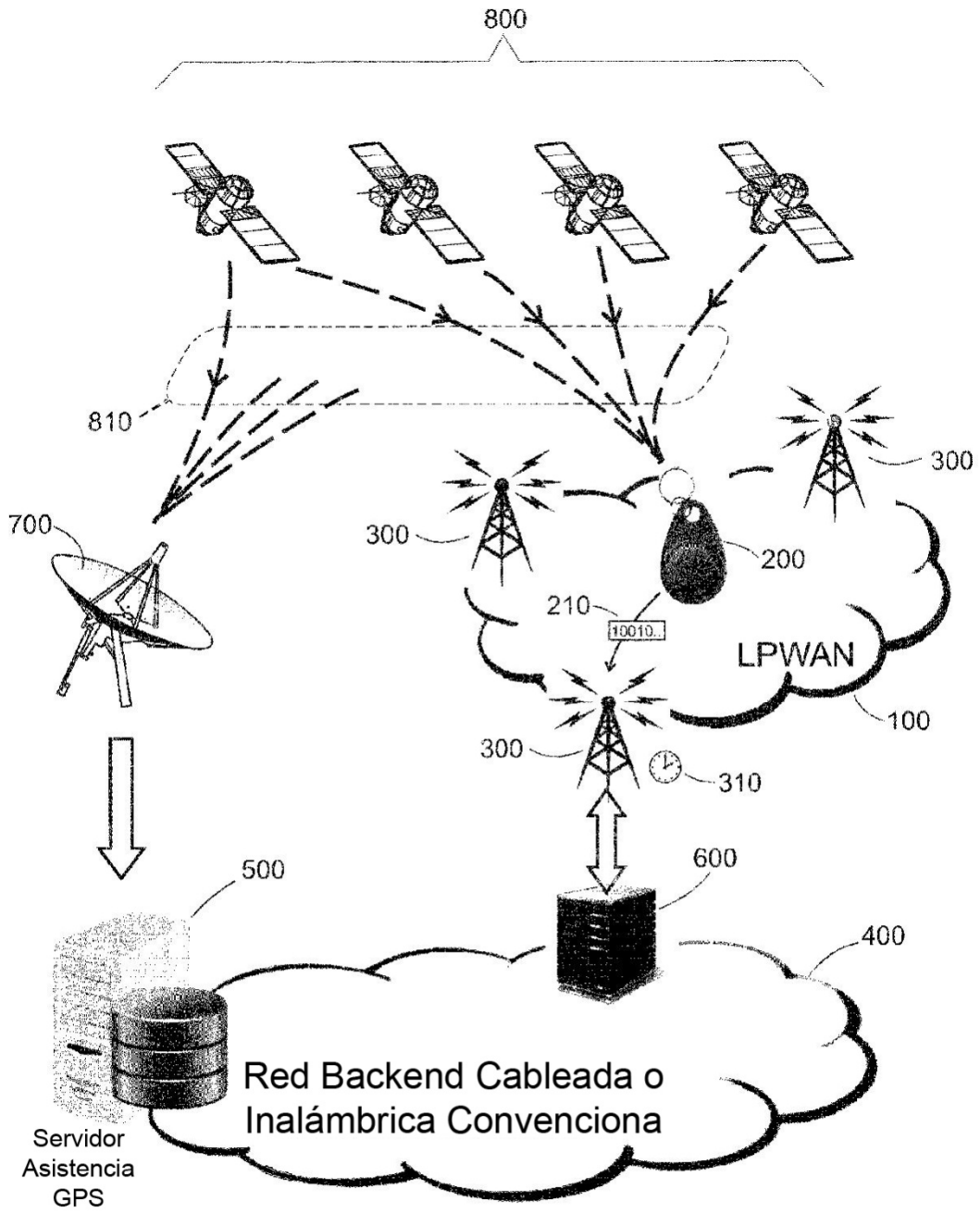


Figura 1

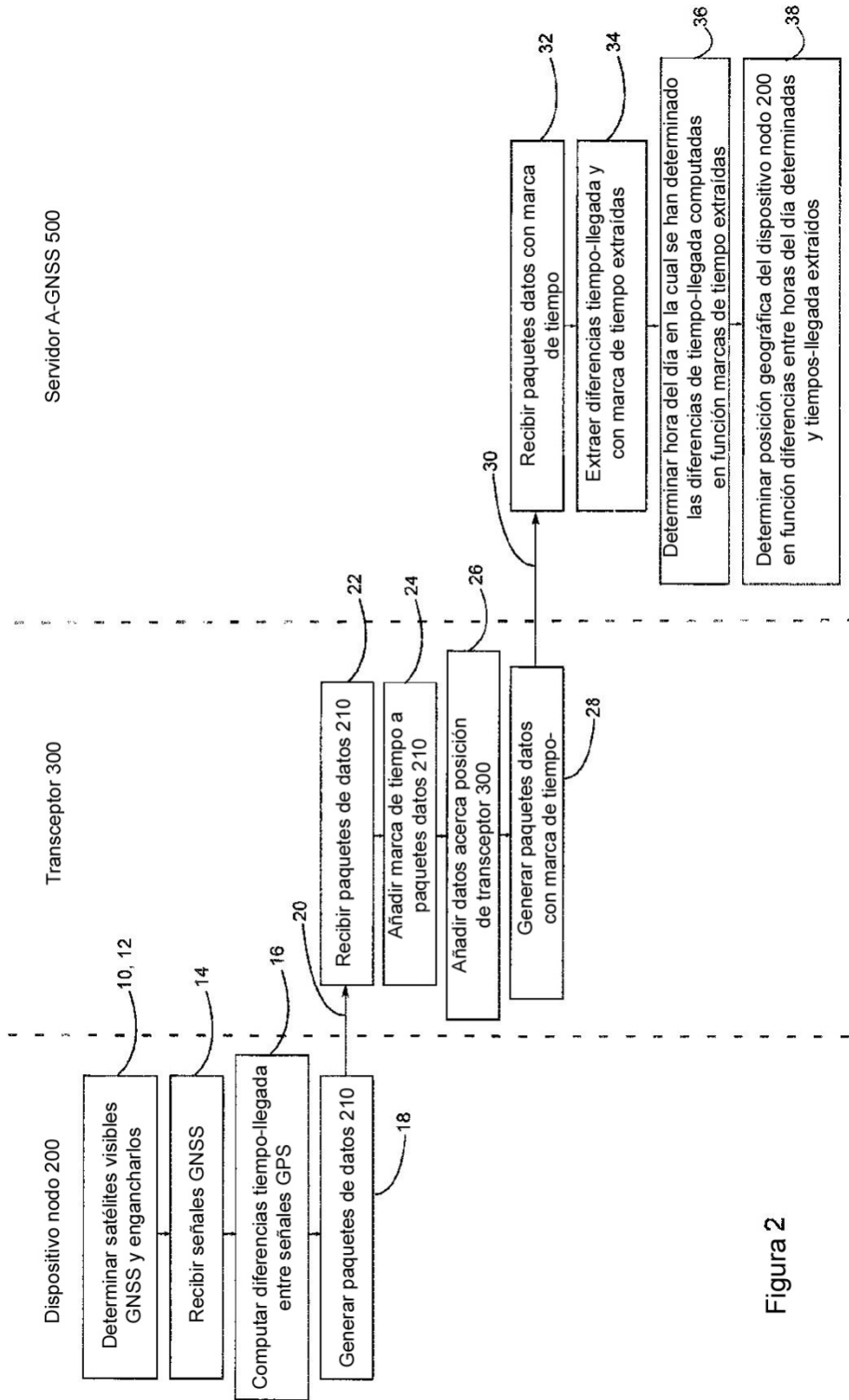


Figura 2