



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 359 841**

51 Int. Cl.:
G01S 19/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07735964 .4**

96 Fecha de presentación : **18.05.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2156208**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.02.2010**

54 Título: **Posicionamiento usando una estación de referencia.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.05.2011

73 Titular/es: **NOKIA CORPORATION**
Keilalahdentie 4
02150 Espoo, FI

72 Inventor/es: **Wirola, Lauri y**
Syrjärinne, Jari

74 Agente: **López Bravo, Joaquín Ramón**

ES 2 359 841 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

Posicionamiento usando una estación de referencia

Campo de la invención

5 La invención se refiere al campo del posicionamiento de un dispositivo que comprende un receptor de señales satelitales y, más específicamente, a un posicionamiento basado en mediciones sobre señales satelitales que se proporcionan para una estación de referencia.

Antecedentes de la invención

10 Un posicionamiento absoluto de un dispositivo dispone de soporte por parte de diversos Sistemas Globales de Satélites de Navegación (GNSS). Estos incluyen, por ejemplo, el Sistema Estadounidense de Posicionamiento Global (GPS), el Sistema Satelital Ruso de Navegación Global (GLONASS), el futuro sistema europeo Galileo, los Sistemas de Aumento de Base Espacial (SBAS), el Sistema Japonés Satelital Cuasi-cenital (QZSS) de aumento del GPS, los Sistemas Locales de Aumento de Área (LAAS) y los sistemas híbridos. Los satélites de estos sistemas también se denominan vehículos espaciales (SV).

15 La constelación en el GPS, por ejemplo, consiste en más de 20 satélites que orbitan la Tierra. Cada uno de los satélites transmite dos señales portadoras L1 y L2. Una de estas señales portadoras L1 se emplea para llevar un mensaje de navegación y señales de código de un servicio de posicionamiento estándar (SPS). La fase portadora L1 está modulada por cada satélite con un código distinto de C/A (Adquisición Gruesa). Así, se obtienen distintos canales para la transmisión por los distintos satélites. El código de C/A es un código de ruido pseudoaleatorio (PRN), que está ensanchando el espectro sobre un ancho de banda de 1 MHz. Se repite cada 1023 bits, siendo la época del código de
20 1 ms. La frecuencia portadora de la señal L1 se modula adicionalmente con información de navegación a una tasa de transmisión de bits de 50 bits / seg. La información de navegación comprende, *inter alia*, efemérides y parámetros de almanaque. Los parámetros de efemérides describen secciones breves de la órbita del respectivo satélite. En base a estos parámetros de efemérides, un algoritmo puede estimar la posición del satélite para cualquier momento mientras el satélite está en la respectiva sección descrita. Los parámetros de almanaque son parámetros de órbita similares, pero más bastos, que son válidos para un tiempo más largo que los parámetros de efemérides. La información de navegación comprende adicionalmente, por ejemplo, modelos de reloj que relacionan el tiempo satelital con el tiempo del sistema del GPS y el tiempo del sistema con el Tiempo Universal Coordinado (UTC).

25 Un receptor del GPS, cuya posición ha de determinarse, recibe las señales transmitidas por los satélites actualmente disponibles, y detecta y rastrea los canales usados por distintos satélites, en base a los distintos códigos comprendidos de C / A. Luego, el receptor determina el tiempo de transmisión del código transmitido por cada satélite, usualmente en base a los datos en los mensajes de navegación descodificados y a los totales de épocas y chips de los códigos de C / A. El tiempo de transmisión y el tiempo medido de llegada de una señal en el receptor permiten determinar la pseudodistancia entre el satélite y el receptor. El término pseudodistancia indica la distancia geométrica entre el satélite y
35 el receptor, distancia que está sesgada por desplazamientos desconocidos del satélite y del receptor con respecto a el tiempo del sistema del GPS.

En un posible esquema de solución, el desplazamiento entre los relojes del satélite y del sistema se supone conocido y el problema se reduce a resolver un conjunto no lineal de ecuaciones de cuatro incógnitas (3 coordenadas de posición del receptor y el desplazamiento entre los relojes del receptor y del sistema del GPS). Por lo tanto, se requieren al menos 4 mediciones a fin de poder resolver el conjunto de ecuaciones. El resultado del proceso es la posición del receptor.
40

De manera similar, es la idea general del posicionamiento del GNSS recibir señales satelitales en un receptor que ha de localizarse, medir la pseudodistancia entre el receptor y el respectivo satélite y, además, la posición actual del receptor, haciendo uso, además, de posiciones estimadas de los satélites. Usualmente, se evalúa una señal de PRN, que ha sido usada para modular una señal portadora, para el posicionamiento, según lo anteriormente descrito para el GPS.
45

En un enfoque posterior, las fases portadoras y / o las fases de código medidas en dos receptores del GNSS se evalúan para determinar la distancia y la altitud entre los dos receptores muy exactamente, habitualmente con una precisión al nivel del cm o incluso del mm. La combinación de la distancia y la altitud entre los dos receptores y, por ello, el vector entre estos receptores, también se denomina línea base. Las mediciones de fase portadora que se realizan en los receptores del GNSS pueden intercambiarse en tiempo real, en tiempo casi real o bien almacenarse para un intercambio posterior, conocido como posprocesamiento. Habitualmente, uno de los receptores del GNSS se dispone en una localidad conocida y se llama estación de referencia, mientras que el otro receptor ha de localizarse con respecto a la estación de referencia y se llama receptor de usuario o vagabundo. La posición relativa determinada puede además convertirse en una posición absoluta, si la ubicación de la estación de referencia se conoce con
50

exactitud. Sin embargo, los cálculos de posicionamiento relativo requieren efectivamente que las posiciones de ambos receptores se conozcan al menos aproximadamente. Estas posiciones pueden obtenerse a partir de determinadas pseudodistancias. Alternativamente, también sería suficiente conocer sólo una ubicación de referencia aproximadamente, dado que la ubicación del vagabundo puede obtenerse de la misma sumando la estimación de la línea base a la ubicación de referencia.

Una señal satelital se distorsiona en su camino desde un satélite a un receptor, debido, por ejemplo, a la propagación multirrayecto y debido a influencias por parte de ionosfera y la troposfera. Además, la señal satelital tiene un sesgo debido al sesgo del reloj satelital. Todos los errores que son comunes a una señal en ambos receptores pueden suponerse correlacionados entre los receptores y satélites y, por ello, desvanecidos en la doble diferenciación.

El posicionamiento relativo puede por ello basarse más específicamente en mediciones de señales en dos receptores del GNSS, que se usan para formar valores observables de doble diferencia. Tales mediciones de señales pueden incluir, por ejemplo, mediciones de fase portadora y mediciones de código de PRN, etc. Un valor observable de doble diferencia referido a la fase portadora es la diferencia en la fase portadora de una señal satelital específica en ambos receptores, comparada con la diferencia en la fase portadora de otra señal satelital en ambos receptores. Un valor observable de doble diferencia referido al código de PRN puede obtenerse de forma correspondiente. Los valores observables de doble diferencia pueden luego emplearse para determinar la posición de cada uno de los receptores con respecto al otro con alta precisión.

Con el posicionamiento convencional del GNSS, dos receptores del GNSS son capaces de determinar su ubicación y, por lo tanto, la línea base entre ellos, con una precisión de entre 5 y 20 metros. El enfoque basado en fase portadora o de código, por el contrario, permite la determinación de la línea base con una precisión mucho mayor, de entre 0,1 y 10 cm. Es digno de mención que esta precisión puede lograrse con receptores comerciales estándar del GNSS.

Al usar el enfoque basado en fase portadora o de código, sin embargo, ha de considerarse que una fase portadora o de código medida en dos receptores se basa en un número distinto de ciclos enteros de la fase portadora o de código. Este efecto se denomina ambigüedad entera de doble diferencia, que ha de resolverse. Este proceso también se llama resolución o inicialización de ambigüedad entera.

La ambigüedad entera de doble diferencia puede resolverse recogiendo datos de fase portadora y / o de código de un número suficiente de satélites en suficientes instantes de medición.

En lugar de las ambigüedades enteras de doble diferencia, asimismo podrían considerarse y resolverse otras varias ambigüedades.

Una vez que la línea base ha sido determinada y la ambigüedad entera ha sido resuelta, puede validarse la solución de la ambigüedad entera a fin de determinar si es de fiar. La validación de ambigüedad entera se hace habitualmente usando herramientas estadísticas.

Las ambigüedades enteras resueltas y validadas pueden usarse luego para rastrear la línea base entre los receptores con alta precisión, por ejemplo, con una precisión por debajo del cm.

La medición de la fase portadora realizada por un receptor del GNSS sobre una señal del GNSS que se origina desde un vehículo espacial del GNSS también se llama 'medición de distancia de delta acumulada (ADR)' o 'medición Doppler integrada'.

Originalmente, el posicionamiento basado en fase portadora estaba sólo disponible para el reconocimiento geodésico y otras aplicaciones que requieren alta precisión. El equipo requerido para tales aplicaciones es caro y está destinado, por lo tanto, sólo para uso profesional. En estos casos, la línea base, además, se determina a menudo fuera de línea. Sin embargo, también es posible obtener una línea base de alta precisión usando dos equipos de mano de bajo coste, habilitados para el GNSS, por ejemplo, terminales con un receptor integrado del GNSS o terminales equipados con un receptor Bluetooth externo del GNSS. Los datos entre los terminales pueden intercambiarse usando cualquier tipo de tecnología de transferencia de datos, como el servicio general de radio por paquetes (GPRS), las redes inalámbricas de área local (WLAN) o Bluetooth™. Esto permite que la línea base sea determinada y actualizada en tiempo real o tiempo casi real. Este enfoque también se llama Cinemática móvil en Tiempo Real (mRTK), lo que indica que la tecnología móvil se usa para expandir los casos de uso en base a fase portadora y llevar las ventajas de la tecnología a una audiencia más amplia. En lugar de un segundo equipo de mano, la estación de referencia también podría ser, por ejemplo, una unidad de medición de ubicación (LMU) de una red o una estación de referencia virtual (VRS) para la cual se proporcionan los datos de mediciones requeridos.

Al usar una estación de referencia virtual, se determina una línea base entre el vagabundo y una estación producida por cálculo. Esto permite llevar a cabo un posicionamiento relativo con sólo un receptor físico. Además, la posición absoluta de la estación de referencia virtual se conoce con exactitud y, por tanto, también la del vagabundo una vez que se obtiene la línea base. El cálculo de posicionamiento relativo para un receptor físico y para una estación de

referencia virtual es igual al cálculo de posicionamiento relativo para dos receptores físicos.

El documento US 5.884.220 presenta un procedimiento de navegación y un aparato que usa datos del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y múltiples fuentes de datos de corrección diferencial. Un receptor vagabundo realiza un control de paridad sobre los datos recibidos desde la estación de referencia preferida a fin de determinar si ha ocurrido un error del enlace de transmisión. Las correcciones de reemplazo recibidas desde una o más estaciones de referencia alternativas se ajustan con respecto a las diferencias de modalidad común que existan entre la estación preferida y las estaciones alternativas. En una realización alternativa, la corrección de medición ajustada se genera como un promedio ponderado de las correcciones de medición recibidas desde una pluralidad de estaciones de referencia.

Resumen

La invención avanza desde la consideración de que el uso de una línea base breve entre una estación vagabunda y una estación de referencia mejora la fiabilidad y la tasa de transmisión de una determinación de línea base. Además, una línea base breve puede permitir descuidar términos desconocidos que representan el retardo troposférico y el avance ionosférico en la resolución de la ambigüedad entera. Cuando un vagabundo está moviéndose, la longitud de la línea base hasta una estación de referencia empleada puede aumentar y superar un valor que se considere adecuado.

Al usar una estación de referencia virtual como una estación de referencia, este problema puede evitarse usando una estación de referencia virtual móvil. Sin embargo, tal enfoque tiene la desventaja de que el vagabundo debe tener un bucle de respuesta en tiempo real, o tiempo casi real, con un servidor, que proporciona los datos de medición para la estación de referencia virtual, a fin de poder controlar la tasa de transmisión de la estación de referencia virtual. La implementación de una estación de referencia virtual móvil, por lo tanto, no es factible en muchos casos.

Alternativamente, la estación de referencia podría cambiarse toda vez que la línea base supere una longitud máxima adecuada. Además, un cambio de estación de referencia puede realizarse, en particular, aunque no exclusivamente, al apoyarse en una estación de referencia virtual. En este caso, un vagabundo podría solicitar una nueva estación de referencia toda vez que note que la longitud de la línea base supera algún umbral predeterminado, o determinado de modo adaptable. Un servidor podría enviar luego mediciones para la nueva estación de referencia, en lugar de la vieja estación de referencia, al vagabundo. Cuando el vagabundo recibe las mediciones para la nueva estación de referencia, sin embargo, tiene que resolver ambigüedades enteras para la nueva estación de referencia antes de poder rastrear la línea base hasta la nueva estación de referencia. Tal inicialización consume tiempo. Cada cambio de estación de referencia dará así como resultado una interrupción de la navegación de alta precisión.

Por lo tanto, se proponen un procedimiento, un aparato, un código de programa de ordenador, un producto de programa de ordenador y un sistema, según lo definido en las reivindicaciones adjuntas.

Se describe un primer procedimiento, que comprende recibir datos que son válidos para una primera estación de referencia, recibir luego en paralelo por un tiempo limitado datos que son válidos para la primera estación de referencia y datos que son válidos para una segunda estación de referencia, y recibir luego datos que son válidos para la segunda estación de referencia. El procedimiento comprende adicionalmente proporcionar los datos respectivamente recibidos para un posicionamiento de un dispositivo que comprende un receptor de señales satelitales, los datos para la primera estación de referencia y los datos para la segunda estación de referencia, incluyendo mediciones sobre señales satelitales.

El dispositivo que ha de localizarse puede ser el mismo que el que recibe los datos, o uno distinto.

Además, se describe un primer aparato, que comprende un componente receptor configurado para recibir datos que son válidos para una primera estación de referencia, recibir en paralelo, por un tiempo limitado, datos que son válidos para la primera estación de referencia y datos que son válidos para una segunda estación de referencia, y recibir datos que son válidos para la segunda estación de referencia. El aparato comprende adicionalmente un componente de procesamiento configurado a fin de proporcionar los datos respectivamente recibidos, para un posicionamiento de un dispositivo que comprende un receptor de señales satelitales, incluyendo los datos para la primera estación de referencia y los datos para la segunda estación de referencia mediciones sobre señales satelitales.

Los componentes del primer aparato pueden implementarse en hardware y / o software. Pueden comprender, por ejemplo, un procesador que ejecuta código de programa de software para realizar las funciones requeridas. Alternativamente, podría ser, por ejemplo, un circuito que está diseñado para realizar las funciones requeridas, por ejemplo, implementado en un conjunto de chips o en un chip, como un circuito integrado. El aparato descrito puede ser, por ejemplo, idéntico al componente de procesamiento comprendido, pero también puede comprender componentes adicionales. El aparato podría además ser, por ejemplo, un módulo proporcionado para su integración en un dispositivo, como un terminal de comunicación inalámbrica o un dispositivo accesorio para un terminal de comunicación inalámbrica.

Además, se describe un primer dispositivo, que comprende el primer aparato descrito y, además, una interfaz de

5 usuario. Tal dispositivo podría ser, por ejemplo, un terminal móvil o un dispositivo accesorio para un terminal móvil. El dispositivo podría comprender, además, un componente de comunicación inalámbrica que permite una comunicación con otro dispositivo y / o el mencionado receptor de señales satelitales. Tal dispositivo también podría pertenecer a una disposición que comprende, además, otro dispositivo que incluya el receptor de señales satelitales o un componente de comunicación inalámbrica.

Además, se describe un primer código de programa de ordenador, que realiza el primer procedimiento descrito cuando es ejecutado por un procesador. Además, se describe un primer producto de programa de ordenador, en el cual se almacena tal código de programa en un medio legible por ordenador. El producto de programa de ordenador podría ser, por ejemplo, un dispositivo distinto de memoria, o una memoria que ha de integrarse en un dispositivo electrónico.

10 Además, se describe un segundo procedimiento, que comprende proporcionar datos que son válidos para una primera estación de referencia para su transmisión a un dispositivo, proporcionar luego, en paralelo durante un tiempo limitado, datos que son válidos para la primera estación de referencia y datos que son válidos para una segunda estación de referencia, para su transmisión al dispositivo, y proporcionar luego datos que son válidos para la segunda estación de referencia, para su transmisión al dispositivo. Los datos para la primera estación de referencia y los datos para la
15 segunda estación de referencia incluyen mediciones sobre señales satelitales.

Además, se describe un segundo aparato, que comprende un componente de procesamiento configurado para proporcionar datos que son válidos para una primera estación de referencia, para su transmisión a un dispositivo, para proporcionar en paralelo, durante un tiempo limitado, datos que son válidos para la primera estación de referencia y datos que son válidos para una segunda estación de referencia, para su transmisión al dispositivo, y para proporcionar
20 datos que son válidos para la segunda estación de referencia, para su transmisión al dispositivo. Los datos para la primera estación de referencia y los datos para la segunda estación de referencia incluyen mediciones sobre señales satelitales.

El componente de procesamiento del segundo aparato puede implementarse igualmente en hardware y / o software. Puede ser, por ejemplo, un procesador que ejecuta código de programa de software para realizar las funciones requeridas. Alternativamente, podría ser, por ejemplo, un circuito que está diseñado para realizar las funciones requeridas, por ejemplo, implementado en un conjunto de chips o en un chip, como un circuito integrado. El aparato descrito puede ser, por ejemplo, idéntico al componente de procesamiento comprendido, pero también puede comprender componentes adicionales. El aparato podría además ser, por ejemplo, un módulo proporcionado para su integración en un dispositivo, como un servidor de red o un servidor autónomo.

25 Además, se describe un segundo dispositivo, que comprende el aparato descrito y, además, una interfaz configurada para transmitir los datos proporcionados a otro dispositivo. El segundo dispositivo podría ser, por ejemplo, un servidor de posicionamiento.

Además, se describe un segundo programa de ordenador, que realiza el segundo procedimiento descrito cuando es ejecutado por un procesador. Además, se describe un segundo producto de programa de ordenador, en el cual tal código de programa está almacenado en un medio legible por ordenador. El producto de programa de ordenador podría ser, por ejemplo, un dispositivo distinto de memoria, o una memoria que ha de integrarse en un servidor. Finalmente, se describe un sistema que comprende el primer aparato descrito y el segundo aparato descrito.

35 Así, se proporcionan datos de asistencia para un posicionamiento basado en satélites, que incluyen mediciones sobre señales satelitales para estaciones de referencia cambiantes, en el caso de un cambio de estación de referencia con mediciones para ambas estaciones de referencia durante un cierto periodo de tiempo.

La invención proporciona así una posibilidad de mejorar las prestaciones y la usabilidad de un posicionamiento basado en satélites. En particular, aunque no exclusivamente, permite una navegación continua de alta precisión, usando estaciones de referencia cambiantes. Proporcionar mediciones de la estación de referencia actual y de la nueva simultáneamente permite un traspaso suave entre las estaciones de referencia. Es decir, puede evitarse una
45 inicialización completamente nueva, consumidora de tiempo, para la nueva estación de referencia después de cada cambio, para lograr una navegación de alta precisión sin interrupción.

En una realización ejemplar, las mediciones sobre las señales satelitales comprenden mediciones de fase portadora sobre señales satelitales. Las mediciones de fase portadora pueden usarse para obtener valores observables, que permiten rastrear una línea base entre el receptor de señales satelitales y la estación de referencia, una vez que se han resuelto las ambigüedades enteras.

50 La primera estación de referencia y la segunda estación de referencia para las cuales se proporcionan mediciones podrían ser, por ejemplo, estaciones de referencia virtuales. Las estaciones de referencia virtuales pueden generarse en cualquier ubicación deseada y, por tanto, siempre cerca de la ubicación actual del dispositivo que ha de localizarse. Ha de entenderse, sin embargo, que la invención podría igualmente emplearse, por ejemplo, con un servidor que sea

capaz de recibir mediciones desde una pluralidad de estaciones físicas de referencia distribuidas, que comprenden receptores de señales satelitales.

5 En el caso de que se usen estaciones de referencia virtuales, una respectiva estación de referencia virtual puede generarse tras una respectiva solicitud por parte del dispositivo que incluye el receptor de señales satelitales que ha de localizarse, o por parte de un dispositivo que está enlazado al que incluye el receptor de señales satelitales. La solicitud podría incluir entonces una indicación de una posición actual, aproximada o precisa, del dispositivo que incluye el receptor de señales satelitales.

Los datos proporcionados para un posicionamiento pueden usarse de distintas maneras.

10 En una realización, proporcionar los datos recibidos para un posicionamiento puede comprender, por ejemplo, almacenar los datos junto con datos que incluyen mediciones sobre señales satelitales recibidas por el receptor de señales satelitales. Los datos almacenados pueden usarse luego en un posprocesamiento en cualquier ubicación deseada, por ejemplo, localmente o en un servidor de red.

En otra realización, los datos proporcionados se usan, por ejemplo, en un posicionamiento en tiempo real, o tiempo casi real, del dispositivo que incluye el receptor de señales satelitales.

15 En ambos casos, los datos proporcionados que son válidos para la primera estación de referencia y los datos proporcionados por el receptor de señales satelitales pueden usarse para resolver ambigüedades enteras para una línea base entre el receptor de señales satelitales y la primera estación de referencia, y para rastrear la línea base entre el receptor de señales satelitales y la primera estación de referencia. Los datos proporcionados que son válidos para la primera estación de referencia y los datos proporcionados que son válidos para la segunda estación de referencia, que han sido recibidos en paralelo, y los datos proporcionados por el receptor de señales satelitales, pueden usarse entonces para resolver ambigüedades enteras para una línea base entre el receptor de señales satelitales y la segunda estación de referencia. Finalmente, los datos proporcionados que son válidos para la segunda estación de referencia, los datos proporcionados por el receptor de señales satelitales y las ambigüedades enteras resueltas para una línea base entre el receptor de señales satelitales y la segunda estación de referencia pueden usarse para rastrear la línea base entre el receptor de señales satelitales y la segunda estación de referencia.

Por ello, la pérdida de una posición de alta precisión y una interrupción en una navegación de alta precisión pueden evitarse toda vez que se incorpora al uso una nueva estación de referencia, por ejemplo, porque el dispositivo con el receptor de señales satelitales que ha de localizarse se aparta demasiado de la estación de referencia actual.

30 En cualquier realización que comprende formar valores observables y / o resolver ambigüedades, los valores observables pueden ser, por ejemplo, valores observables de doble diferencia y las ambigüedades enteras pueden ser, por ejemplo, ambigüedades enteras de doble diferencia. Ha de entenderse, sin embargo, que podrían asimismo usarse cualquier otro tipo de valores observables y las correspondientes ambigüedades, incluyendo, pero sin limitarse a, los valores observables y ambigüedades enteras de diferencia simple y triple.

35 La invención puede emplearse, por ejemplo, en la navegación de alta precisión y en aplicaciones de reconocimiento. Puede proporcionarse para uso profesional, pero también para aplicaciones lúdicas, tales como la escritura con un receptor del GNSS.

40 La invención puede usarse adicionalmente con cualquier tipo de señales satelitales, en particular, aunque no exclusivamente, con señales satelitales transmitidas en un GNSS, como GPS, GLONASS, GALILEO, SBAS, QZSS, LAAS o una combinación de estos. El LAAS hace uso de seudosatélites, en lugar de verdaderos satélites, pero ha de entenderse que estos seudosatélites están cubiertos asimismo por el término satélite, según se usa en esta solicitud. El LAAS tiene la ventaja de que permite un posicionamiento asimismo bajo condiciones de puertas adentro.

Ha de entenderse que todas las realizaciones ejemplares presentadas también pueden usarse en cualquier combinación adecuada.

45 Otros objetos y características de la presente invención devendrán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, considerada conjuntamente con los dibujos adjuntos. Ha de entenderse, sin embargo, que los dibujos están diseñados únicamente con fines de ilustración y no como una definición de los límites de la invención, para los cuales debe hacerse referencia a las reivindicaciones adjuntas. Debería entenderse adicionalmente que los dibujos no están trazados a escala y que están concebidos meramente para ilustrar conceptualmente las estructuras y procedimientos descritos en el presente documento.

50 **Breve descripción de las figuras**

La Fig. 1 es un diagrama que ilustra esquemáticamente un posible cambio de una estación de referencia virtual con navegación intermitente de alta precisión;

la FIG. 2 es un diagrama que ilustra esquemáticamente un posible cambio de una estación de referencia virtual con navegación continua de alta precisión, de acuerdo a una realización de la invención;

la Fig. 3 es un diagrama en bloques esquemático de un sistema de acuerdo a una realización de la invención;

la Fig. 4 es un diagrama de flujo que ilustra una operación ejemplar en el sistema de la Figura 3; y

- 5 la Fig. 5 es un diagrama que ilustra esquemáticamente los parámetros usados en la operación de la Figura 4.

Descripción detallada de la invención

Las Figuras 1 y 2 ilustran esquemáticamente la diferencia entre la navegación intermitente de alta precisión y la navegación continua de alta precisión, de acuerdo a una realización de la invención.

- 10 En ambos casos, un vagabundo r , habilitado para GNSS asistido (AGNSS), quiere llevar a cabo una navegación de alta precisión usando mediciones de fase portadora provenientes de una estación de referencia virtual. La distancia a la estación de referencia virtual debería ser tan corta como sea posible, a fin de mejorar la fiabilidad y la tasa de transmisión de la determinación de la línea base. Si la distancia aumenta significativamente, debería generarse y usarse una nueva estación de referencia virtual. Las líneas base se indican en ambas Figuras como flechas que apuntan desde un vagabundo r a una estación de referencia virtual.

- 15 La Figura 1 presenta las etapas a) a f) de un primer enfoque posible para cambiar desde una estación de referencia virtual a otra.

Para comenzar una sesión de navegación, el vagabundo r envía una solicitud de mediciones de estación de referencia virtual a un servidor (etapa a). La solicitud comprende la estimación de la posición actual para el vagabundo r , determinada, por ejemplo, por el posicionamiento convencional del GNSS.

- 20 Al recibir la solicitud, el servidor genera una estación de referencia virtual VRS1. La estimación de posición permite al servidor generar la estación de referencia virtual VRS1 tan cercana al vagabundo r como sea posible, a fin de minimizar la longitud de la línea base. El servidor hace fluir mediciones para la estación de referencia virtual VRS1 al vagabundo r . El vagabundo r inicia entonces los cálculos de resolución de ambigüedad entera de doble diferencia (etapa b).

- 25 Una vez que se resuelven las ambigüedades, la línea base a la estación de referencia virtual VRS1 está disponible, y puede rastrearse. La posición absoluta exacta del vagabundo r puede determinarse en base a la línea base y a la posición conocida de la estación de referencia virtual VRS1 (etapa c).

Cuando el vagabundo r está moviéndose, la longitud de la línea base rastreada puede aumentar. En algún punto, el vagabundo r toma la decisión de que la línea base es demasiado larga y solicita mediciones para una nueva estación de referencia virtual en la ubicación actual del vagabundo r (etapa d).

- 30 Al recibir la solicitud, el servidor genera una nueva estación de referencia virtual VRS2 y mediciones de flujo para la nueva estación de referencia virtual VRS2, en lugar de la vieja estación de referencia virtual VRS1, para el vagabundo r . El vagabundo r comienza a recibir las nuevas mediciones de VRS y, simultáneamente, los datos desde la primera estación de referencia virtual VRS1 se pierden. Por lo tanto, también la línea base y la posición exacta del vagabundo r se pierden por un tiempo, dado que lleva algún tiempo, habitualmente entre 10 y 100 segundos, según las condiciones de la señal y la longitud de la línea base, resolver las nuevas ambigüedades enteras y la línea base con respecto a una nueva estación de referencia virtual VRS2 (etapa e).

Habiendo inicializado las nuevas ambigüedades, la navegación puede continuar (etapa f).

- 40 La Figura 2 presenta las etapas a) a h) de un segundo enfoque posible para cambiar desde una estación de referencia virtual a otra sin perder la capacidad de navegación exacta durante decenas de segundos, de acuerdo a una realización de la invención.

Las etapas a) a d) de la Figura 2 corresponden a las de la Figura 1.

- 45 Al recibir la solicitud para una nueva estación de referencia virtual desde el vagabundo r , sin embargo, el servidor genera una nueva estación de referencia virtual VRS2 y hace fluir las mediciones para la nueva estación de referencia virtual VRS2, además de las mediciones de la vieja estación de referencia virtual VRS1, al vagabundo r . El vagabundo r recibe mediciones de ambas estaciones de referencia virtual VRS1 y VRS2 (etapa e). Así, a diferencia de la Figura 1, la línea base a la primera estación de referencia virtual VRS1 no se pierde en cuanto se reciben las mediciones para la segunda estación de referencia virtual VRS2.

Ahora, como son conocidas tanto la línea base entre la primera estación de referencia virtual VRS1 y el vagabundo r , por una parte, como la línea base entre las dos estaciones de referencia virtuales VRS1 y VRS2, por otra parte, la línea

base entre la segunda estación de referencia virtual VRS2 y el vagabundo r también puede determinarse (etapa f).

Por lo tanto, cuando la transmisión de mediciones para la primera estación de referencia virtual VRS1 se detiene después de un tiempo, y se pierde la línea base a esta estación de referencia virtual VRS1 (etapa g), la navegación de alta precisión continúa sin discontinuidad (etapa h).

- 5 El enfoque de la Figura 2 es, por tanto, de especial ventaja en situaciones en las cuales ha de rastrearse una línea base con alta precisión para un vagabundo en movimiento.

La Figura 3 es un diagrama en bloques esquemático de un primer sistema ejemplar, que permite una navegación continua de alta precisión usando estaciones de referencia virtuales.

El sistema comprende un terminal 310 de comunicación inalámbrica y un servidor 350.

- 10 El terminal 310 de comunicación inalámbrica puede ser, por ejemplo, un teléfono móvil o un ordenador portátil. El terminal 310 comprende un procesador 311 y, enlazados a este procesador 311, una memoria 312, un transceptor (TRX) 317 y una interfaz (UI) 318 de usuario.

- 15 El procesador 311 está adicionalmente enlazado con un receptor 320 del GNSS. El receptor 320 del GNSS puede integrarse en el terminal 310. Alternativamente, sin embargo, podría también ser, o pertenecer a, un dispositivo accesorio que está conectado con el terminal 310. Esta opción se indica en la Figura 3 con una línea discontinua entre el receptor 320 del GNSS y los otros componentes del terminal 310. Un dispositivo accesorio del GNSS podría conectarse con el dispositivo 310 de usuario mediante cualquier enlace adecuado, como una conexión física o un enlace Bluetooth™, etc.

- 20 El procesador 311 está configurado para ejecutar código implementado de programa de ordenador. La memoria 312 almacena código de programa de ordenador, que puede ser recuperado por el procesador 311 para su ejecución. Los códigos de programa almacenado comprenden un código 313 de posicionamiento del GNSS, que incluye un módulo funcional para un posicionamiento convencional aproximada basada en el GNSS. Los códigos de programa almacenado comprenden adicionalmente un código 314 de posicionamiento de alta precisión, que incluye módulos funcionales para solicitar mediciones de VRS, para gestionar un traspaso suave de VRS y para llevar a cabo el posicionamiento efectivo de alta precisión. La memoria 312 proporciona adicionalmente una porción 315 de almacenamiento de datos, a la que puede acceder el procesador 311.

- 25 Ha de entenderse que las funciones del procesador 311 al ejecutar los códigos 313 y 314 de programa también podrían implementarse en hardware en el terminal 310, por ejemplo, en forma de componentes correspondientemente configurados de un chip de circuitos integrados. Además, ha de entenderse que algunas funciones realizadas por el procesador 311 podrían realizarse en una realización alternativa, por ejemplo, por el receptor 320 del GNSS.

- 30 El transceptor 317 permite una comunicación mediante un enlace inalámbrico con otros dispositivos. El transceptor 317 podría pertenecer, por ejemplo, a un motor celular del terminal 310 y dar soporte a un acceso a una red de comunicación celular, o bien podría pertenecer a un motor de WLAN del terminal 310 y dar soporte a un acceso a una WLAN. Alternativamente, el transceptor 317 podría también habilitar, por ejemplo, un enlace inalámbrico a un servidor autónomo, usando cualquier tecnología conocida.

La interfaz 318 de usuario puede proporcionar funcionalidad de entrada y / o salida. Podría comprender, por ejemplo, teclas, un panel táctil, un visor, altavoces, etc.

- 40 El servidor 350 puede ser, por ejemplo, un elemento de red, como una estación base de una red de comunicación celular o una WLAN, o un servidor enlazado con una tal estación base. Ha de entenderse, sin embargo, que también podría ser un servidor autónomo.

El servidor 350 comprende un procesador 351 y, enlazadas con este procesador 351, una memoria 352 y una interfaz 357.

- 45 El procesador 351 está adicionalmente enlazado con un receptor 360 del GNSS. El receptor 360 del GNSS comprende una antena, que tiene un punto de referencia en una posición conocida con precisión. El receptor 360 del GNSS puede integrarse en el servidor 350. Alternativamente, sin embargo, también podría pertenecer a un dispositivo distinto, como una unidad de medición de ubicación (LMU) que esté conectada con el servidor 350. Esta alternativa se indica en la Figura 3 con una línea discontinua entre el receptor 360 del GNSS y los otros componentes del servidor 350. Una unidad de medición de ubicación podría conectarse al servidor 350 usando cualquier enlace adecuado, por ejemplo, un enlace por cable.

- 50 El procesador 351 está configurado para ejecutar código implementado de programa de ordenador. La memoria 352 almacena código de programa de ordenador, que puede ser recuperado por el procesador 351 para su ejecución. Los

códigos almacenados de programa de ordenador comprenden un código 353 de soporte de posicionamiento de alta precisión, que incluye módulos funcionales para generar estaciones de referencia virtuales y para hacer fluir mediciones para múltiples estaciones de referencia virtuales.

5 Ha de entenderse que las funciones del procesador 351 que ejecuta el código 353 de programa también podrían implementarse en hardware en el servidor 350, por ejemplo, en forma de componentes correspondientemente configurados de un chip de circuitos integrados. Además, ha de entenderse que algunas funciones realizadas por el procesador 311 podrían realizarse en una realización alternativa, por ejemplo, por el receptor 360 del GNSS.

10 La interfaz 357 permite una comunicación directa o indirecta con el terminal 310. Si el servidor 350 es una estación base de una red de comunicación inalámbrica, por ejemplo, la interfaz 357 podría ser un transceptor, que permite al terminal 310 acceder a la red de comunicación inalámbrica. Si el servidor 350 es otro elemento de red, la interfaz puede ser una interfaz con elementos adicionales de red, que conectan el servidor con una estación base de una red de comunicación inalámbrica a la que puede acceder el terminal 310.

15 Ambos receptores 320, 360 del GNSS están configurados para funcionar como receptores normales del GNSS. Es decir, están configurados para recibir, adquirir, rastrear y descodificar señales transmitidas por satélites pertenecientes a uno o más GNSS, como GPS y Galileo. En base a la información de navegación en las señales descodificadas y en las mediciones sobre las señales recibidas, el procesador 311 es adicionalmente capaz de calcular una posición aproximada de un punto de referencia de antena del receptor 320 del GNSS de manera conocida, usando el código 313 de programa.

20 Para una aplicación específica, sin embargo, la posición del punto de referencia de la antena del receptor 320 del GNSS podría tener que determinarse con alta precisión. Con este fin, se emplea un posicionamiento mejorado de alta precisión, que se ilustra en el diagrama de flujo de la Figura 4.

El posicionamiento de alta precisión puede ser iniciado, por ejemplo, por un usuario mediante la interfaz 318 de usuario, que causa que el procesador 311 ejecute el código 314 de programa.

25 Usando el código 313 de programa de ordenador, que puede ser llamado por el código 314 de programa, el procesador 311 del terminal 310 determina al principio una estimación aproximada de posición del receptor 320 del GNSS, en base a información de navegación en señales satelitales recibidas. Usando el código 314 de programa de ordenador, el procesador 311 del terminal 310 genera adicionalmente una solicitud de mediciones de VRS, que se transmite al servidor 350 mediante el transceptor 317 (etapa 310). La solicitud incluye una indicación de la estimación aproximada de la posición. Además, la solicitud puede indicar el tipo de señales para las cuales se desean mediciones de VRS.
30 Además, se solicita al receptor 320 del GNSS proporcionar mediciones de fase portadora sobre todos los satélites visibles.

35 El procesador 351 del servidor 350 recibe la solicitud mediante la interfaz 357. Usando el código 353 de programa, el procesador 351 genera una estación k de referencia virtual VRS en la ubicación de la estimación aproximada de posición recibida y solicita mediciones de fase portadora sobre señales satelitales desde el receptor 360 del GNSS (etapa 450). Puede solicitar tales mediciones específicamente para un tipo indicado de señales. El procesador 351 convierte las mediciones de fase portadora recibidas para la ubicación conocida del receptor 360 del GNSS en mediciones de fase portadora para la estación k de referencia virtual VRS.

40 El procesador 351 hace fluir las mediciones determinadas de fase portadora mediante la interfaz 357 al terminal 310 (etapa 451). Los datos proporcionados pueden incluir adicionalmente otra información. En caso de que la estación de referencia virtual no esté generada exactamente en una ubicación correspondiente a la estimación de posición para el receptor 320 del GNSS, tal información también puede comprender la ubicación exacta de la estación de referencia virtual.

45 El procesador 311 del dispositivo 310 de usuario, que recibe los mensajes desde el servidor 350 mediante el transceptor 317, es ahora capaz de realizar cálculos de posicionamiento relativo usando observaciones de doble diferencia. Las observaciones de doble diferencia se forman a partir de las mediciones de fase portadora recibidas desde el servidor 350 para la estación de referencia virtual y las mediciones de fase portadora recibidas desde el receptor 320 del GNSS (etapa 411).

Los cálculos de posicionamiento relativo intentan resolver las ambigüedades enteras de doble diferencia. La formulación del problema puede llevar a la siguiente ecuación ejemplar de medición:

50

$$\phi_{kr}^{pq} = \rho_{kr}^{pq} + \lambda N_{kr}^{pq} + \varepsilon_{kr}^{pq} , \quad (1)$$

en la que ϕ_{kr}^{pq} es el valor observable de doble diferencia definido por $\phi_{kr}^{pq} = (\phi_k^p - \phi_r^p) - (\phi_k^q - \phi_r^q)$, donde $\phi_k^p, \phi_r^p, \phi_k^q, \phi_r^q$ son las mediciones de fase portadora disponibles por parte de la estación k de referencia (VRS) y el vagabundo r (receptor 320 del GNSS) de las señales originadas desde los satélites p y q . Además, ρ_{kr}^{pq} es la diferencia de distancias geométricas definida por

$$\begin{aligned} \rho_{kr}^{pq} &= (\rho_k^p - \rho_r^p) - (\rho_k^q - \rho_r^q) \\ &= (\|\underline{x}^p - \underline{x}_k\| - \|\underline{x}^p - (\underline{x}_k - \underline{b})\|) - (\|\underline{x}^q - \underline{x}_k\| - \|\underline{x}^q - (\underline{x}_k - \underline{b})\|) \end{aligned} \quad (2)$$

en la que \underline{x}^p y \underline{x}^q son las posiciones conocidas de los satélites p y q , respectivamente. \underline{x}_k es la posición conocida de la estación de referencia (VRS) y $\underline{b} = \underline{x}_k - \underline{x}_r$ es la línea base desconocida a determinar. Finalmente, λ, N_{kr}^{pq} y ε_{kr}^{pq} son, respectivamente, la longitud de onda, la ambigüedad de doble diferencia desconocida (obsérvese que $N_{kr}^{pq} \in \mathbb{N}$) y el ruido de medición de doble diferencia.

Ha de observarse que se ha omitido una variable temporal de las ecuaciones, para mayor claridad. Sin embargo, puede requerirse dar cuenta de distintos instantes de medición y de diferencias de tiempo de vuelo entre los receptores para una determinación de la línea base. Además, ha de observarse que la presente ecuación (1) representa una forma simplificada de una ecuación de medición, que puede modificarse y extenderse de varias maneras.

La resolución de la ecuación (1), que puede realizarse por cualquier enfoque adecuado, produce la estimación $\tilde{\underline{b}}$ de línea base fija y las ambigüedades \tilde{N} de diferencia doble.

Como se ha mencionado anteriormente, el uso de diferencias dobles tiene la ventaja de que los errores de doble diferenciación que son comunes a una señal satelital dada en dos receptores se cancelan mutuamente. Los ejemplos de tales errores comunes comprenden el sesgo del reloj del satélite, así como los errores inducidos por la troposfera y la ionosfera.

Finalmente, el procesador 311 puede determinar una posición absoluta exacta del receptor 320 del GNSS o, más específicamente, de su punto de referencia de antena, restando el vector de línea base a las coordenadas exactas disponibles de la estación de referencia virtual (etapa 412).

Esto se ilustra asimismo en la Figura 5. La Figura 5 es un diagrama esquemático, en el cual el terminal 310 está representado como un vagabundo r en la ubicación \underline{x}_r . Además, la estación de referencia virtual se muestra como la VRS k en la ubicación \underline{x}_k . Cuando la línea base \underline{b}_{rk} entre el vagabundo r y la estación k de referencia virtual VRS ha sido determinada usando el valor observable de doble diferencia ϕ_{kr}^{pq} (omitiéndose los superíndices satelitales p y q en la Figura 5), la posición del vagabundo r puede determinarse como $\underline{x}_r = \underline{x}_k + (-\underline{b}_{rk})$.

Una indicación de la posición absoluta del receptor 320 del GNSS puede presentarse, por ejemplo, a un usuario mediante la interfaz 318 de usuario.

El procesador 311 comprueba si la longitud de la línea base determinada supera una longitud predeterminada (etapa 413). Mientras no sea este el caso, el procesador 311 rastrea los cambios en la línea base con alta precisión, usando las ambigüedades enteras resueltas de doble diferencia y las nuevas mediciones de fase portadora (etapa 414) y actualiza la posición absoluta del receptor 320 del GNSS en consecuencia (etapa 412).

Cuando el procesador 311 determina, sin embargo, que la longitud de la línea base determinada supera una longitud predeterminada (etapa 413), solicita una nueva estación de referencia virtual al servidor 350 (etapa 415). La solicitud incluye la posición actual del receptor 320 del GNSS.

Al recibir la nueva solicitud de la VRS, el procesador 351 genera una nueva estación m de referencia virtual VRS en la ubicación indicada de la posición actual del receptor 320 del GNSS (etapa 452). El procesador 351 convierte ahora las mediciones de fase portadora recibidas para la ubicación conocida del receptor 360 del GNSS, para un cierto periodo de tiempo, en mediciones de fase portadora para la vieja estación k de referencia virtual VRS y, además, mediciones de fase portadora para la nueva estación m de referencia virtual VRS. La VRS m en la ubicación \underline{x}_m está igualmente indicada en la Figura 5.

El procesador 351 hace fluir las mediciones de fase portadora determinadas para ambas estaciones de referencia virtuales VRS k y VRS m al terminal 310 (etapa 453). Los datos proporcionados pueden incluir adicionalmente otra información. El servidor 350 y un protocolo implementado por el código 353 de software se requieren por ello para dar soporte a la vinculación de al menos dos estaciones de referencia virtuales con un único terminal.

El procesador 311 del terminal 310 es ahora capaz de resolver las ambigüedades enteras de doble diferencia y de determinar la línea base para la nueva estación de referencia virtual de manera simplificada (etapa 416), por ejemplo, según se presenta a continuación.

La línea base \underline{b}_{rk} entre el receptor 320 del GNSS (vagabundo r) y la vieja estación k de referencia virtual VRS, y las ambigüedades enteras de doble diferencia asociadas, son conocidas. Así, se conocen todos los parámetros de la ecuación (1) de medición aplicada a un par ejemplar de un satélite base 1 y un satélite adicional q :

$$\begin{aligned}\phi_{rk}^{1q} &= (\phi_r^1 - \phi_k^1) - (\phi_r^q - \phi_k^q) = \rho_{rk}^{1q} + \lambda N_{rk}^{1q} + \varepsilon_{rk}^{1q} \\ &= (\rho_r^1 - \rho_k^1) - (\rho_r^q - \rho_k^q) + \lambda N_{rk}^{1q} + \varepsilon_{rk}^{1q} \\ &= \left(\|\underline{x}^1 - (\underline{x}_k - \underline{b}_{rk})\| - \|\underline{x}^1 - \underline{x}_k\| \right) - \left(\|\underline{x}^q - (\underline{x}_k - \underline{b}_{rk})\| - \|\underline{x}^q - \underline{x}_k\| \right) + \lambda N_{rk}^{1q} + \varepsilon_{rk}^{1q}\end{aligned}\quad (3)$$

Ahora, según se incorpora al uso la nueva estación m de referencia virtual VRS, puede formarse una correspondiente ecuación de medición para el mismo par de satélites, para las estaciones VRS k y VRS m de referencia virtual. En la ecuación, el vector para la línea base \underline{b}_{km} entre las estaciones VRS k y VRS m de referencia virtual puede reemplazarse por $\underline{x}_m - \underline{x}_k$, ya que están disponibles las posiciones exactas \underline{x}_k y \underline{x}_m de ambas estaciones de referencia virtual:

$$\begin{aligned}\phi_{km}^{1q} &= (\phi_k^1 - \phi_m^1) - (\phi_k^q - \phi_m^q) = \rho_{km}^{1q} + \lambda N_{km}^{1q} + \varepsilon_{km}^{1q} \\ &= (\rho_k^1 - \rho_m^1) - (\rho_k^q - \rho_m^q) + \lambda N_{km}^{1q} + \varepsilon_{km}^{1q} \\ &= \left(\|\underline{x}^1 - \underline{x}_k\| - \|\underline{x}^1 - \underline{x}_m\| \right) - \left(\|\underline{x}^q - \underline{x}_k\| - \|\underline{x}^q - \underline{x}_m\| \right) + \lambda N_{km}^{1q} + \varepsilon_{km}^{1q}\end{aligned}\quad (4)$$

Además, los valores observables ϕ_{km}^{1q} de doble diferencia en esta ecuación pueden calcularse a partir de las mediciones de fase portadora recibidas para las dos estaciones VRS k , VRS m de referencia virtual. Además, como las dos estaciones VRS k , VRS m de referencia virtual proporcionan al procesador 311 datos de medición por algún tiempo, el ruido ε_{km}^{1q} de medición puede eliminarse por filtrado. Por lo tanto, es inmediato despejar las ambigüedades N_{km}^{1q} de doble diferencia que corresponden a la línea base entre las dos estaciones de referencia virtual.

La línea base \underline{b}_{km} y los valores observables ϕ_{km}^{1q} de doble diferencia para esta línea base están igualmente representados en la Figura 5 (omitiendo los identificadores de satélites).

En base a los parámetros conocidos a partir de la ecuación (3), los parámetros que pueden obtenerse con la ecuación (4) y el valor observable ϕ_{rm}^{1q} de doble diferencia para el receptor 320 del GNSS y la nueva estación VRS m de

referencia virtual, por ejemplo, puede usarse la siguiente ecuación para obtener las ambigüedades enteras N_{rm}^{1q} de doble diferencia correspondientes a la línea base \underline{b}_{rm} entre el receptor 320 del GNSS (vagabundo r) y la nueva VRS m ,

sin inicialización prolongada:

$$\begin{aligned} \phi_{rm}^{1q} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_{rk}^{1q} \\ \phi_{km}^{1q} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \rho_{rk}^{1q} \\ \rho_{km}^{1q} \end{bmatrix} + \lambda \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} N_{rk}^{1q} \\ N_{km}^{1q} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_{rk}^{1q} \\ \epsilon_{km}^{1q} \end{bmatrix} \\ &= \rho_{rm}^{1q} + \lambda N_{rm}^{1q} + \epsilon_{rm}^{1q} \end{aligned} \quad (5)$$

en la que
$$\rho_{rm}^{1q} = \left(\left\| \underline{x}^1 - (\underline{x}_m - \underline{b}_{rm}) \right\| - \left\| \underline{x}^1 - \underline{x}_m \right\| \right) - \left(\left\| \underline{x}^q - (\underline{x}_m - \underline{b}_{rm}) \right\| - \left\| \underline{x}^q - \underline{x}_m \right\| \right) \quad (6)$$

5 N_{rk}^{1q} y N_{km}^{1q} podrían asociarse a N_{rm}^{1q} , lo que permite luego despejar la línea base \underline{b}_{rm} , ya que ϕ_{rm}^{1q} es conocido.

Esta solución \underline{b}_{rm} de la línea base podría someterse a comprobación cruzada con $\underline{b}_{rk} + \underline{b}_{km}$, a fin de garantizar una resolución exitosa. La única condición para resolver la ecuación (6) es, por tanto, que el terminal 310 reciba mediciones de ambas estaciones VRS k y VRS m de referencia virtual por un breve periodo de tiempo.

10 La línea base \underline{b}_{rm} y los valores observables ϕ_{rm}^{1q} de doble diferencia para esta línea base están igualmente representados en la Figura 5 (omitiendo los identificadores de satélites).

Ha de observarse que también sería posible resolver las ambigüedades enteras de doble diferencia correspondientes a la línea base \underline{b}_{rm} entre el vagabundo r y la nueva VRS m directamente en base a la ecuación (1), ya que se conoce la línea base $\underline{b}_{rm} = \underline{b}_{rk} + \underline{b}_{km}$. Sin embargo, este enfoque presentado anteriormente tiene la ventaja de que la ecuación (4) se basa en mediciones perfectas de cálculo provenientes del servidor 350 para las estaciones de referencia virtuales. Por tanto, la resolución de ambigüedad usando esta ecuación es más fiable, debido al menor ruido, que en un caso en el cual se despejan directamente las ambigüedades correspondientes a \underline{b}_{rm} .

Una vez que se han determinado las nuevas ambigüedades enteras, el conducto de datos a la primera estación VRS k de referencia virtual puede terminarse. Es decir, después de un periodo de tiempo predeterminado (o determinado de modo adaptable), el procesador 351 del servidor 350 puede dejar de determinar mediciones de fase portadora para la vieja estación de referencia virtual y hacer fluir mediciones sólo para la nueva estación de referencia virtual al terminal 310 (etapa 454).

El procesador 311 puede ahora determinar nuevamente la posición absoluta exacta del receptor 320 del GNSS restando el vector de línea base a la nueva estación de referencia virtual de las coordenadas exactas disponibles de la nueva estación de referencia virtual (etapa 417).

25 Este posicionamiento absoluto se ilustra asimismo en la Figura 5; cuando la línea base \underline{b}_{rm} entre el receptor 320 del GNSS (vagabundo r) y la nueva estación (VRS m) de referencia virtual ha sido determinada, puede determinarse la posición del vagabundo r con alta precisión como $\underline{x}_r = \underline{x}_m + (-\underline{b}_{rm})$.

El procesador 311 comprueba si la longitud de la línea base determinada supera una longitud predeterminada (etapa 418). Mientras no sea este el caso, el procesador 311 rastrea los cambios en la línea base con alta precisión, usando las ambigüedades enteras de doble diferencia despejadas y las nuevas mediciones de fase portadora (etapa 419) y actualiza la posición absoluta del receptor 320 del GNSS en consecuencia (etapa 417).

En cuanto el procesador 311 determina, sin embargo, que la longitud de la línea base determinada supera una longitud predeterminada (etapa 418), el proceso puede continuar en la etapa 415.

Ha de entenderse que no se requiere que los cálculos de posicionamiento se lleven a cabo en tiempo real. Alternativamente, el procesador 311 podría almacenar las mediciones de fase portadora recibidas junto con las mediciones de fase portadora asociadas provenientes del receptor 320 del GNSS para permitir un posprocesamiento en el terminal 310 o en una entidad externa.

El enfoque presentado tiene por tanto las ventajas de que permite cambiar entre distintas estaciones de referencia virtuales distintas sin perder la solución de posición de alta precisión por un tiempo. El enfoque propuesto también reduce la carga del procesador y el consumo de energía, ya que no hay ninguna necesidad de calcular soluciones de

ambigüedad entera, exhaustivas en términos de cálculo, para cada cambio de la estación de referencia virtual.

5 Las funciones ilustradas por el procesador 311 ejecutando el código 314 de programa pueden verse como un medio para recibir datos que son válidos para una primera estación de referencia, un medio para recibir en paralelo, por un tiempo limitado, datos que son válidos para la primera estación de referencia y datos que son válidos para una segunda estación de referencia, como un medio para recibir datos que son válidos para la segunda estación de referencia y como un medio a fin de proporcionar los datos respectivamente recibidos para un posicionamiento de un dispositivo que comprende un receptor de señales satelitales, incluyendo los datos para la primera estación de referencia y los datos para la segunda estación de referencia mediciones sobre señales satelitales. Alternativamente, las funciones ilustradas por los módulos funcionales del código 314 de programa pueden verse como tales medios.

10 Las funciones ilustradas por el procesador 351 ejecutando el código 353 de programa pueden verse como un medio para proporcionar datos que son válidos para una primera estación de referencia, para su transmisión a un dispositivo, como un medio para proporcionar en paralelo, por un tiempo limitado, datos que son válidos para la primera estación de referencia y datos que son válidos para una segunda estación de referencia, para su transmisión al dispositivo, y como un medio para proporcionar datos que son válidos para la segunda estación de referencia, para su transmisión al dispositivo, en donde los datos para la primera estación de referencia y los datos para la segunda estación de referencia incluyen mediciones sobre señales satelitales. Alternativamente, las funciones ilustradas por los módulos funcionales del código 353 de programa pueden verse como tales medios.

20 Si bien se han mostrado y descrito y señalado características novedosas fundamentales de la invención según se aplican a las realizaciones preferidas de la misma, se entenderá que diversas omisiones y sustituciones y cambios, en la forma y los detalles de los dispositivos y procedimientos descritos, pueden ser hechos por los expertos en la tecnología. Por ejemplo, se pretende expresamente que todas las combinaciones de aquellos elementos y / o etapas de procedimiento que realizan esencialmente la misma función de manera esencialmente igual para lograr los mismos resultados están dentro del alcance de la invención. Además, debería reconocerse que las estructuras y / o elementos y / o etapas de procedimiento mostrados y / o descritos con relación a cualquier forma revelada o realización de la invención pueden incorporarse en cualquier otra forma o realización revelada o descrita o sugerida como una cuestión general de selección de diseño. La intención es, por lo tanto, limitarse sólo según lo indicado por el alcance de las reivindicaciones adjuntas al presente documento. Además, en las reivindicaciones, las cláusulas de medio-más-función están concebidas para cubrir las estructuras descritas en el presente documento como realizadoras de la función indicada y no sólo equivalentes estructurales, sino también estructuras equivalentes.

30

35

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento que comprende:

5 usar mediciones recibidas de fase portadora y / o fase de código sobre señales satelitales que son válidas para una primera estación (VRS1) de referencia y datos proporcionados por un receptor (320) de señales satelitales para resolver ambigüedades enteras para una línea base entre el receptor (320) de señales satelitales y la primera estación (VRS1) de referencia y para rastrear la línea base entre el receptor (320) de señales satelitales y la primera estación (VRS1) de referencia;

10 usar mediciones de fase portadora y / o fase de código sobre señales satelitales que son válidas para la primera estación (VRS1) de referencia y mediciones de fase portadora y / o fase de código sobre señales satelitales que son válidas para una segunda estación (VRS2) de referencia, que han sido recibidas en paralelo durante un tiempo limitado, y datos provistos por el receptor (320) de señales satelitales para resolver ambigüedades enteras para una línea base entre el receptor (320) de señales satelitales y la segunda estación (VRS2) de referencia; y

15 usar mediciones recibidas de fase portadora y / o fase de código sobre señales satelitales que son válidas para la segunda estación (VRS2) de referencia, datos proporcionados por el receptor (320) de señales satelitales y las ambigüedades enteras resueltas para una línea base entre el receptor (320) de señales satelitales y la segunda estación (VRS2) de referencia para rastrear la línea base entre el receptor (320) de señales satelitales y la segunda estación (VRS2) de referencia.

2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el cual la primera estación (VRS1) de referencia y la segunda estación (VRS2) de referencia son estaciones de referencia virtuales.

20 3. El procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, que comprende adicionalmente almacenar datos que incluyen mediciones recibidas sobre señales satelitales que son válidas para la primera estación (VRS1) de referencia y datos que incluyen mediciones recibidas sobre señales satelitales que son válidas para la segunda estación (VRS1) de referencia, junto con datos que incluyen mediciones sobre señales satelitales recibidas por el receptor (320) de señales satelitales.

25 4. El procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 2, que comprende adicionalmente usar las mediciones recibidas sobre señales satelitales en un posicionamiento en tiempo real, o tiempo casi real, de un dispositivo (310) que comprende el receptor (320) de señales satelitales.

5. Un aparato (310) que comprende:

30 un medio (311, 312) para usar las mediciones recibidas de fase portadora y / o fase de código sobre señales satelitales que son válidas para una primera estación (VRS1) de referencia y datos proporcionados por un receptor de señales satelitales, para resolver ambigüedades enteras para una línea base entre el receptor (320) de señales satelitales y la primera estación (VRS1) de referencia y para rastrear la línea base entre el receptor (320) de señales satelitales y la primera estación (VRS1) de referencia;

35 un medio (311, 312) para usar mediciones de fase portadora y / o fase de código sobre señales satelitales que son válidas para una primera estación (VRS1) de referencia y mediciones de fase portadora y / o fase de código sobre señales satelitales que son válidas para una segunda estación (VRS2) de referencia, que han sido recibidas en paralelo durante un tiempo limitado, y datos proporcionados por el receptor (320) de señales satelitales para resolver ambigüedades enteras para una línea base entre el receptor (320) de señales satelitales y la segunda estación (VRS2) de referencia; y

40 un medio (311, 312) para usar las mediciones recibidas de fase portadora y / o fase de código sobre señales satelitales que son válidas para la segunda estación (VRS2) de referencia, datos proporcionados por el receptor (320) de señales satelitales y las ambigüedades enteras resueltas para una línea base entre el receptor (320) de señales satelitales y la segunda estación (VRS2) de referencia, para rastrear la línea base entre el receptor (320) de señales satelitales y la segunda estación (VRS2) de referencia.

45 6. El aparato (310) según la reivindicación 5, en el cual la primera estación (VRS1) de referencia y la segunda estación (VRS2) de referencia son estaciones de referencia virtuales.

50 7. El aparato (310) según una de las reivindicaciones 5 a 6, que comprende adicionalmente un medio (311, 312) para almacenar datos que incluyen mediciones recibidas sobre señales satelitales que son válidas para la primera estación (VRS1) de referencia y datos que incluyen mediciones recibidas sobre señales satelitales que son válidos para la segunda estación (VRS2) de referencia, junto con datos que incluyen mediciones sobre señales satelitales recibidas por el receptor (320) de señales satelitales.

8. El aparato (310) según una de las reivindicaciones 5 a 6, en el cual los medios (311, 312) para usar las mediciones recibidas sobre señales satelitales están configurados para usar las mediciones recibidas sobre señales satelitales en un posicionamiento en tiempo real, o tiempo casi real, de un dispositivo (310) que comprende el receptor (320) de señales satelitales.
- 5 9. El aparato (310) según una de las reivindicaciones 5 a 8, que comprende adicionalmente al menos uno entre:
una interfaz (318) de usuario;
un componente (317) de comunicación inalámbrica configurado para permitir una comunicación con otro dispositivo (350); y
el receptor (320) de señales satelitales.
- 10 10. El aparato (310) según una de las reivindicaciones 5 a 9, en el cual el aparato (310) es un terminal de comunicación inalámbrica.
11. Un código (314) de programa de ordenador que realiza el procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 4 cuando es ejecutado por un procesador (311).
- 15 12. Un producto (312) de programa de ordenador en el cual un código (314) de programa según la reivindicación 11 es almacenado en un medio legible por ordenador.
13. Un sistema que comprende:
un primer aparato (310) según una de las reivindicaciones 5 a 10; y
un segundo aparato (350) con
- 20 medios (351, 352) para proporcionar mediciones sobre señales satelitales que son válidas para una primera estación (VRS1) de referencia, para su transmisión al primer aparato (310);
medios (351, 352) para proporcionar en paralelo, durante un tiempo limitado, mediciones sobre señales satelitales que son válidas para la primera estación (VRS1) de referencia y mediciones sobre señales satelitales que son válidas para una segunda estación (VRS2) de referencia, para su transmisión al primer aparato (310); y
- 25 medios (351, 352) para proporcionar mediciones sobre señales satelitales que son válidas para la segunda estación (VRS2) de referencia, para su transmisión al primer aparato (310).

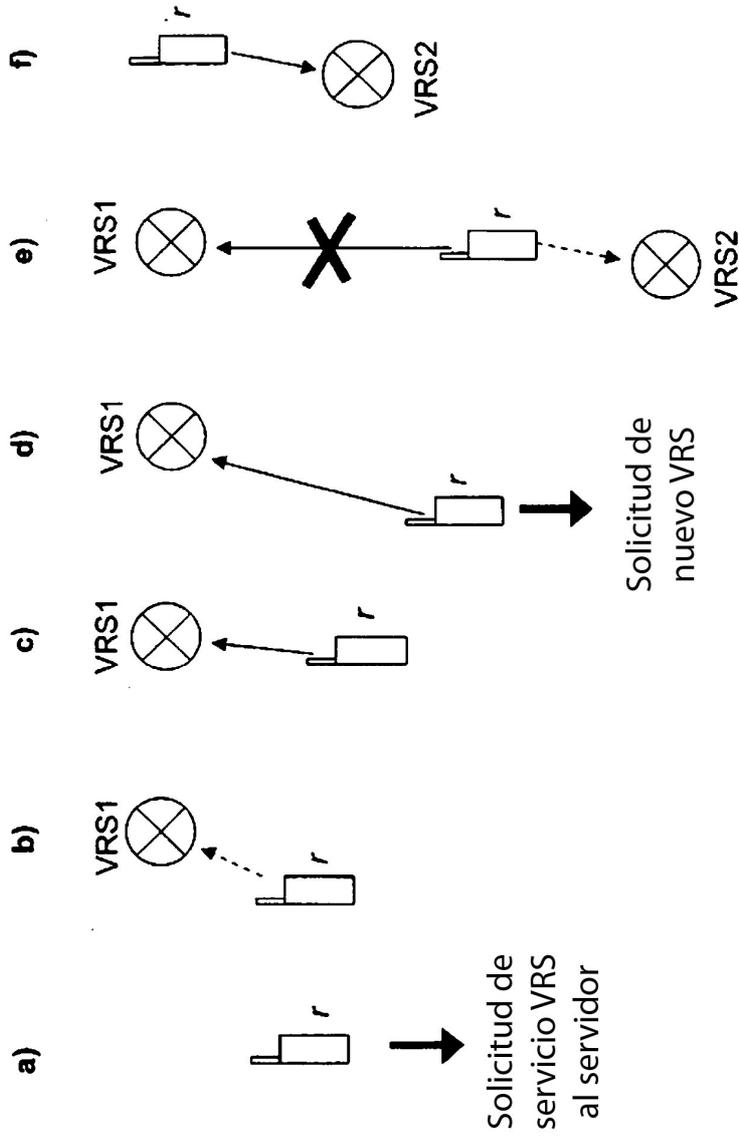


Fig. 1

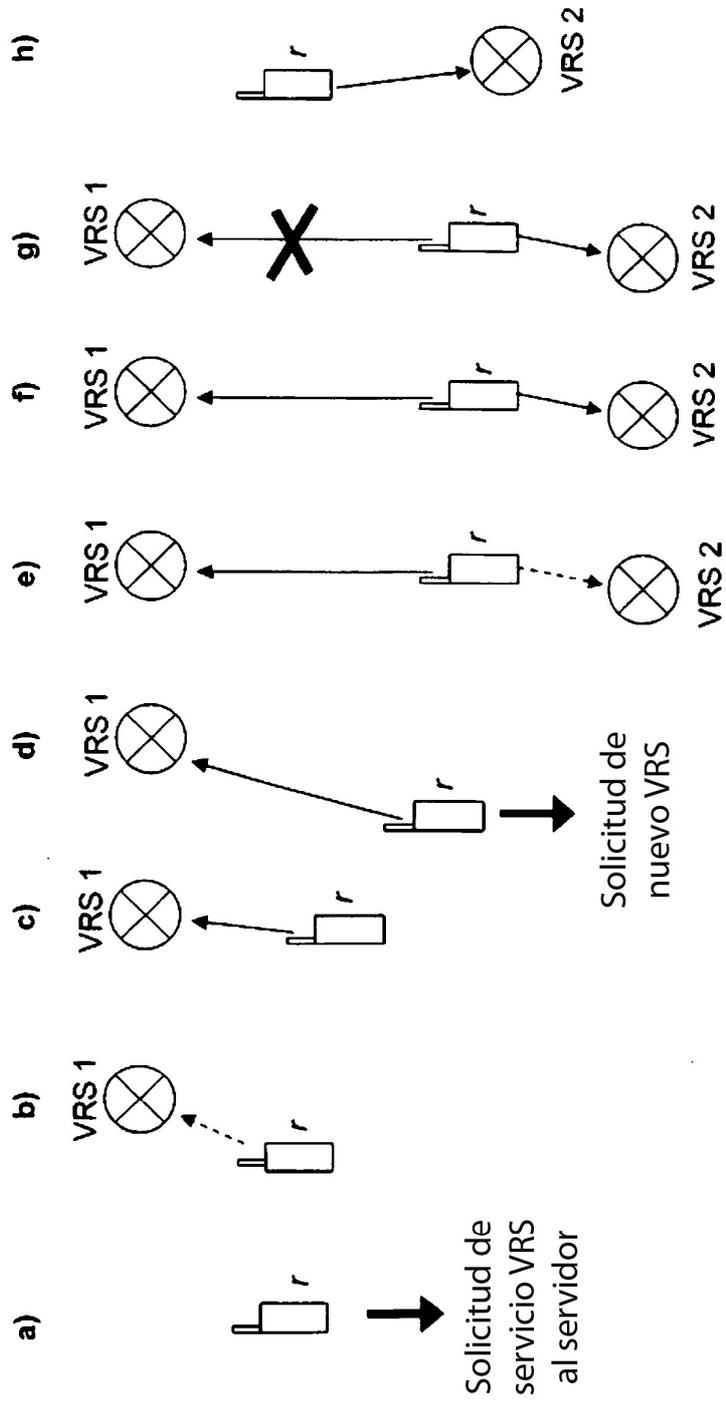


Fig. 2

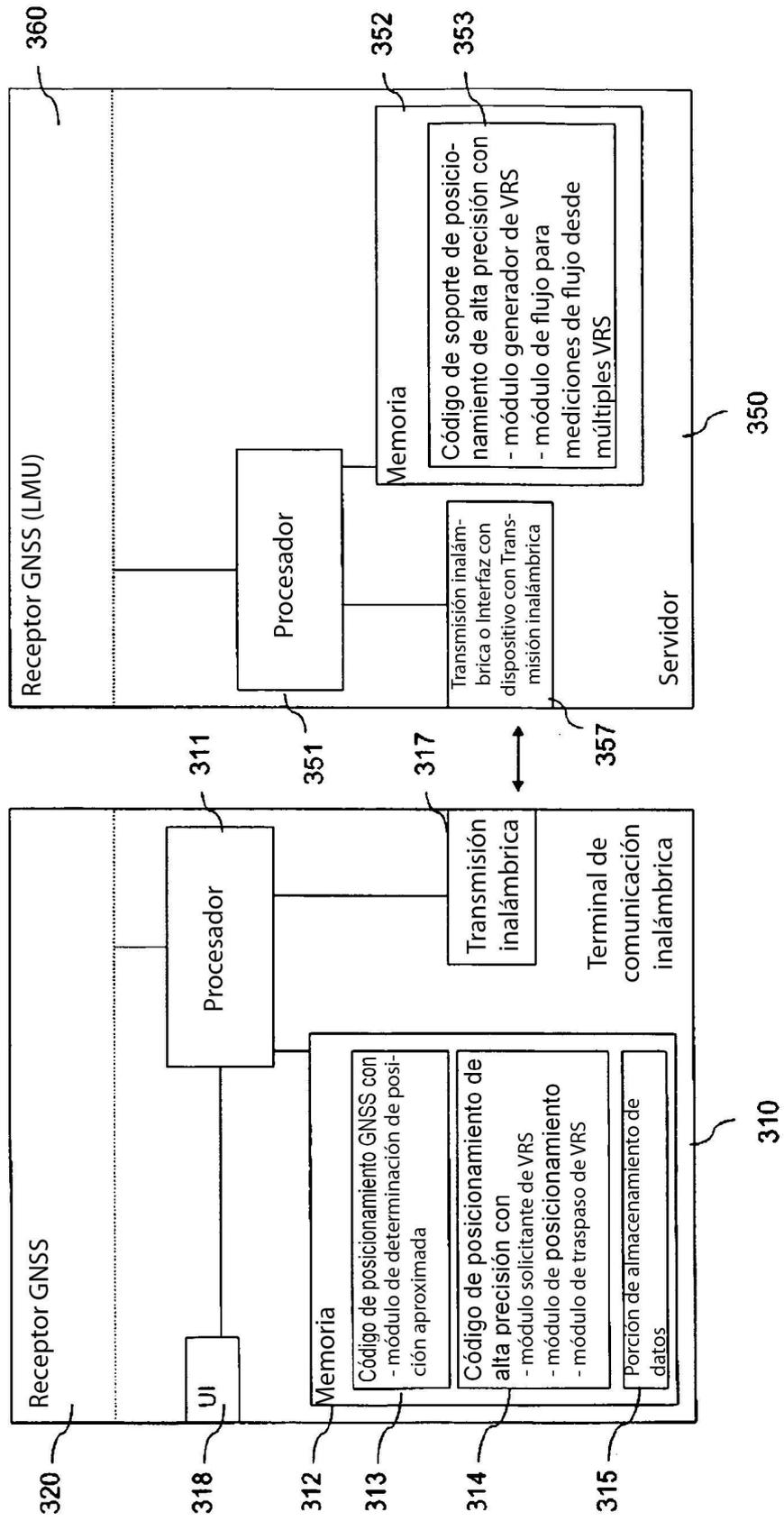


Fig. 3

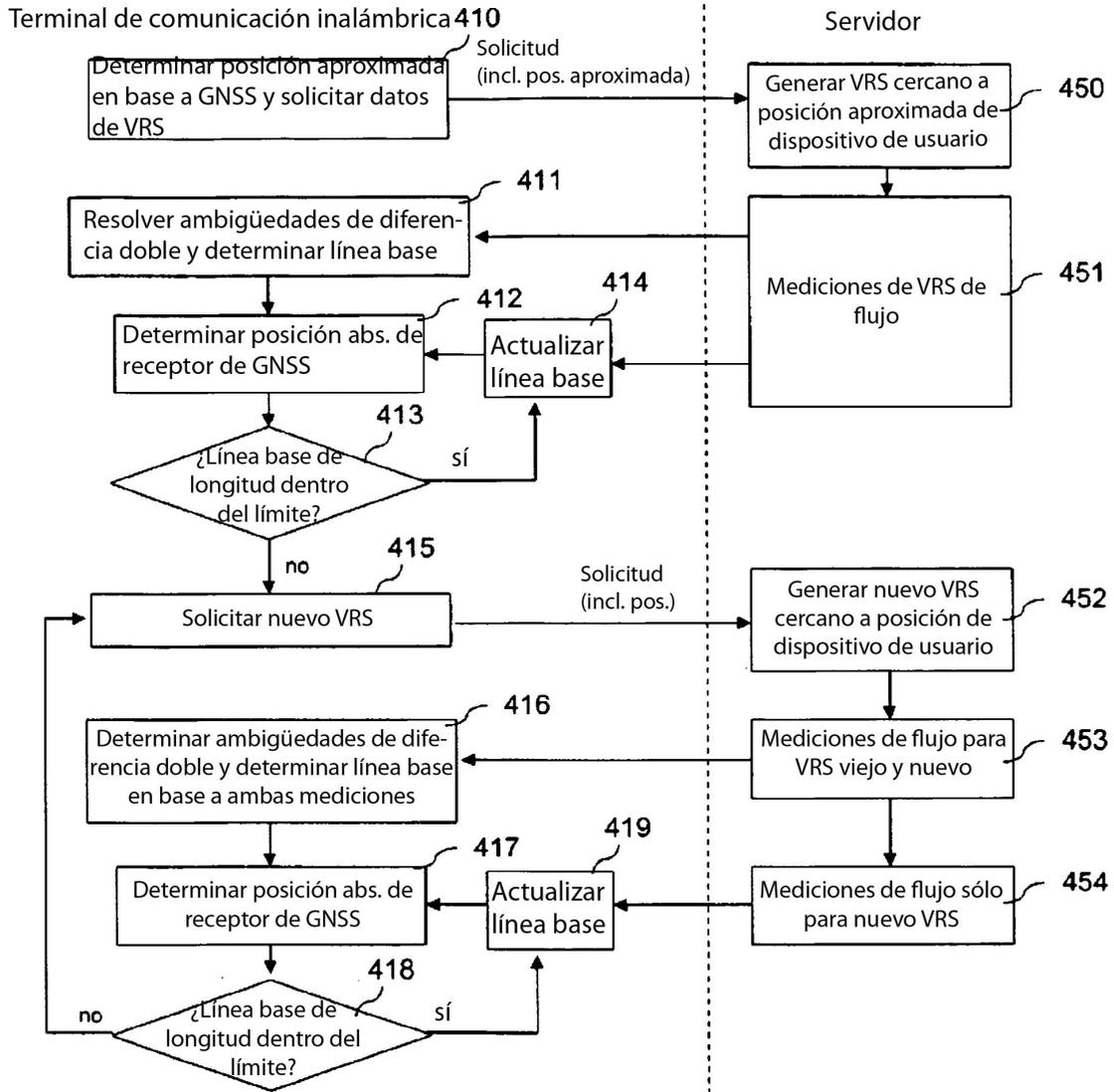


Fig. 4

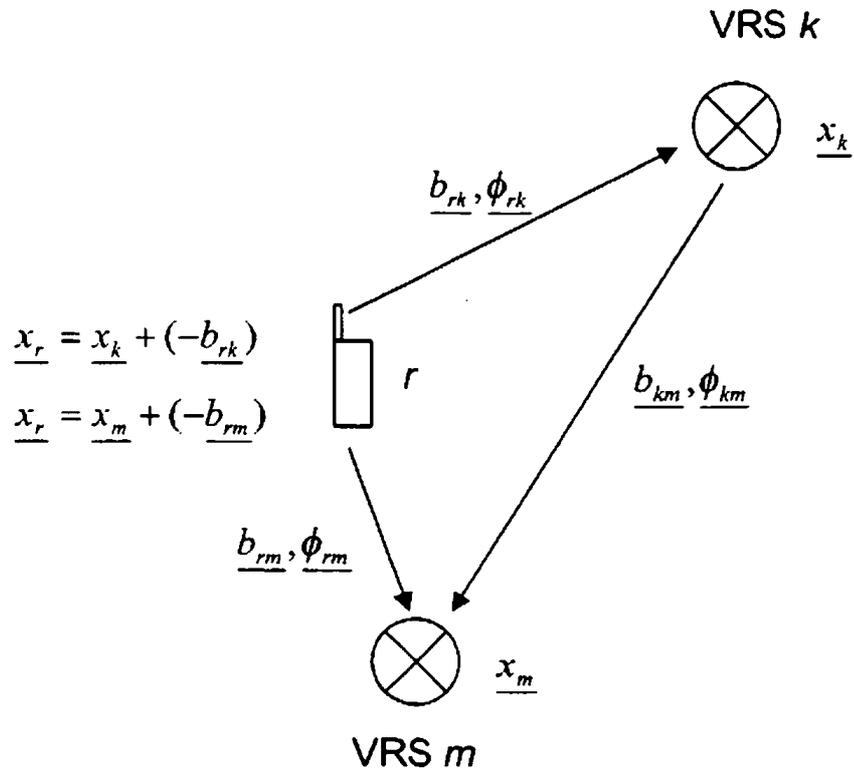


Fig. 5