

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 379 740**

51 Int. Cl.:
G01S 19/46 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08014372 .0**
96 Fecha de presentación: **17.10.2003**
97 Número de publicación de la solicitud: **1986017**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **29.10.2008**

54 Título: **Procedimiento y aparato para mejorar la precisión de radiolocalización con mediciones**

30 Prioridad:
17.10.2002 US 419680 P
13.12.2002 US 433055 P
18.04.2003 US 418799

73 Titular/es:
QUALCOMM INCORPORATED
5775 MOREHOUSE DRIVE
SAN DIEGO, CA 92121-1714, US

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.05.2012

72 Inventor/es:
Sheynblat, Leonid y
Riley, Wyatt T.

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.05.2012

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 379 740 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 aparato para mejorar la precisión de radiolocalización con mediciones

Antecedentes**Campo**

- 5 La presente invención se refiere, en general, a la determinación de la posición. Más específicamente, la presente invención se refiere a un procedimiento y aparato para proporcionar una estimación de posición más precisa para un terminal inalámbrico usando un conjunto de mediciones.

Antecedentes

10 A menudo es deseable, y en ocasiones necesario, conocer la posición de un usuario inalámbrico. Por ejemplo, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) ha adoptado un informe y una orden para el servicio inalámbrico mejorado 911 (E9-1-1) que requiere proporcionar la ubicación de un terminal inalámbrico (por ejemplo, un teléfono celular, módem, ordenador con capacidad inalámbrica, asistente digital personal (PDA), o cualquier otro dispositivo móvil o portátil de este tipo que tenga capacidad de comunicación inalámbrica) a un Punto de Atención de Seguridad Pública (PSAP) cada vez que se realiza una llamada 911 desde el terminal. El mandato de la FCC requiere que la localización del terminal, para tecnologías basadas en microteléfonos, tales como el GPS asistido (A-GPS), tenga una precisión dentro de un radio de 50 metros para el 67% de las llamadas y dentro de un radio de 150 metros para el 95% de las llamadas. Además del mandato de la FCC, los proveedores de servicios pueden utilizar servicios de localización (es decir, servicios que identifican la posición de terminales inalámbricos) en diversas aplicaciones para proporcionar características de valor añadido que puedan generar ingresos adicionales.

20 Pueden utilizarse diversos sistemas para determinar la posición de un terminal inalámbrico. Un sistema de este tipo es el Sistema de Localización Global (GPS), ampliamente conocido, que es una "constelación" de 24 satélites suficientemente separados que orbitan alrededor de la Tierra. Cada satélite del GPS transmite una señal codificada con información que permite a los receptores medir el tiempo de llegada de la señal recibida en relación con un punto arbitrario en el tiempo. Esta medición de tiempo de llegada relativo puede convertirse entonces en una "pseudodistancia", que es la suma de la distancia real entre el satélite y el terminal, más todos los errores asociados a la medición. Una posición tridimensional de un receptor GPS puede estimarse con precisión (dentro de un radio de 10 a 100 metros para la mayoría de los receptores del GPS) basándose en mediciones de pseudodistancia con respecto a un número suficiente de satélites (normalmente cuatro) y sus ubicaciones.

30 Un sistema de comunicación inalámbrico, tal como un sistema de comunicación celular, también puede usarse para determinar la posición de un terminal inalámbrico. De manera similar a las señales del GPS, un terminal puede recibir una señal "terrestre" desde una estación base unida a tierra y determinar el tiempo de llegada de la señal recibida. De nuevo, la medición del tiempo de llegada puede convertirse en una pseudodistancia. Pueden usarse entonces mediciones de pseudodistancia con respecto a un número suficiente de estaciones base (normalmente tres o más) para estimar una posición bidimensional del terminal.

35 En un sistema híbrido de determinación de posición, pueden usarse señales desde estaciones base unidas a tierra en lugar de, o para complementar, señales desde satélites del GPS, a fin de determinar la posición de un terminal inalámbrico. Un terminal "híbrido" incluiría un receptor del GPS para recibir señales del GPS desde los satélites y un receptor "terrestre" para recibir señales terrestres desde las estaciones base. Las señales recibidas desde las estaciones base pueden usarse para la temporización por el terminal o pueden convertirse en pseudodistancias. La posición tridimensional del terminal puede estimarse basándose en un número suficiente de mediciones para los satélites y estaciones base (para redes CDMA normalmente son cuatro).

45 Los tres sistemas distintos de determinación de posición descritos anteriormente (concretamente el GPS, el inalámbrico y el híbrido) pueden proporcionar estimaciones de posición (o "fijaciones") con diferentes niveles de precisión. Una estimación de posición obtenida basándose en señales desde el GPS es la más precisa. Sin embargo, las señales del GPS se reciben con niveles de potencia muy bajos debido a las grandes distancias entre los satélites y los receptores. Además, la mayoría de los receptores convencionales del GPS tienen gran dificultad a la hora de recibir señales del GPS dentro de edificios, bajo follaje denso, en emplazamientos urbanos en los que altos edificios bloquean la mayor parte del cielo, etc. Una estimación de posición obtenida a partir del sistema híbrido es menos precisa, y una obtenida basándose en señales desde el sistema de comunicación inalámbrica es incluso menos precisa. Esto se debe a que las pseudodistancias calculadas basándose en señales desde las estaciones base tienden a presentar mayores errores que las calculadas a partir de señales del GPS, debido a errores de temporización y de hardware en las estaciones base, errores de temporización y de hardware en el terminal, y errores debidos a la trayectoria de propagación terrestre.

55 La posición de un terminal puede estimarse basándose en cualquiera de los tres sistemas descritos anteriormente. Es deseable obtener una estimación de posición que sea lo más precisa posible. Por tanto, una solución GPS se obtendría si está disponible un número suficiente de señales del GPS. Si este no es el caso, entonces puede obtenerse una solución híbrida si están disponibles una o más señales del GPS, más un número suficiente de

señales terrestres Y si no hay señales del GPS disponibles, entonces puede obtenerse una solución celular si está disponible un número suficiente de señales terrestres.

El número requerido de señales para obtener cualquiera de las tres soluciones descritas anteriormente puede no estar disponible. En tales situaciones, puede usarse alguna técnica alternativa de determinación de la posición para estimar la posición del terminal. Una técnica alternativa de este tipo es la técnica del Identificador de célula, que proporciona una ubicación designada para una estación base de referencia (o de servicio), con la que el terminal está en comunicación, como estimación de la posición del terminal. Esta ubicación designada puede ser el centro del área de cobertura de la estación base, la ubicación de la antena de la estación base, o alguna otra ubicación dentro del área de cobertura de la estación base. Una solución mejorada del Identificador de célula puede combinar información del Identificador de célula proveniente de una estación base de referencia con información del Identificador de célula proveniente de otra estación base e/o incluir mediciones del retardo de ida y vuelta y/o mediciones de intensidad de la señal desde al menos una estación base que esté en comunicación con el terminal. Una solución del Identificador de célula, o una solución mejorada del Identificador de célula, puede proporcionarse como una solución de "reserva" o de "red de seguridad" cuando no puede obtenerse de manera independiente una solución más precisa porque no está disponible un número suficiente de señales. Por desgracia, puesto que la calidad de la estimación de posición proporcionada por la técnica alternativa anteriormente mencionada depende del tamaño del área de cobertura de la estación base, puede ser bastante pobre.

Por lo tanto existe una necesidad en la técnica de un procedimiento y aparato para proporcionar una estimación de posición más precisa para el terminal usando las mediciones que están disponibles. Se reclama la atención sobre el documento US 6289280 que describe un procedimiento y aparato para su uso en un sistema híbrido de ubicación de posición. El procedimiento y el aparato combinan mediciones del Sistema de Localización Global (GPS) y de estaciones transceptoras terrestres para calcular la ubicación de un dispositivo. Una solución algebraica para las ecuaciones híbridas del sistema de ubicación de posición es producida por el procedimiento y el aparato. El procedimiento y aparato determina la posición de un dispositivo usando un procedimiento no iterativo, a diferencia del uso de un procedimiento convencional iterativo de cuadrados medios mínimos. El procedimiento puede usarse para resolver las ecuaciones del sistema de ubicación en escenarios donde es deseable una solución no iterativa. En ciertos escenarios, las ecuaciones del sistema de ubicación pueden tener dos soluciones posibles. Un procedimiento iterativo convergería hacia una de las soluciones, sin ninguna indicación de la existencia de la otra solución ambigua. Además, el procedimiento iterativo puede converger hacia la solución incorrecta entre las dos soluciones ambiguas. El uso del procedimiento y aparato descritos produce ambas soluciones ambiguas. El procedimiento descrito puede ser continuado por procedimientos iterativos, usando las soluciones del procedimiento algebraico como estimaciones iniciales de la ubicación del dispositivo para el procedimiento iterativo. Un proceso distinto puede luego seleccionar la solución correcta. Así, el procedimiento algebraico puede usarse para detectar la existencia de soluciones ambiguas, y para hallar ambas soluciones.

Resumen

Según la presente invención, se proporcionan un procedimiento y aparato para determinar una estimación de posición, como se expone en las reivindicaciones 1 y 2. En las reivindicaciones dependientes se reivindican realizaciones de la invención.

En el presente documento se describe un procedimiento y un aparato que utilizan mediciones de ubicación de posición para mejorar la precisión de una estimación de posición inicial para un terminal inalámbrico. Estas mediciones pueden ser o bien un conjunto parcial de mediciones o bien un conjunto "completo" de mediciones. Un conjunto parcial de mediciones incluye mediciones que están disponibles, pero no en número suficiente para producir una fijación de posición independiente para el terminal con una calidad de servicio predeterminada (es decir, precisión predeterminada). Sin embargo, en lugar de descartar estas mediciones, como se hace habitualmente, se usan para obtener una estimación de posición revisada para el terminal con una precisión mejorada frente a la estimación de posición inicial. En otro procedimiento y aparato, se mejora una estimación de posición inicial usando un conjunto completo de mediciones. Un conjunto completo de mediciones es un conjunto de mediciones a partir del cual es posible obtener una solución de ubicación de posición con una calidad de servicio suficientemente alta, pero que, no obstante, puede mejorarse mediante el procedimiento y el aparato. Este procedimiento y aparato son esencialmente los mismos, se use un conjunto completo o un conjunto parcial de mediciones. Por consiguiente, para simplificar el análisis, el procedimiento y aparato dados a conocer se describen únicamente en el contexto del conjunto parcial de mediciones.

En un procedimiento para determinar una estimación de posición para el terminal inalámbrico, la estimación de posición inicial para el terminal se obtiene en primer lugar basándose en una solución del Identificador de célula o una solución mejorada del Identificador de célula, u otros esquemas de estimación de ubicación de posición. Un conjunto parcial de mediciones se obtiene también para el terminal a partir de uno o más sistemas de determinación de posición. El conjunto parcial puede incluir mediciones desde satélites, estaciones base inalámbricas y/o puntos de acceso, o una combinación de mediciones satelitales y terrestres. La estimación de posición inicial se actualiza entonces con el conjunto parcial de mediciones para obtener la estimación de posición revisada para el terminal.

La actualización puede efectuarse obteniendo en primer lugar un vector de medición basándose en la estimación de

posición inicial y el conjunto parcial de mediciones. El vector de medición normalmente incluye errores residuales de pseudodistancia para los transmisores cuyas mediciones están en el conjunto parcial. Cada error residual de pseudodistancia es la diferencia entre (1) una pseudodistancia "medida" a partir de la posición del terminal con respecto al transmisor (obtenida basándose en la medición) y (2) una pseudodistancia "calculada" a partir de la estimación de posición inicial con respecto al transmisor. También se forma una matriz de observación para el conjunto de mediciones parcial. También puede determinarse una matriz de pesos para su uso en la combinación de la estimación de posición inicial y el conjunto de mediciones parcial. Un vector de corrección se obtiene entonces basándose en el vector de medición, la matriz de observación y la matriz de pesos. La estimación de posición inicial se actualiza entonces con el vector de corrección, que incluye cambios en la estimación de posición inicial.

10 Diversos aspectos y realizaciones del procedimiento y aparato se describen más detalladamente a continuación.

Breve descripción de los dibujos

Las características, naturaleza y ventajas de la presente invención resultarán más evidentes a partir de la descripción detallada expuesta a continuación cuando se considere junto con los dibujos, en los que símbolos de referencia similares identifican de manera correspondiente a lo largo de los mismos y en los que:

- 15 la FIG. 1 ilustra un sistema compuesto por varios sistemas de determinación de posición;
- la FIG. 2 muestra un proceso para proporcionar una estimación de posición más precisa para un terminal inalámbrico usando un conjunto parcial de mediciones;
- las FIGS. 3A a 3C ilustran tres escenarios operativos de ejemplo en los que el procedimiento y aparato dados a conocer pueden proporcionar la estimación de posición más precisa;
- 20 las FIGS. 4A a 4E ilustran gráficamente el proceso de combinar la estimación de posición inicial con mediciones de satelitales y/o celulares;
- la FIG. 5 muestra una realización específica del proceso mostrado en la FIG. 2;
- la FIG. 6 muestra un proceso para combinar información de dominio de estado con información de dominio de medición a fin de proporcionar la estimación de posición más precisa; y
- 25 la FIG. 7 es un diagrama de bloques de una realización de una unidad receptora, que puede ser un componente del terminal inalámbrico.

Descripción detallada

La FIG. 1 es un diagrama que ilustra un sistema 100 compuesto por varios sistemas de determinación de posición. Uno de tales sistemas de determinación de posición es un sistema de localización por satélite (SPS), que puede ser el sistema de localización global (GPS) ampliamente conocido. Otro de tales sistemas de determinación de posición es un sistema de comunicación celular, que puede ser un sistema de comunicación de acceso múltiple por división de código (CDMA), un sistema de comunicación para el sistema global de comunicaciones móviles (GSM), o algún otro sistema inalámbrico. En general, el sistema 100 puede incluir cualquier número de sistemas de determinación de posición que pueden ser de cualquier tipo (por ejemplo, un sistema *Bluetooth*, *Wireless Fidelity* (Wi-Fi), ancho de banda ultraancho (UWB) o cualquier otro sistema que pueda proporcionar información relacionada con la ubicación). Si el sistema se diseña para proporcionar cobertura de señal localizada, entonces este sistema puede denominarse un sistema de localización de área local (LAPS).

Como se muestra en la FIG. 1, un terminal 110 puede recibir señales transmitidas desde varios transmisores (o transceptores), cada uno de los cuales puede ser una estación 120 base del sistema de comunicación celular o un satélite 130 del SPS. El terminal 110 puede ser un teléfono celular, un módem, un ordenador con capacidad inalámbrica, un asistente digital personal (PDA) o cualquier otro dispositivo móvil o portátil de este tipo que tenga capacidad inalámbrica. En general, puede usarse cualquier tipo de transmisor situado en ubicaciones que sean conocidas o que puedan averiguarse para determinar la posición del terminal. Por ejemplo, el terminal 110 puede recibir una señal desde un punto de acceso en un sistema *Bluetooth*. Según se usa en el presente documento, una estación base puede ser cualquier transmisor o transceptor unido a tierra que transmite y/o recibe una señal que puede usarse para la determinación de la posición.

El terminal 110 puede ser cualquier dispositivo que pueda recibir y procesar señales de los sistemas de determinación de posición para obtener información de temporización, de determinación de distancia y/o de ubicación. Debe observarse que la temporización y la determinación de distancia no tienen que estar vinculados entre sí. Por ejemplo, simplemente recibir una señal desde un sistema de corto alcance tal como un sistema *Bluetooth* puede proporcionar suficiente información para radiolocalizar un terminal. El terminal 110 puede ser un teléfono celular, un terminal fijo, una unidad electrónica (por ejemplo, un sistema informático, un asistente digital personal (PDA), etc.) con un módem inalámbrico, una unidad receptora que puede recibir señales desde satélites y/o estaciones base, etc. En otro ejemplo, el terminal 110 puede ser cualquier dispositivo que pueda transmitir señales a

los sistemas de determinación de posición de modo que estos sistemas de determinación de posición puedan obtener información de temporización, de determinación de distancia y/o de ubicación.

5 La posición de un terminal inalámbrico puede determinarse basándose en señales de uno o múltiples sistemas de determinación de posición. Por ejemplo, si el sistema 100 incluye el SPS y el sistema de comunicación celular, entonces la posición del terminal puede estimarse basándose en señales de (1) el SPS solo, (2) el sistema de comunicación celular solo, o (3) tanto el SPS como el sistema de comunicación celular. Se conocen técnicas para determinar la posición del terminal basándose únicamente en mediciones para estaciones base en el sistema de comunicación celular, como la trilateración avanzada de enlace directo (A-FLT), el tiempo de llegada de enlace ascendente (U-TOA) o la diferencia de tiempo de llegada de enlace ascendente (U-TDOA), la diferencia de tiempo observada mejorada (E-OTD), y la diferencia de tiempo de llegada observada (OTDOA).

10 Cada sistema de determinación de posición puede proporcionar estimaciones (o fijaciones) de posición con un cierto nivel de precisión y también puede estar disponible para ciertos entornos operativos. Si el sistema 100 incluye el SPS y el sistema de comunicación celular, entonces la precisión y disponibilidad para estos sistemas puede resumirse brevemente (en orden típico de precisión descendente) como se muestra en la Tabla 1.

Tipo de medición	Tipo de solución	Descripción
SPS	Basada en microteléfono	Solución basada únicamente en SPS. Precisión máxima. Puede no estar disponible para ciertos entornos (por ejemplo, interiores profundos).
SPS + A-FLT	Híbrida	Solución híbrida basada en una combinación de SPS y sistemas de comunicación celular. Precisión intermedia. Disponibilidad en interiores mejorada.
LAPS	Basada en WLAN	Solución basada únicamente en el sistema de comunicación de área local. La precisión depende de las características de alcance máximo del sistema. Muy buena disponibilidad en interiores.
A-FLT	Basada en red	Solución basada únicamente en el sistema de comunicación celular. Precisión reducida. Normalmente disponible en zonas urbanas y puede estar disponible allí donde no está disponible el GPS (por ejemplo, interiores profundos).
Identificador de célula mejorado	Basada en células	Solución basada únicamente en el sistema de comunicación celular. Precisión baja. Depende generalmente del tamaño del sector de célula y la precisión del retardo de ida y vuelta o medición similar. Puede incluir otras mediciones celulares tales como observaciones de más de un transmisor, e intensidad de la señal.
Identificador de célula	Basada en células	Solución basada únicamente en el sistema de comunicación celular. Precisión mínima. Proporciona sólo la identidad de la célula en la que se encuentra el terminal. Por lo tanto, la precisión depende del tamaño de la célula.

15 Una solución "basada en SPS" tiene la precisión máxima en la Tabla 1. Sin embargo, en ciertos entornos operativos (por ejemplo, interiores) puede no estar disponible un número suficiente de satélites del SPS (normalmente cuatro) para calcular esta solución. Una solución "híbrida" tiene la precisión máxima siguiente aunque requiere señales de uno o más satélites del SPS más un número suficiente de estaciones base. De nuevo, para ciertos entornos operativos puede no estar disponible el número requerido de señales (normalmente cuatro). Puede obtenerse una solución "basada en red", tal como A-FLT, basándose en mediciones para un número suficiente de estaciones base (tres o más). Si no está disponible el número requerido de estaciones base, entonces puede obtenerse una solución del Identificador de célula mejorada o del Identificador de célula "basada en célula" basándose en una medición para una única estación base. Esta estación base es normalmente la que está en comunicación con el terminal y a menudo se hace referencia a la misma como estación base de "referencia". En otro ejemplo, la solución del Identificador de célula mejorada puede incluir información de múltiples estaciones base o células tales como las descripciones de áreas de cobertura de célula, las observaciones de múltiples transmisores y características de señal tales como intensidad de señal, interferencia de señal, etc.

En la patente estadounidense N° 5.999.124, titulada "Satellite Positioning System Augmentation with Wireless Communication Signals" ["Aumento de sistema de localización satelital con señales de comunicación inalámbrica"],

publicada el 7 de diciembre de 1999, se describen con detalle técnicas para obtener una solución híbrida.

De manera convencional, se proporciona una de las soluciones mostradas en la Tabla 1 siempre que se requiera una estimación de posición para el terminal. La solución más precisa se obtiene si está disponible el número requerido de mediciones (es decir, un conjunto completo de mediciones) para la solución. Si están disponibles menos del número requerido de mediciones, entonces puede proporcionarse una solución de reserva o de red de seguridad, tal como una solución de Identificador de célula o de Identificador de célula mejorada.

En el presente documento se describe un procedimiento y un aparato para utilizar un conjunto parcial de mediciones obtenido a partir de uno o más sistemas de determinación de posición a fin de mejorar la precisión de una estimación grosera de posición inicial. La estimación de posición inicial puede proporcionarla, por ejemplo, una solución de Identificador de célula, de Identificador de célula mejorada o LAPS. Los expertos en la técnica entenderán que se conocen otros modos diversos para determinar una estimación de posición inicial, tal como mediante el uso de navegación sin observaciones celestiales, una estimación introducida directamente por el usuario, etc.

El conjunto parcial puede incluir mediciones celulares y/o de SPS. Este conjunto parcial se define por el hecho de que no incluye un número suficiente de mediciones necesarias para obtener una estimación de posición independiente para el terminal con una calidad de servicio predeterminada. Los expertos en la técnica entenderán que la calidad de servicio predeterminada deberá determinarse basándose en la aplicación particular para la que se usará la determinación de ubicación de posición. Por ejemplo, la calidad de servicio requerida para proporcionar información sobre qué puntos de interés (por ejemplo, cajeros automáticos (ATM), restaurantes, tiendas de un tipo en particular, etc.) están próximos podría ser relativamente baja (imprecisa). Por el contrario, la calidad de servicio predeterminada necesitaría ser relativamente alta (precisa) para una aplicación tal como la navegación a través de un laberinto de calles estrechas separadas por distancias relativamente pequeñas. Puede requerirse una calidad incluso más alta para proporcionar información sobre una tienda o restaurante en particular en el que se está ubicado. Por ejemplo, en una aplicación, el usuario de un terminal podría estar interesado en descargar el menú del restaurante al que va a entrar en una calle que tiene varios restaurantes en competencia muy próximos entre sí (es decir, uno al lado de otro). Para distinguir uno de otro, sería necesario que la calidad de servicio fuera relativamente alta.

Sin embargo, en lugar de descartar mediciones insuficientes para conseguir la calidad de servicio predeterminada, como se realiza de manera convencional, el procedimiento y aparato que se dan a conocer en el presente documento usan estas mediciones para obtener una estimación de posición revisada que tiene una precisión mejorada respecto a la estimación de posición inicial. Una excepción puede ser una solución LAPS. Si bien el alcance de señal máximo de LAPS o bien la distancia desde el transmisor de LAPS es menor que una estimación de error de posición inicial, entonces la estimación de posición inicial puede actualizarse (o reemplazarse) por la solución LAPS, que puede haberse obtenido a partir de una única medición de LAPS. Esta medición de LAPS puede ser una medición de distancia, una característica de señal, un simple indicador de recepción de señal, o bien puede estar basada en la descripción del área de cobertura de LAPS.

En otro procedimiento y aparato, se mejora una estimación de posición inicial usando un conjunto completo de mediciones. Un conjunto completo de mediciones es un conjunto de mediciones a partir del que es posible obtener una solución de ubicación de posición con una calidad de servicio lo suficientemente alta, pero que no obstante puede mejorarse mediante el procedimiento y aparato. El procedimiento y aparato dados a conocer en el presente documento son esencialmente los mismos ya sea que se use un conjunto completo de mediciones o uno parcial. Por consiguiente, para simplificar el análisis, el procedimiento y aparato dados a conocer se describen únicamente en el contexto del conjunto parcial de mediciones.

La FIG. 2 es un diagrama de flujo de una realización de un proceso 200 para proporcionar una estimación de posición más precisa para un terminal inalámbrico usando un conjunto parcial de mediciones. El proceso empieza obteniendo una estimación de posición inicial para el terminal (etapa 212). Esta estimación de posición inicial puede obtenerse a partir de uno o más sistemas de determinación de posición. Además, la estimación de posición inicial puede representar la solución más precisa que puede obtenerse usando cualquier técnica disponible de determinación de la posición. Por ejemplo, la estimación de posición inicial puede proporcionarse mediante una solución de Identificador de célula, una solución mejorada de Identificador de célula o alguna otra solución.

Un conjunto parcial de mediciones también se obtiene a partir de uno o más sistemas de determinación de posición (etapa 214). Este conjunto parcial no incluye un número suficiente de mediciones para obtener una estimación de posición independiente para el terminal con una calidad de servicio predeterminada. Sin embargo, si estuviera disponible el número requerido de mediciones, entonces podría haberse obtenido la estimación de posición independiente para el terminal, y esta estimación de posición tendría normalmente una mayor precisión que la estimación de posición inicial. El conjunto parcial puede incluir mediciones sólo del SPS, mediciones sólo del sistema de comunicación celular o mediciones tanto del SPS como del sistema de comunicación inalámbrico o de cualquier otro número de otros sistemas de determinación de posición.

Luego se actualiza la estimación de posición inicial con el conjunto parcial de mediciones para obtener una

5 estimación de posición revisada para el terminal (etapa 216). Esta estimación de posición revisada tiene una mayor precisión que la estimación de posición inicial. La magnitud de la mejora en la precisión depende de diversos factores tales como (1) la precisión (o imprecisión) de la estimación de posición inicial, (2) el número y el tipo de mediciones disponibles para la actualización, la geometría (es decir, las ubicaciones relativas de los transmisores desde los que se reciben las señales, etc. La actualización se describe a continuación.

Para describir con mayor claridad el procedimiento y aparato, se describe en primer lugar la deducción para calcular una estimación de posición para el terminal basándose en un conjunto completo de mediciones. En la siguiente descripción, se usa un sistema de coordenadas geodésico y puede definirse una posición tridimensional (3D) mediante tres valores para latitud (norte), longitud (este) y altitud (arriba).

10 Para un terminal ubicado en una coordenada tridimensional dada, puede determinarse su posición exacta basándose en distancias reales (o "verdaderas") respecto a tres transmisores en ubicaciones conocidas. Sin embargo, normalmente no puede determinarse la distancia verdadera respecto a cada transmisor debido a errores de reloj y otros errores de medición. En su lugar, puede determinarse una "pseudodistancia", que incluye la distancia verdadera más una desviación debida a errores de reloj y otros errores de medición. Entonces se necesitaría una
 15 cuarta medición para eliminar la desviación común en todas las mediciones.

Una ecuación básica que relaciona la posición del terminal, la ubicación del transmisor de orden i , y la pseudodistancia PR_i desde la posición del terminal a la ubicación del transmisor de orden i puede expresarse como:

$$PR_i = \sqrt{(Lat - Lat_i)^2 + (Long - Long_i)^2 + (Alt - Alt_i)^2} + T ,$$

Ec (1)

20 donde
 Lat , $Long$ y Alt representan las coordenadas espaciales planares tridimensionales de la posición efectiva del terminal;
 Lat_i , $Long_i$ y Alt_i representan las coordenadas de la ubicación del transmisor de orden i ; y
 T representa la coordenada temporal.

25 Puede obtenerse un conjunto de cuatro ecuaciones básicas tal como se muestra en la ecuación (1) para cuatro transmisores diferentes, es decir, para $i = \{1, 2, 3, 4\}$.

Las ecuaciones básicas pueden linealizarse empleando relaciones incrementales, tal como sigue:

$$Long = Long_{init} + \Delta e ,$$

$$Lat = Lat_{init} + \Delta n ,$$

$$Alt = Alt_{init} + \Delta u ,$$

$$T = T_{init} + \Delta T , \text{ y}$$

$$PR_i = PR_{init,i} + \Delta PR_i , \text{ para } i = \{1, 2, 3, 4\} ,$$

Ec (2)

30 donde
 Lat_{init} , $Long_{init}$, Alt_{init} , y T_{init} son los valores iniciales (una mejor estimación *a priori*) de Lat , $Long$, Alt y T , respectivamente;

Δe , Δn , Δu y ΔT representan las correcciones de los valores iniciales Lat_{init} , $Long_{init}$, Alt_{init} , y T_{init} , respectivamente;
 $PR_{init,i}$ representa la medición de pseudodistancia a partir de la estimación de posición inicial con respecto al transmisor de orden i (es decir, una pseudodistancia "calculada");

35 PR_i representa la medición de pseudodistancia a partir de la posición del terminal con respecto al transmisor de orden i (es decir, una pseudodistancia "medida"); y

ΔPR_i representa la diferencia entre las pseudodistancias calculada y medida (a la que también se denomina el "valor residual de pseudodistancia").

En el conjunto de ecuaciones (2), Lat_{init} , $Long_{init}$ y Alt_{init} representan la estimación de posición tridimensional inicial del terminal y Lat , $Long$ y Alt representan la posición tridimensional efectiva del terminal (o una mejor estimación a posteriori). La estimación de posición inicial es la mejor estimación actualmente disponible para el terminal.

La medición de pseudodistancia $PR_{init,i}$ es un valor calculado para la pseudodistancia entre la estimación de posición inicial (Lat_{init} , $Long_{init}$ y Alt_{init}) y la ubicación conocida del transmisor de orden i (Lat_i , $Long_i$ y Alt_i). Esta medición de pseudodistancia puede expresarse como:

$$PR_{init,i} = \sqrt{(Lat_{init} - Lat_i)^2 + (Long_{init} - Long_i)^2 + (Alt_{init} - Alt_i)^2} \quad Ec (3)$$

La medición de pseudodistancia PR_i se considera un valor "medido" porque se obtiene basándose en la señal recibida por el terminal desde el transmisor de orden i . En particular, si se conoce el momento en que se transmite la señal desde el transmisor de orden i (por ejemplo, si la señal tiene indicación de hora o en la señal está codificada información de temporización), entonces puede determinarse el tiempo que tarda la señal en llegar hasta el terminal observando el momento en el que se recibe la señal en el terminal (basándose en el reloj interno del terminal). Sin embargo, normalmente no puede determinarse exactamente la cantidad de tiempo entre transmisión y recepción debido a las desviaciones entre los relojes en el transmisor y el terminal y otros errores de medición. Por tanto, se obtiene una pseudodistancia basándose en la diferencia entre un momento de referencia y el momento en el que se recibe la señal. En otro ejemplo, puede usarse una característica de señal tal como la intensidad de una señal o una combinación de características de señales para obtener una medición de pseudodistancia. Se conoce en la técnica la obtención de una pseudodistancia a partir de una señal recibida desde un satélite del SPS y no se describe con detalle en el presente documento.

El error residual de pseudodistancia ΔPR_i para el transmisor de orden i puede expresarse como:

$$\Delta PR_i = PR_i - PR_{init,i} \quad Ec (4)$$

Sustituyendo las expresiones incrementales en el conjunto de ecuaciones (2) en la ecuación básica (1) e ignorando términos de error de segundo orden, puede obtenerse lo siguiente:

$$\Delta PR_i = \frac{\partial PR_i}{\partial e} \Delta e + \frac{\partial PR_i}{\partial n} \Delta n + \frac{\partial PR_i}{\partial u} \Delta u + \Delta T \quad , \text{ para } i = \{1, 2, 3, 4\} \quad Ec (5)$$

Las cuatro ecuaciones linealizadas mostradas en la ecuación (5) pueden expresarse de manera más conveniente en forma de matriz, de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} \Delta PR_1 \\ \Delta PR_2 \\ \Delta PR_3 \\ \Delta PR_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & \frac{\partial}{\partial u} & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & \frac{\partial}{\partial u} & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & \frac{\partial}{\partial u} & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & \frac{\partial}{\partial u} & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta e \\ \Delta n \\ \Delta u \\ \Delta T \end{bmatrix} \quad Ec (6)$$

donde $\frac{\partial}{\partial x}$ es el coseno de dirección del ángulo entre la pseudodistancia al transmisor de orden i y un vector en la dirección x , donde x puede ser este, norte o arriba. Puede usarse la ecuación (6) para determinar o actualizar la posición del terminal, siempre que esté disponible un conjunto completo e independiente de mediciones de pseudodistancia para cuatro transmisores.

La FIG. 3A es un diagrama que ilustra un escenario operativo de ejemplo en el que pueden usarse el procedimiento y aparato dados a conocer para proporcionar una estimación de posición más precisa. En la FIG. 3A, el terminal 110 recibe una señal desde la estación 120x base y señales desde dos satélites 130x y 130y del SPS. Estas tres señales pueden no ser suficientes para obtener una fijación de posición híbrida tridimensional. Entonces puede obtenerse una solución de Identificador de célula usando el conocimiento básico de la estación 120x base, que está en comunicación con el terminal 110. Si la estación 120x base está diseñada para proporcionar cobertura para un área geográfica aproximada por un círculo 310, entonces puede estimarse la posición del terminal 110 como la ubicación de la estación base o alguna otra ubicación designada dentro del área de cobertura.

Para aumentar la capacidad del sistema, el área de cobertura de cada estación base puede dividirse en un número de sectores (por ejemplo, tres sectores). Luego a cada sector le da servicio un correspondiente subsistema de transceptor de base (BTS). Para un área de cobertura que se ha dividido en sectores (a la que comúnmente se hace referencia como célula dividida en sectores), la estación base que da servicio a esa área de cobertura incluiría entonces todos los BTS que dan servicio a los sectores del área de cobertura. Entonces puede obtenerse una solución mejorada de Identificador de célula con información adicional que identifica el sector de BTS específico con el que el terminal está en comunicación. En este caso, la incertidumbre en la posición del terminal puede reducirse a un área en forma de sector circular, que se marca como sector A en la FIG. 3A. La posición del terminal puede estimarse entonces como el centro del sector cubierto por este BTS (punto 312) o alguna otra ubicación designada.

También puede estar disponible información adicional, tal como la intensidad de la señal recibida desde el BTS, el retardo de ida y vuelta (RTD) entre el terminal y el BTS, la progresión temporal (TA) de la señal recibida (para GSM), el tiempo de ida y vuelta (RTT) entre el terminal y el BTS (para W-CDMA), etc. Si está disponible información adicional de este tipo, entonces, puede ajustarse la estimación de posición del terminal en consecuencia.

Como se ilustró anteriormente, la técnica del Identificador de célula o la técnica mejorada del Identificador de célula puede proporcionar una estimación grosera de posición para el terminal. Esto representaría entonces la mejor estimación bidimensional *a priori* (es decir, la estimación de posición inicial) para el terminal. La estimación de posición inicial para el terminal puede darse como (Lat_{init} y $Long_{init}$). Entonces puede obtenerse una estimación de posición revisada que tenga una precisión mejorada para el terminal usando dos mediciones de pseudodistancia para los dos satélites 130x y 130y del SPS.

Las ecuaciones linealizadas para el terminal con dos mediciones de pseudodistancia para dos satélites pueden expresarse como:

$$\begin{bmatrix} \Delta PR_1 \\ \Delta PR_2 \\ \Delta H \\ \Delta CB \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & \frac{\partial}{\partial u} & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & \frac{\partial}{\partial u} & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & \frac{\partial}{\partial u} & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta e \\ \Delta n \\ \Delta u \\ \Delta T \end{bmatrix}, \quad \text{Ec (7)}$$

donde

ΔH es el error residual de altitud, que representa la diferencia entre la estimación actual de la altitud del terminal y la altitud real; y

ΔCB representa la diferencia entre la estimación del tiempo de referencia actual y el tiempo de referencia "verdadero".

En la ecuación (7), el error residual de pseudodistancia ΔPR_i para cada uno de los dos satélites del SPS puede determinarse basándose en la pseudodistancia $PR_{init,i}$ calculada y la pseudodistancia PR_i medida para el satélite, tal como se muestra en la ecuación (4). La pseudodistancia $PR_{init,i}$ puede calcularse como la distancia entre la estimación de posición inicial del terminal (Lat_{init} , $Long_{init}$ y Alt_{init}) y la ubicación del satélite de orden i (Lat_i , $Long_i$ y Alt_i), donde la altitud del terminal, Alt_{init} , puede estimarse como igual a la altitud para el BTS que da servicio o a alguna otra altitud. Dada cierta información adicional acerca del tiempo de referencia, puede usarse ΔCB para explicar la diferencia entre la estimación del tiempo de referencia actual y el tiempo de referencia "verdadero". En un ejemplo, puede medirse el tiempo de propagación entre el BTS que da servicio y el terminal y usarse para proporcionar la información acerca del retardo del tiempo de referencia. La pseudodistancia PR_i se obtiene basándose en la señal recibida desde el satélite de orden i y es una medición de la distancia desde el satélite de orden i hasta la ubicación real ("verdadera") del terminal.

La ecuación (7) también puede expresarse de una forma más compacta de la siguiente manera:

$$\underline{\mathbf{r}} = \underline{\mathbf{H}}\underline{\mathbf{x}} , \quad \text{Ec (8)}$$

donde

$\underline{\mathbf{r}}$ es un vector con cuatro elementos para los errores residuales de pseudodistancia (es decir, el vector de "medición");

5 $\underline{\mathbf{x}}$ es un vector con cuatro elementos para las correcciones de posición de usuario y de tiempo (es decir, el vector de "corrección"); y

$\underline{\mathbf{H}}$ es la matriz de "observación" 4x4.

El vector $\underline{\mathbf{x}}$ de corrección puede determinarse entonces como:

$$\underline{\mathbf{x}} = \underline{\mathbf{H}}^{-1}\underline{\mathbf{r}} . \quad \text{Ec (9)}$$

10 La ecuación (9) proporciona una solución no ponderada para el vector $\underline{\mathbf{x}}$ de corrección. Esta ecuación da pesos iguales a la información relacionada con la estimación de posición inicial (por ejemplo, obtenida a partir de la técnica del Identificador de célula o alguna otra técnica) y la información de determinación de distancia para los satélites del SPS. Para combinar mejor las dos informaciones, puede asignarse pesos apropiados a la estimación de posición inicial y a las mediciones de pseudodistancia.

15 Puede determinarse una matriz $\underline{\mathbf{V}}$ de covarianza, que también se conoce como matriz de ruido de medición, para las ecuaciones linealizadas mostradas en el conjunto de ecuaciones (7) y puede expresarse como:

$$\underline{\mathbf{V}} = \begin{bmatrix} V_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & V_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & V_h & 0 \\ 0 & 0 & 0 & V_{cb} \end{bmatrix} , \quad \text{Ec (10)}$$

donde

V_{11} es la varianza del error para la medición de pseudodistancia PR_1 para el primer satélite;

20 V_{22} es la varianza del error para la medición de pseudodistancia PR_2 para el segundo satélite;

V_h es la varianza del error para la medición de altura; y

V_{cb} es la varianza del error asociado con el tiempo de referencia.

Los elementos V_{11} y V_{22} pueden expresarse como $V_{11} = \sigma_{pr1}^2$ y $V_{22} = \sigma_{pr2}^2$, donde σ_{pr1} y σ_{pr2} son las desviaciones estándar de los errores para las mediciones de pseudodistancia PR_1 y PR_2 , respectivamente. Una matriz $\underline{\mathbf{W}}$ de pesos puede definirse como una inversa de la matriz $\underline{\mathbf{V}}$ de covarianza (es decir, $\underline{\mathbf{W}} = \underline{\mathbf{V}}^{-1}$). Los elementos diferentes de cero de $\underline{\mathbf{W}}$ determinan la ponderación para las mediciones de pseudodistancia y la información relacionada con la estimación de posición inicial en la obtención de la estimación de posición revisada. Los elementos de $\underline{\mathbf{W}}$ están relacionados inversamente con los valores esperados de los cuadrados o productos cruzados de los errores en las mediciones. Por tanto, un pequeño error para cualquier cantidad (por ejemplo, PR_i) significa una observación más fiable y corresponde a un valor correspondiente grande para $\underline{\mathbf{W}}$. Entonces esto daría como resultado que a esa cantidad se le daría un peso superior al combinar la estimación de posición inicial con las mediciones de pseudodistancia.

25

30

La pseudodistancia PR_i respecto al satélite de orden i puede definirse como:

$$PR_i = R_i + CB + SV_i + Tr_i + I_i + M_i + \eta_i , \quad \text{Ec (11)}$$

35 donde

R_i es la distancia verdadera o real desde la posición del terminal hasta el satélite de orden i ;

CB representa el error debido al tiempo de referencia;

SV_i representa todos los errores asociados al satélite de orden i ;

Tr_i representa los errores debidos a la señal del SPS que atraviesa la troposfera;

5 I_i representa los errores debidos a la señal del SPS que atraviesa la ionosfera;

M_i representa el error asociado al entorno de propagación de la señal, que incluye multitrayectoria; y

η_i representa el error asociado al ruido de medición del receptor (o ruido térmico).

10 La estimación V_{ij} de error incluiría entonces todos los errores en la medición de pseudodistancia para el satélite de orden i . La ecuación (10) supone que las mediciones de pseudodistancia son independientes entre sí. En la técnica se conoce la obtención de la matriz \mathbf{V} de ruido de medición y no se describe en detalle en el presente documento.

Una solución ponderada para el vector \mathbf{x} de corrección puede expresarse entonces como:

$$\mathbf{x} = (\mathbf{H}^T \mathbf{W} \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T \mathbf{W} \mathbf{r} \quad , \quad \text{Ec (12)}$$

donde \mathbf{H}^T representa la traspuesta de \mathbf{H} .

15 Puede usarse la ecuación (9) o (12) para obtener el vector \mathbf{x} de corrección. Este vector incluiría dos términos diferentes de cero para Δe y Δn . La estimación de posición bidimensional revisada para el terminal puede calcularse entonces como:

$$Long_{rev} = Long_{init} + \Delta e \quad , \quad y \quad \text{Ec (13)}$$

$$Lat_{rev} = Lat_{init} + \Delta n \quad .$$

El proceso de combinar la estimación de posición inicial con la medición del SPS y/u otras mediciones se describe con más detalle a continuación con referencia a las FIGS. 4A a 4D.

20 La FIG. 3B es un diagrama que ilustra otro escenario operativo de ejemplo en el que pueden usarse el procedimiento y aparato dados a conocer para proporcionar una estimación de posición más precisa. En la FIG. 3B, el terminal 110 recibe dos señales desde las estaciones 120x y 120y base. Estas dos señales no son suficientes para obtener una fijación de posición basada en red (por ejemplo, A-FLT). Una solución de Identificador de célula, o una solución mejorada de Identificador de célula, puede obtenerse basándose en la ubicación de la estación base designada como la estación base que da servicio al terminal, similar a la descrita anteriormente para la FIG. 3A. La estimación de posición inicial para el terminal puede darse como Lat_{init} y $Long_{init}$.

De manera similar a los satélites del SPS, puede estimarse la pseudodistancia con respecto a cada estación base basándose en la señal recibida desde la estación base. Para un sistema CDMA, a cada estación base se le asigna una secuencia de ruido pseudoaleatorio (PN) con una desviación específica (o tiempo de inicio). Esta secuencia de PN se usa para realizar un ensanchamiento espectral de los datos antes de su transmisión desde la estación base. Cada estación base también transmite un piloto, que simplemente es una secuencia de todos unos (o todos ceros) que se ensancha con la secuencia de PN asignada. La señal transmitida por la estación base se recibe en el terminal y el tiempo de llegada de la señal puede determinarse basándose en la fase de la secuencia de PN usada para el ensanchamiento. Puesto que el piloto se procesa normalmente para obtener esta información de fase de PN, esta medición en el terminal también se conoce como medición de fase del piloto. La medición de fase del piloto se usa para estimar la cantidad de tiempo que tarda la señal en llegar desde la estación base hasta el terminal. Este tiempo de recorrido puede convertirse en una pseudodistancia similar a la realizada para el satélite del SPS. Una medición de pseudodistancia obtenida a partir de una señal terrestre (por ejemplo, una medición de fase del piloto) se indica como PP para diferenciarla de una medición de pseudodistancia obtenida a partir de una señal del SPS.

40 Las ecuaciones linealizadas para el terminal con dos mediciones de pseudodistancia para dos estaciones base pueden expresarse como:

$$\begin{bmatrix} \Delta PP_1 \\ \Delta PP_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & 0 & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & 0 & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta e \\ \Delta n \\ \Delta u \\ \Delta T \end{bmatrix} \quad \text{Ec (14)}$$

Tal como se muestra en la ecuación (14), se supone que el terminal y las estaciones base están en el mismo plano

de altitud y que no hay términos $\frac{\partial}{\partial u}$ en la matriz de observación. Sin embargo, según la geometría relativa (por ejemplo, el BTS puede estar en una colina y el terminal puede estar en un valle), puede haber observabilidad en la dirección vertical para una medición de *PP*. En este caso, sería apropiado incluir términos derivados parciales con

respecto a "arriba" (es decir, términos $\frac{\partial}{\partial u}$) en las dos primeras filas de la matriz de observación. La ecuación (14) muestra que el cálculo del error residual de pseudodistancia ΔPP para una señal terrestre es similar al cálculo del error residual de pseudodistancia ΔPR para una señal del SPS, que se muestra en la ecuación (7). Un procedimiento alternativo para calcular la estimación de posición es una solución algebraica sin linealización.

El vector \underline{x} de corrección puede despejarse entonces usando la ecuación (9) o (12), e incluiría dos términos diferentes de cero para Δe y Δn . Entonces puede calcularse la estimación de posición revisada para el terminal (Lat_{rev} y $Long_{rev}$) tal como se muestra en la ecuación (13).

La FIG. 3C es un diagrama que ilustra otro escenario ejemplar operativo más en el que pueden usarse el procedimiento y aparato dados a conocer para proporcionar una estimación de posición más precisa. En la FIG. 3C, el terminal 110 recibe una señal desde la estación 120x base y una señal desde el satélite 130x del SPS. Estas dos señales no son suficientes para obtener una fijación de posición híbrida. Puede obtenerse una solución de Identificador de célula o una solución mejorada de Identificador de célula basándose en la ubicación de la estación 120x base, como se describió anteriormente para la FIG. 3A, para proporcionar la estimación de posición inicial (Lat_{init} y $Long_{init}$) para el terminal.

Puede obtenerse una pseudodistancia PR_1 basándose en la señal desde el satélite 130x del SPS y puede obtenerse una pseudodistancia PP_1 basándose en la señal desde la estación 120x base. Las ecuaciones linealizadas para el terminal, con dos mediciones de pseudodistancia para un satélite y una estación base, pueden expresarse entonces como:

$$\begin{bmatrix} \Delta PR_1 \\ \Delta PP_1 \\ \Delta H \\ \Delta CB \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & \frac{\partial}{\partial u} & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & 0 & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta e \\ \Delta n \\ \Delta u \\ \Delta T \end{bmatrix} \quad \text{Ec (15)}$$

El vector \underline{x} de corrección puede despejarse entonces usando la ecuación (9) o (12), e incluiría dos términos diferentes de cero para Δe y Δn . Entonces puede calcularse la estimación de posición revisada para el terminal (Lat_{rev} y $Long_{rev}$) tal como se muestra en la ecuación (13).

Puede fijarse o limitarse una coordenada (dimensión) particular en la obtención de la estimación de posición revisada. Por ejemplo, si se usan señales de estaciones base para actualizar la estimación de posición inicial, entonces la dirección vertical puede no ser observable. En este caso, la coordenada de altitud en la estimación de posición revisada puede bien (1) fijarse de modo que sea la misma que aquella en la estimación de posición inicial (es decir, $\Delta H = 0$) o bien (2) establecerse al nivel predeterminado calculando el error residual de altitud ΔD predeterminado. La altitud puede limitarse estableciendo apropiadamente la matriz de observación, de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} - \\ - \\ \Delta H \\ - \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ - & - & - & - \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta e \\ \Delta n \\ \Delta u \\ \Delta T \end{bmatrix} \quad \text{Ec (16)}$$

Como se muestra en la ecuación (16), un elemento del vector de medición y una fila de la matriz de observación están definidos de modo que ΔH , cuando se aplica, convierte la estimación de altitud en el valor predeterminado (donde Δu puede convertirse en cero o algún otro valor). La limitación de altitud puede aplicarse de manera automática si se usan las mediciones de la estación base para la actualización. Si para la actualización se usan mediciones de la estación base y satelitales, o sólo mediciones satelitales, entonces la limitación de altitud puede aplicarse o no (es decir, es optativa). La limitación de altitud proporciona de manera eficaz una de las mediciones para determinar una de las incógnitas en la localización tridimensional: la altura (se considera que la FIG. 3A abarca este caso). Las FIGS. 4A a 4D son diagramas que ilustran gráficamente el proceso de combinar la estimación de posición inicial con mediciones del SPS y/u otras. En la FIG. 4A, la estimación de posición bidimensional inicial para el terminal es $X_{init} = [Lat_{init}, Long_{init}]$ y tiene una incertidumbre definida por una elipse de error mostrada por un área 412 sombreada en la FIG. 4A. La elipse de error también puede representarse mediante una matriz de ruido de medición de covarianza, que puede expresarse como:

$$\underline{V} = \begin{bmatrix} V_e & V_{en} \\ V_{ne} & V_n \end{bmatrix}, \quad \text{Ec (17)}$$

15 donde

V_e es la varianza del error en la estimación de posición inicial en la dirección este;

V_n es la varianza del error en la estimación de posición inicial en la dirección norte; y

V_{en} es la correlación cruzada entre los errores este y norte en la estimación de posición inicial.

Por motivos de simplicidad, se supone que los términos V_{en} y V_{ne} de error de correlación cruzada son cero en la FIG. 4A. En el ejemplo ilustrado en la figura 4A, en el que la incertidumbre de posición inicial está representada con una matriz de covarianza, la estimación de posición inicial puede traducirse directamente en ecuaciones de observación.

$$\begin{bmatrix} \Delta PR_1 \\ \Delta PP_1 \\ \Delta E \\ \Delta N \\ \Delta H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & \frac{\partial}{\partial u} & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & 0 & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta e \\ \Delta n \\ \Delta u \\ \Delta T \end{bmatrix}, \quad \text{Ec (18)}$$

En este caso, las ecuaciones de medición obtenidas a partir de los sistemas de localización terrestre y satelital se muestran como una medición del SPS y una medición de estación base, como en la Ec. (15). Un experto en la técnica podrá extender fácilmente estas ecuaciones a cualquier número de mediciones de SPS y de estación base (por ejemplo como en la Ec. (14) y la Ec. (7)). En este ejemplo, los valores de ΔE y ΔN se seleccionan para representar las estimaciones de posición inicial con respecto a la posición del terminal estimada respecto a la que se han linealizado las ecuaciones. En el caso en el que la posición inicial es la posición del terminal estimada en un espacio bidimensional estos valores pueden establecerse en 0 y 0, respectivamente.

30 [NUEVO para #] En este caso, la matriz de covarianza y las matrices de peso pueden establecerse para representar la incertidumbre en la ubicación inicial. Por ejemplo, la matriz de covarianza puede establecerse en:

$$\underline{V} = \begin{bmatrix} V_{PR} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & V_{PP} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & V_e & V_{en} & 0 \\ 0 & 0 & V_{ne} & V_n & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & V_h \end{bmatrix}, \quad \text{Ec (19)}$$

donde

V_{PR} es la varianza del error para la medición de pseudodistancia PR_1 para el primer satélite;

V_{PP} es la varianza del error para la medición de pseudodistancia PP_1 para la primera medición de estación base;

5 V_e, V_{en}, V_{ne} y V_n se establecen como en la Ecuación (17) anterior;

y V_h se establece como en la Ecuación (10) anterior. La matriz de peso puede calcularse entonces como la inversa de la matriz de covarianza, y la solución de posición puede calcularse como en la Ec. (12).

En otra realización, puede calcularse la actualización de posición usando procedimientos de máxima probabilidad. Por ejemplo, pueden usarse las ecuaciones de observación de los sistemas de posicionamiento por satélite y/o los transmisores de estación base terrestre para determinar la probabilidad de varios puntos de espacio de

$$\begin{bmatrix} \Delta e \\ \Delta n \\ \Delta u \\ \Delta T \end{bmatrix}$$

solución. [Nota: Para mayor legibilidad, representaría el espacio de soluciones como un vector horizontal, traspuesto del anterior]. Adicionalmente, puede usarse la posición inicial, incluyendo la información de posición este, y de posición norte, para refinar las probabilidades en puntos hipotéticos dados que representan las ubicaciones (posiciones) más probables de un terminal en un espacio de soluciones. Puede usarse una matriz de covarianza, o una función de densidad de probabilidad más general, para determinar las probabilidades en varias ubicaciones en el espacio de soluciones. El valor de altura (Δu) puede fijarse o limitarse para determinar la posición de máxima probabilidad. También pueden buscarse probabilidades relativas en el espacio de soluciones para determinar una estimación de error para la posición seleccionada con mayor probabilidad.

Puede obtenerse una línea de posición (LOP) 414 para el terminal basándose en una medición de determinación de la distancia, tal como una medición del SPS o una medición de estación base (o alguna otra medición). La estimación de posición inicial X_{init} puede combinarse con la línea de posición del SPS, tal como se describió anteriormente, para obtener una estimación de posición revisada (o final) X_{rev} para el terminal. Esta estimación de posición revisada tendría una incertidumbre (o error) que se representa por una banda a lo largo de la línea 414. Esta banda no se muestra en la FIG. 4A por motivos de simplicidad. El ancho de la banda depende de la incertidumbre de la medición de alcance subyacente usada para obtener la LOP. La línea con banda está limitada por la incertidumbre inicial, que es el área 412 sombreada para la elipse de error de la estimación de posición inicial.

En la FIG. 4B, se obtiene la estimación de posición inicial para el terminal a partir de una solución de Identificador de célula, que se basa en el sector del BTS que da servicio para el terminal. La incertidumbre de la estimación de posición inicial puede tener entonces una forma que se aproxima al área 422 de cobertura en forma de sector circular del BTS (al que también se hace referencia como sector de célula). De nuevo, la estimación de posición inicial X_{init} puede combinarse con la línea de posición 424 del SPS para obtener la estimación de posición revisada X_{rev} para el terminal. Esta estimación de posición revisada tendría una incertidumbre que está representada por una banda a lo largo de la línea 424 limitada por la incertidumbre inicial, que es el área 422 sombreada.

En la FIG. 4C, se obtiene la estimación de posición inicial X_{init} para el terminal basándose en una solución mejorada del Identificador de célula, que se obtiene basándose en el sector 422 del BTS que da servicio y el retardo de ida y vuelta (RTD) con respecto a este BTS. El RTD puede obtenerse basándose en la medición de fase del piloto para el BTS. La estimación de posición inicial X_{init} tendría entonces una incertidumbre representada por una banda 432. El ancho de esta banda de incertidumbre depende de la incertidumbre (o error) en la medición del RTD. La estimación de posición inicial X_{init} puede combinarse con la línea de posición 434 del SPS para obtener la estimación de posición revisada X_{rev} para el terminal.

En la FIG. 4D, se obtiene un RTD preciso respecto al BTS para el terminal. Entonces esto da como resultado una banda 442 de incertidumbre más estrecha para la estimación de la posición inicial X_{init} . Por consiguiente, puede obtenerse una estimación de posición revisada X_{rev} más precisa y una incertidumbre reducida para el terminal basándose en la estimación de posición inicial X_{init} y la línea de posición 444 del SPS. Obsérvese que el RTD preciso puede proporcionar también una buena medición de ΔCB para una estimación precisa del tiempo de referencia.

En la FIG. 4E, se obtiene la estimación de posición inicial X_{init} para el terminal basándose en una solución mejorada de Identificador de célula. En este ejemplo, la estimación de posición inicial X_{init} se combina con dos líneas de posición 452 y 454 del SPS para obtener la estimación de posición revisada X_{rev} para el terminal. La incertidumbre en la estimación de posición revisada depende entonces de las incertidumbres en las dos líneas de posición 452 y 454 del SPS y de la estimación de posición inicial.

Por motivos de claridad, los ejemplos mostrados en las FIGS. 3A a 3C y las FIGS. 4B a 4D utilizan la técnica de Identificador de célula o la técnica mejorada de Identificador de célula para proporcionar la estimación de posición inicial para el terminal. En general, la estimación de posición inicial puede calcularse mediante cualquier técnica disponible de determinación de la posición. Como ejemplo, puede obtenerse la estimación de posición inicial combinando las soluciones de Identificador de célula o las soluciones mejoradas de Identificador de célula obtenidas para un cierto número de estaciones base que recibe el terminal. Esto puede proporcionar una estimación de posición inicial más precisa para el terminal puesto que también se usa información respecto a otras estaciones base que recibe el terminal. Como otro ejemplo, puede obtenerse la estimación de posición inicial combinando las áreas de cobertura modeladas para un cierto número de estaciones base que recibe el terminal. Esta técnica de determinación de posición basada en el área de cobertura se describe en mayor detalle en la Solicitud de Patente Estadounidense con N° de Serie 10 / 280 639 titulada "Area Based Position Determination for Terminals in a Wireless Network" ["Determinación de posición basada en área para terminales en una red inalámbrica"], registrada el 24 de octubre de 2002, cedida al cesionario de la presente solicitud e incorporada al presente documento por referencia. La estimación de posición inicial también puede ser una solución basada en red obtenida usando A-FLT.

Pueden usarse diversos tipos de mediciones para obtener líneas de posición y, en consecuencia, la estimación de posición revisada para el terminal basándose en la estimación de posición inicial. En general, las mediciones usadas para actualizar la estimación de posición inicial deberían tener una precisión mayor. Es decir, si estuviera disponible un número suficiente de estas mediciones para obtener una estimación de posición independiente para el terminal, entonces esa estimación de posición independiente sería más precisa que la estimación de posición inicial. Por tanto, si la técnica del Identificador de célula, la técnica mejorada del Identificador de célula, o alguna otra técnica equivalente, proporciona la estimación de posición inicial, entonces pueden usarse las mediciones para la estación base y/o satélites para la actualización. Esto se debe a que una solución basada en red (A-FLT) obtenida sólo de mediciones de estación base, una solución híbrida obtenida de mediciones de estación base y de satélite y una solución del SPS obtenida sólo de mediciones de satélite, son, todas ellas, habitualmente más precisas que las soluciones del Identificador de célula y las soluciones mejoradas del Identificador de célula. Si la estimación de posición inicial es una solución basada en células, entonces pueden usarse las mediciones de satélite para la actualización. En entornos restrictivos de señales, puede usarse un Sistema de Localización de Área Local para generar una estimación de posición inicial, o puede usarse para actualizar la estimación de posición inicial obtenida de otra fuente.

El número de mediciones requerido para la actualización depende de la estimación de posición inicial y de un procedimiento de actualización. Las FIGS. 4A a 4D ilustran cómo puede usarse una única medición de LOP para revisar una estimación de posición inicial bidimensional. Puede utilizarse asimismo más del número mínimo requerido de mediciones para actualizar la estimación de posición inicial. Para algunos procedimientos de actualización, también pueden fijarse o limitarse una o más de las coordenadas (dimensiones tiempo-espacio) (por ejemplo, altitud, tiempo de referencia) estableciendo de manera apropiada la matriz de observación como se describió anteriormente. En este caso, se necesitarían menos mediciones para la actualización. Para un procedimiento de actualización basado en LAPS, puede usarse una única medición.

La FIG. 5 es un diagrama de flujo de un proceso 200a para proporcionar una estimación de posición más precisa para el terminal usando un conjunto parcial de mediciones. El proceso 200a es una realización específica del proceso 200 mostrado en la FIG. 2 y está representado por la FIG. 4E. El proceso 200a empieza obteniendo una estimación de posición inicial para el terminal (por ejemplo, basándose en una solución de Identificador de célula, una solución mejorada de Identificador de célula, o alguna otra solución) (etapa 212a). Se obtienen también dos mediciones para dos transmisores, pudiendo ser cada uno de los cuales un satélite o una estación base (etapa 214a).

Entonces se actualiza la estimación de posición inicial con el conjunto parcial de mediciones para obtener la estimación de posición revisada para el terminal (etapa 216a). Para realizar la actualización, en primer lugar se obtiene un vector \mathbf{r} de medición basándose en la estimación de posición inicial y las mediciones (etapa 222). Según el (los) tipo(s) de mediciones usadas para la actualización (por ejemplo, SPS o celular), el vector de medición puede ser tal como se muestra en el lado izquierdo en la ecuación (7), (14), (15) o (18). Entonces se forma una matriz \mathbf{H} de observación para las mediciones (por ejemplo, como se muestra en la ecuación (7), (14), (15) o (18)) (etapa 224). A continuación se determina una matriz de pesos \mathbf{W} , como se describió anteriormente (etapa 226). Entonces se obtiene un vector \mathbf{x} de corrección como se muestra en la ecuación (12) (etapa 228). Entonces se actualiza la estimación de posición inicial con el vector de corrección para obtener la estimación de posición revisada, como se muestra en la ecuación (13) (etapa 230). Entonces termina el proceso.

Algunas de las técnicas de determinación de la posición descritas anteriormente pueden verse también como una ampliación de la información de dominio de posición (o estado) con información de dominio de medición para un

conjunto parcial de mediciones. Específicamente puede usarse la ampliación descrita en el presente documento para una solución basada en Identificador de célula. De manera convencional, la ampliación de la información de dominio de estado con información de dominio de medición requiere un conjunto completo de mediciones, que limita en gran medida las situaciones en las que puede usarse la ampliación.

5 La FIG. 6 es un diagrama de flujo de una realización de un proceso 600 para combinar información de dominio de estado con información de dominio de medición a fin de proporcionar una estimación de posición más precisa para un terminal inalámbrico. Inicialmente, la información de dominio de estado se obtiene para el terminal (etapa 612). Esta información de dominio de estado puede ser una estimación de posición inicial que puede obtenerse usando diversas técnicas (por ejemplo, técnica de Identificador de célula o técnica mejorada de Identificador de célula). La
10 información del dominio de medición se obtiene también para el terminal (etapa 614). Esta información del dominio de medición comprende un conjunto parcial de mediciones que no es suficiente para obtener una fijación de posición independiente de una calidad de servicio predeterminada, aunque puede combinarse con la información de dominio de estado.

15 La información de dominio de estado se combina entonces con la información de dominio de medición para obtener una estimación de posición para el terminal con una precisión al menos tan buena como la del dominio de estado (etapa 616).

La FIG. 7 es un diagrama en bloques de una realización de una unidad 700 receptora, que puede ser un componente de un terminal inalámbrico. La unidad 700 receptora puede diseñarse con la capacidad de procesar señales de múltiples sistemas de determinación de posición, tales como el SPS y el sistema de comunicación inalámbrica. En la realización mostrada en la FIG. 7, la unidad 700 receptora incluye una antena 710, un receptor 712a terrestre, un receptor 712b del SPS, una unidad 716 de procesamiento, una unidad 718 de memoria y un controlador 720.
20

La antena 710 recibe señales de un cierto número de transmisores (que puede ser cualquier combinación de satélites del SPS y/o estaciones base) y proporciona la señal recibida a receptores 712a y 712b terrestres y del SPS. El receptor 712a terrestre incluye circuitos de interfaz de usuario (por ejemplo, circuitos de radio frecuencia (RF) y/u otros circuitos de procesamiento) que procesan las señales transmitidas desde estaciones base para obtener información usada para la determinación de la posición. Por ejemplo, el receptor 712a terrestre puede medir la fase del piloto en la señal de enlace directo recibida desde cada estación base para obtener información de temporización (por ejemplo, tiempo de llegada). Esta información de temporización puede usarse posteriormente para obtener una pseudodistancia con respecto a la estación base.
25
30

El receptor 712a terrestre puede implementar un receptor de rastrillo que puede procesar de manera simultánea múltiples instancias de señal (o componentes de multitrayectoria) en la señal recibida. El receptor de rastrillo incluye un cierto número de elementos de demodulación (conocidos normalmente como dedos), pudiendo asignarse cada uno de los cuales al procesamiento y seguimiento de un componente de multitrayectoria específico. Aunque pueden asignarse múltiples dedos para procesar múltiples componentes de multitrayectoria para una estación base dada, normalmente sólo se usa una pseudodistancia obtenida para un componente de multitrayectoria (por ejemplo, el componente de multitrayectoria que llega antes, o el componente de multitrayectoria de mayor intensidad) para la determinación de la posición. Alternativamente, puede establecerse y mantenerse una relación de temporización (o determinación de distancia) entre diferentes dedos. De este modo, es posible usar diferentes componentes de multitrayectoria para una estación base dada, para la determinación de la posición, según los efectos de desvanecimiento y multitrayectoria.
35
40

La unidad receptora 712b del SPS incluye circuitos de interfaz de usuario que procesan señales transmitidas desde satélites del SPS para obtener información usada para la determinación de la posición. En la técnica se conoce el procesamiento por los receptores 712a y 712b a fin de extraer la información pertinente de las señales terrestres y del SPS, y no se describe en detalle en el presente documento. En una realización, el procesamiento de la señal del SPS puede ser realizado por la unidad 712a receptora terrestre. Los receptores 712a y 712b proporcionan a la unidad 716 de procesamiento diversos tipos de información, tales como, por ejemplo, información de temporización, características de señal, las identidades y ubicaciones de los transmisores cuyas señales se reciben, etc.
45

La unidad 716 de procesamiento puede obtener una estimación de posición inicial para la unidad 700 receptora siempre que se solicite. La unidad 716 de procesamiento puede determinar asimismo un error residual de pseudodistancia para cada estación base y satélite que va a usarse para actualizar la estimación de posición inicial, como se describió anteriormente. La unidad 716 de procesamiento puede actualizar posteriormente la estimación de posición inicial basándose en los errores residuales de pseudodistancia para obtener una estimación de posición revisada para la unidad receptora.
50

55 La unidad 718 de memoria almacena diversos datos usados para determinar la posición. Por ejemplo, la unidad 718 de memoria puede almacenar información para las ubicaciones de los satélites del SPS (que pueden obtenerse del Almanaque y/o Efemérides transmitido por los satélites o proporcionado por la fuente terrestre (por ejemplo, red inalámbrica)), las ubicaciones de las estaciones base (que pueden proporcionarse a través de señalización) y los errores residuales de pseudodistancia. La unidad 718 de memoria puede almacenar también códigos de programa y

datos para la unidad 716 de procesamiento.

El controlador 720 puede dirigir la operación de la unidad 716 de procesamiento. Por ejemplo, el controlador 720 puede seleccionar los tipos particulares de solución que van a calcularse (por ejemplo, soluciones basadas en SPS, basadas en red, híbridas, basadas en células, LAPS, red de seguridad y otras soluciones combinadas), el algoritmo particular que va a usarse (si se dispone de más de uno), etc.

Aunque no se muestra en la FIG. 7, la unidad 700 receptora puede comunicarse con un servidor 140 de localización (véase la FIG. 1), que puede ayudar a determinar la estimación de posición del terminal. El servidor de localización puede realizar los cálculos para obtener la estimación de posición, o puede proporcionar determinada información usada para (1) adquirir mediciones de satélite y/o estación base (por ejemplo, ayuda para la adquisición, ayuda para el sincronismo, información relativa a la ubicación de los satélites del SPS y/o estaciones base, etc.) y/o (2) determinar la estimación de posición revisada. Para las realizaciones por las que el servidor de localización realiza la determinación de la posición, las mediciones subyacentes de diversos sistemas de localización y la estimación de posición inicial se comunican al servidor de ubicación (por ejemplo, a través de enlaces inalámbricos y/o alámbricos). Un ejemplo de un servidor de localización de este tipo se describe en la Patente Estadounidense con N° de serie 6.208.290.

El procedimiento y aparato descritos en el presente documento pueden usarse conjuntamente con diversos sistemas y redes de comunicación inalámbricos. Por ejemplo, el procedimiento y aparato dados a conocer pueden usarse para CDMA, acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) y otros sistemas de comunicación inalámbricos. Estos sistemas pueden implementar una o más normas aplicables. Por ejemplo, los sistemas CDMA pueden implementar IS-95, cdma2000, IS-856, W-CDMA, etc. Los sistemas TDMA pueden implementar GSM, GPRS, etc. Estas diversas normas se conocen en la técnica. Los otros sistemas de comunicación inalámbricos incluyen sistemas inalámbricos no celulares tales como, por ejemplo, sistemas IEEE 802.11, sistemas Bluetooth y redes de área local inalámbricas (WLAN).

El procedimiento y aparato descritos en el presente documento pueden usarse con diversos sistemas de localización por satélite (SPS), tal como el Sistema de Localización Global estadounidense (GPS), el sistema Glonass ruso y el sistema Galileo europeo. Además, el procedimiento y aparato dados a conocer pueden usarse con sistemas de determinación de localización que utilizan pseudosatélites o una combinación de satélites y pseudosatélites. Los pseudosatélites son transmisores terrestres que emiten un código de PN u otro código de determinación de distancia (similar a una señal celular de GPS o CDMA) modulado en una señal portadora de banda L (u otra frecuencia), que puede sincronizarse con la hora del GPS. Puede asignarse a cada transmisor de este tipo un único código de PN para permitir la identificación mediante un receptor remoto. Los pseudosatélites son útiles en situaciones en las que podrían no estar disponibles señales del GPS de un satélite en órbita, tal como en túneles, minas, edificios, zonas urbanas encajonadas u otras áreas cerradas. Otra implementación de pseudosatélites se conoce como radiobalizas. El término "satélite", según se usa en el presente documento, pretende incluir pseudosatélites, equivalentes de pseudosatélites, y posiblemente otros. El término "señales del SPS", según se usa en el presente documento, pretende incluir señales similares a las del SPS provenientes de pseudosatélites o equivalentes de pseudosatélites. El término "estación base", según se usa en el presente documento, pretende incluir puntos de acceso celulares, inalámbricos, LAN, WAN, LAPS, Bluetooth, 802.11 y otras fuentes de señales terrestres.

El procedimiento y aparato descritos en el presente documento pueden implementarse a través de diversos medios, tales como en hardware, software, o una combinación de los mismos. Para una implementación de hardware, el procedimiento y aparato pueden implementarse en uno o más circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), procesadores de señales digitales (DSP), dispositivos de procesamiento de señales digitales (DSPD), dispositivos lógicos programables (PLD), formaciones de compuertas programables en el terreno (FPGA), procesadores, controladores, microcontroladores, microprocesadores, otras unidades electrónicas diseñadas para realizar las funciones descritas en el presente documento, o una combinación de los mismos.

Para una implementación de software, el procedimiento dado a conocer puede implementarse con módulos (por ejemplo, procedimientos, funciones, etc.) que realizan las funciones descritas en el presente documento. Los códigos de software pueden almacenarse en una unidad de memoria (por ejemplo, la memoria 718 en la figura 7) y ser ejecutados por un procesador (por ejemplo, la unidad 716 de procesamiento o el controlador 720). La unidad de memoria puede implementarse dentro del procesador o de manera externa al procesador, en cuyo caso puede estar acoplada de manera comunicativa con el procesador mediante diversos medios, como se conoce en la técnica.

La descripción anterior de las realizaciones dadas a conocer se proporciona para permitir a cualquier experto en la técnica fabricar o usar la presente invención. Diversas modificaciones de estas realizaciones serán inmediatamente evidentes para los expertos en la técnica, y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden aplicarse a otras realizaciones sin apartarse del ámbito de la invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. Por tanto, la presente invención no pretende estar limitada a las realizaciones mostradas en el presente documento, sino que debe concedérsele el ámbito más amplio coherente con las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento (600) de determinación de una estimación de posición para un terminal inalámbrico (110), que comprende:

5 obtener (612) información de dominio de estado para la estimación de posición, indicando la información de dominio de estado una estimación de posición inicial para el terminal (110);
 obtener (614) información de dominio de medición para el terminal (110), en donde la información de dominio de medición representa mediciones desde al menos un sistema de determinación de posiciones, asociado al terminal inalámbrico (110), para determinar la posición del terminal inalámbrico, en donde la información de dominio de medición proporciona insuficiente información independiente de la cual obtener una estimación de posición
 10 independiente para el terminal con una calidad de servicio predeterminada;
 determinar (222) elementos de medición a partir de la estimación de posición inicial;
 obtener (224) valores de observación para la información de dominio de medición; y
 combinar (616) la información de dominio de estado y la información de dominio de medición usando los elementos de medición y los valores de observación para obtener valores de corrección a aplicar a la estimación de posición
 15 inicial, a fin de obtener la estimación de posición para el terminal.

2. Un aparato para determinar una estimación de posición para un terminal inalámbrico (110), comprendiendo dicho aparato:

medios para obtener información de dominio de estado para la estimación de posición, indicando la información de dominio de estado una estimación de posición inicial para el terminal (110),
 20 medios para obtener información de dominio de medición para el terminal, en donde la información de dominio de medición representa mediciones de al menos un sistema de determinación de posiciones, asociado al terminal inalámbrico (110), para determinar la posición del terminal inalámbrico, en donde la información de dominio de medición proporciona insuficiente información independiente de la cual obtener una estimación de posición independiente para el terminal con una calidad de servicio predeterminado,
 25 medios para determinar elementos de medición a partir de la estimación de posición inicial;
 medios para obtener valores de observación para la información de dominio de medición; y
 medios para combinar la información de dominio de estado y la información de dominio de medición, usando los elementos de medición y los valores de observación, para obtener valores de corrección a aplicar a la estimación de posición inicial a fin de obtener la estimación de posición para el terminal.

30 3. El aparato de la reivindicación 2, en el cual los medios para determinar los elementos de medición incluyen medios para obtener un vector de medición en base a la estimación de posición inicial y a los elementos de medición, los medios para obtener valores de observación incluyen medios para formar una matriz de observación, y en donde los medios para combinar incluyen medios para obtener un vector de corrección en base al vector de medición y a la matriz de observación, y para actualizar la estimación de posición inicial con el vector de corrección.

35 4. El aparato de la reivindicación 3, en el cual los medios para obtener el vector de medición incluyen medios para determinar una pseudodistancia hasta cada uno entre una pluralidad de transmisores, en base a una correspondiente medición en los elementos de medición, medios para calcular una pseudodistancia desde la estimación de posición inicial a cada transmisor, y medios para determinar un error residual de pseudodistancia para cada transmisor, en donde el vector de medición incluye errores residuales de pseudodistancia para transmisores
 40 cuyas mediciones están en los elementos de medición.

5. El aparato de la reivindicación 2, en el cual los medios para combinar están configurados para usar técnicas de máxima probabilidad.

6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el cual la determinación de los elementos (222) de medición incluye obtener un vector de medición en base a la estimación de posición inicial y los elementos de medición, la obtención
 45 (224) de los valores de observación incluye formar una matriz de observación, y en el cual la combinación incluye obtener (228) un vector de corrección en base al vector de medición y a la matriz de observación, y actualizar la estimación de posición inicial con el vector de corrección.

7. El procedimiento de la reivindicación 6, en el cual la obtención del vector de medición incluye determinar una pseudodistancia a cada uno entre una pluralidad de transmisores, en base a una correspondiente medición en los
 50 elementos de medición, calcular una pseudodistancia desde la estimación de posición inicial a cada transmisor, y determinar un error residual de pseudodistancia para cada transmisor, en donde el vector de medición incluye errores residuales de pseudodistancia para transmisores cuyas mediciones están en los elementos de medición.

8. El procedimiento de la reivindicación 1, en el cual la combinación incluye usar técnicas de máxima probabilidad.

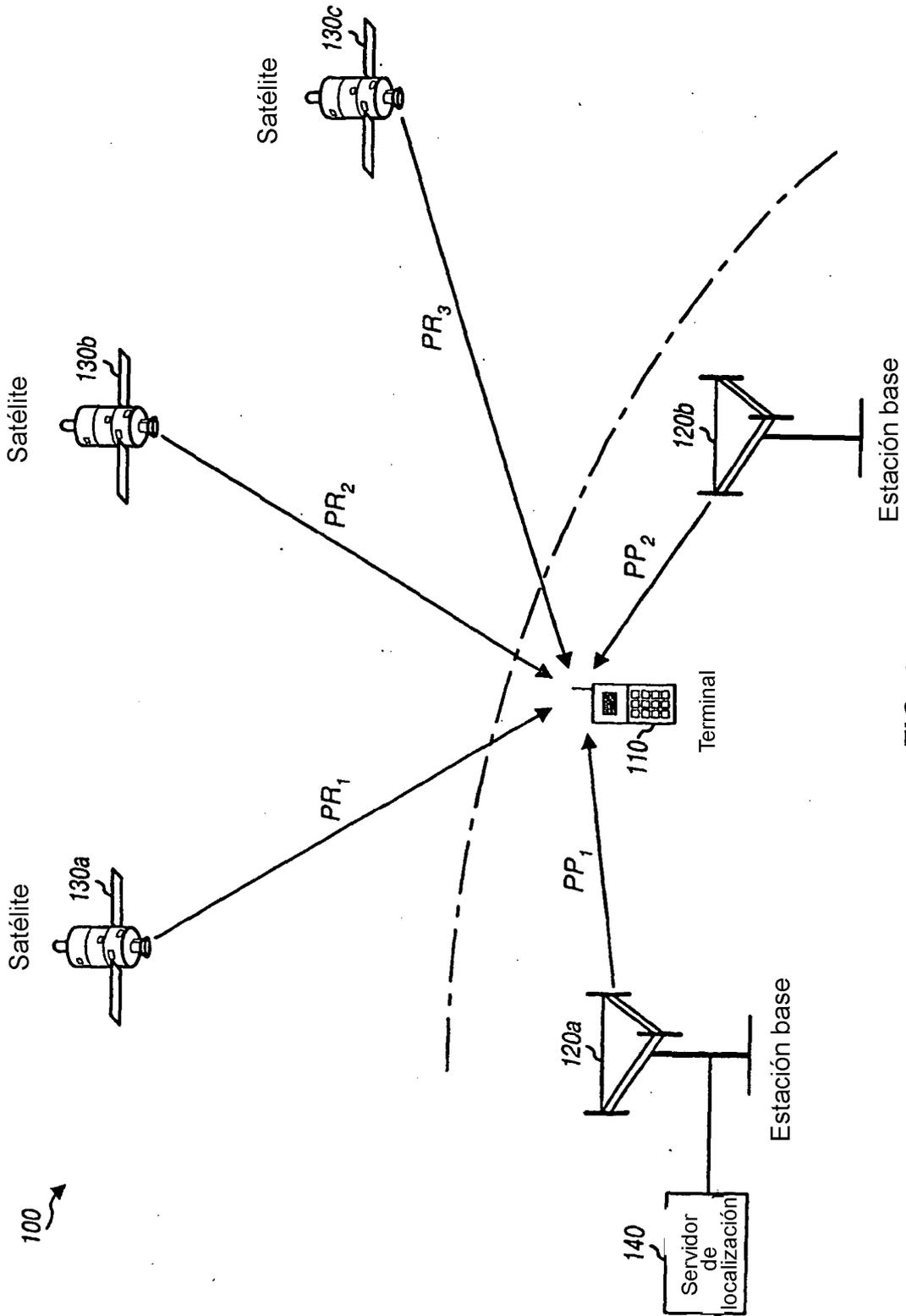


FIG. 1

5

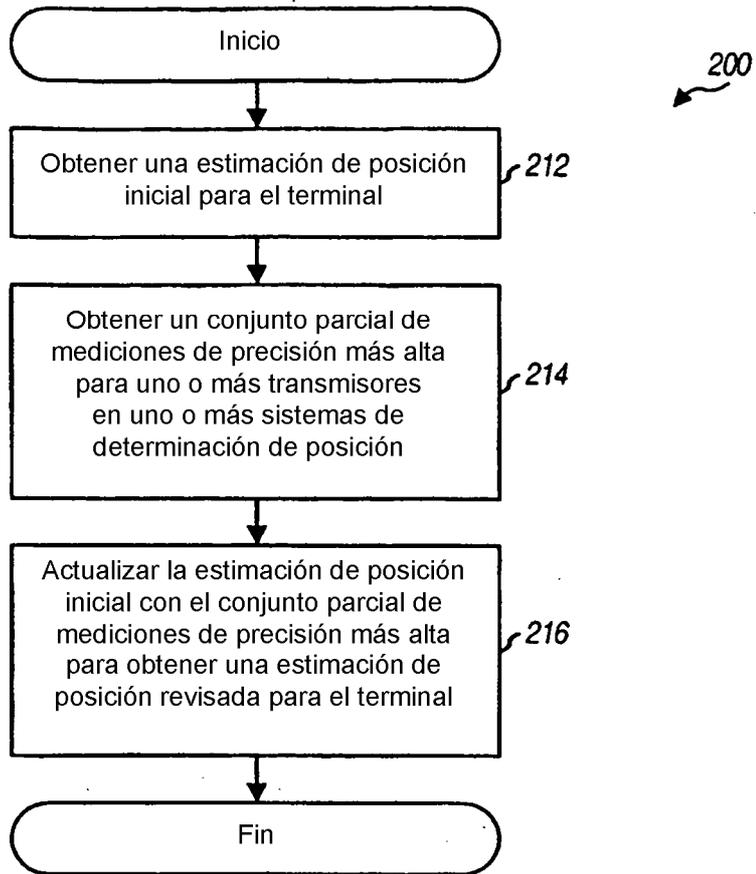


FIG. 2

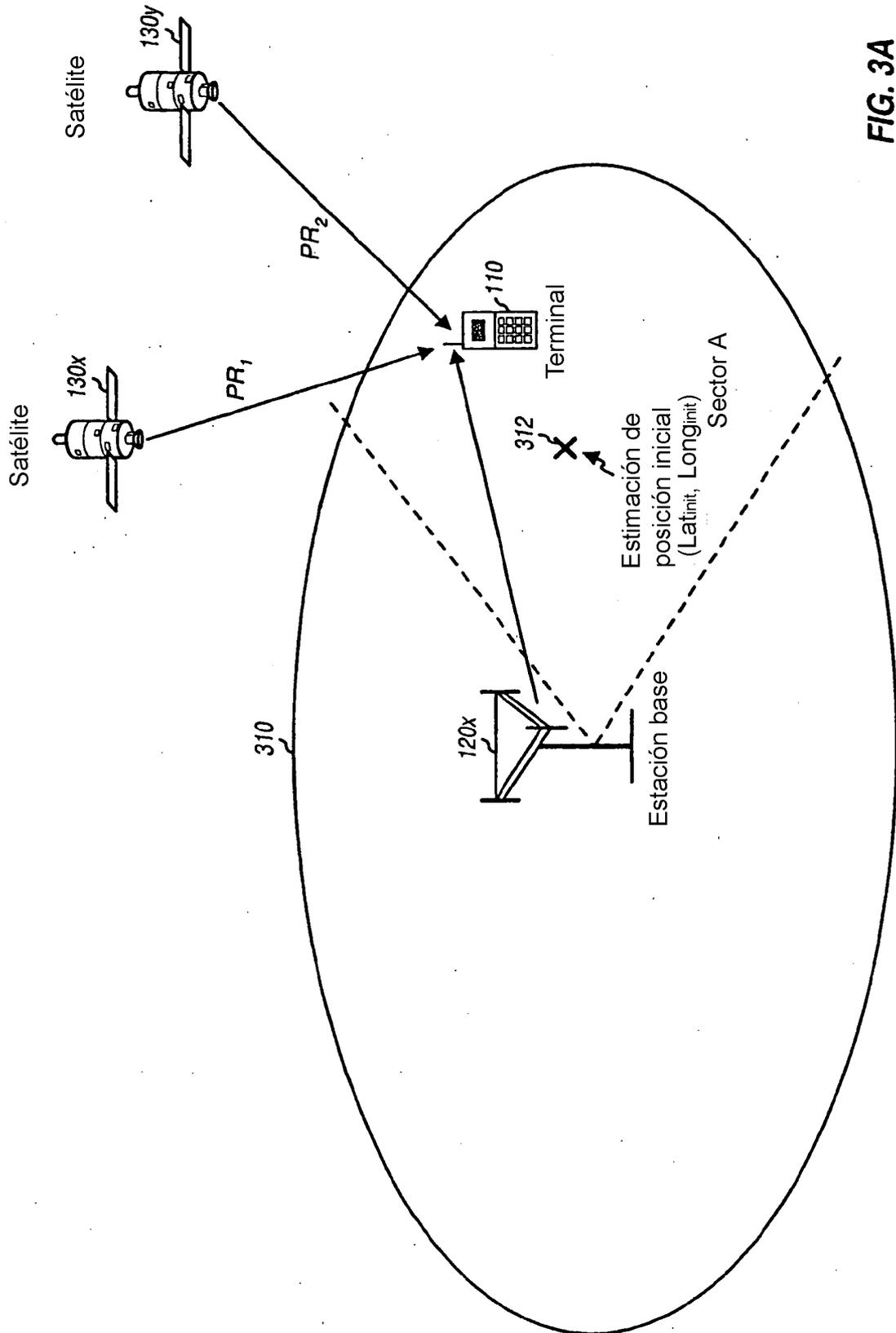


FIG. 3A

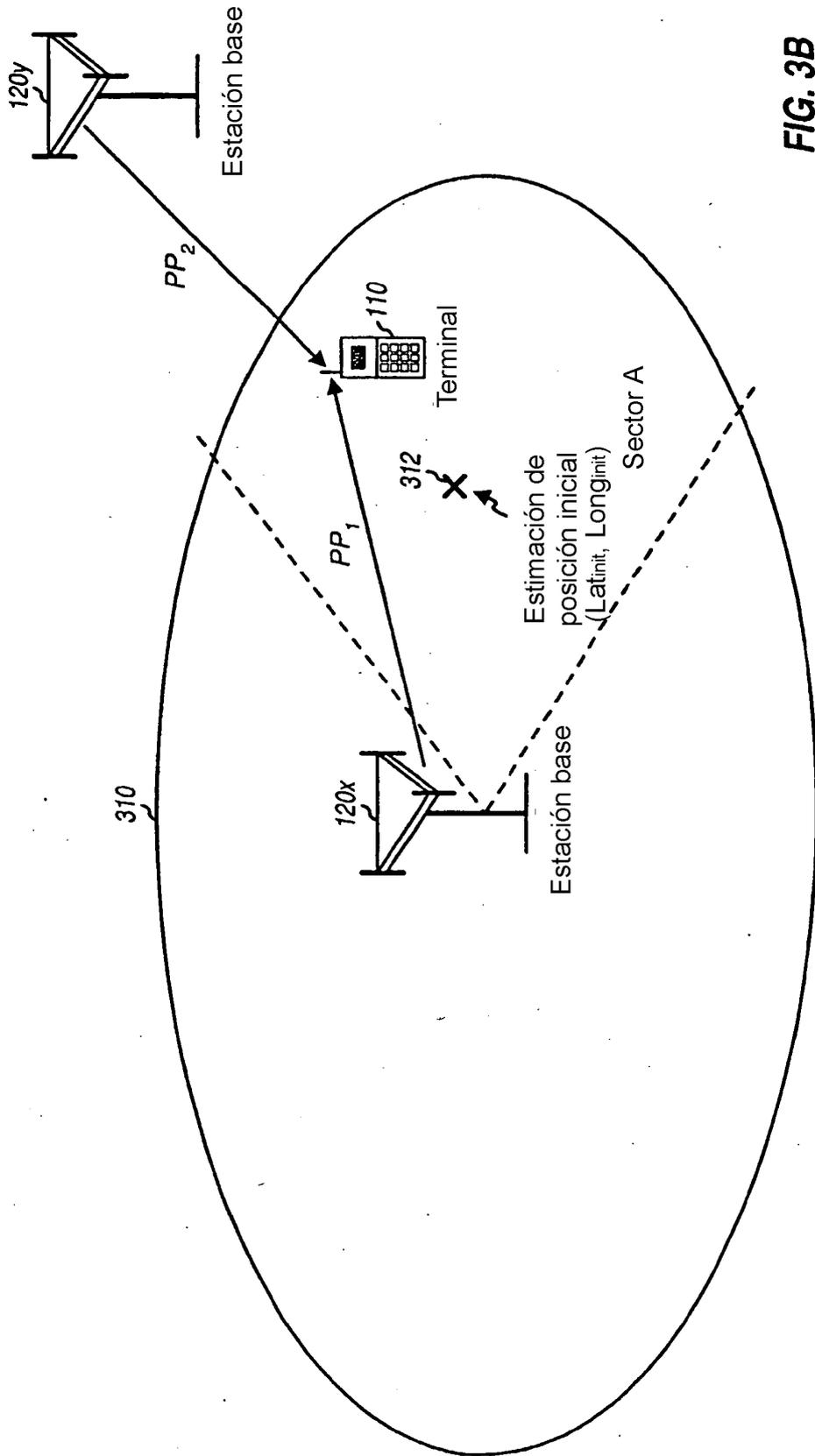


FIG. 3B

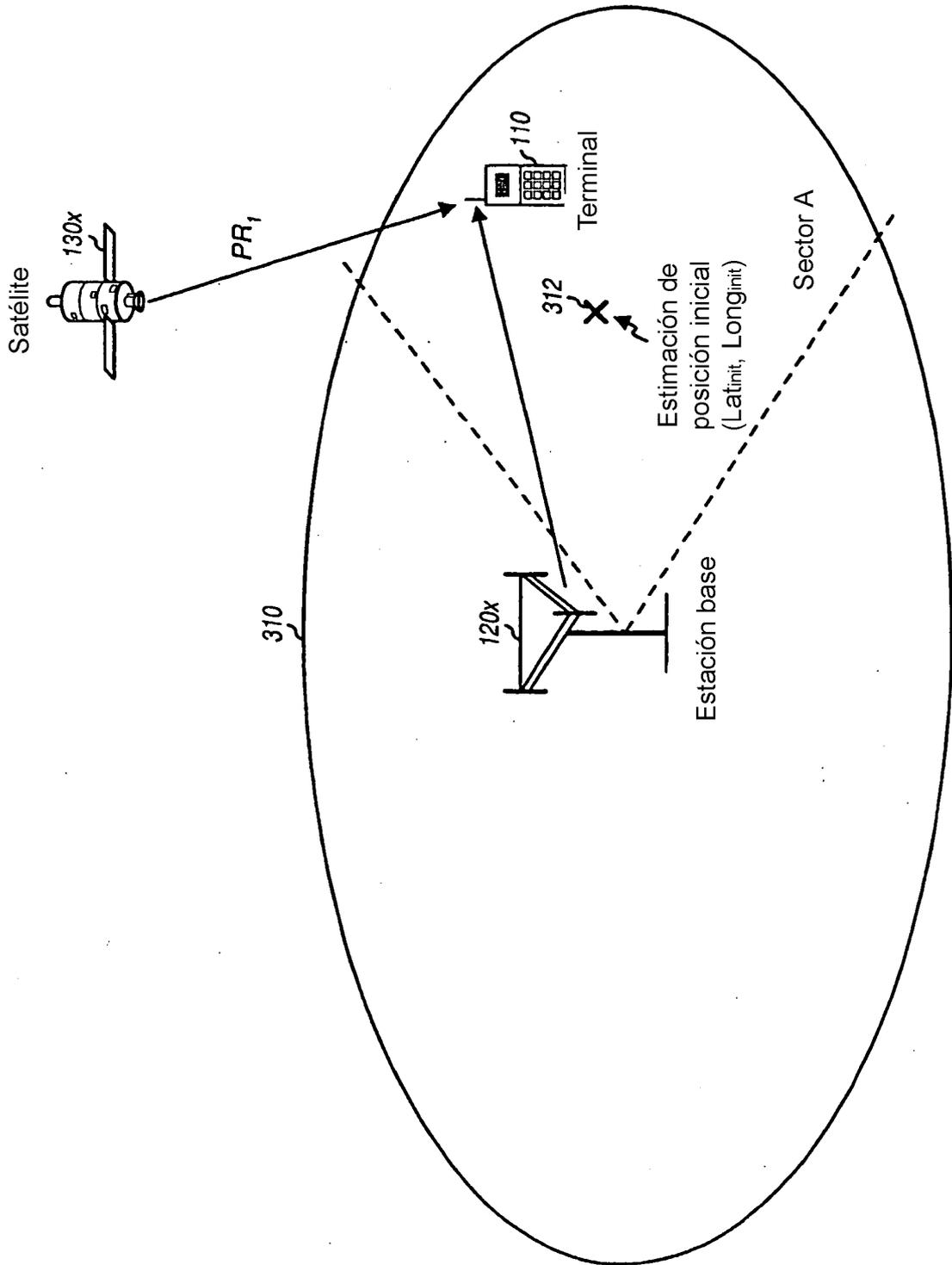


FIG. 3C

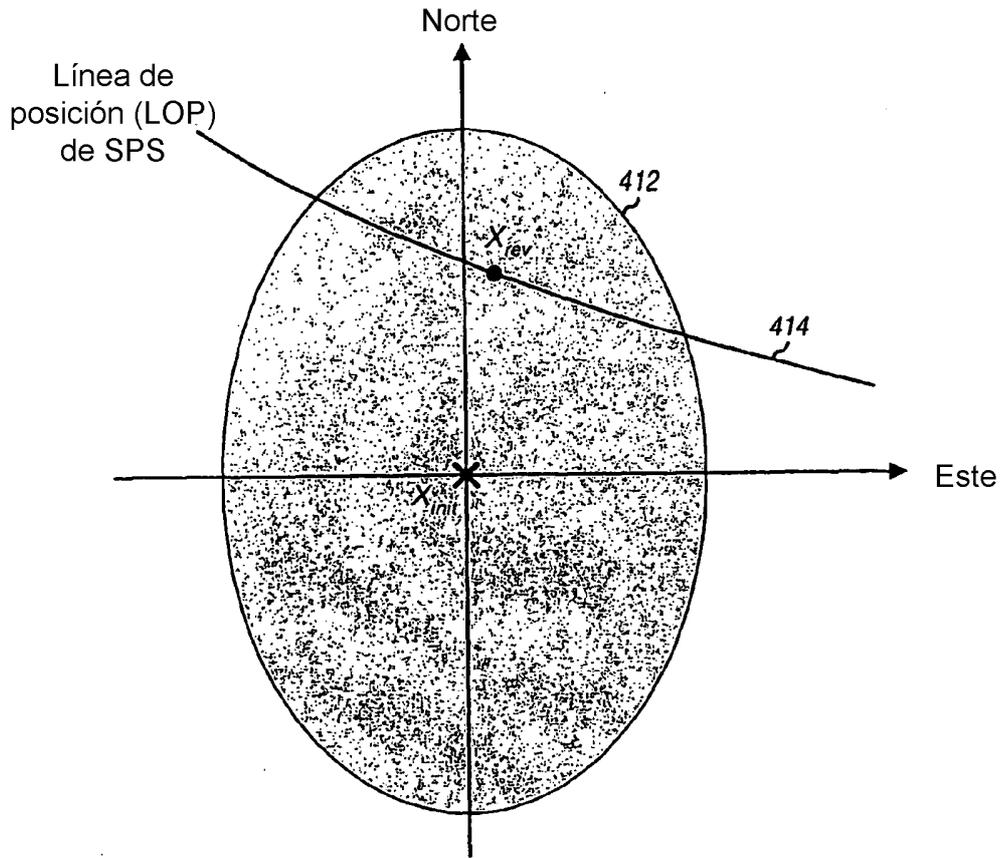


FIG. 4A

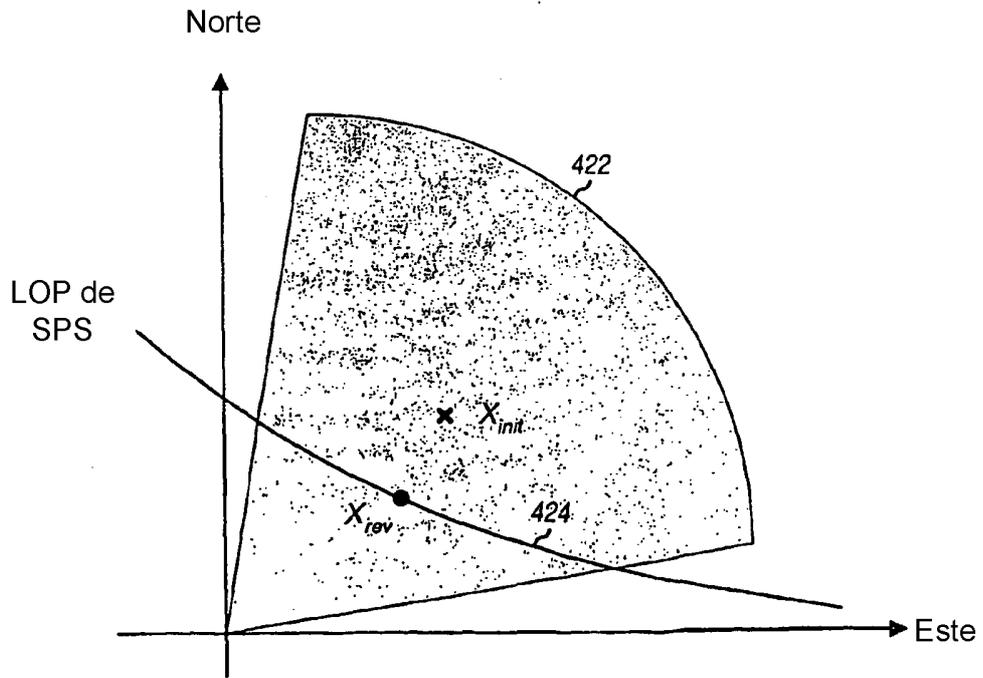


FIG. 4B

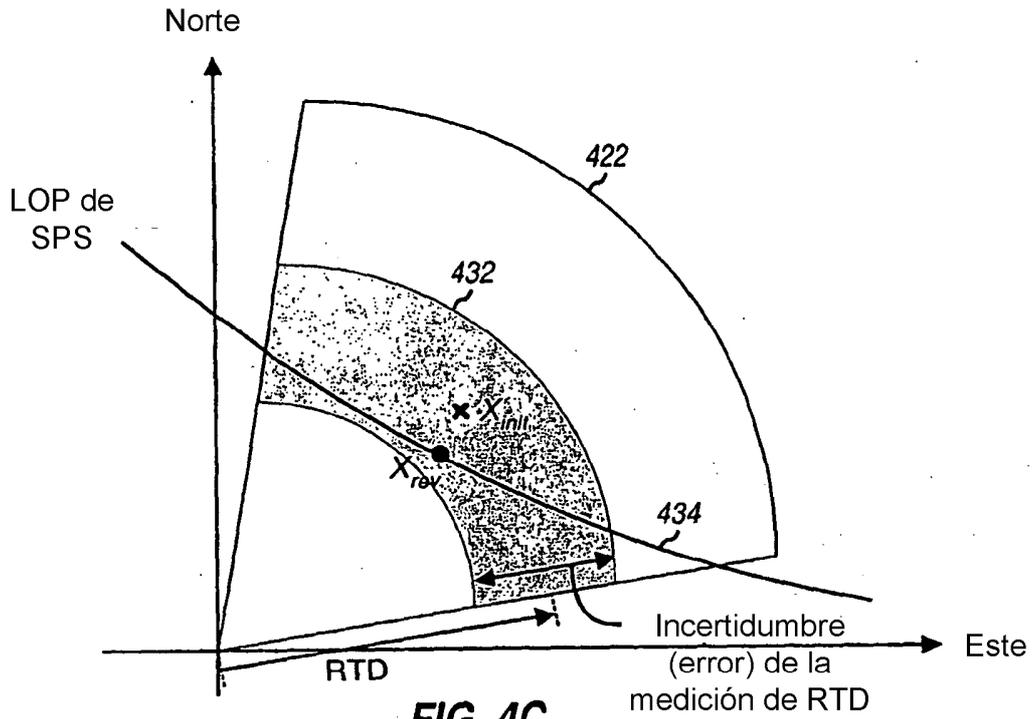


FIG. 4C

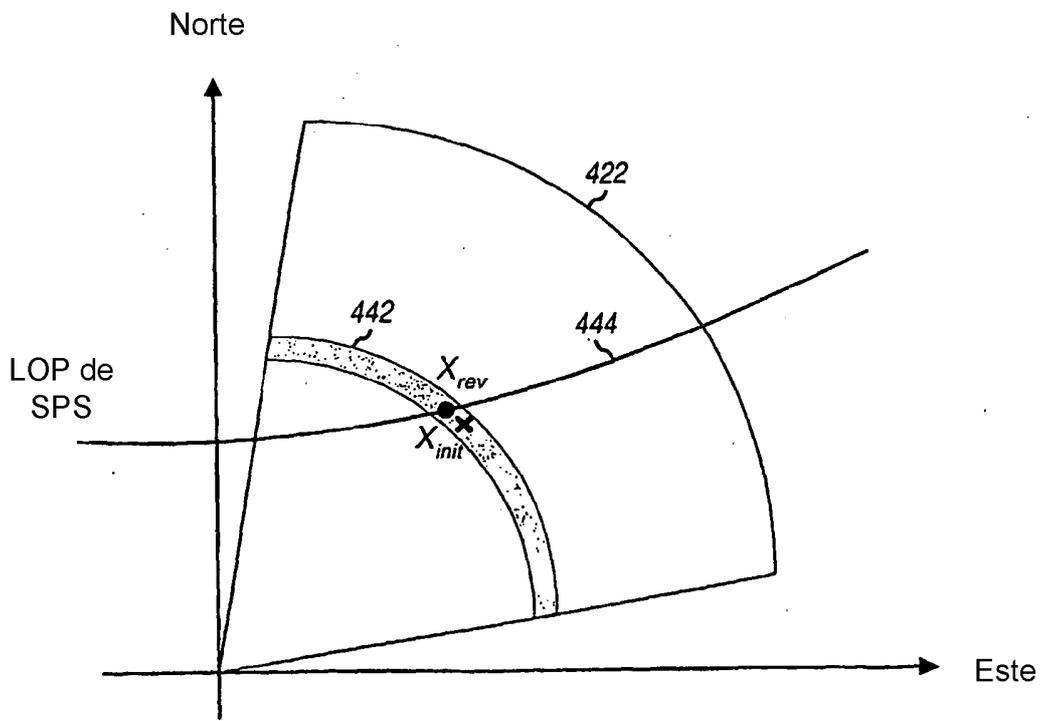


FIG. 4D

5

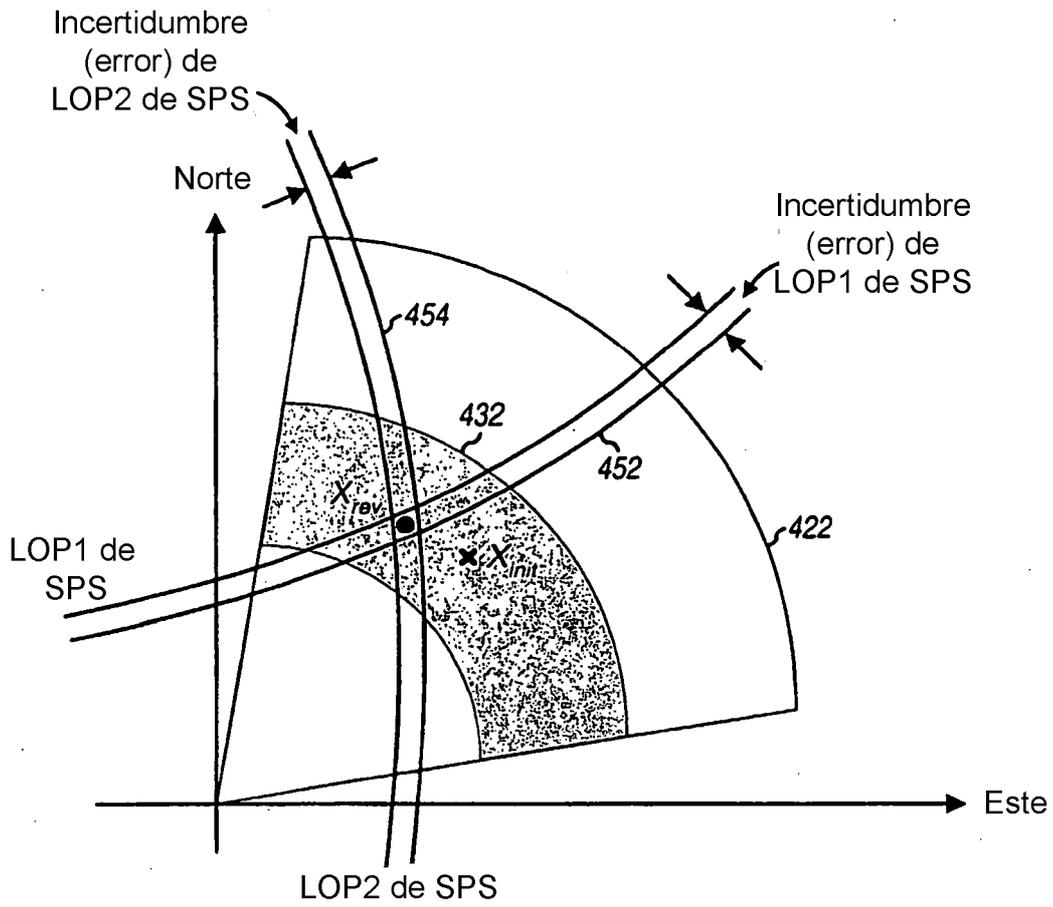


FIG. 4E

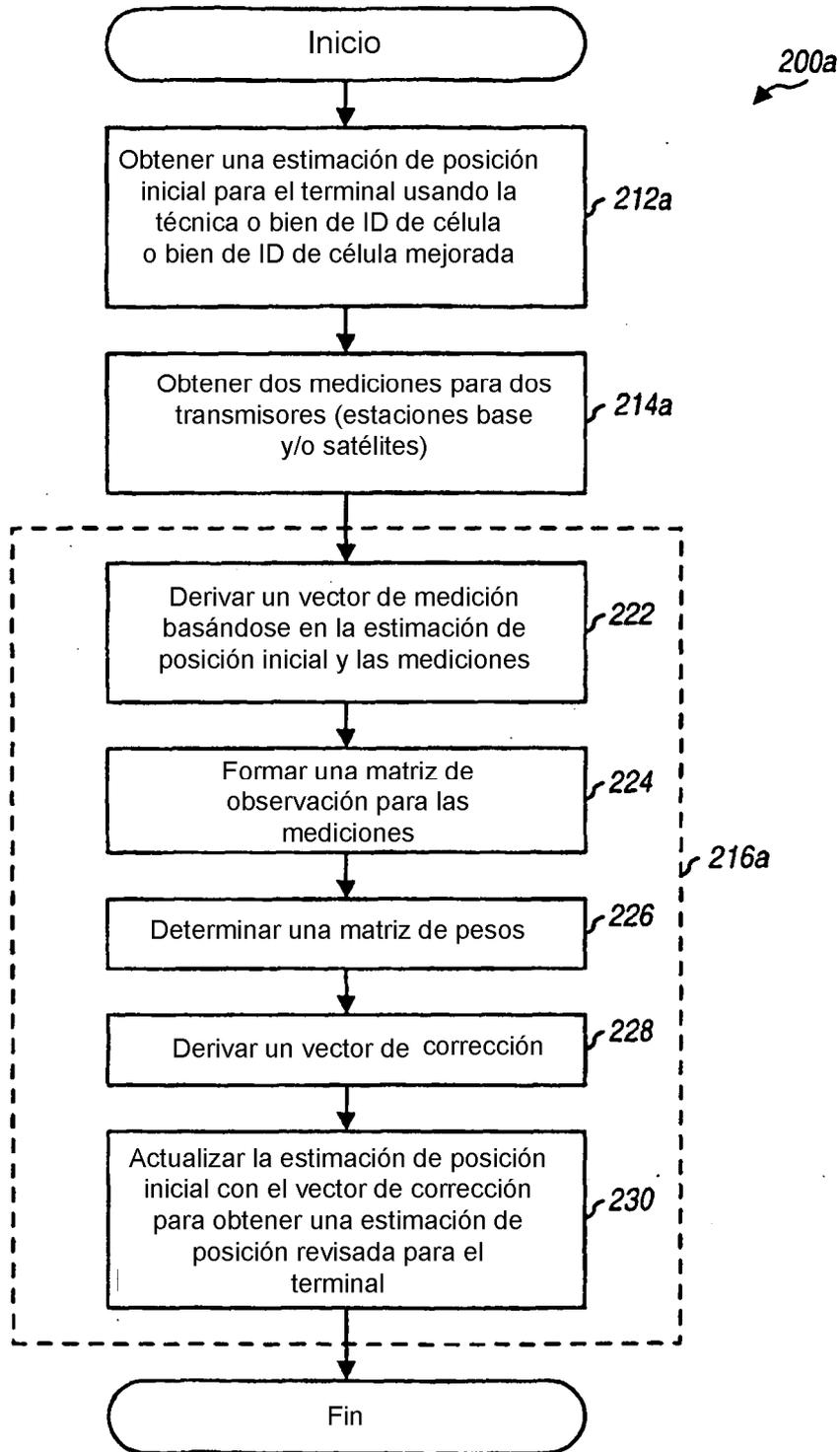


FIG. 5

5

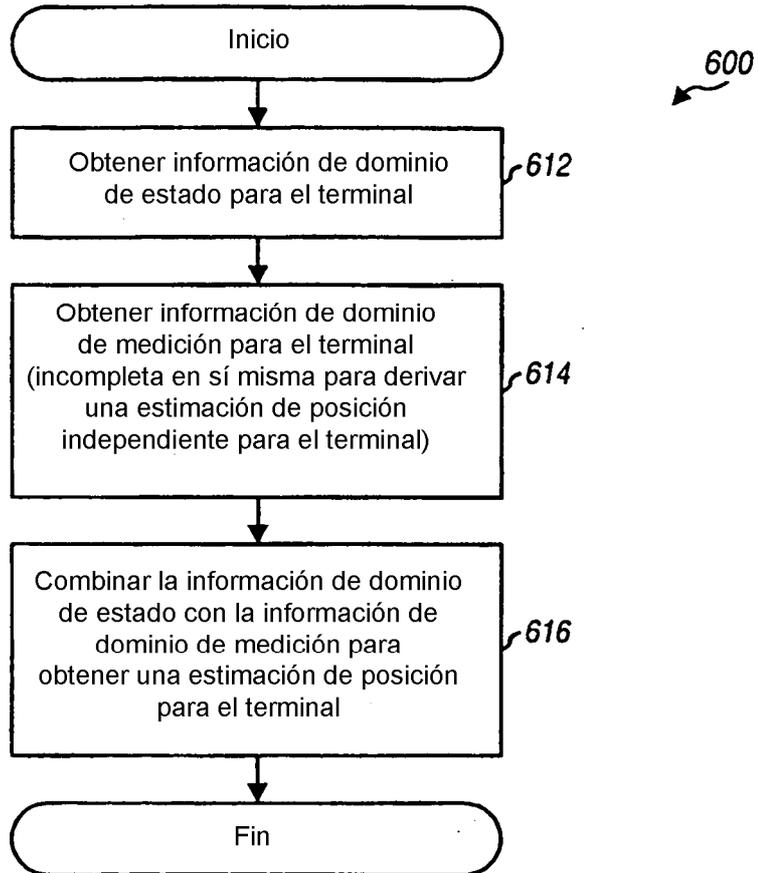


FIG. 6

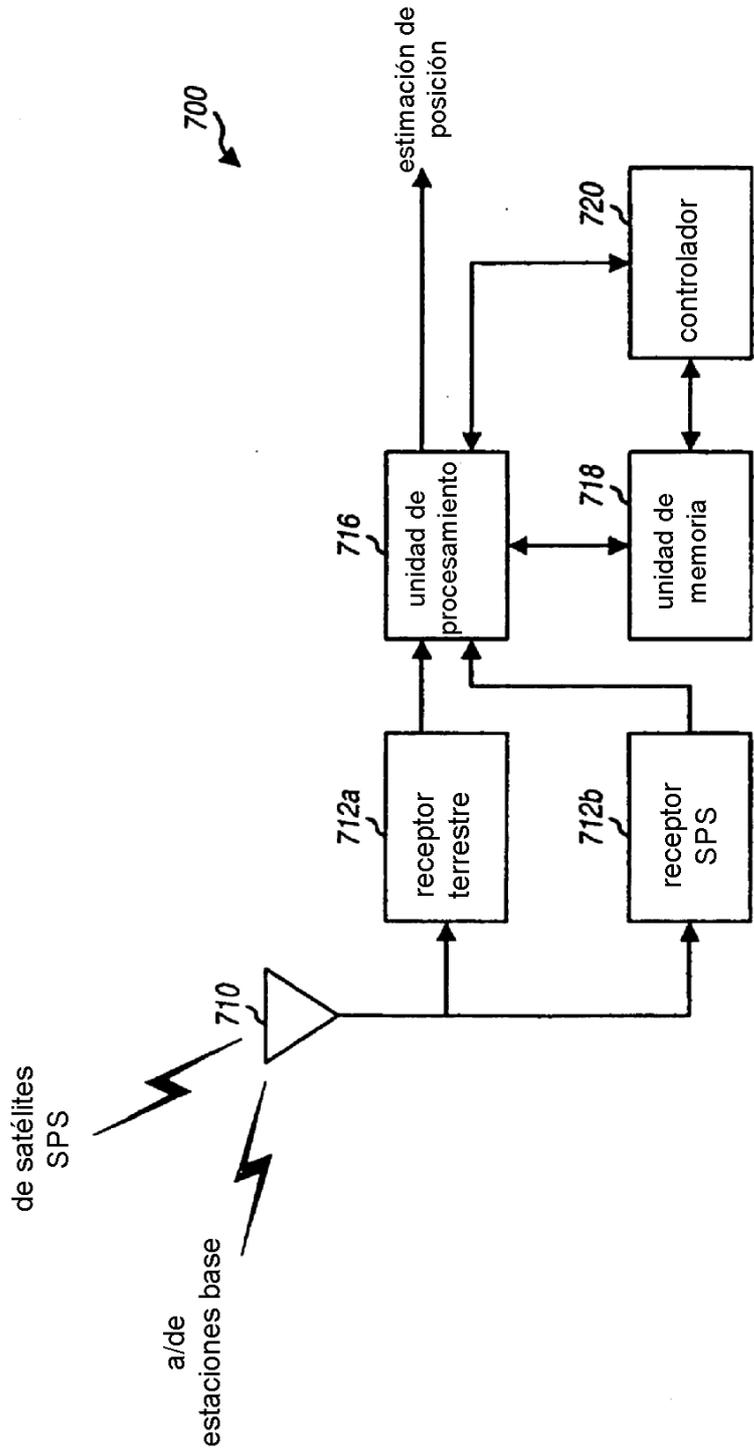


FIG. 7