



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 312 330**

(51) Int. Cl.:

G01S 5/14 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **00660240 .3**

(96) Fecha de presentación : **21.12.2000**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1115009**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **11.07.2001**

(54) Título: **Método para realizar determinaciones de posición y dispositivo electrónico.**

(30) Prioridad: **04.01.2000 FI 20000017**
24.01.2000 FI 20000139

(73) Titular/es: **Nokia Corporation**
Keilalahdentie 4
02150 Espoo, FI

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.03.2009

(72) Inventor/es: **Valio, Harri y**
Syrjärinne, Jari

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.03.2009

(74) Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

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).

ES 2 312 330 T3

DESCRIPCIÓN

Método para realizar determinaciones de posición y dispositivo electrónico.

5 La presente invención se refiere a un método para realizar determinaciones de posición según se expone en el preámbulo de la reivindicación adjunta 1, a un aparato de determinación de la posición según se expone en el preámbulo de la reivindicación adjunta 14, y a un dispositivo electrónico según se expone en el preámbulo de la reivindicación adjunta 26.

10 Uno de los sistemas conocidos de determinación de la posición es el sistema GPS (Sistema de Posicionamiento Global), que en la actualidad abarca más de 20 satélites, de entre los cuales un máximo de 12 son simultáneamente visibles para un receptor. Estos satélites transmiten, por ejemplo, datos de Efemérides así como datos sobre el tiempo del satélite. Un receptor usado para determinar la posición deduce normalmente su ubicación calculando el tiempo de propagación de una señal que será transmitida simultáneamente desde varios satélites del sistema de determinación 15 de la posición hacia el receptor. Para determinar la posición, el receptor debe recibir típicamente las señales de por lo menos cuatro satélites visibles para poder calcular la posición.

Cada satélite que funciona en el sistema GPS transmite una señal denominada L1 a una frecuencia portadora de 1.575,42 MHz. Esta frecuencia se indica también como $154f_0$, en la que $f_0 = 10,23$ MHz. Además, los satélites transmiten una señal L2 a una frecuencia portadora de 1.227,6 MHz, es decir $120f_0$. En el satélite, estas señales se modulan con por lo menos una pseudosecuencia. Esta pseudosecuencia es diferente para cada satélite. Como resultado de la modulación, se genera una señal de banda ancha modulada por código. La técnica de modulación usada posibilita que el receptor separe las señales transmitidas por los diferentes satélites, aunque las frecuencias portadoras usadas en la transmisión son sustancialmente las mismas. A esta técnica de modulación se le denomina acceso múltiple por 25 división de código (CDMA). En cada satélite, la pseudosecuencia usada para modular la señal L1 es, por ejemplo, un código denominado C/A (código de Aproximación/Adquisición), tal como el código Gold. Cada satélite GPS transmite una señal usando un código C/A individual. Los códigos se forman como una suma módulo 2 de dos secuencias binarias de 1.023 bits. La primera secuencia binaria G1 se forma con el polinomio $X^{10}+X^3+1$ y la secuencia binaria G2 se forma retardando el polinomio $X^{10}+X^9+X^8+X^6+X^3+X^2+1$ de tal manera que el retardo sea diferente para cada 30 satélite. Esta disposición posibilita que se puedan formar diferentes códigos C/A con un generador de códigos similar. Consecuentemente, los códigos C/A son códigos binarios cuya velocidad de transmisión de segmentos en el sistema GPS es 1.023 MHz. El código C/A comprende 1.023 segmentos (del inglés *chips*), en los que la época del código es 1 ms. La frecuencia portadora de la señal L1 se modula adicionalmente con información de navegación a una velocidad binaria de 50 bits/s. La información de navegación comprende información sobre la salud del satélite, su órbita, datos 35 de tiempo, etcétera.

Los satélites monitorizan la condición de sus equipos durante su funcionamiento. Los satélites pueden usar, por ejemplo, funciones denominadas *watch-dog* para detectar y comunicar fallos que puedan producirse en los equipos. Los fallos y las alteraciones funcionales pueden ser momentáneos o pueden durar un periodo más prolongado. Basándose en los datos de salud del satélite, posiblemente se pueden compensar algunos de los fallos, o la información transmitida por un satélite que ha fallado se puede rechazar totalmente. Además, en una situación en la que se pueda recibir la señal de más de cuatro satélites, la información recibida desde satélites diferentes se puede ponderar de forma diferente. De este modo, es posible minimizar errores en mediciones los cuales posiblemente son provocados por satélites que parecen no fiables.

45 Para detectar señales de los satélites y para identificar los satélites, el receptor debe realizar una sincronización, en la que el receptor busca la señal de cada satélite al mismo tiempo e intenta sincronizarse con esta señal, de manera que se puedan recibir y demodular los datos a transmitir con la señal.

50 Un receptor de determinación de la posición debe realizar una sincronización, por ejemplo, cuando el receptor esté activado y también en una situación en la que el receptor no haya podido recibir una señal de ningún satélite durante un tiempo prolongado. Dicha situación puede producirse fácilmente, por ejemplo, en dispositivos portátiles, debido a que el dispositivo se está moviendo y la antena del dispositivo no está orientada siempre de forma óptima con respecto a los satélites, lo cual debilita la intensidad de la señal que entra en el dispositivo. Además en las áreas 55 urbanas, los edificios influyen en la señal a recibir, y por otra parte, se puede producir la denominada propagación por múltiples trayectos, en la que la señal transmitida entra en el receptor a través de diferentes trayectos de propagación, por ejemplo, directamente desde el satélite (línea de visión directa) y también reflejada desde edificios. Esta propagación por múltiples trayectos provoca que la misma señal sea recibida en forma de varias señales con fases diferentes.

60 La disposición de determinación de la posición tiene dos funciones principales:

1. calcular la pseudodistancia entre el receptor y los diferentes satélites GPS, y
2. determinar la posición del receptor usando las pseudodistancias calculadas y los datos de posición de los satélites. Los datos de posición de los satélites en un mismo tiempo se pueden calcular basándose en los datos de Efemérides y de corrección de tiempo recibidos desde los satélites.

ES 2 312 330 T3

A las distancias con respecto a los satélites se les denomina pseudodistancias, ya que el tiempo no se conoce de forma precisa en el receptor. De este modo, se realizan iteraciones sobre las determinaciones de la posición y el tiempo, hasta que se ha logrado una precisión suficiente con respecto al tiempo y la posición. Como el tiempo no se conoce con una precisión absoluta, la posición y el tiempo se deben determinar, por ejemplo, linealizando un conjunto de ecuaciones para cada nueva iteración.

La pseudodistancia se puede calcular midiendo las diferencias relativas recíprocas de retardo de propagación de señales provenientes de los diferentes satélites. Después de que el receptor se haya sincronizado con la señal recibida, se puede determinar la información transmitida en la señal.

Casi todos los receptores GPS conocidos usan métodos de correlación para la adquisición y el seguimiento del código. Los códigos de referencia ref(k), es decir, las pseudosecuencias de los diferentes satélites, se almacenan o generan localmente en el receptor de determinación de la posición. La señal recibida se somete a una conversión a una frecuencia intermedia (conversión descendente), después de lo cual el receptor multiplica la señal recibida por la pseudosecuencia almacenada. La señal formada como consecuencia de la multiplicación se integra o se somete a un filtrado pasobajo, en el que el resultado es información sobre si la señal recibida contenía una señal transmitida por un satélite. Se realizan iteraciones sobre la multiplicación a realizar en el receptor de tal manera que cada vez se desplaza la fase de la pseudosecuencia almacenada en el receptor. La fase correcta se deduce a partir del resultado de la correlación preferentemente de tal manera que cuando el resultado de la correlación es el mayor, se ha hallado la fase correcta. De este modo, el receptor se sincroniza correctamente con la señal recibida.

La adquisición del código viene seguida por un ajuste fino de la frecuencia y por un enganche de fase. Este resultado de la correlación indica también la información transmitida en la señal GPS.

El proceso mencionado anteriormente de adquisición y de ajuste de la frecuencia se debe realizar para cada señal de un satélite que sea recibida en el receptor. En algunos receptores, puede haber varios canales receptores, en los que la finalidad es sincronizar cada canal receptor con la señal de un satélite a la vez y averiguar la información transmitida por este satélite.

El receptor de determinación de la posición recibe información transmitida por satélites y realiza determinaciones de posición basándose en la información recibida. Para realizar las determinaciones de posición, el receptor debe recibir las señales transmitidas por lo menos por cuatro satélites diferentes, con el fin de poder averiguar las coordenadas x, y, z y los datos de tiempo. La información de navegación recibida se almacena en una memoria, en la que, de entre esta información almacenada se pueden usar, por ejemplo, los datos de efemérides sobre los satélites.

El denominado posicionamiento diferencial DGPS se ha desarrollado particularmente para ajustar la determinación de la posición de un receptor móvil. De este modo, el receptor de determinación de la posición recibe la señal desde dichos cuatro satélites y además usa la determinación de la posición por parte de un receptor de referencia para eliminar varios errores. El receptor de referencia es típicamente fijo, y su posición es conocida.

La Figura 1 muestra, en una vista básica, la determinación de la posición por medio de señales transmitidas por cuatro satélites SV1, SV2, SV3, SV4 y un receptor de referencia BS en un receptor de determinación de la posición MS. En el sistema GPS, los satélites transmiten datos de efemérides y datos de tiempo, sobre cuya base el receptor de determinación de la posición puede realizar cálculos para determinar cada vez la posición del satélite. Estos datos de Efemérides y datos de tiempo se transmiten en tramas que se dividen adicionalmente en subtramas. La Figura 2 muestra un ejemplo de dicha estructura de trama FR. En el sistema GPS, cada trama comprende 1.500 bits que se dividen en cinco subtramas que comprenden 300 bits. Como la transmisión de un bit ocupa 20 ms, la transmisión de cada subtrama ocupa 6 s, y la trama completa se transmite en 30 segundos. Las subtramas se numeran del 1 al 5. En cada subtrama 1, se transmiten, por ejemplo, datos de tiempo, que informan del momento de transmisión de la subtrama e información sobre la desviación del reloj del satélite con respecto al tiempo del sistema GPS.

Las subtramas 2 y 3 se usan para la transmisión de datos de Efemérides. La subtrama 4 contiene otra información del sistema, tal como datos del tiempo universal (UTC, Tiempo Universal Coordinado). La subtrama 5 está destinada a la transmisión de datos de almanaque de todos los satélites. A la unidad de estas subtramas y tramas se le denomina mensaje de navegación GPS el cual comprende 25 tramas, es decir, 125 subtramas. De este modo, la longitud del mensaje de navegación es 12 minutos 30 s.

En el sistema GPS, el tiempo se mide en segundos desde el comienzo de una semana. En el sistema GPS, el momento de comienzo de una semana es la media noche entre un sábado y un domingo. Cada subtrama a transmitir contiene información sobre el momento de la semana GPS en el que se transmitió la subtrama. De este modo, los datos de tiempo indican el momento de transmisión de un cierto bit, es decir, en el sistema GPS, el momento de transmisión del último bit en la subtrama. En los satélites, el tiempo se mide con cronómetros atómicos de alta precisión. A pesar de esto, el funcionamiento de cada satélite se controla en un centro de control para el sistema GPS (no mostrado), y se realiza, por ejemplo, una comparación de tiempo, para detectar errores cronométricos en los satélites y para transmitir esta información al satélite.

ES 2 312 330 T3

En el receptor, el momento de transmisión \hat{T}_{tot}^k de la señal recibida se puede determinar, por ejemplo, de la siguiente manera:

$$5 \quad \hat{T}_{tot}^k = TOW^k + N_{bit}^k + N_{ms}^k + N_{segmento}^k + \Delta segmento^k \quad (1)$$

en la que

10 TOW^k = los datos de tiempo (tiempo de la semana) contenidos en la última subtrama recibida,

N_{bit}^k = el tiempo, en milisegundos, correspondiente al número de bits recibidos después del último bit del bit correspondiente a los datos de tiempo, es decir, el último bit de la última subtrama recibida que contenía los datos de tiempo,

15 N_{ms}^k = el tiempo, el milisegundo, transcurrido desde la recepción del último bit recibido,

N_{segmento}^k = el número (de 0 a 1.022) de segmentos completos recibidos después del cambio de la última época,

20 $\Delta segmento^k$ = la fase de código medida en el momento de determinación de la posición, y

$k =$ el índice del satélite.

25 La Fig. 3 adjunta ilustra esta fórmula, y sus diferentes términos, usados para la estimación del momento de transmisión de una señal recibida en un momento de determinación de la posición. Es evidente que la Fig. 3 está simplificada con respecto a una situación real, ya que, por ejemplo, una secuencia de código comprende 1.023 segmentos, con lo que no es razonable ilustrarlos de forma precisa. El momento de determinación de la posición se ilustra mediante una línea de puntos y rayas que está indicada con la referencia SM.

30 Es importante calcular el tiempo de transmisión de la señal recibida para cada señal a monitorizar, ya que el tiempo de referencia local del receptor, formado con el oscilador local del receptor, se acopla al tiempo GPS basándose en estos valores. Además, los diferentes tiempos de propagación de las señales recibidas desde satélites diferentes se pueden deducir a partir de estos valores medidos, ya que cada satélite transmite el mismo segmento sustancialmente en el mismo momento. Aunque puede haber ligeras diferencias en las temporizaciones de los diferentes satélites, las mismas son monitorizadas, y en el mensaje de navegación GPS se transmite información de errores, tal como ya se ha mencionado anteriormente.

40 En unas buenas condiciones de recepción y cuando se usa una constelación de satélites ventajosa, la posición del usuario y el error de tiempo se pueden resolver de forma muy precisa. La expresión buena constelación de satélites significa que los satélites a usar para la determinación de la posición se seleccionan de tal manera que, vistos desde el receptor, los mismos están ubicados en direcciones claramente diferentes, es decir, los ángulos sólidos con los que las señales transmitidas desde satélites diferentes entran en el receptor son claramente diferentes entre sí.

45 No obstante, obligatoriamente, en una situación en la que la señal recibida sea débil, no se puede utilizar la información recibida contenida en el mensaje de navegación. De este modo, las únicas mediciones utilizables a realizar para la señal de la frecuencia portadora son el número de segmentos y la fase de código. No obstante, si el receptor no dispone de datos de Efemérides correctos y no tiene ningún cronómetro de referencia disponible, la posición no se puede calcular simplemente basándose en el número de los segmentos y la fase de código. Además, los datos de Efemérides antiguos no proporcionan una posición suficientemente precisa para los satélites, con lo que la precisión de la determinación de la posición empeora. En el peor de los casos, el receptor no dispone de datos de navegación disponibles, lo cual significa que no se puede realizar el cálculo de los tiempos de transmisión de la señal según la fórmula (1) y la determinación de la posición fallará. De una manera correspondiente, la carencia de un cronómetro de referencia hará que resulte imposible, con los métodos de la técnica anterior, la estimación del tiempo GPS, incluso aunque hubiera datos de Efemérides disponibles. Esto significa que los datos de Efemérides se deben recuperar de otra fuente que no sea una señal recibida transmitida desde satélites, para realizar la determinación de la posición.

50 El documento WO 99/19743 da a conocer un receptor GPS ubicado en una estación base de una red telefónica celular. El receptor determina la ubicación de la estación base y obtiene efemérides GPS y, si estuviera disponible, información de temporización. Un servidor usa la información obtenida para calcular información auxiliar para ser usada por un receptor GPS. La estación base transmite la información auxiliar al receptor GPS que está ubicado dentro de un teléfono celular que funciona dentro del área de servicio de la estación base. El receptor GPS del teléfono celular usa la información auxiliar para buscar las posiciones de desplazamiento de código de todos los códigos apropiados dentro de las señales provenientes de los satélites GPS. Las pseudodistancias indicativas de la ubicación geográfica del teléfono celular se calculan a partir de las posiciones de desplazamiento de código. El teléfono celular transmite las pseudodistancias hacia la red telefónica celular y la red telefónica celular calcula la ubicación geográfica del teléfono celular. Alternativamente, el teléfono celular determina su ubicación geográfica y transmite información de ubicación hacia la red telefónica celular.

ES 2 312 330 T3

- La patente US nº 5.760.737 da a conocer un sistema de navegación que incorpora un método para detectar fallos y determinar un límite de precisión o error. El sistema tiene un receptor para recibir señales de varios transmisores remotos y un procesador para determinar una solución posicional a partir de las señales. El procesador utiliza técnicas de filtrado de Kalman, determina varias subsoluciones posicionales a partir de subconjuntos de las señales, y calcula parámetros de separación de soluciones basados en la covarianza fundamentándose en diferencias estadísticas del peor caso entre la solución posicional y las subsoluciones. El procesador calcula además parámetros de error que definen errores estadísticos del peor caso en cada subsolución posicional. Con la separación de soluciones y los parámetros de error de las subsoluciones, el procesador determina un límite de error para la solución posicional.
- Uno de los objetivos de la presente invención es proporcionar un método mejorado para determinar la posición de un receptor también cuando la intensidad de la señal sea tan débil que no se pueda recibir información de navegación. Es también un objetivo de la invención proporcionar un receptor de determinación de la posición. La invención se basa en la idea de que para la determinación de la posición se usa una red de comunicaciones, tal como una red de comunicaciones móviles con la que se comunica el receptor de determinación de la posición. De este modo, puede tenerse en cuenta que el receptor de determinación de la posición se encuentre en la proximidad de un cierto punto de acceso, tal como una estación base. Además, la ubicación de esta estación base es conocida. De este modo, esta estación base se puede usar para transmitir información que sea necesaria en la determinación de la posición hacia el receptor de determinación de la posición. El método según la presente invención está caracterizado por los aspectos que se presentarán en la parte caracterizadora de la reivindicación adjunta 1. El aparato de determinación de la posición según la presente invención está caracterizado por los aspectos que se presentarán en la parte caracterizadora de la reivindicación adjunta 14. El dispositivo electrónico según la presente invención está caracterizado por los aspectos que se presentarán en la parte caracterizadora de la reivindicación adjunta 26.
- La presente invención se puede usar para lograr ventajas significativas en comparación con métodos y dispositivos de determinación de la posición de la técnica anterior. Al aplicar el método de la invención, también se pueden realizar determinaciones de posición cuando no se pueda recibir correctamente o en absoluto información de navegación. Además, en un método según una forma de realización preferida de la invención, se puede detectar el efecto de posibles errores de redondeo sobre la determinación de la posición y el mismo se puede corregir para que se corresponda con la determinación de la posición.
- En el método según una de las formas de realización preferidas de la invención, los algoritmos requeridos en la determinación de la posición se ejecutan principalmente en un servidor de cálculo que se comunica con una red de comunicaciones, en el que el cálculo se puede realizar de una forma considerablemente más rápida que en soluciones de la técnica anterior.
- Además, una implementación basada en redes según una de las formas de realización preferidas de la invención tiene todavía ventajas adicionales con respecto a un receptor ayudado por redes. Cuando el cálculo de determinación de la posición se realiza en una red de comunicaciones en lugar del receptor, no es necesario que la red de comunicaciones transmita ningún dato auxiliar para ser usado en la determinación de la posición, tal como datos de Efemérides, hacia el receptor. De este modo, la necesidad reducida de transmisión de datos reducirá también la carga sobre la red de comunicaciones.
- En algunas situaciones, la primera determinación de la posición (TTFF, tiempo hasta el primer punto de posición), por ejemplo, después de la activación de un receptor de determinación de la posición, puede ser más rápida en una implementación basada en redes que en una implementación ayudada por redes, ya que en la implementación basada en redes, el receptor de determinación de la posición únicamente necesita transmitir las mediciones de los segmentos y la fase de código hacia el servidor de cálculo. La transmisión de estas mediciones requiere un número considerablemente menor de bits que la transmisión de datos auxiliares desde la red de comunicaciones hacia el receptor de determinación de la posición. En particular, si la red de comunicaciones tiene una carga considerable, la determinación de la posición del método ayudado por redes se puede retardar cuando los datos auxiliares se retarden en la red. En cambio, en la implementación basada en redes, la determinación de la posición se puede calcular de forma sustancialmente inmediata después de que el servidor haya recibido las mediciones de segmentos y de fase de código desde el receptor de determinación de la posición. Esto resulta sustancialmente ventajoso. Particularmente en situaciones de emergencia, la ubicación calculada del receptor se conoce de forma sustancialmente inmediata y no se debe esperar por ella proveniente del receptor de determinación de la posición.
- Además, la implementación basada en redes tiene la ventaja de que siempre es posible usar los datos de Efemérides más recientes y posiblemente incluso correcciones de DGPS.
- A continuación se describirá más detalladamente la invención en referencia a los dibujos adjuntos, en los que la Fig. 1a ilustra, en una vista básica simplificada, la determinación de la posición en una red de comunicaciones por medio de una señal transmitida por cuatro satélites y un receptor de referencia,
- la Fig. 1b ilustra, en una vista básica simplificada, la determinación de la posición en un receptor de determinación de la posición por medio de una señal transmitida por cuatro satélites y un receptor de referencia,
- la Fig. 2 muestra un ejemplo de una estructura de trama usada en el sistema GPS,

ES 2 312 330 T3

la Fig. 3 ilustra la fórmula de la técnica anterior, y sus diferentes términos, usados para la estimación del momento de transmisión de una señal recibida en el momento de determinación de la posición,

la Fig. 4 muestra la distancia entre un satélite y un receptor de determinación de la posición y una estación base en el plano del tiempo, y

la Fig. 5 muestra, en un diagrama de bloques simplificado, un receptor en el que se puede aplicar el método según la invención.

En un receptor de determinación de la posición MS de la Fig. 5, una señal que será recibida a través de una primera antena 1 se convierte preferentemente a una frecuencia intermedia o directamente a una frecuencia de banda base en los bloques conversores 2a a 2d. El receptor MS de la Fig. 5 comprende cuatro canales receptores, presentando cada uno de ellos un bloque conversor independiente 2a a 2d, aunque es evidente que puede haber un número diferente de canales a los presentados en este caso. La señal, convertida a la frecuencia intermedia o la frecuencia de banda base en los bloques conversores 2a a 2d, comprende dos componentes, conocidos como tales: los componentes I y Q que tienen una diferencia de fase de 90 grados. Estos componentes de señal analógicos, convertidos a la frecuencia intermedia, son digitalizados. En la digitalización, se toma por lo menos una muestra de cada segmento en los componentes de señal; es decir, en el sistema GPS, se toman por lo menos 1.023.000 muestras en un segundo. Además, los componentes I y Q de la señal digitalizada se multiplican por la señal formada por un primer oscilador controlado numéricamente 5 (NCO). Esta señal del primer oscilador controlado numéricamente 5 está destinada a corregir una desviación de frecuencia debida al efecto Doppler o un error de frecuencia en el oscilador local del receptor (no mostrado). Las señales generadas en los bloques conversores 2a a 2d se indican en la Fig. 5 con referencias Q(a),I(a) a Q(d),I(d) y son llevadas preferentemente a una unidad 3 de procesado de señales digitales. En el bloques 16 se generan también códigos de referencia ref(k) correspondientes a los códigos usados en la modulación por código de los satélites a recibir cada vez. El receptor MS tiende a usar, por ejemplo, este código de referencia ref(k) para averiguar la fase de código y la desviación de frecuencia de la señal del satélite a recibir en cada canal receptor, para su uso en operaciones después de la sincronización.

Un bloque de control 7 se usa para controlar, por ejemplo, un detector 9 de fase de código, por medio del cual se ajusta, cuando sea necesario, la frecuencia del oscilador controlado numéricamente 5. La sincronización no se expone más detalladamente en esta descripción, sino que es técnica anterior conocida como tal. Después de que el canal receptor se haya sincronizado con la señal de cualquier satélite SV1, SV2, SV3, SV4, es posible iniciar la detección y se puede iniciar el almacenamiento de la información de navegación transmitida en la señal, cuando sea necesario. La unidad 3 de procesado de señales digitales almacena la información de navegación preferentemente en una memoria 4. En el método según una primera forma de realización preferida de la presente invención, no es necesario que esta información de navegación sea detectada y almacenada, sino que el receptor de determinación de la posición MS debe determinar la fase de los segmentos y del código de las señales recibidas desde los satélites.

El receptor de determinación de la posición MS comprende además medios para realizar las operaciones de una estación móvil, tales como una segunda antena 10, una parte de radiocomunicaciones 11, medios de audio, tales como un códec 14a, un altavoz 14b, y un micrófono 14c, una pantalla 12 y un teclado 13.

La determinación de la fase de los segmentos y el código se realiza preferentemente de forma sustancialmente simultánea para todos los canales receptores, en los que el momento de recepción de una señal es sustancialmente el mismo en cada canal receptor. El receptor de determinación de la posición MS transmite la información determinada de la fase de los segmentos y el código de los satélites a través de la estación base BS hacia la red de comunicaciones preferentemente o bien después de la determinación, cuando el servidor de cálculo solicita información de fase de los segmentos y del código, o bien al producirse una iniciación por una orden de determinación de la posición o similar, introducida por el usuario.

Cuando se desea realizar una determinación de la posición, se examina preferentemente en el servidor de cálculo S si la información de navegación necesaria está disponible en el servidor de cálculo S. Si no hay información de navegación o la misma es insuficiente, el servidor de cálculo S preferentemente examina qué información de navegación requerida no está disponible en el servidor de cálculo S en ese momento.

Si la información que falta es información de segmentos y de fase del código del receptor de determinación de la posición MS, el servidor de cálculo S solicita al receptor de determinación de la posición MS que transmita la información de segmentos y de fase del código. Esto se puede realizar, por ejemplo, de tal manera que el servidor de cálculo S transmite una solicitud a la red de comunicaciones, por ejemplo, a través de un centro de comutación móvil MSC hacia la estación base, que transmite la solicitud adicionalmente hacia el receptor de determinación de la posición MS.

Si la información que falta es datos de Efemérides sobre los satélites u otra información relacionada con la ubicación y/o el tiempo de los satélites, el servidor de cálculo S solicita a la red de comunicaciones que transmita la información que falta. Esta información se puede transmitir, por ejemplo, desde un centro de control para el sistema de determinación de la posición por satélites (no mostrado).

ES 2 312 330 T3

5 Cuando hay suficiente información de navegación disponible en el servidor de cálculo S, el momento de transmisión de las señales recibidas se calcula preferentemente basándose en la fórmula 1. No obstante, si no se ha recibido la suficiente información de navegación, en el método según una de las formas de realización preferidas de la invención, el momento de transmisión de las señales recibidas se determina basándose en el número N_{segmento}^k y la fase de código $\Delta \text{segmento}^k$ de segmentos recibidos después del cambio de la fase de código de la señal recibida, así como la información de navegación en el servidor de cálculo S.

En principio, la posición se puede calcular por varios métodos diferentes, aunque en este caso únicamente se presenta un método: el método de los mínimos cuadrados (LMS). En aras de una mayor simplicidad, en este contexto 10 se omiten algunas operaciones básicas, tales como la eliminación de la desviación del reloj del satélite SV1, SV2, SV3, SV4, la corrección ionosférica, etcétera. Además, se supone que en el receptor no hay disponibles datos previos de determinación de la posición y que todas las mediciones se realizan en el mismo momento, es decir, el muestreo se realiza de forma paralela en el mismo momento sobre cada canal receptor. Las señales recibidas se almacenan en una memoria, en la que su procesado posterior se puede realizar en tiempos diferentes.

15 A continuación, en referencia a las Figuras 1a, 3 y 4 se describirá el funcionamiento del método según una primera forma de realización preferida de la invención. En esta fase, se supone que un reloj de referencia 15 es relativamente preciso y estable en cuanto a frecuencia. Este reloj de referencia está formado, por ejemplo, por el reloj de tiempo real (RTC) del receptor MS, o también puede estar formado por un reloj externo (no mostrado), o los datos de tiempo se 20 pueden obtener a partir de una red externa, tal como la red de comunicaciones móviles.

Según la fórmula (1), la determinación del tiempo de transmisión ToT comprende cinco elementos, de entre los cuales solamente se pueden determinar los dos últimos, es decir, el número N_{segmento}^k y la fase de código $\Delta \text{segmento}^k$ de los segmentos recibidos después del cambio de la fase de código, en una situación en la que la intensidad de la señal a 25 recibir sea baja. Estos dos parámetros solamente se pueden usar para medir diferencias al nivel de los segmentos (< 1 ms) en señales de satélites diferentes SV1, SV2, SV3, SV4, ya que el mismo código se repite a intervalos de una fase de código ($= 1$ ms). Como la distancia entre cada satélite y el receptor puede variar hasta un nivel significativo, los tiempos de propagación de señales recibidas desde satélites diferentes pueden diferir considerablemente, incluso en más de 10 ms. De este modo, la determinación de diferencias al nivel de los segmentos no es suficiente. Un milisegundo en el 30 tiempo significa una distancia de aproximadamente 300 km propagándose la señal sustancialmente a la velocidad de la luz. De forma correspondiente, un segmento (aproximadamente $1 \mu\text{s} = 1 \text{ ms}/1.023$) significa aproximadamente 300 metros.

En una situación de este tipo, las diferencias en milisegundos sobre los diferentes canales receptores se deben 35 determinar basándose en las distancias en los satélites SV1, SV2, SV3, SV4 y el receptor MS. No obstante, en un caso general, la posición estimada del receptor MS no es necesariamente conocida. En cambio, en el sistema de las Figs. 1a y 1b, la posición del receptor MS se puede estimar por medio de la posición de un punto de referencia seleccionado, tal como una estación base BS. De este modo, desde la estación base BS hacia el servidor de cálculo S se pueden transmitir información sobre la posición del punto de referencia, los datos de Efemérides de los satélites SV1, SV2, 40 SV3, SV4, y datos de tiempo. En el sistema de comunicaciones móviles GSM, la distancia entre una estación móvil y la estación base con la que se comunica la estación móvil cada vez, no es normalmente mayor que aproximadamente 30 km. De este modo, se puede suponer que el receptor MS está dentro de este radio de 30 km con respecto a la ubicación de la estación base BS. De este modo, el tiempo de propagación de la señal transmitida por un satélite hacia la estación base (indicada con la referencia D1 en la Fig. 4) y el tiempo de propagación desde el satélite al receptor 45 de determinación de la posición (indicada con la referencia D2 en la Fig. 4) difieren en una cantidad no mayor que aproximadamente $100 \mu\text{s}$. Además, la distancia entre el receptor de determinación de la posición MS y la estación base BS, a la vista de los tiempos de propagación, no cambia significativamente dentro del alcance de la estación base BS, en donde se puede suponer que existe una diferencia menor que un milisegundo en los momentos de recepción 50 de la señal del mismo satélite en el receptor de determinación de la posición y en la estación base BS. Esta situación se ilustra en la Fig. 4 adjunta. De este modo, la distancia se puede calcular con una precisión de un milisegundo de la siguiente manera:

$$55 \quad \hat{N}_{\text{ms}}^k = \left\lfloor \frac{\|\bar{x}_{\text{sv}}^k - \hat{x}_u\|}{c} \right\rfloor \times 1.000 \text{ms} \quad (2)$$

60 en la que el símbolo $\lfloor \cdot \rfloor$ indica redondeo al entero más próximo, y la línea por encima de la variable indica que se trata de un vector. De este modo, se obtiene el mismo resultado considerando tanto la estación base BS como el receptor de determinación de la posición MS. Desde la estación base BS hacia el servidor de cálculo S se transmite una estimación del tiempo GPS \hat{T}_{GPS} . Si los datos de este tiempo GPS son muy precisos, también es posible calcular la posición de los satélites con mucha precisión, en donde los errores en la determinación de la posición pueden venir provocados 65 principalmente por la distancia entre el receptor de determinación de la posición MS y la estación base BS, la cual no es conocida necesariamente.

ES 2 312 330 T3

Después de que se haya realizado un cálculo en milisegundos de la distancia \hat{N}_{ms}^k según la Fórmula 2 para todos los canales receptores, se pueden estimar los momentos de transmisión de las señales basándose en la siguiente fórmula.

$$5 \quad \hat{T}_{ToT}^k = T_{GPS} - \hat{N}_{ms}^k - N_{segmento}^k - \Delta segmento^k \quad (3)$$

10 Como tiempo de referencia se puede seleccionar el valor medido del momento de transmisión de la señal desde cualquier satélite. Después de esto, se puede estimar el tiempo del satélite en el momento de la recepción de la señal, es decir, el tiempo GPS, \hat{T}_{GPS} , añadiendo un retardo de transmisión estimado, es decir, el tiempo de propagación de la señal desde el satélite hacia el receptor, al tiempo de transmisión ToT obtenido sobre la base de la medición seleccionada como tiempo de referencia. Una estimación usada normalmente para el retardo de transmisión es
15 70 ms.

$$20 \quad \hat{T}_{GPS} = \hat{T}_{ToT}^k + 0,070 \quad (4)$$

Después de la determinación preliminar del tiempo GPS, se pueden determinar las pseudodistancias medidas reduciendo los momentos calculados de transmisión de la señal a partir de la estimación del tiempo GPS y multiplicando el resultado por la velocidad de la luz de la siguiente manera:

$$25 \quad \rho_m^k = (\hat{T}_{GPS} - \hat{T}_{ToT}^k) c \quad (5)$$

30 en la que c indica la velocidad de la luz en el vacío, el superíndice k indica el satélite a partir de cuya señal de obtiene el valor medido (por ejemplo, 1 a 4), y el subíndice m indica que la pseudodistancia en cuestión ha sido medida, no estimada.

35 Las pseudodistancias estimadas se calculan con respecto a la posición $\bar{\hat{x}}_k$ del receptor del usuario así como con respecto a las posiciones $\bar{x}_{SV}^k(\hat{T}_{GPS})$ de los satélites en el momento estimado de transmisión ToT. Como posición por defecto del usuario se selecciona la posición de la estación base BS con la que se comunica la estación móvil en ese momento. Las posiciones de los satélites se calculan en función del tiempo por medio de ecuaciones conocidas como tales. En este contexto, en aras de una mayor simplicidad, estas pseudodistancias estimadas se presentan con la siguiente fórmula:

$$45 \quad \rho_p^k = f(\hat{T}_{GPS}, \bar{\hat{x}}_k) \quad (6)$$

50 para indicar que las pseudodistancias estimadas se basan únicamente en el tiempo GPS estimado y la posición estimada del usuario. En la fórmula (6), el término f indica una función (fuertemente) no lineal, el subíndice p indica que se trata de una estimación en cuestión, y $\bar{\hat{x}}_k$ es la posición estimada del usuario, en la que la línea por encima de la variable indica que se trata de un vector.

55 La posición $\bar{\hat{x}}_u$ del usuario así como la diferencia entre el tiempo GPS estimado y el tiempo GPS real se pueden calcular, por ejemplo, por el método de los mínimos cuadrados mediante iteración. Este método es conocido como tal. En el método de los mínimos cuadrados, se resuelve el siguiente conjunto de ecuaciones:

$$60 \quad \rho_m^k = \left\| \bar{x}_{SV}^k - \bar{\hat{x}}_u \right\| + ct_u, k = 1 \dots M \quad (7)$$

La finalidad es hallar unos datos de posición $\bar{\hat{x}}_u$ y un error de tiempo t_u que sean los más adecuados para el número M de mediciones. La solución de este conjunto de ecuaciones es de por sí lineal:

$$65 \quad \begin{bmatrix} \Delta \bar{\hat{x}}_u \\ \Delta t_u \end{bmatrix} = (H^T H)^{-1} H^T \Delta \rho \quad (8)$$

ES 2 312 330 T3

en la que

$$5 \quad \Delta\bar{\rho} = \bar{\rho}_m^k - \bar{\rho}_p^k, \quad k = 1 \dots M \quad (9)$$

10 $\Delta\bar{x}_u$ es un vector de corrección de la posición,

Δt_u es la corrección de errores de tiempo, y

15 H es la matriz Jacobiana linealizada de pseudodistancias estimadas en el punto \bar{x}_u .

La solución proporcionada por el método de los mínimos cuadrados es óptima considerando la suma de errores cuadráticos (SSE). Esta suma de errores cuadráticos se puede estimar con la fórmula:

$$20 \quad SSE \equiv \left(\Delta\bar{\rho} - H \begin{bmatrix} \Delta\bar{x}_u \\ \Delta t_u \end{bmatrix} \right)^T \left(\Delta\bar{\rho} - H \begin{bmatrix} \Delta\bar{x}_u \\ \Delta t_u \end{bmatrix} \right) \quad (10)$$

Reordenando los términos y usando expresiones ligeramente diferentes para los términos, la fórmula (7) se puede escribir de la manera siguiente:

$$25 \quad \rho_m^k(T_{GPS}) = \left\| \bar{x}_{SV}^k(\hat{T}_{GPS}) - \bar{x}_u \right\| + ct_u, \quad k = 1 \dots M \quad (11)$$

30 Los paréntesis indican que el término se basa en el parámetro representado en los paréntesis. Usando una presentación de este tipo, puede verse claramente que las pseudodistancias medidas son funciones del tiempo GPS verdadero, siendo el resto funciones de tiempo GPS estimado. De este modo, es posible calcular la diferencia de tiempo entre el tiempo GPS estimado y el tiempo GPS verdadero basándose en las mediciones, y de este modo también es posible sincronizar el receptor con el tiempo GPS real. El error de tiempo del receptor se puede presentar en este caso como 35 una diferencia de tiempo según la siguiente fórmula:

$$40 \quad \Delta t_u \cong \Delta T = T_{GPS} - \hat{T}_{GPS} \quad (12)$$

en la que Δt_u es el error cronométrico estimado (o calculado) y ΔT es el error cronométrico real entre el tiempo estimado \hat{T}_{GPS} y el tiempo GPS verdadero T_{GPS} .

45 A continuación, esta diferencia de tiempo se puede utilizar en el servidor de cálculo S para corregir el tiempo GPS estimado, después de lo cual es posible volver a calcular las posiciones de los satélites para obtener una mejor determinación de la posición particularmente en una situación en la que la diferencia de tiempo calculada fuera significativamente grande.

50 En algunos casos, el cálculo de la distancia, según se ha presentado en la anterior fórmula 2, puede provocar errores de redondeo. Por ejemplo, si la distancia calculada en milisegundos antes del redondeo es cercana al siguiente entero y el receptor MS está cercano a la estación base BS, esto puede dar como resultado un error de casi un milisegundo. Esto puede provocar un error de hasta 300 km en el cálculo de la distancia entre el receptor y el satélite, lo cual distorsionará la determinación de la posición del receptor a un nivel significativo. En algunos casos, este error se puede detectar en 55 los datos de altura calculados para la posición del receptor, que indican que el receptor se encuentra a una altura de decenas de kilómetros o hundido en la tierra. De este modo, el error se puede detectar fácilmente. No obstante, esto no es siempre así. El método según una de las formas de realización preferidas de la invención utiliza la información de que el receptor MS está próximo a la estación base BS cuya posición se conoce con una precisión suficiente. De este modo, es posible fijar los límites dentro de los cuales deberían estar los datos de posición a calcular para el receptor MS. En la dirección de la superficie de la tierra, este límite es, por ejemplo, un círculo con su centro en la estación 60 base y que tiene un radio de aproximadamente 30 km. De una manera correspondiente, se pueden fijar valores límite adecuados en la dirección de la altura. Si el cálculo produce datos de posición para el receptor MS que se encuentra fuera de dichos límites, se puede considerar que se ha provocado un error mediante el redondeo. Después de esto, en el servidor de cálculo S se determina en qué satélite/satélites se ha producido este error. Esto se puede realizar 65 examinando los restos de los valores calculados con la fórmula 2.

Este método se puede usar para detectar rápidamente posibles errores provocados por el redondeo y para realizar las operaciones de corrección necesarias. Otro método para detectar errores de redondeo es el examen de valores

ES 2 312 330 T3

de error calculados con la fórmula 9, y si cualquier valor es claramente diferente con respecto a los otros valores (significativamente mayor), probablemente se ha producido un error por redondeo en el cálculo de la distancia del satélite correspondiente al valor.

5 Despues de esto, la información de determinación de la posición se puede transmitir al receptor de determinación de la posición MS, en el que se puede visualizar la posición para el usuario. Por ejemplo, en el caso de una llamada de emergencia, la información de determinación de la posición está disponible de forma sustancialmente inmediata en la red de comunicaciones, por ejemplo, en el centro de conmutación móvil MSC, incluso aunque esta información no se transmitiera al receptor de determinación de la posición. Esto acelerará el envío de ayuda hacia la ubicación correcta.

10 Por consiguiente, una idea básica de la determinación de la posición basada en redes es implementar todo el cálculo complejo en servidor de cálculo S ó un dispositivo correspondiente ubicado en una red de comunicaciones. De este modo, la función del receptor MS es principalmente medir las señales de los satélites y en algunos casos preprocesarlas. Despues de esto, el receptor MS transmite las señales hacia el servidor de cálculo S para calcular la 15 posición real.

20 En la determinación de la posición basada en redes, el receptor MS comprende, como mínimo, solamente el equipo requerido para captar las mediciones de segmentos y de fase del código y para transmitirlas a través de la red hacia el servidor. En este caso, el receptor MS no requiere necesariamente ni siquiera datos de tiempo.

25 En un método de acuerdo con una segunda forma de realización preferida de la invención, el cálculo requerido en la determinación de la posición se realiza en el receptor de determinación de la posición MS. De este modo, las diferencias más sustanciales con el método según la primera forma de realización preferida de la invención son que, por ejemplo, los datos de tiempo GPS y los datos de Efemérides se transmiten hacia el receptor de determinación de la 30 posición MS en lugar del servidor de cálculo S.

35 Despues de que el canal receptor del receptor de determinación de la posición MS se haya sincronizado con la señal de un satélite SV1, SV2, SV3, SV4, es posible iniciar la detección y se puede iniciar el almacenamiento de la información de navegación transmitida en la señal, cuando sea necesario. La unidad 3 de procesado de señales digitales 40 almacena la información de navegación preferentemente en una memoria 4.

45 La detección y el almacenamiento se realizan preferentemente de forma sustancialmente simultánea para todos los canales receptores, en los que el momento de recepción de la señal recibida es sustancialmente el mismo en cada canal receptor. Cuando se desea realizar una determinación de la posición, se examina preferentemente en la 50 unidad 3 de procesado de señales digitales, si se ha recibido la información de navegación necesaria. Si hay una información de navegación suficiente almacenada en la memoria 5, el momento de la transmisión de las señales recibidas se calcula preferentemente basándose en la fórmula 1. No obstante, si no se ha recibido suficiente información de navegación, en el método de acuerdo con esta segunda forma de realización preferida de la invención, el momento de transmisión de las señales recibidas se determina basándose en el número $N_{segmento}^k$ y la fase de código $\Delta_{segmento}^k$ 55 de los segmentos recibidos después del cambio de la fase de código de la señal recibida, así como la información de navegación transmitida a través de la estación base y recibida en el receptor de determinación de la posición MS, tal como se ha descrito anteriormente en relación con la descripción de la primera forma de realización preferida del método según la invención.

60 Anteriormente se ha supuesto que el cronómetro de referencia a usar en el receptor MS es preciso. No obstante, en aplicaciones prácticas, la precisión del reloj de tiempo real RTC del receptor puede variar. De una manera correspondiente, los datos de tiempo a transmitir desde la estación base BS de la red de comunicaciones móvil y a recibir en el receptor MS se pueden retardar a un nivel significativo. No obstante, este retardo no es conocido para el receptor y, por otra parte, el retardo puede variar en tiempos diferentes de transmisión de los datos de tiempo. Además, si el receptor no es capaz de decodificar la información transmitida en el mensaje de navegación, el receptor no puede obtener información sobre el tiempo GPS. Una estimación incorrecta del tiempo GPS puede provocar incluso errores significativos en la determinación de la posición. En una solicitud de patente paralela del solicitante, que se incorpora al presente documento a título de referencia, se describen más detalladamente efectos y la eliminación de los datos de tiempo GPS.

65 En el ejemplo descrito anteriormente, como punto de referencia se usó una estación base BS; no obstante, es evidente que como punto de referencia también se puede seleccionar otro punto cuya ubicación sea conocida con cierta precisión. De este modo, este punto de referencia se usa como posición por defecto para el receptor en la determinación de la posición.

70 La invención también se puede aplicar en un sistema tal que utilice, por ejemplo, un sistema de comunicaciones móviles además de la determinación de la posición por medio de satélites. De este modo, es posible usar tres o más estaciones base BS, BS', BS'' de un sistema de comunicaciones móviles, cuyas ubicaciones sean conocidas, para determinar la posición de un receptor MS con una precisión que típicamente es algo peor que la determinación de posición GPS, usando funciones de medición del tiempo de propagación del sistema de comunicaciones móviles para determinar el tiempo de propagación de una señal desde la estación base al receptor. Por medio de las mediciones del tiempo de propagación, es posible determinar la distancia del receptor MS con respecto a las diferentes estaciones base a tiempo, con lo que se puede determinar la posición de la estación móvil MS.

ES 2 312 330 T3

Otra alternativa es determinar los ángulos de llegada (AOA) α , α' , α'' de la señal desde la estación móvil MS a dos o más estaciones base BS, BS', BS'' y transmitir esta información sobre los ángulos determinados de llegada de la señal hacia el receptor MS. De este modo, se puede determinar la orientación del receptor MS a la vista de por lo menos dos estaciones base BS, BS', BS'' basándose en estos ángulos de llegada de la señal, en donde dicho punto de referencia a seleccionar puede ser la ubicación del receptor según se ha calculado basándose en dichas orientaciones.

Todavía otra alternativa es, por ejemplo, determinar tanto el tiempo de propagación como el ángulo de llegada α , α' , α'' de la señal desde la estación móvil a por lo menos una estación base BS, BS', BS'' y transmitir estos datos determinados de tiempo de propagación y el ángulo de llegada hacia un dispositivo de cálculo, tal como un servidor de cálculo S ó el receptor MS. De este modo, es posible determinar la orientación y la distancia d , d' , d'' de la estación móvil MS con respecto a por lo menos una estación base BS, BS', BS'' basándose en el tiempo de propagación y el ángulo de llegada de la señal, en donde dicho punto de referencia a seleccionar puede ser la ubicación del receptor según se ha calculado basándose en la distancia d , d' , d'' y el ángulo de llegada.

Esta disposición se puede utilizar, por ejemplo, cuando no es posible recibir una señal transmitida por satélites en el receptor MS, o la intensidad de la señal es tan baja que no se pueden realizar mediciones al nivel de los segmentos. De este modo, en una situación en la que nuevamente se puede usar la determinación de la posición por satélite, el punto de referencia a seleccionar puede ser, por ejemplo, la posición del receptor MS determinada basándose en dichas estaciones base.

Para realizar los cálculos presentados anteriormente, en el método según la primera forma de realización preferida de la invención, el software de aplicación del servidor de cálculo S está provisto de las órdenes de programa necesarias según una manera conocida de por sí.

El servidor de cálculo S puede estar dispuesto, por ejemplo, en conexión con un centro de conmutación móvil MSC, en los que la transmisión de datos entre la red de comunicaciones, en este caso una red de comunicaciones móviles, y el servidor de cálculo S se realiza a través del centro de conmutación móvil MSC. Es evidente que el servidor de cálculo S también se puede acoplar para comunicarse con la red de comunicaciones según una manera conocida de por sí.

En el método de acuerdo con la segunda forma de realización preferida de la invención, los cálculos antes presentados se realizan preferentemente en la unidad 3 de procesado de señales digitales y/o en el bloque de control 7. Con este fin, el software de aplicación está provisto de las órdenes de programa necesarias de una manera conocida de por sí. Los resultados de los cálculos, y los posibles resultados intermedios necesarios, se almacenan en una memoria 4, 8. Después de la determinación de la posición, la posición determinada del receptor de determinación de la posición se puede visualizar preferentemente en la pantalla 12, por ejemplo, en un formato de coordenadas. También se puede visualizar en la pantalla 12 información en forma de mapas sobre el área en el que está ubicado el receptor de determinación de la posición MS del usuario en ese momento. Esta información en forma de mapas se puede cargar, por ejemplo, a través de la red de comunicaciones móviles preferentemente de tal manera que los datos de la ubicación determinada se transmitan desde las funciones de la estación móvil del receptor de determinación de la posición MS hacia la estación base BS que los transmite adicionalmente para su procesado, por ejemplo, hacia un centro de conmutación móvil (no mostrado). Si fuera necesario, la red de comunicaciones móviles entra en contacto, a través, por ejemplo, de la red de Internet, con un servidor (no mostrado) que contiene información en forma de mapas del área en cuestión. Después de esto, la información en forma de mapas, se transmite a través de la red de comunicaciones móviles hacia la estación base BS y adicionalmente hacia el receptor de determinación de la posición MS.

Aunque la invención se ha descrito anteriormente en relación con un receptor de determinación de la posición MS, resulta evidente que la invención también se puede aplicar en dispositivos electrónicos de otros tipos, que tengan medios para determinar la posición del dispositivo electrónico. De este modo, estos medios para determinar la posición del dispositivo electrónico comprenden un receptor de determinación de la posición MS según una forma de realización preferida de la invención.

La invención se puede aplicar asimismo en relación con otras redes inalámbricas de transmisión de datos que no sean redes de comunicaciones móviles. De este modo, la ubicación de un punto conocido en la proximidad del receptor de determinación de la posición se puede recibir a través de la red inalámbrica de transmisión de datos.

Resulta evidente que la presente invención no está limitada únicamente a las formas de realización presentadas anteriormente, sino que se puede modificar dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Método para determinar la posición de un receptor (MS) en medios (S, MS) de determinación de la posición, en el que se recibe una señal modulada por código transmitida por satélites (SV1 a SV4) y formada por un código individual para cada satélite (SV1 a SV4), seleccionándose por lo menos un punto de referencia (BS), cuya posición es conocida, de manera que hacia los medios (S, MS) de determinación de la posición se transmite información sobre la posición de dicho por lo menos un punto de referencia y sobre datos de Efemérides sobre los satélites (SV1 a SV4), en los que por lo menos los datos de Efemérides sobre cada uno de los satélites (SV1 a SV4) a usar en la determinación de la posición y la ubicación de dicho por lo menos un punto de referencia se usan en la determinación de la posición del receptor, **caracterizado** porque en el método

- la posición de dicho punto de referencia (BS) se usa como posición por defecto del receptor (MS),
- se determinan unas primeras distancias (ρ_m^k) entre el satélite (SV1 a SV4) y dicho punto de referencia determinando el momento de transmisión (\hat{T}_{ToT}^k) de la señal recibida desde cada satélite usado en la determinación de la posición, y determinando tiempo estimado (\hat{T}_{GPS}) del satélite en el momento de recepción de la señal,
- se estiman unas segundas distancias (ρ_p^k) entre el satélite (SV1 a SV4) y dicho punto de referencia determinando la ubicación de cada satélite (SV1 a SV4) usado en la determinación de la posición en el momento de transmisión de la señal basándose en dichos datos de tiempo estimados (\hat{T}_{GPS}) y datos de Efemérides, y
- se calcula la posición (\bar{x}_u) del receptor (MS) así como la diferencia entre el tiempo estimado (\hat{T}_{GPS}) del satélite y el tiempo real (T_{GPS}) del satélite basándose en dichas primeras distancias (ρ_m^k) y dichas segundas distancias (ρ_p^k).

2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque en el método, las distancias se calculan en unidades de tiempo con una precisión predeterminada, en las que cuando el valor (\hat{N}_{ms}^k) calculado para la distancia está entre dos valores correspondientes a la precisión seleccionada, el valor (\hat{N}_{ms}^k) calculado para la distancia se redondea a uno de dichos valores correspondientes a la precisión.

3. Método según la reivindicación 2, **caracterizado** porque el código a usar en la modulación está formado por un conjunto de segmentos, en los que una señal modulada con dicho conjunto de segmentos constituye una secuencia de código sobre la que se realizan iteraciones en la modulación por código, de manera que en el receptor (MS) se usa un código de referencia (ref(k)) correspondiente al código individual de cada satélite para determinar un cambio en la secuencia de código y la fase ($\Delta segmento^k$) del código, en los que en el receptor (MS) se determinan el número ($N_{segmento}^k$) y la fase ($\Delta segmento^k$) del código de segmentos recibidos después del cambio en la secuencia de código que precede al momento de determinación de la posición, en donde el momento (\hat{T}_{ToT}^k) de transmisión de la señal se determina de la manera siguiente: $\hat{T}_{ToT}^k = T_{GPS} - \hat{N}_{ms}^k - N_{segmento}^k - \Delta segmento^k$.

4. Método según la reivindicación 2 ó 3, **caracterizado** porque la precisión a usar en la determinación de la distancia (\hat{N}_{ms}^k) entre cada satélite (SV1 a SV4) y dicho punto de referencia se selecciona de manera que sea 1 ms.

5. Método según la reivindicación 2, 3 ó 4, **caracterizado** porque en el método, por lo menos un valor límite (r, h) se fija como la distancia máxima entre el receptor (MS) y dicho punto de referencia (BS), en los que si la posición determinada para el receptor (MS) está más alejada que la distancia máxima con respecto al punto de referencia, se examina qué valor de distancia calculado (\hat{N}_{ms}^k) se ha redondeado para provocar que se supere la distancia máxima, en los que este valor de distancia se cambia redondeándolo al otro de dichos dos valores correspondientes a la precisión.

6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque dicho punto de referencia es una estación base (BS) de una red de comunicaciones móviles, y porque hacia los medios (S, MS) de determinación de la posición se transmiten información sobre la posición del punto de referencia y datos de Efemérides sobre los satélites (SV1 a SV4).

7. Método según la reivindicación 6, **caracterizado** porque en el método, se determina también el tiempo de propagación de la señal desde la estación móvil (MS) a tres o más estaciones base (BS, BS', BS''), y porque dichos datos del tiempo de propagación se transmiten hacia el receptor (MS) para determinar la distancia (d, d', d'') a tiempo hacia por lo menos tres estaciones base (BS, BS', BS''), en las que la posición del receptor calculada sobre la base de dichas distancias (d, d', d'') se selecciona como dicho punto de referencia.

8. Método según la reivindicación 6, **caracterizado** porque en el método, se determina también el ángulo de llegada ($\alpha, \alpha', \alpha''$) de la señal desde la estación móvil (MS) a dos o más estaciones base (BS, BS', BS''), y porque dichos datos del ángulo de llegada ($\alpha, \alpha', \alpha''$) se transmiten hacia los medios (S, MS) de determinación de la posición para determinar la orientación del receptor (MS) desde por lo menos tres estaciones base (BS, BS', BS''), en las que

ES 2 312 330 T3

la posición del receptor (MS) determinada sobre la base de dichas orientaciones se selecciona como dicho punto de referencia.

9. Método según la reivindicación 6, **caracterizado** porque en el método, se determinan también el tiempo de propagación y el ángulo de llegada ($\alpha, \alpha', \alpha''$) de la señal desde la estación móvil (MS) a por lo menos una estación base (BS, BS', BS''), y porque dicho tiempo de propagación de la señal y datos del ángulo de llegada ($\alpha, \alpha', \alpha''$) se transmiten hacia los medios (S, MS) de determinación de la posición para determinar la orientación y la distancia (d, d', d'') del receptor (MS) desde por lo menos una estación base (BS, BS', BS''), en la que la posición del receptor (MS) determinada sobre la base de dicha orientación y distancia (d, d', d'') se selecciona como dicho punto de referencia.

10. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque en la determinación de la posición, se usan las señales transmitidas desde por lo menos cuatro satélites (SV1 a SV4).

11. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** porque los satélites (SV1 a SV4) usados son satélites del sistema GPS.

12. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** porque los medios (S, MS) de determinación de la posición usados son un servidor de cálculo (S), en el que se establece una conexión de transmisión de datos entre el servidor de cálculo (S) y el receptor (MS).

13. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** porque los medios (S, MS) de determinación de la posición usados son el receptor (MS).

14. Aparato de determinación de la posición que comprende por lo menos unos medios (S, MS) de determinación de la posición para determinar la posición de un receptor (MS) que comprende unos medios (1, 2a a 2d) para recibir una señal modulada por código transmitida por satélites (SV1 a SV4), estando formada la señal modulada por código por un código individual para cada satélite (SV1 a SV4), comprendiendo además los medios (S, MS) de determinación de la posición unos medios (S, 10, 11) para recibir datos de posición sobre por lo menos un punto de referencia (BS) seleccionado cuya posición es conocida, unos medios (S, 10, 11) para recibir datos de Efemérides de los satélites (SV1 a SV4), y unos medios (S, 3) para determinar la posición del receptor basándose en por lo menos dichos datos de Efemérides y la posición de dicho por lo menos un punto de referencia (BS), **caracterizado** porque la posición por defecto del receptor (MS) usada en la determinación de la posición del receptor (MS) es la posición de dicho punto de referencia (BS), y porque el aparato de determinación de la posición comprende además:

- unos medios (3, 4) para determinar el momento de transmisión (\hat{T}_{ToT}^k) de las señales recibidas desde los satélites usados en la determinación de la posición, y
- unos medios (3, 10, 11) para determinar datos de tiempo estimados (\hat{T}_{GPS}) en el momento de la recepción de la señal,
- unos medios (3) para determinar primeras distancias (ρ_m^k) entre el satélite (SV1 a SV4) y dicho punto de referencia basándose en dicho momento de transmisión (\hat{T}_{ToT}^k) de la señal y datos del tiempo estimado (\hat{T}_{GPS}),
- unos medios (3) para estimar segundas distancias (ρ_p^k) entre el satélite (SV1 a SV4) y dicho punto de referencia determinando la posición de cada satélite (SV1 a SV4) usado en la determinación de la posición en el momento de transmisión de la señal basándose en dichos datos de tiempo estimados (\hat{T}_{GPS}) y datos de Efemérides, y
- unos medios (3) para calcular la posición (\bar{x}_u) del receptor (MS) así como la diferencia entre el tiempo estimado (\hat{T}_{GPS}) del satélite y el tiempo real (T_{GPS}) del satélite basándose en dichas primeras distancias (ρ_m^k) y segundas distancias (ρ_p^k).

15. Aparato de determinación de la posición según la reivindicación 14, **caracterizado** porque las distancias se calculan en unidades de tiempo con una precisión predeterminada, en el que cuando el valor (\hat{N}_{ms}^k) calculado para la distancia está entre dos valores correspondientes a la precisión seleccionada, el valor (\hat{N}_{ms}^k) calculado para la distancia se redondea a uno de dichos dos valores correspondientes a la precisión.

16. Aparato de determinación de la posición según la reivindicación 15, **caracterizado** porque el código usado en la modulación está formado por un conjunto de segmentos, en los que una secuencia de código está formada por una señal modulada con dicho conjunto de segmentos sobre la que se realizan iteraciones en la modulación por código, de manera que el receptor (MS) comprende unos medios (16) para formar un código de referencia, unos medios para determinar el número (N_{segmento}^k) y la fase ($\Delta_{\text{segmento}}^k$) del código de segmentos recibidos después de un cambio en la secuencia de código que precede al momento de determinación de la posición sobre la base de dicho código de referencia, en el que el número (N_{segmento}^k) y la fase ($\Delta_{\text{segmento}}^k$) del código de los segmentos recibidos después del

ES 2 312 330 T3

cambio de la fase de código que precede al momento de la determinación de la posición están dispuestos para ser determinados en el receptor (MS), en el que el momento (\hat{T}_{ToT}^k) de transmisión de la señal se determina de la manera siguiente: $\hat{T}_{\text{ToT}}^k = T_{\text{GPS}} - N_{\text{ms}}^k - N_{\text{segmento}}^k - \Delta\text{segmento}^k$.

5 17. Aparato de determinación de la posición según la reivindicación 15 ó 16, **caracterizado** porque la precisión a usar en la determinación de la distancia (\hat{N}_{ms}^k) entre cada satélite (SV1 a SV4) y dicho punto de referencia se selecciona de manera que sea 1 ms.

10 18. Aparato de determinación de la posición según la reivindicación 15, 16 ó 17, **caracterizado** porque en los medios (S, MS) de determinación de la posición se fija por lo menos un valor límite (r, h) como la distancia máxima entre el receptor (MS) y dicho punto de referencia (BS), en el que los medios (S, MS) de determinación de la posición comprenden unos medios (3, 7) para comparar la distancia determinada con dicho valor límite (r, h), unos medios (3, 7) para examinar qué valor de distancia calculado (\hat{N}_{ms}^k) se ha redondeado para provocar que se supere la distancia máxima, si la posición determinada para el receptor (MS) está más alejada que dicha distancia máxima con respecto al punto de referencia, en el que este valor de distancia está dispuesto para ser cambiado redondeándolo al otro de entre dichos dos valores correspondientes a la precisión.

20 19. Aparato de determinación de la posición según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 18, **caracterizado** porque dicho punto de referencia es una estación base (BS) de una red de comunicaciones móviles, y porque hacia los medios (S, MS) de determinación de la posición se transmiten información sobre la posición de dicho punto de referencia y datos de Efemérides sobre los satélites (SV1 a SV4).

25 20. Aparato de determinación de la posición según la reivindicación 19, **caracterizado** porque los medios (S, MS) de determinación de la posición comprenden además unos medios para recibir datos del tiempo de propagación, midiéndose dichos datos del tiempo de propagación para determinar las distancias (d, d', d'') a tiempo entre el receptor (MS) y por lo menos tres estaciones base (BS, BS', BS''), unos medios para determinar la posición del receptor (MS) basándose en dichos datos del tiempo de propagación, en el que dicho punto de referencia se selecciona de manera que sea la posición del receptor calculada sobre la base de dichas distancias (d, d', d'').

30 21. Aparato de determinación de la posición según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 20, **caracterizado** porque en la determinación de la posición, se usan las señales transmitidas por lo menos por cuatro satélites (SV1 a SV4).

35 22. Aparato de determinación de la posición según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 21, **caracterizado** porque las señales recibidas son señales transmitidas por satélites del sistema GPS.

37 23. Aparato de determinación de la posición según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 22, **caracterizado** porque comprende unos medios (10, 11, 12, 13, 14a, 14b, 14c) para realizar funciones de estación móvil.

40 24. Aparato de determinación de la posición según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 23, **caracterizado** porque es un servidor de cálculo (S), en el que una conexión de transmisión de datos está dispuesta para ser establecida entre el servidor de cálculo (S) y el receptor (MS).

45 25. Aparato de determinación de la posición según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 23, **caracterizado** porque los medios (S, MS) de determinación de la posición están dispuestos en el receptor (MS).

50 26. Aparato (MS) de determinación de la posición, que está dispuesto para ser usado en un sistema de determinación de la posición con unos medios de determinación de la posición, y comprendiendo además dicho dispositivo electrónico por lo menos unos medios (1, 2a a 2d) para recibir una señal modulada por código transmitida por satélites (SV1 a SV4), estando formada la señal modulada por código con un código individual para cada satélite (SV1 a SV4), unos medios (10, 11) para determinar el número (N_{segmento}^k) y la fase ($\Delta\text{segmento}^k$) del código de segmentos recibidos después de un cambio en la secuencia de código que precede al momento de determinación de la posición basándose en dicho código de referencia, y unos medios para transmitir los datos del número de segmentos y los datos de la fase del código hacia dichos medios de determinación de la posición, **caracterizado** porque la posición por defecto del dispositivo electrónico (MS) usada en la determinación de la posición del dispositivo electrónico (MS) es la posición de dicho punto de referencia (BS), y porque el dispositivo electrónico (MS) comprende además:

- unos medios (3, 4) para determinar el momento de transmisión (\hat{T}_{ToT}^k) de las señales recibidas desde los satélites usados en la determinación de la posición, y
- unos medios (3, 10, 11) para determinar datos de tiempo estimados (\hat{T}_{GPS}) en el momento de la recepción de la señal,
- unos medios (3) para determinar primeras distancias (ρ_m^k) entre el satélite (SV1 a SV4) y dicho punto de referencia basándose en dicho momento de transmisión (\hat{T}_{ToT}^k) de la señal y datos del tiempo estimado (\hat{T}_{GPS}),

ES 2 312 330 T3

- unos medios (3) para estimar segundas distancias (ρ_p^k) entre el satélite (SV1 a SV4) y dicho punto de referencia determinando la posición de cada satélite (SV1 a SV4) usado en la determinación de la posición en el momento de transmisión de la señal sobre la base de dichos datos de tiempo estimados (\hat{T}_{GPS}) y datos de Efemérides, y

5

- unos medios (3) para calcular la posición (\bar{x}_u) del receptor (MS) así como la diferencia entre el tiempo estimado (\hat{T}_{GPS}) del satélite y el tiempo real (T_{GPS}) del satélite basándose en dichas primeras distancias (ρ_m^k) y segundas distancias (ρ_p^k).

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

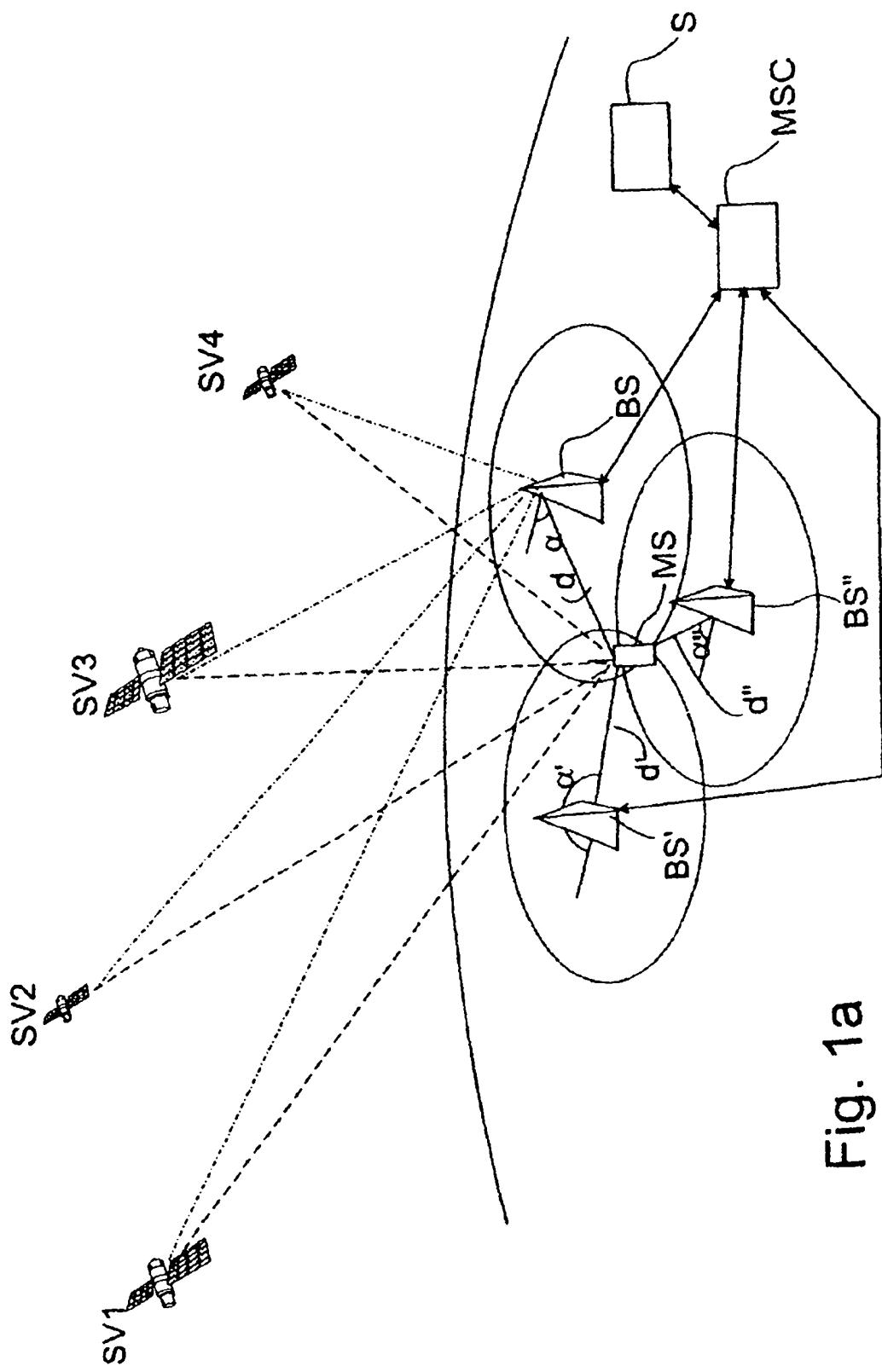


Fig. 1a

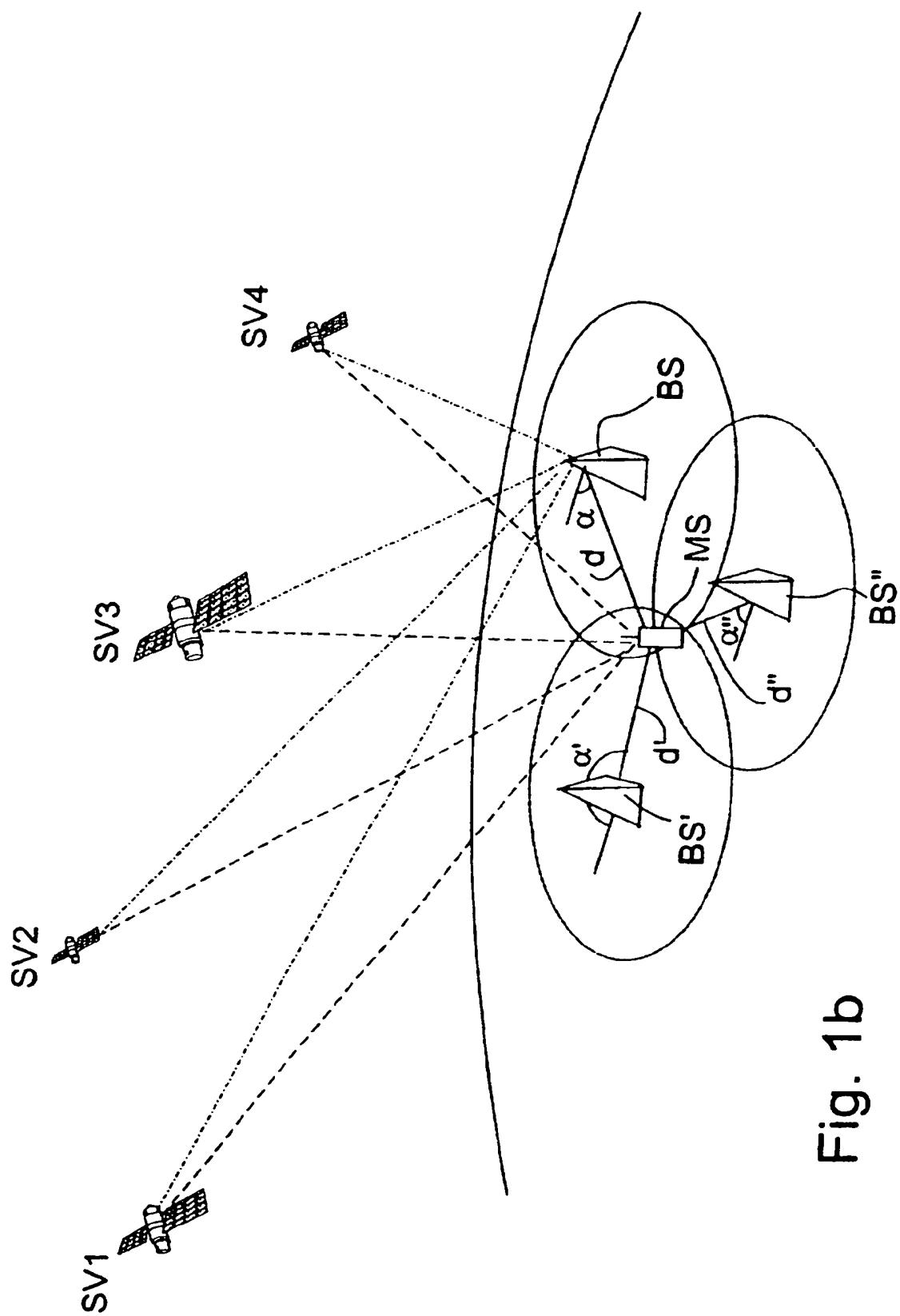


Fig. 1b

Fig. 2

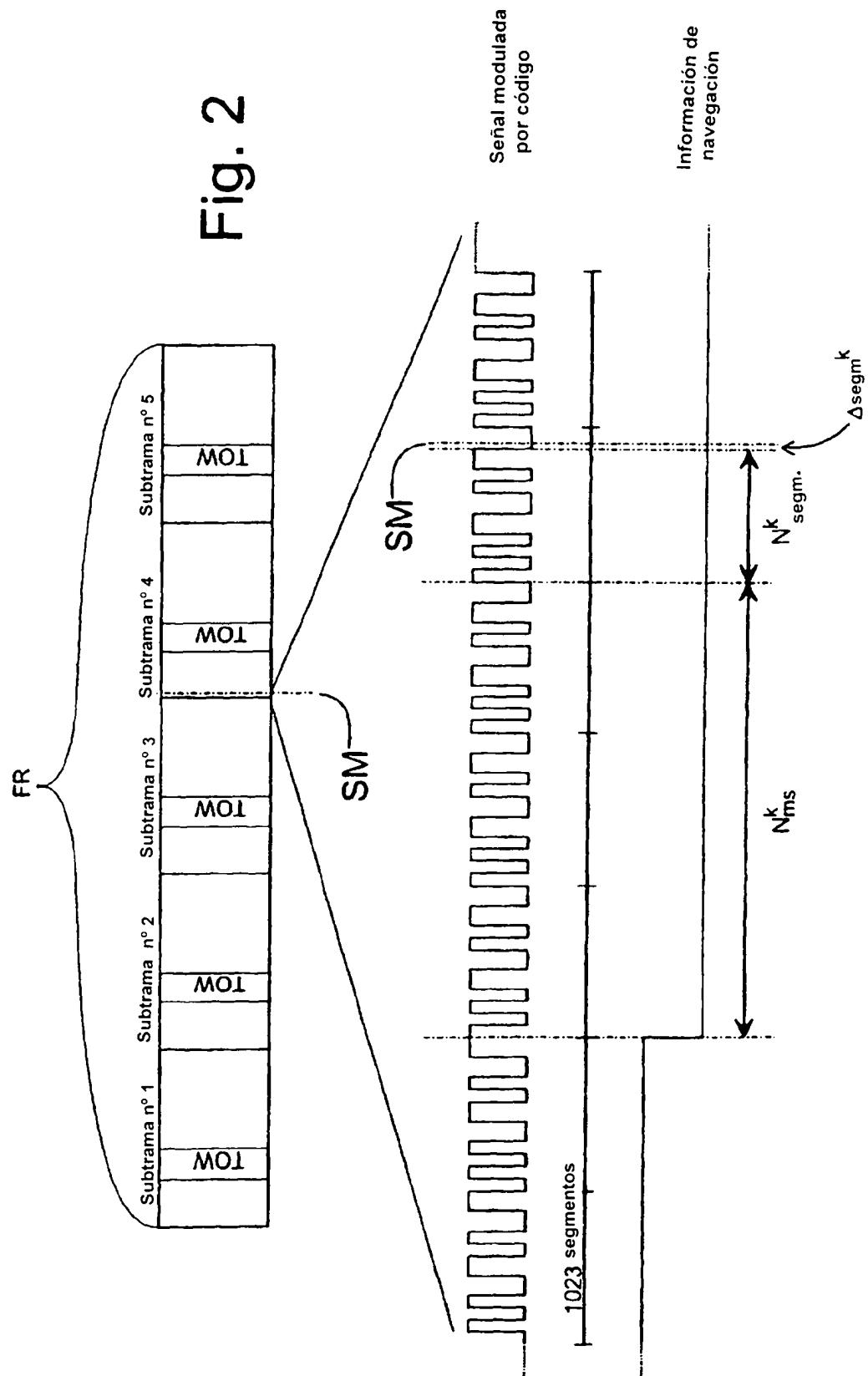
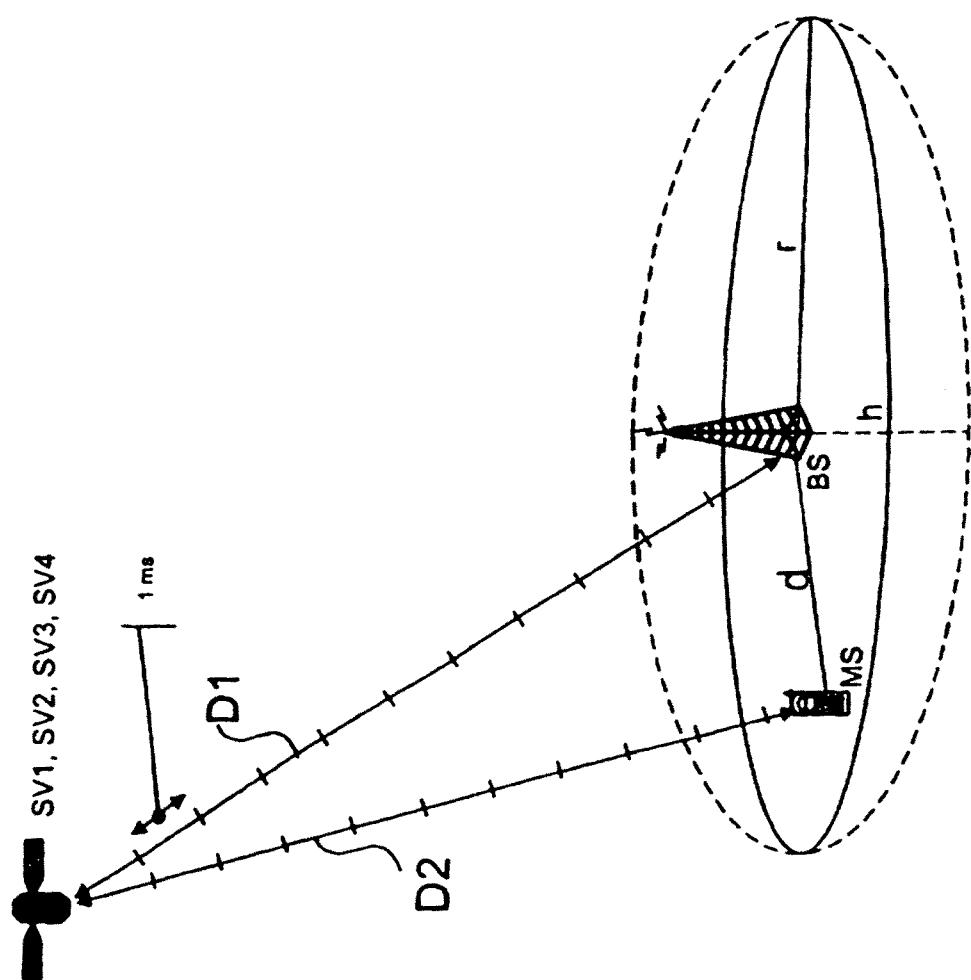


Fig. 3

Fig. 4



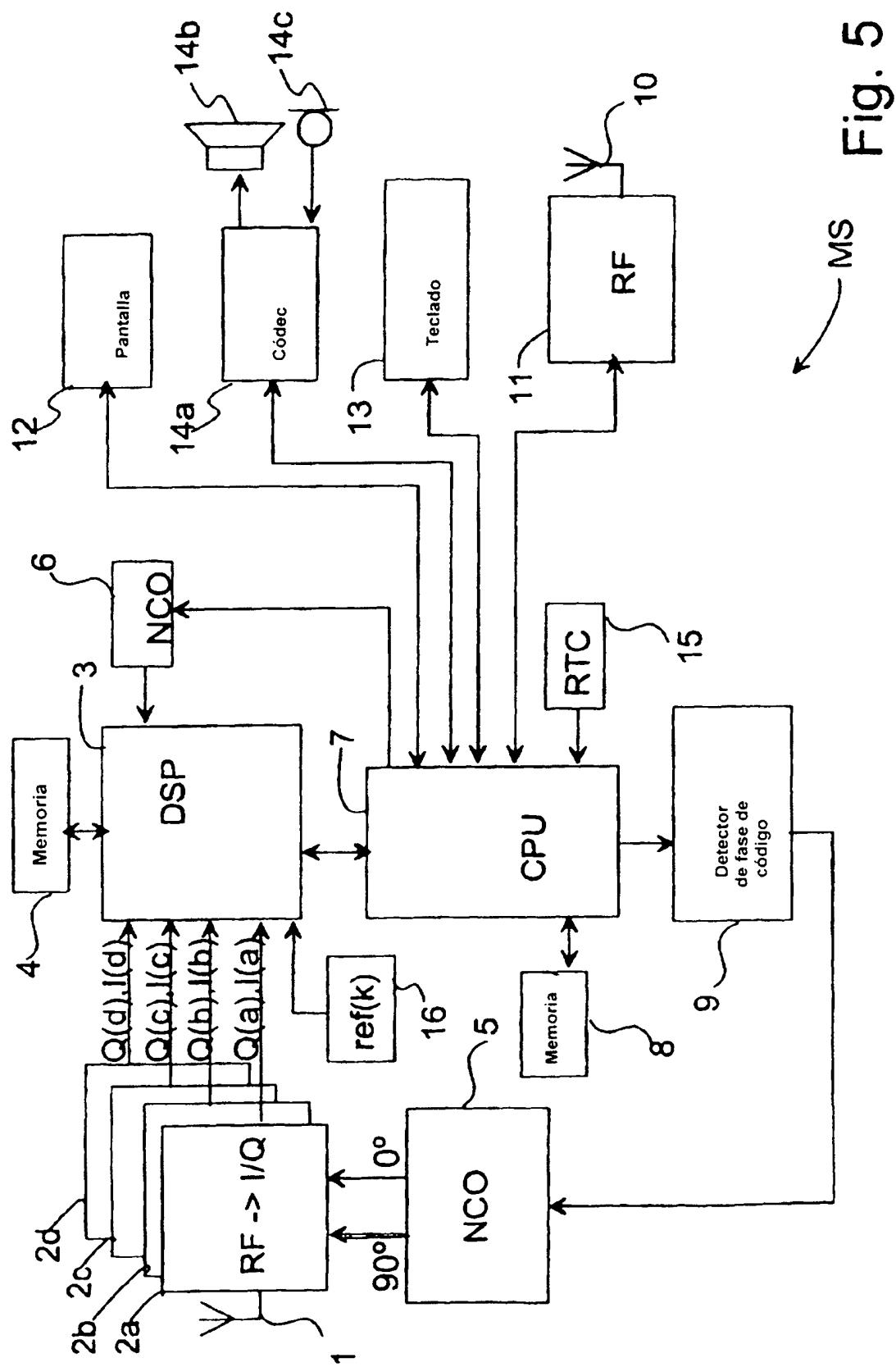


Fig. 5

MS