



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 359 615**

51 Int. Cl.:
G01S 5/14 (2006.01)
G01S 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **99938750 .9**
96 Fecha de presentación : **15.07.1999**
97 Número de publicación de la solicitud: **1108223**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.06.2001**

54 Título: **Procedimiento y aparato para adquirir señales del sistema de posicionamiento de satélites.**

30 Prioridad: **11.08.1998 US 132556**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
25.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
25.05.2011

73 Titular/es: **SNAPTRACK, Inc.**
Suite 250, 4040 Moorpark Avenue
San Jose, California 95117, US

72 Inventor/es: **Krasner, Norman, F.**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 359 615 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 adquirir señales del sistema de posicionamiento de satélites

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a receptores capaces de adquirir señales de satélites usados en sistemas de posicionamiento de satélites (SPS), tales como el sistema de posicionamiento global (GPS).

Antecedentes de la invención

10 Los receptores del GPS determinan normalmente su posición calculando los tiempos relativos de llegada de señales transmitidas simultáneamente desde una multiplicidad de satélites del GPS (o de NAVSTAR). Estos satélites transmiten como parte de su mensaje tantos datos de posicionamiento de satélite, las llamadas "efemérides", como asimismo datos de temporización de reloj. El proceso de buscar y adquirir señales del GPS, leer los datos satelitales para una multiplicidad de satélites y calcular la ubicación del receptor a partir de estos datos consume tiempo, requiriendo a menudo varios minutos. En muchos casos, este prolongado tiempo de procesamiento es inaceptable y, además, limita en gran medida la vida de las baterías en aplicaciones portátiles micro-miniaturizadas. Además, bajo severas condiciones de bloqueo, donde se requiere una sensibilidad receptora aumentada, este tiempo de procesamiento puede aumentar significativamente.

15 Hay dos funciones principales de los sistemas receptores del GPS: (1) cálculo de las seudodistancias a los diversos satélites del GPS y (2) cálculo de la posición de la plataforma receptora usando estas seudodistancias y datos de temporización y efemérides de satélites. Las seudodistancias son simplemente los retardos temporales medidos entre la señal recibida desde cada satélite y un reloj local. Alternativamente, el retardo temporal puede medirse entre la señal transmitida desde cada satélite y un reloj local. Aquí, la historia de posicionamiento de cada satélite se usa para incluir el retardo de trayecto desde el satélite al sensor. Si el retardo temporal se multiplica luego por la velocidad de la luz obtenemos la seudodistancia expresada como una distancia. Se convierte en una verdadera distancia cuando se determina el tiempo del reloj local (o sesgo de reloj) y otros pequeños errores de temporización. Para los fines de la presente invención, que atañe a la búsqueda y adquisición de señales, usamos la definición precedente de seudodistancia como el retardo temporal entre una señal satelital recibida y un reloj local. Además, la seudodistancia de interés en el presente documento es el tiempo módulo el periodo marco de la secuencia subyacente de ensanchamiento pseudoaleatorio que, para el código de C / A del sistema GPS de los Estados Unidos, es de 1 milisegundo. Obsérvese que la seudodistancia debería distinguirse de la distancia satelital. La distancia satelital es una verdadera distancia desde un satélite a un receptor del SPS. En algunos casos la distancia se expresa en unidades temporales dividiendo la distancia (en metros, por ejemplo) por la velocidad de la luz.

20 Los datos de efemérides y temporización del satélite se extraen desde la señal del GPS una vez que es adquirida y rastreada. Como se ha expuesto anteriormente, recolectar esta información normalmente lleva un tiempo relativamente largo (de 30 segundos a varios minutos) y debe efectuarse con un buen nivel de señal recibida a fin de lograr bajas tasas de errores. Esta invención se refiere principalmente a procedimientos rápidos para determinar las seudodistancias de satélites a la vista, preferiblemente todos los satélites a la vista.

25 La mayoría de los receptores del GPS utilizan procedimientos de correlación para calcular seudodistancias. Estos procedimientos de correlación se llevan a cabo habitualmente en tiempo real, a menudo con correlacionadores de hardware. Las señales del GPS contienen señales repetitivas de alta velocidad llamadas secuencias pseudoaleatorias (PN). Los códigos disponibles para aplicaciones civiles se llaman códigos C / A, y tienen una tasa binaria de inversión de fase, o tasa de "mella", de 1,023 MHz, y un periodo de repetición de 1.023 segmentos de código para un periodo de código de 1 mseg. Las secuencias de código pertenecen a una familia conocida como códigos Oro. Cada satélite del GPS emite una señal con un único código Oro.

30 Para una señal recibida desde un satélite dado del GPS, a continuación de un proceso de conversión descendente hacia la banda base, un receptor de correlación multiplica las señales recibidas por una réplica almacenada del código Oro adecuado contenido dentro de su memoria local, y luego integra, o filtra por paso bajo, el producto a fin de obtener una indicación de la presencia de la señal. Este proceso se denomina una operación de "correlación". Ajustando secuencialmente la temporización relativa de esta réplica almacenada con respecto a la señal recibida, y observando la magnitud de la salida de correlación, o un promedio de un conjunto de salidas sucesivas, el receptor puede determinar el retardo temporal entre la señal recibida y un reloj local. La determinación inicial de la presencia de tal salida se denomina "adquisición". Una vez que ocurre la adquisición, el proceso ingresa a la fase de "rastreo", en la cual la temporización de la referencia local se ajusta en pequeñas cantidades, a fin de mantener una salida de alta correlación. La salida de correlación durante la fase de rastreo puede verse como la señal del GPS con el código pseudoaleatorio quitado o, en la terminología común, "desensanchado". Esta señal es de banda estrecha, con un ancho de banda habitualmente conmensurable con una señal de datos modulados por desplazamiento de fase

binaria de 50 bits por segundo, que se superpone sobre la onda del GPS.

El proceso de adquisición de correlación consume mucho tiempo, especialmente si las señales recibidas son débiles. Esto es porque un correlacionador debe buscar la época de trama del PN en serie sobre todas las posibles 1.023 posiciones de segmento de código del código de PN. Para mejorar el tiempo de adquisición, la mayoría de los receptores del GPS utilizan una multiplicidad de correlacionadores (hasta 12 habitualmente) que permiten una búsqueda paralela sobre las posibles posiciones de épocas para un pico de correlación.

Un procedimiento de adquisición alternativo, descrito en un ejemplo de un procedimiento en la Patente Estadounidense 5.663.734, proporciona mayor sensibilidad y mayor velocidad de procesamiento, efectuando un gran número de operaciones de FFT (Transformada Rápida de Fourier) junto con operaciones especiales optativas de preprocesamiento y posprocesamiento. En este procedimiento, los datos recibidos se subconvierten a una frecuencia baja adecuada intermedia, se digitalizan y se almacenan en una memoria temporal. Estos datos se someten luego a operaciones usando, en un ejemplo, un Circuito Integrado de procesamiento programable de señales digitales que lleva a cabo la FFT precitada y otras operaciones. En efecto, estas operaciones permiten la implementación paralela de un gran número de correlacionadores (miles). Además, dado que las operaciones se efectúan sobre un único conjunto de datos, o "bloque", no están sujetas a los fluctuantes niveles de señal y a la naturaleza cambiante del entorno de señales común a los enfoques de correlacionadores.

Como se ha expuesto anteriormente, la primera tarea de un receptor del GPS es determinar el tiempo de las llegadas, o las seudodistancias, de cada uno de los satélites del GPS que puede ver. Esto se hace por medio de un proceso de búsqueda. Hay dos variables principales que requieren búsqueda sobre sí: el tiempo y la frecuencia. Como se ha expuesto anteriormente, la estructura de marco aleatorio de cada señal del GPS hace necesario buscar por los 1.023 segmentos de código del código para establecer una sincronización inicial de trama de PN. Sin embargo, en general, habrá una falta de conocimiento preciso de la frecuencia portadora de cada señal del GPS. Normalmente, esto implica que también es necesario buscar entre un conjunto de frecuencias portadoras. En caso contrario, un error en la frecuencia portadora puede resultar en una falta de una salida de correlación fuerte en todas las posibles posiciones de épocas. La incertidumbre en la frecuencia portadora se debe a tres factores: (A) Doppler asociado a los satélites, que es menor que ± 4 kHz, (B) Doppler asociado a la plataforma receptora si está en movimiento, que es habitualmente menor que varios cientos de Hz y (C) errores de frecuencia asociados al oscilador de referencia (Oscilador Local) en el receptor del GPS, que pueden oscilar entre cientos de Hz hasta decenas de kilohercios, según la calidad del oscilador usado en el receptor. Normalmente, la búsqueda entre portadoras desconocidas se hace en incrementos de frecuencia, que son una fracción de la recíproca del tiempo de integración coherente del correlacionador o del dispositivo filtrador asociado. Este tiempo de integración coherente es igual al número de tramas de PN que se comparan con una referencia localmente generada antes de cualquier operación de detección. Este número está habitualmente en la gama de entre 1 y 20 tramas de PN, es decir, entre 1 y 20 milisegundos. La integración coherente más allá de 20 milisegundos es normalmente desaconsejable, dado que la presencia de datos modulados por desplazamiento de fase binaria de 50 baudios, desconocidos a priori (el mensaje de datos del satélite) puestos encima de la señal no permite la ganancia de procesamiento coherente más allá de un periodo de bits de datos, o 20 milisegundos. Como ejemplo, entonces, si el receptor usa un tiempo de integración coherente de 2 milisegundos, entonces un paso adecuado por frecuencias desconocidas sería de $0,5/2$ milisegundos, o sea 250 Hz. Si hubiera de buscarse en una gama de ± 10 kHz, entonces se requeriría un número de pasos igual a unos 80.

Además del procesamiento coherente, un receptor de adquisición efectúa el procesamiento incoherente. Es decir, se detecta la salida del proceso de correlación coherente, con un detector de ley de cuadrados, o lineal, y luego se suma a las salidas anteriores. Esto permite una sensibilidad mejorada. De hecho, para detectar el GPS con un bloqueo significativo, puede requerirse un número muy grande de sumas tras la detección, hasta 1000 en algunos casos. Hay luego una evidente compensación entre la sensibilidad y el número de integraciones posteriores a la detección efectuadas. Obsérvese que si se está usando un único correlacionador para adquirir una señal del GPS, entonces se demorará durante un periodo de $1 \text{ mseg} \times N_{\text{pred}} \times N_{\text{posd}}$ segundos, donde N_{pred} es el número de tramas de PN integradas coherentemente y N_{posd} es el número de posdetecciones sumadas. En casos de alto bloqueo, este tiempo de integración total puede ser hasta un segundo. El receptor de adquisición, habitualmente, debe buscar entre intervalos de medio segmento de código en el tiempo, entre los periodos de 1.023 segmentos de código, por un total de 2.046 posibles retardos temporales. El ejemplo dado anteriormente indicaba que tal vez habría que buscar entre 80 distintas frecuencias portadoras. Por tanto, puede haber 163.680 distintas hipótesis de frecuencia temporal, o "cubos", que deban ser sometidas a búsqueda para adquirir una señal del GPS. Un único correlacionador requeriría entonces más de 163.680 segundos para realizar la búsqueda en el ejemplo recién citado (demora de 1 segundo por cubo de frecuencia temporal y 80 cubos de frecuencia). Esto es claramente absurdo.

Los sistemas tradicionales del GPS equilibran la sensibilidad con el tiempo de adquisición. Así, si se usara un tiempo de integración de predetección de 1 milisegundo y sólo se usara una integración de posdetección, entonces

para la situación anterior de 80 cubos de frecuencia, el tiempo total de búsqueda sería de 163,7 segundos. Esto es más de dos minutos. Para reducir adicionalmente el tiempo de adquisición, la mayoría de los receptores del GPS usan osciladores estabilizados que reducen los requisitos de la búsqueda hasta alrededor de ± 2 kHz y, por tanto, esto reduciría la gama de búsqueda en un factor de 5 con respecto al ejemplo anterior. Una alternativa a la reducción del tiempo de adquisición es usar muchos correlacionadores paralelos, o un enfoque de filtros coincidentes, como se ha expuesto anteriormente. Sin embargo, obsérvese que es necesario adquirir varias señales del GPS a fin de realizar un ajuste de posición.

No importa qué enfoque de adquisición se emplee, es deseable disminuir la gama de frecuencias de búsqueda y / o la gama de tiempos de búsqueda, a fin de reducir el tiempo de adquisición total. Muchos autores han abordado procedimientos para reducir la gama de frecuencias de búsqueda (véase, por ejemplo, la Patente Estadounidense N° 4.445.118). Estos giran normalmente alrededor de tener un conocimiento aproximado de las frecuencias Doppler de los satélites del GPS. Esto puede obtenerse por medio de una fuente auxiliar de tal información, tal como un enlace de comunicaciones, o bien puede obtenerse calculando tales frecuencias Doppler, si el receptor del GPS tiene un conocimiento aproximado del tiempo y la ubicación. En el último caso, se supone que el receptor del GPS ha almacenado los denominados datos de Almanaque proporcionados por los mismos satélites del GPS. Estos datos proporcionan la posición aproximada del satélite con respecto al tiempo, que es válida para periodos del orden de un mes. Incluso con la estimación de Doppler, los tiempos de búsqueda que se requieren para adquirir señales del SPS aún son frecuentemente largos. También pueden usarse diversos medios para reducir la incertidumbre de la referencia de frecuencia local. Esto incluye estabilizar esta referencia mediante transmisiones externas al receptor del GPS, usar osciladores especiales de alta estabilidad o calibrados, etc. Debería observarse que el error debido a la inestabilidad del oscilador es común para todas las señales satelitales. Por tanto, una vez que se adquiere la primera señal, es usualmente fácil eliminar el oscilador local como una fuente primaria de inestabilidad de frecuencia:

La Patente Estadounidense N° 5.365.450 describe una disposición del GPS en la cual los datos de posición del satélite se transmiten a una unidad remota mediante un canal de comunicación.

Es deseable, en un receptor del SPS, limitar la gama de búsqueda sobre las épocas de PN durante la adquisición inicial de señales del SPS, es decir, la búsqueda sobre las 1.023 posibles posiciones de segmento de código de las señales del GPS recibidas. Se observa que esto debería contrastarse con el caso de readquisición en el cual el receptor debe readquirir las señales del GPS después de haberlas perdido recientemente (p. ej., dentro de varios segundos). En este caso, el receptor del GPS busca meramente entre una gama de épocas de PN dentro de la vecindad de la última época de PN determinada. Las estrategias de readquisición han sido parte del funcionamiento normal de los receptores del GPS casi desde que se desarrolló por primera vez el concepto del GPS.

Resumen de la invención

La presente invención proporciona un procedimiento y un aparato para reducir el tiempo de adquisición de las señales de los satélites del SPS.

Según la invención, se proporciona el procedimiento de la reivindicación 1.

Según la invención, también se proporciona el aparato de la reivindicación 18.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra un ejemplo de un receptor del SPS que puede usarse con la presente invención.

La Figura 2 muestra una representación gráfica de una gama restringida de búsqueda de PN según un ejemplo de la presente invención.

La Figura 3 muestra un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un procedimiento según la presente invención.

La Figura 4 muestra un ejemplo de un sistema de comunicación basado en células inalámbricas que puede usarse con la presente invención.

La Figura 5 muestra un ejemplo de un servidor de ubicación que puede usarse para proporcionar datos de asistencia del SPS a un receptor móvil del SPS.

La Figura 6 muestra un ejemplo de un receptor del SPS que puede usarse con un servidor de ubicación.

La Figura 7 muestra un ejemplo de un receptor de referencia del GPS que puede usarse con el servidor de ubicación mostrado en la Figura 5.

La Figura 8 muestra un ejemplo de una fuente de información basada en células que puede usarse en una

realización de la presente invención.

La Figura 9 es un diagrama de flujo que ilustra otro procedimiento en el cual un servidor de ubicación proporciona información de asistencia del SPS.

La Figura 10 es una tabla que ilustra procedimientos alternativos para reducir el tiempo de búsqueda según diversos ejemplos: estos procedimientos también pueden usarse en combinación.

Descripción detallada

La presente invención proporciona un procedimiento y aparato para reducir el tiempo de adquisición de señales del SPS desde satélites del SPS. La siguiente descripción y los dibujos son ilustrativos de la invención y no han de interpretarse como limitadores de la invención. Se describen numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión exhaustiva de la presente invención. Sin embargo, en ciertos casos, no se describen detalles bien conocidos, o convencionales, a fin de no oscurecer innecesariamente la presente invención en detalle.

La Figura 1 muestra un ejemplo de un receptor del SPS, tal como un receptor del GPS, que puede ser usado con la presente invención. El receptor 101 incluye una antena 102 para recibir señales del SPS. Las señales del SPS desde la antena 102 se proporcionan a un amplificador 104 de ruido bajo que amplifica las señales, que se proporcionan entonces a un mezclador 106, que está sincronizado por un oscilador local 108. El mezclador 106 produce señales del SPS con frecuencia reducida, que son procesadas por la etapa 110 de frecuencia intermedia y proporcionadas al sistema correlacionador 112. El sistema correlacionador 112 está acoplado con un ordenador 114 de navegación del SPS. El ordenador 114 de navegación de SPS está habitualmente controlando el funcionamiento del sistema correlacionador 112 y el oscilador local 108, de modo que las señales del SPS sean adquiridas y rastreadas, y que se lean luego los datos de efemérides del satélite provenientes de las señales del SPS a fin de determinar la posición del receptor del SPS. El receptor 101 puede usarse de acuerdo a la presente invención, usando, por ejemplo, una pseudodistancia estimada hasta un satélite específico, a fin de reducir el tiempo de adquisición de señales del SPS desde ese satélite. Habitualmente, un tal receptor del SPS incluirá un receptor de comunicación que recibe información de asistencia de la ubicación, o información del tiempo del día, según se describe más adelante, y esta información se proporciona al ordenador 114 de navegación del SPS, el cual, a su vez, usa la información de acuerdo a la invención, para reducir el tiempo de búsqueda para adquirir señales del SPS de los satélites del SPS. La presente invención puede usarse en receptores del SPS con distintas arquitecturas de receptor, incluyendo, por ejemplo, sistemas receptores correlacionadores convencionales, receptores que usan procesadores de señales digitales con algoritmos de convolución (p. ej., véase la Patente Estadounidense N° 5.663.734), receptores que usan filtros coincidentes (p. ej., véase la Patente Estadounidense N° 6.289.041) y receptores que usan correlación sumamente paralela (p. ej., véase la Patente Estadounidense N° 6.208.291; véase también la Publicación Internacional del Tratado de Cooperación en Patentes N° WO 97 / 40398, editada el 30 de octubre de 1997).

Se exponen a continuación dos enfoques principales que utilizan información a priori para reducir el tiempo de búsqueda de pseudodistancias. En el primer enfoque se combina la información exacta del tiempo del día con información aproximada de posición de usuario y satélite, para restringir el alcance de la búsqueda. En el segundo caso sólo se dispone de información aproximada del tiempo del día. Entonces el alcance de la búsqueda para la primera señal satelital no se restringe, sino que debe ser objeto de búsqueda en su totalidad (sobre un periodo de trama de PN de 1 milisegundo). Las búsquedas subsiguientes de pseudodistancias pueden usar la pseudodistancia así determinada para la primera señal recibida, más posiciones aproximadas de usuario y satélite para restringir sus alcances de búsqueda. Este último caso se expone en más detalle más adelante, seguido por el primer caso.

Supongamos que el receptor del SPS ha adquirido una señal del SPS mediante técnicas convencionales, según lo anteriormente descrito. Supongamos que el receptor del SPS tiene un conocimiento aproximado de su ubicación, por ejemplo, dentro de un radio de 16,09 Km., del tiempo del día, por ejemplo, con una precisión de 1 segundo, y de la posición aproximada del satélite con respecto al tiempo, tal como la proporcionada por el Almanaque. Obsérvese que, si la señal recibida es lo bastante fuerte, entonces la información de tiempo puede obtenerse de la primera señal recibida dentro de un periodo de 6 segundos (una subtrama). La posición aproximada puede hallarse a partir de un ajuste previo o a partir del conocimiento general de la ubicación (p. ej., restringiendo la ubicación a una ciudad y su entorno), o a partir de información auxiliar proporcionada al receptor, p. ej., mediante un enlace de comunicaciones, como en el ejemplo descrito más adelante.

Es posible restringir los alcances de búsqueda usando la posición aproximada. El receptor del SPS debe adquirir 4 señales del SPS para un ajuste tridimensional y 3 señales para un ajuste bidimensional. Supongamos que la época de PN está en el momento T_1 , módulo 1 milisegundo (el código de PN se repite cada 1 milisegundo). Ahora supongamos que está en curso una búsqueda para una segunda señal satelital. Si la ubicación geográfica del receptor fuera conocida con exactitud, entonces se conocería su época de PN, con respecto a T_1 , con alta precisión. Este es el caso, ya que las fuentes restantes de error serían el error del tiempo-del-día y el error de

posición del satélite. Consideremos estos dos errores. El error del tiempo-del-día da como resultado errores de posición del satélite. El Doppler de los satélites del GPS es habitualmente menor a 2.700 nseg / seg. Por tanto, la máxima diferencia de Doppler entre dos satélites del GPS es menor que unos $\pm 5,4$ microseg / seg. Por tanto, para un error temporal de 1 segundo, el error resultante entre dos épocas de PN sería de $\pm 5,4$ microsegundos, o sea menos de ± 6 segmentos de código. Consideremos ahora el error de posición del satélite. Si este error es menor que 3,2 Km. radialmente, entonces el máximo error temporal asociado a los errores de posición es el correspondiente al tiempo en que la luz viaja 3,2 Km., o sea alrededor de 10 microsegundos. Así, en este ejemplo, domina el error de posición del satélite. Si sumamos entre sí estos dos errores, vemos que resulta un máximo error temporal diferencial de $\pm 15,4$ microsegundos. Esto corresponde a una gama de aproximadamente $\pm 15,4$ segmentos de código y, en muchos casos, mucho menos. Así, en las circunstancias anteriores, podemos estrechar el alcance de la búsqueda en un factor de alrededor de $1.023 / (2 \times 15,4) = 33,2$. Además, al hacer la búsqueda en forma de serpentina, partiendo de la época de PN esperada para el segundo satélite, se puede, en promedio, reducir este tiempo de búsqueda mucho más. Esta velocidad mejorada es tal que el tiempo total de búsqueda y adquisición para todas las señales de satélites de GPS, que no sean el primer satélite, no debería ser notablemente más, y ser frecuentemente menos, que el del primer satélite. Un ejemplo de la invención se muestra gráficamente en la Figura 2.

Cada uno de los "pulsos" 133, 134 y 138 de esta figura representa el tiempo de llegada de la época de la señal del vehículo satelital (SV). Las grandes líneas verticales 131 y 132 representan las épocas de PN de la señal de PN (del receptor) generada localmente. El tiempo T_1 136 es medida por el receptor y se basa en el tiempo de llegada medida de la primera señal de SV con respecto a la época 131 de PN de referencia. Una vez que se determina T_1 , puede obtenerse el tiempo estimado de llegada de la época del segundo satélite. Esto se muestra como un desplazamiento δT_{nom} 137 con respecto al tiempo T_1 medida. δT_{nom} se calcula por la fórmula $(R_2 - R_1) / c$, donde R_1 es la distancia estimada desde la posición estimada del receptor en la Tierra hasta el primer satélite del GPS, y R_2 es la distancia estimada desde la posición estimada del receptor en la Tierra hasta el segundo satélite del GPS, usando ambos el tiempo-del-día estimado, y donde c es la velocidad de la luz. Como se ha expuesto anteriormente, las posiciones estimadas de satélites del GPS, el tiempo-del-día estimado y la posición estimada del receptor son erróneas en alguna medida, con el mayor error normalmente asociado a la posición del receptor. El área 135 alrededor de la posición $T_1 + \delta T_{nom}$ representa la incertidumbre en el tiempo-de-llegada de las épocas de PN desde el segundo satélite, debido a estos errores. Esto también se muestra como la gama o región E. Como se ha ilustrado anteriormente, esto habitualmente puede ser del orden de decenas de microsegundos. Como sólo es necesario buscar en la región E la segunda seudodistancia de SV, es obvio que se logra una gran reducción en el tiempo de búsqueda, con respecto a la búsqueda del tiempo-de-llegada entre épocas de PN adyacentes.

La Figura 3 es un diagrama de flujo que muestra las etapas en la adquisición de las seudodistancias, en un ejemplo, de una manera eficiente anteriormente descrita. El procesamiento comienza con la adquisición de la primera señal del GPS en la etapa 161 y la determinación de una seudodistancia hasta el correspondiente satélite que está transmitiendo esta primera señal. Una vez que esto está hecho, puede obtenerse el tiempo-del-día leyendo el mensaje de datos satelitales de esta señal, o haciendo que tales datos se transmitan desde una fuente externa al receptor. Alternativamente, el receptor puede haber estado manteniendo una buena estimación del tiempo del día, usando un contador del tiempo transcurrido. El receptor extrae, en la etapa 163, la información aproximada de la posición del usuario y de la posición del satélite, bien de la información almacenada recogida en el pasado (p. ej., datos de almanaque) o bien mediante una transmisión de tal información mediante un enlace de comunicación (o incluso entrada manual). De esta información, se estima la seudodistancia estimada (módulo periodos de 1 milisegundo) en la etapa 165, y se acota el error (p. ej., la gama de errores) de esta estimación en la etapa 167, en base a los errores en la posición del receptor, el tiempo del día y la calidad de la información de la posición del satélite. El receptor busca entonces, en la etapa 169, la gama restringida de posibles seudodistancias, igual a la seudodistancia estimada más y menos la gama de errores. Normalmente, en la adquisición inicial, la seudodistancia estimada no se basa en una seudodistancia previamente determinada para el satélite específico del GPS. Este proceso se repite normalmente para todos los satélites, en la etapa 171, hasta que estén todos adquiridos. Obsérvese que, una vez que se adquieren tres señales satelitales, se puede normalmente calcular un ajuste de posición bidimensional, lo que reducirá en gran medida el error de posición del receptor. Esta información puede usarse luego para reducir adicionalmente la región de búsqueda de seudodistancias para los SV subsiguientes.

El enfoque anterior es especialmente ventajoso cuando el error debido a la inestabilidad del oscilador local no domina el tiempo de adquisición del primer satélite. Entonces, el tiempo de búsqueda está dominado por la búsqueda del Doppler satelital y, por supuesto, la época de PN desconocida. Así, el enfoque expuesto anteriormente puede reducir potencialmente el tiempo de adquisición de todos los satélites en una magnitud que se aproxima a M , donde M es el número de satélites a adquirir. Además, el procedimiento y aparato de la invención pueden usarse con técnicas para proporcionar una señal estable del oscilador local, que se usa para adquirir señales del GPS, tales como las técnicas descritas en la Patente Estadounidense N° 5.874.914 y la Patente Estadounidense N° 5.841.396.

El procedimiento descrito anteriormente reduce drásticamente el tiempo para adquirir las señales satelitales segunda y subsiguientes, pero no reduce el tiempo para adquirir la señal del primer satélite. En el ejemplo precitado, las señales subsiguientes del GPS se adquirirían en $1/33$ del tiempo del primero. Por tanto, si la primera señal requirió un tiempo D de adquisición, y hubiera de adquirirse un total de 6 señales, entonces el tiempo total de adquisición sería $(1 + 5/33)D$, frente a $6D$ si se realizara una búsqueda directa: un ahorro de un factor de 5,21. En muchas situaciones pueden lograrse mejoras mucho mejores si la primera señal puede adquirirse más rápidamente. Esto requiere algún conocimiento preciso de el tiempo absoluta (p. ej., de un error de menos de 100 microsegundos) en el receptor del GPS. Esto puede hacerse a menudo por medio de un mecanismo de transferencia temporal. Suponemos aquí que el receptor tiene conocimiento aproximado de su posición e información aproximada de la posición del satélite (Almanaque del satélite).

Tal mecanismo de transferencia temporal es posible por medio de un enlace auxiliar de comunicación desde una fuente externa hasta el receptor del GPS. Hay un cierto número de ejemplos de esto. El primer ejemplo es el estándar IS-95 de telefonía celular de espectro ensanchado de CDMA, que proporciona información de temporización que es precisa en aproximadamente 1 microsegundo, más cualquier retardo de propagación desde la estación base celular hasta el teléfono celular, y los retardos de procesamiento de señal dentro del teléfono mismo. Una distancia de 8,09 Km. desde la sede celular al teléfono, que representa un retardo de trayecto relativamente largo, da como resultado un retardo temporal de alrededor de 26 microsegundos. Si el receptor del GPS supone un retardo de trayecto medio de 13 microsegundos, entonces resulta un error de ± 13 microsegundos. Es razonable suponer que el error de transferencia temporal, en el peor caso, en tal sistema puede mantenerse por debajo de unos ± 20 microsegundos. Dado que la duración total de la trama de PN es de 1 milisegundo, esto reduce el tiempo de búsqueda para el primer satélite en un factor de 26, si se usara un sistema correlacionador estándar. Nuevamente, usando el ejemplo anterior obtendríamos un tiempo de búsqueda total de aproximadamente $D/26 + 5D/33$, o $0,19D$, frente a $6D$, con ninguna restricción en la búsqueda temporal, o sea un ahorro de un factor de 31,6. Esto es aproximadamente $1/6$ del tiempo de búsqueda requerido si sólo se dispusiera de el tiempo absoluta.

Otros mecanismos de transferencia temporal pueden estar disponibles en casos especializados. Puede establecerse un enlace de comunicación dedicado para proporcionar señales de temporización a un área local. Ciertas señales de emisión, tales como WWV y sus variaciones, proporcionan información de temporización, pero la precisión de estas señales puede no ser suficiente como para permitir una reducción significativa en el tiempo de adquisición. Se están proponiendo actualmente muchos sistemas celulares adicionales de tipo CDMA como estándares de alcance mundial, y algunos de estos sistemas puede incorporar mecanismos de transferencia temporal.

En la anterior descripción, se usó una hora-del-día de precisión (de error menor que 100 microsegundos, por ejemplo), junto con la posición aproximada y el conocimiento de posiciones satelitales, para hallar sin ambigüedad la primera pseudodistancia. Las otras pseudodistancias se hallan luego mediante un cálculo de desplazamientos temporales desde esta primera pseudodistancia y las posiciones satelitales aproximadas. Por supuesto, es posible tratar por separado cada pseudodistancia correspondiente a cada señal satelital recibida y, por tanto, buscar cada pseudodistancia sin referencia a las otras. Esto puede incurrir en un tiempo de búsqueda innecesario, sin embargo, especialmente si domina el error en el tiempo absoluta. Por ejemplo, supongamos que el tiempo absoluta tiene un error de 50 microsegundos y supongamos que todas las otras fuentes de error (p. ej., el error de ubicación aproximada) son de 20 microsegundos. Entonces la búsqueda de la primera pseudodistancia requiere buscar entre una gama de al menos 70 microsegundos. Si se buscara entonces independientemente la segunda pseudodistancia, requeriría nuevamente un alcance de búsqueda de más de 70 microsegundos. Sin embargo, con respecto a la posición de la primera pseudodistancia, el alcance de búsqueda para la segunda sería sólo de 20 microsegundos. Dicho de otra manera, la búsqueda de la primera pseudodistancia redujo el alcance de la búsqueda, con respecto a un reloj local en el receptor, en el error de temporización de 50 microsegundos. Por tanto, las búsquedas subsiguientes pueden aprovechar esta reducción en el alcance de la búsqueda.

Otra realización de la presente invención usa un sistema servidor. Algunos sistemas móviles del GPS funcionan junto con un servidor remoto. Habitualmente, el receptor móvil del GPS calcula pseudodistancias y las envía al servidor para un cálculo final de la posición. Esta configuración permite una sensibilidad aumentada del receptor, ya que el receptor no necesita leer el mensaje de datos del satélite del GPS, una tarea que requiere una razón de señal-a-ruido recibida bastante alta. En esta situación, la comunicación con el servidor permite al servidor proporcionar información al receptor del GPS que ayuda a restringir su alcance de búsqueda. La Patente Estadounidense Nº 5.663.734 describe un sistema que incluye un servidor y un receptor móvil del GPS. El diagrama de flujo del funcionamiento puede avanzar igual que en la Figura 3, excepto en que el servidor calcula la pseudodistancia estimada de todas las señales de SV con respecto a la primera en ser buscada. Es decir, el funcionamiento de los bloques 163, 165 y 167 de procesamiento de la Figura 3 se realiza en el servidor. Esto puede hacerse ya que el servidor, supuesto como presente en la proximidad del receptor del GPS, o bien como de ubicación aproximada conocida, conoce el tiempo-del-día, la ubicación aproximada del usuario y la información de posición satelital. Por tanto, el servidor puede enviar las pseudodistancias estimadas al receptor del GPS con

respecto a la primera señal de SV del GPS a buscar. Después de que las operaciones de la Figura 3 están completas, el receptor del GPS envía pseudodistancias con etiquetas temporales al servidor, que completa el cálculo de la posición. Este último etiquetado temporal sólo necesita tener una precisión de alrededor de varios milisegundos, y es necesario para efectuar con precisión el cálculo de posición final. El etiquetado temporal se necesita a fin de que se conozca la posición aproximada de los satélites del GPS cuando se midan las pseudodistancias. Nuevamente, este etiquetado temporal puede hacerse usando señales recibidas en el receptor del GPS, tales como las disponibles en una red celular de CDMA.

La Figura 4 muestra un ejemplo de un sistema 10 de comunicación de base celular que incluye una pluralidad de sedes celulares, cada una de las cuales está diseñada para dar servicio a una región o ubicación geográfica específica. Los ejemplos de tales sistemas de comunicación de base celular, o basados en células, son bien conocidos en la tecnología, tales como los sistemas telefónicos basados en células. El sistema 10 de comunicación basado en células incluye dos células 12 y 14, ambas definidas como presentes dentro de un área 11 de servicio celular. Además, el sistema 10 incluye las células 18 y 20. Se apreciará que también puede incluirse una pluralidad de otras células, con correspondientes sedes celulares y / o áreas de servicio celular, en el sistema 10, acopladas con uno o más centros de conmutación celular, tales como el centro 24 de conmutación celular y el centro 24b de conmutación celular.

Dentro de cada célula, tal como la célula 12, hay una sede celular inalámbrica, o sede celular, tal como la sede celular 13, que incluye una antena 13a, que está diseñada para comunicarse a través de un medio de comunicación inalámbrico con un receptor de comunicación, que puede estar combinado con un receptor móvil del GPS, tal como el receptor 16 mostrado en la Figura 4. Un ejemplo de un tal sistema combinado, con un receptor del GPS y un sistema de comunicación, se muestra en la Figura 6 y puede incluir tanto una antena 77 del GPS como una antena 79 del sistema de comunicación.

Cada sede celular está acoplada con un centro de conmutación celular. En la Figura 4, las sedes celulares 13, 15 y 19 están acoplada con el centro 24 de conmutación a través de las conexiones 13b, 15b y 19b, respectivamente, y la sede celular 21 está acoplada con un centro 24b de conmutación distinto, a través de la conexión 21b. Estas conexiones son habitualmente conexiones de línea de cable entre la respectiva sede celular y los centros 24 y 24b de conmutación celular. Cada sede celular incluye una antena para comunicarse con los sistemas de comunicación atendidos por la sede celular. En un ejemplo, la sede celular puede ser una sede celular de telefonía celular que se comunica con teléfonos celulares móviles en el área atendida por la sede celular. Se apreciará que un sistema de comunicación dentro de una célula, tal como el receptor 22 mostrado en la célula 4, puede de hecho comunicarse con la sede celular 19 en la célula 18, debido al bloqueo (o a otras razones por las cuales la sede celular 21 no puede comunicarse con el receptor 22).

En una típica realización de la presente invención, el receptor móvil 16 del GPS incluye un sistema de comunicación basado en células que está integrado con el receptor del GPS, de modo que tanto el receptor del GPS como el sistema de comunicación estén contenidos en la misma cubierta. Un ejemplo de esto es un teléfono celular con un receptor integrado del GPS que comparte circuitos comunes con el transceptor del teléfono celular. Cuando este sistema combinado se usa para comunicaciones telefónicas celulares, ocurren transmisiones entre el receptor 16 y la sede celular 13. Las transmisiones desde el receptor 16 a la sede celular 13 se propagan entonces por la conexión 13b al centro 24 de conmutación celular y luego, bien a otro teléfono celular en una célula atendida por el centro 24 de conmutación celular, o bien, a través de una conexión 30 (habitualmente cableada), a otro teléfono a través del sistema / red 28 de telefonía de base terrestre. Se apreciará que el término "cableado" incluye fibra óptica y otras conexiones no inalámbricas tales como cables de cobre, etc. Las transmisiones desde el otro teléfono que está comunicándose con el receptor 16 se llevan desde el centro 24 de conmutación celular, a través de la conexión 13b y la sede celular 13, de vuelta al receptor 16 de manera convencional.

El sistema 26 de procesamiento remoto de datos (que puede denominarse, en algunas realizaciones, un servidor del GPS o un servidor de ubicación) está incluido en el sistema 10 y se usa, en una realización, para determinar la posición de un receptor móvil del GPS (p. ej., el receptor 16) usando señales del GPS recibidas por el receptor del GPS. El servidor 26 del GPS puede acoplarse con el sistema / red 28 de telefonía de base terrestre a través de una conexión 27, y también puede acoplarse optativamente con el centro 24 de conmutación celular, a través de la conexión 25, y también acoplarse optativamente con el centro 24b, a través de la conexión 25b. Se apreciará que las conexiones 25 y 27 son habitualmente conexiones cableadas, aunque pueden ser inalámbricas. Mostrado también como un componente optativo del sistema 10, está un terminal 29 de consulta que puede consistir en otro sistema de ordenador que está acoplado, a través de la red 28, con el servidor 26 del GPS. Este terminal 29 de consulta puede enviar una solicitud, sobre la posición de un receptor específico del GPS en una de las células, al servidor 26 del GPS, el cual inicia luego una conversación con un sistema de comunicación, o receptor del GPS, específico, a través del centro de conmutación celular, a fin de determinar la posición del receptor del GPS e informar de esa posición al terminal 29 de consulta. En otra realización, una determinación de posición para un receptor del GPS puede ser iniciada por un usuario de un receptor móvil del GPS; por ejemplo, el usuario del

receptor móvil del GPS puede llamar al 911 en el teléfono celular integrado para indicar una situación de emergencia en la ubicación del receptor móvil del GPS y esto puede iniciar un proceso de ubicación en la forma descrita en el presente documento.

5 Debe hacerse notar que un sistema de comunicación de base celular, o basado en células, es un sistema de comunicación que tiene más de un transmisor, cada uno de los cuales sirve un área geográfica distinta, que está predefinida en cualquier instante del tiempo. Habitualmente, cada transmisor es un transmisor inalámbrico que sirve a una célula que tiene un radio geográfico de menos de 32,18 Km., aunque el área cubierta depende del sistema celular específico. Hay numerosos tipos de sistemas de comunicación celular, tales como los teléfonos celulares, los PCS (sistemas de comunicación personal), los SMR (radio móvil especializada), los sistemas buscapersonas de 10 vía única y de doble vía, sistemas RAM, ARDIS y sistemas inalámbricos de datos por paquetes. Habitualmente, las áreas geográficas predefinidas se denominan células, y una pluralidad de células se agrupan entre sí en un área de servicio celular, tal como el área 11 de servicio celular mostrada en la Figura 4, y estas pluralidades de células se acoplan con uno o más centros de conmutación celular que proporcionan conexiones con sistemas y / o redes de telefonía de base terrestre. Las áreas de servicio se usan a menudo con fines de facturación. Por tanto, puede ser 15 el caso de que las células en más de un área de servicio estén conectadas con un centro de conmutación. Por ejemplo, en la Figura 4, las células 1 y 2 están en el área 11 de servicio y la célula 3 está en el área 13 de servicio, pero las tres están conectadas con el centro 24 de conmutación. Alternativamente, a veces se da el caso de que las células dentro de un área de servicio están conectadas con distintos centros de conmutación, especialmente en áreas de población densa. En general, un área de servicio se define como una colección de células en estrecha 20 proximidad geográfica entre sí. Otra clase de sistemas celulares que encaja en la descripción anterior es la basada en satélites, donde las estaciones base celulares, o sedes celulares, son satélites que habitualmente orbitan la Tierra. En estos sistemas, los sectores celulares y las áreas de servicio se mueven en función del tiempo. Los ejemplos de tales sistemas incluyen Iridium, Globalstar, Orbcomm y Odyssey.

25 La Figura 5 muestra un ejemplo de un servidor 50 del GPS que puede usarse como el servidor 26 del GPS en la Figura 4. El servidor 50 del GPS de la Figura 5 incluye una unidad 51 de procesamiento de datos que puede ser un sistema de ordenador digital tolerante a fallos. El servidor 50 del GPS también incluye un módem u otra interfaz 52 de comunicación, y un módem u otra interfaz 53 de comunicación, y un módem u otra interfaz 54 de comunicación. Estas interfaces de comunicación brindan conectividad para el intercambio de información a y desde el servidor de ubicación mostrado en la Figura 5, entre tres redes distintas, que se muestran como las redes 60, 62 y 64. La red 30 60 incluye el centro o centros de conmutación celular y / o los conmutadores de sistemas de telefonía de base terrestre, o las sedes celulares. Así, puede considerarse que la red 60 incluye los centros 24 y 24b de conmutación celular, y el sistema / red 28 de telefonía de base terrestre y el área 11 de servicio celular, así como las células 18 y 20. Puede considerarse que la red 64 incluye el terminal 29 de consulta de la Figura 4, un ejemplo del cual es el Punto de Respuesta de Seguridad Pública (PSAP) que es habitualmente el centro de control que responde las 35 llamadas telefónicas de emergencia al 911. En el caso del terminal 29 de consulta, este terminal puede usarse para consultar al servidor 26, a fin de obtener una información de posición de un receptor móvil designado del SPS, situado en las diversas células del sistema de comunicación basado en células. En este ejemplo, la operación de ubicación es iniciada por alguien que no es el usuario del receptor móvil del GPS. En el caso de una llamada telefónica al 911 desde el receptor móvil del GPS que incluye un teléfono celular, el proceso de ubicación es 40 iniciado por el usuario del teléfono celular. La red 62, que representa la red 32 de referencia del GPS de la Figura 4, es una red de receptores del GPS que son receptores de referencia del GPS, diseñados para proporcionar información diferencial de corrección del GPS y también para proporcionar datos de señales del GPS que contienen datos de efemérides de satélite a la unidad de procesamiento de datos. Cuando el servidor 50 sirve a un área geográfica muy grande, un receptor optativo del GPS, tal como el receptor optativo 56 del GPS, puede no ser capaz 45 de observar todos los satélites del GPS que están a la vista de los receptores móviles del SPS por toda esta área. En consecuencia, la red 62 recoge y proporciona datos de mensajes de satélites que contienen datos de efemérides de satélites, y proporciona datos de corrección diferencial del GPS por un área amplia. Como se muestra en la Figura 5, un dispositivo 55 de almacenamiento masivo está acoplado con la unidad 51 de procesamiento de datos. Habitualmente, el almacenamiento masivo 55 incluirá almacenamiento para software, a fin 50 de llevar a cabo los cálculos de posición del GPS después de recibir las pseudodistancias desde los receptores móviles del GPS, tal como un receptor 16 de la Figura 4. Estas pseudodistancias se reciben normalmente a través de la sede celular y el centro de conmutación celular, y el módem u otra interfaz 53. El dispositivo 55 de almacenamiento masivo también incluye software, al menos en una realización, que se usa para recibir y usar los datos de mensajes de satélites que contienen datos de efemérides de satélites proporcionados por la red 32 de 55 referencia del GPS, a través del módem u otra interfaz 54. El dispositivo 55 de almacenamiento masivo también incluye habitualmente una base de datos que almacena información de objetos celulares, tal como identificadores de sede celular, y las correspondientes ubicaciones aproximadas que son habitualmente ubicaciones estimadas para un receptor móvil del SPS que está en comunicación por radio con una sede celular específica. Esta información de objetos celulares y las correspondientes ubicaciones es una fuente de información basada en 60 células, un ejemplo de lo cual se muestra en la Figura 8 y se describe adicionalmente más adelante.

El receptor 56 optativo del GPS no es necesario, ya que la red 32 de referencia del GPS de la Figura 4 (mostrada como la red 62 de la Figura 5) proporciona la información diferencial del GPS, así como proporciona los mensajes de datos satelitales en bruto desde los satélites a la vista de los distintos receptores de referencia en la red de referencia del GPS. Se apreciará que en las modalidades asistidas por servidor (donde el servidor proporciona datos de asistencia al receptor móvil del SPS) los datos de mensajes de satélites obtenidos de la red a través del módem u otra interfaz 54 se usan normalmente de forma convencional con las pseudodistancias obtenidas a partir del receptor móvil del GPS, a fin de calcular la información de posición para el receptor móvil del GPS. Cada una de las interfaces 52, 53 y 54 puede ser un módem u otra interfaz de comunicación adecuada para acoplar la unidad de procesamiento de datos con otros sistemas de ordenador, en el caso de la red 64, y con sistemas de comunicación de base celular, en el caso de la red 60, y con dispositivos transmisores, tales como los sistemas de ordenador en la red 62. En una realización, se apreciará que la red 62 incluye una colección dispersa de receptores de referencia del GPS, dispersos sobre una región geográfica. La información de corrección diferencial del GPS, obtenida de un receptor cerca de la sede celular o área de servicio celular que está comunicándose con el receptor móvil del GPS a través del sistema de comunicación de base celular, proporcionará información de corrección diferencial del GPS que es adecuada para la ubicación aproximada del receptor móvil del GPS.

La Figura 6 muestra un sistema combinado generalizado que incluye un receptor del GPS y un transceptor del sistema de comunicación. En un ejemplo, el transceptor del sistema de comunicación es un teléfono celular (a veces también denominado antena 79 de comunicación). El receptor 76 del GPS está acoplado con el transceptor 78 de comunicación a través de la conexión 80 mostrada en la Figura 6. En una modalidad de operación, el transceptor 78 del sistema de comunicación recibe información Doppler aproximada y de pseudodistancias estimadas a través de la antena 79, y proporciona esta información Doppler aproximada y de pseudodistancias estimadas, por el enlace 80, al receptor 76 del GPS, que realiza la determinación de pseudodistancias recibiendo las señales del GPS desde los satélites del GPS, a través de la antena 77 del GPS. Las pseudodistancias determinadas se transmiten luego a un servidor de ubicación, tal como el servidor del GPS mostrado en la Figura 4, a través del transceptor 78 del sistema de comunicación. Habitualmente, el transceptor 78 del sistema de comunicación envía una señal a través de la antena 79 a la sede celular, que transfiere luego esta información de vuelta al servidor del GPS, tal como el servidor 26 del GPS de la Figura 4. Se conocen ejemplos de varias realizaciones para el sistema 75 en la tecnología. Por ejemplo, la Patente Estadounidense 5.663.734 describe un ejemplo de un receptor combinado del GPS y un sistema de comunicación que utiliza un sistema receptor mejorado del GPS. Otro ejemplo de un sistema combinado de GPS y comunicación ha sido descrito en la Patente Estadounidense N° 6.002.363. Pueden usarse diversas arquitecturas distintas de receptores del GPS con la presente invención; por ejemplo, los diversos ejemplos de la invención pueden usarse con receptores correlacionadores convencionales del SPS, de canal único o paralelo, receptores del SPS que usan procesadores de señales digitales con algoritmos de correlación (p. ej., véase la Patente Estadounidense N° 5.663.734), receptores del SPS que usan filtros coincidentes (p. ej., véase la Patente Estadounidense N° 6.289.041) y receptores del SPS que usan sistemas de alta correlación paralela, tales como los mencionados anteriormente. El sistema 75 de la Figura 6, así como numerosos sistemas de comunicación alternativos con receptores del SPS, puede emplearse con los procedimientos de la presente invención para funcionar con la red de referencia del GPS o con un servidor del SPS que no sea parte de una red (p. ej., un servidor en una sede celular con un receptor del GPS de referencia que proporciona al servidor información de tiempo y de posición de satélites). La Figura 7 muestra una realización para una estación de referencia del GPS. Se apreciará que cada estación de referencia puede construirse de esta manera y acoplarse con la red o medio de comunicación. Habitualmente, cada estación de referencia del GPS, tal como la estación 90 de referencia del GPS de la Figura 7, incluirá un receptor 92 de referencia del GPS de frecuencia dual, que está acoplado con una antena 91 del GPS que recibe señales del GPS desde satélites del GPS a la vista de la antena 91. Los receptores de referencia del GPS son bien conocidos en la tecnología. El receptor 92 de referencia del GPS proporciona al menos dos tipos de información como salidas del receptor 92. Las salidas 93 de pseudodistancias se proporcionan a una interfaz 95 de procesador y red, y estas salidas de pseudodistancia se usan para calcular correcciones de pseudodistancia de la manera convencional para aquellos satélites a la vista de la antena 91 del GPS. La interfaz 95 de procesador y red puede ser un sistema de ordenador digital convencional que tenga interfaces para recibir datos desde un receptor de referencia del GPS, como es bien conocido en la tecnología. El procesador 95 incluirá habitualmente software diseñado para procesar los datos de pseudodistancias a fin de determinar la corrección de pseudodistancia adecuada para cada satélite a la vista de la antena 91 del GPS. Estas correcciones de pseudodistancia se transmiten luego a través de la interfaz de red a la red o medio 96 de comunicación, con el cual también están acopladas otras estaciones de referencia del GPS. El receptor 92 de referencia del GPS también proporciona una salida 94 de datos de mensajes de satélites. Estos datos se proporcionan a la interfaz 95 de procesador y red, que luego transmite estos datos por la red 96 de comunicación.

La salida 94 de datos de mensajes de satélites son habitualmente los datos binarios de navegación de 50 baudios en bruto, codificados en las señales efectivas del GPS recibidas desde cada satélite del GPS. Como tal, el contenido de información incluye ecuaciones de posición satelital de precisión (llamadas ecuaciones de efemérides), información de posición satelital aproximada para todos los satélites, modelos de errores de reloj, el

tiempo-del-día y otra información. Estos datos de mensajes de satélites también se denominan un mensaje de navegación, que es emitido como el flujo de datos de 50 bits por segundo en las señales del GPS desde los satélites del GPS y que se describe en gran detalle en el documento ICD-200 del GPS. La interfaz 95 de procesador y red recibe esta salida 94 de datos de mensajes de satélites y la transmite en tiempo real, o tiempo casi real, a la red 96 de comunicación. Estos datos de mensajes de satélites se transmiten hacia la red de comunicación y son recibidos a través de la red en diversos servidores de ubicación.

Sólo ciertos segmentos de los datos de mensajes de satélites pueden enviarse a servidores de ubicación a fin de reducir los requisitos de ancho de banda para las interfaces de y para la red de comunicación. Además, puede no ser necesario que se proporcionen estos continuamente. Por ejemplo, sólo las primeras tres tramas que contienen ecuaciones de efemérides, en lugar de las 5 tramas juntas, pueden transmitirse hacia la red 96 de comunicación. Se apreciará que el servidor de ubicación puede usar los datos de mensajes de satélites transmitidos desde uno o más receptores de referencia del GPS, a fin de llevar a cabo un procedimiento para medir el tiempo vinculado con los mensajes de datos de satélites, tal como el procedimiento descrito en la Patente Estadounidense N° 5.812.087. También se entenderá que el receptor 92 de referencia del GPS descodificó las distintas señales del GPS provenientes de los distintos satélites del GPS a la vista del receptor 92 de referencia, a fin de proporcionar la salida 94 de datos binarios que contiene datos de efemérides de satélites.

La Figura 8 muestra un ejemplo de una fuente de información basada en células que puede mantenerse en una estación de procesamiento de datos tal como el servidor 26 del GPS mostrado en la Figura 4. Alternativamente, esta fuente de información puede mantenerse en un centro de conmutación celular tal como el centro 24 de conmutación celular de la Figura 4, o en cada sede celular, tal como la sede celular 13 mostrada en la Figura 4. Habitualmente, sin embargo, esta información se mantiene y se actualiza rutinariamente en el servidor de ubicación que está acoplado con el centro de conmutación celular. La fuente de información puede mantener los datos en diversos formatos, y se apreciará que el formato mostrado en la Figura 8 ilustra sólo un ejemplo de un formato. Habitualmente, cada ubicación estimada, tal como la ubicación estimada 212a, incluirá un correspondiente objeto celular, tal como una ubicación o identificación de sede celular, para una sede celular o área de servicio, tal como el identificador 208a de sede celular. La información en la fuente 201 de información basada en células puede mantenerse en una base de datos que incluye información de objetos celulares, tal como una identificación de áreas de servicio celular o las sedes celulares mostradas en las columnas 208 y 210, respectivamente, y también incluye las correspondientes ubicaciones estimadas, tal como la información mostrada en la columna 212. Se apreciará que cada ubicación estimada puede ser una ubicación promedio de la región geográfica cubierta por la cobertura de señales de radio desde una sede celular. Pueden usarse otras representaciones matemáticas de la ubicación estimada alrededor de la sede celular. Puede ser útil usar una ubicación estimada cerca de la sede celular (tal como una ubicación estimada 212a) en lugar de la ubicación de la sede celular, especialmente allí donde la posición de la sede celular puede no ser representativa de las ubicaciones en las cuales pueden hallarse receptores móviles del SPS en el área específica en la cobertura por radio de la sede celular.

El uso de la fuente 201 de información basada en células se describirá ahora conjuntamente con la Figura 9. En esta siguiente descripción, se supondrá que el receptor móvil del SPS recibirá señales del SPS y determinará seudodistancias a partir de esas señales, pero no completará un cálculo de solución de posición en el receptor móvil. En cambio, el receptor móvil transmitirá estas seudodistancias a una sede celular específica, con la cual está en comunicación por radio, y esta sede celular remitirá las seudodistancias a un centro de conmutación móvil, el cual, a su vez, remitirá las seudodistancias a un servidor de ubicación, tal como el servidor 26 del GPS de la Figura 4.

El procedimiento de la Figura 9 comienza en la etapa 251, en la cual un receptor móvil del SPS transmite una solicitud de información de asistencia del SPS. Habitualmente, esto ocurrirá cuando se desee la posición del receptor. Esto puede ser a pedido del usuario del receptor del SPS (p. ej., una llamada al "911" del usuario) o a pedido de otro usuario situado remotamente con respecto al receptor del SPS, a fin de rastrear el receptor del SPS. Este pedido de información de asistencia se remite, a través del sistema de comunicación basado en células, al servidor de ubicación, el cual recibe, en la etapa 253, la solicitud de información de asistencia del SPS. En la etapa 255, el servidor de ubicación determina el identificador de sede celular que identifica la sede celular que está comunicándose con el sistema de comunicación del receptor móvil del SPS. El servidor de ubicación obtiene la ubicación aproximada para un objeto en la célula atendida por la sede celular, a partir de una fuente de información basada en células. Esto puede ocurrir al recibir el servidor de ubicación un identificador de sede celular o una ubicación para la sede celular que está en comunicación inalámbrica con un sistema de comunicación basado en células móviles, que está acoplado con el receptor móvil del SPS, tal como el receptor mostrado en la Figura 6. Por ejemplo, la sede celular puede remitir su información de identificador o puede remitir su ubicación con la solicitud de información de asistencia del SPS, desde el receptor móvil del SPS hasta el servidor de ubicación. Usando bien el identificador de sede celular o bien la ubicación de la sede celular, el servidor de ubicación lleva a cabo una operación de búsqueda en la fuente de información basada en células, a fin de obtener la ubicación aproximada de un objeto en la célula atendida por la sede celular. En la etapa 257, el servidor de ubicación determina luego las

posiciones de satélites para los satélites a la vista de un objeto en la célula. El servidor de ubicación, habitualmente, también determinará el tiempo del día y determinará, a partir de la información de posición de satélite y el tiempo del día, distancias estimadas a los satélites a la vista de un objeto en la célula. Por ejemplo, la información del tiempo del día puede obtenerse de un receptor del SPS que esté localmente conectado con el servidor de ubicación, o de un receptor remoto del SPS cuya información del tiempo del día se comunique al servidor de ubicación mediante un enlace de comunicaciones (p. ej., un enlace de larga distancia o red de área amplia). Estas distancias estimadas se basan en la ubicación aproximada determinada para un objeto en la célula; la ubicación aproximada se toma como la ubicación aproximada del receptor móvil del SPS. Estas distancias estimadas también se basan en las posiciones de satélites determinadas para los satélites a la vista al tiempo del día determinada por el servidor de ubicación. En la etapa 259, el servidor hace que las distancias estimadas y, optativamente, información adicional que incluye, por ejemplo, Doppler para satélites a la vista, se transmitan al receptor móvil del SPS. En la etapa 261, el receptor móvil del SPS recibe distancias estimadas y adquiere señales de un primer satélite, y determina una primera seudodistancia al primer satélite, y luego busca los próximos satélites usando las seudodistancias estimadas hasta los próximos satélites. De esta manera, el receptor móvil del SPS puede acortar el tiempo de búsqueda que se requiere para adquirir señales del SPS provenientes de los diversos satélites a la vista, buscando en gamas determinadas por las seudodistancias estimadas a cada satélite adecuado. Se apreciará que las seudodistancias estimadas pueden incluir una seudodistancia estimada para el primer satélite y que esta seudodistancia estimada puede o no usarse al buscar las señales del primer satélite, según su precisión. A menudo, el primer satélite que se adquiere tiene la mayor razón de señal-a-ruido con respecto a los otros satélites a la vista.

Se apreciará que en otros ejemplos el receptor móvil del SPS puede determinar seudodistancias para satélites a la vista y determinar su posición (p. ej., latitud y longitud) obteniendo datos de efemérides de satélite y calculando su posición a partir de las seudodistancias determinadas y los datos de efemérides de satélite; en este caso, un servidor puede proporcionar al receptor móvil los datos de efemérides de satélites a la vista del servidor en una región, tal como una célula, pero no efectuar un cálculo de posición final.

En otros ejemplos más un servidor de ubicación puede estar dedicado a y situado en una sede celular con un receptor de referencia del GPS. En este caso, cada sede celular puede tener su propio servidor de ubicación y receptor de referencia del GPS, que proporciona el tiempo del día y datos de efemérides de satélite al servidor de ubicación, el cual, a su vez, puede usar estos datos para proporcionar seudodistancias estimadas o distancias satelitales estimadas al receptor móvil del SPS, o para proporcionar el tiempo del día, la ubicación aproximada y los datos de posición del satélite al receptor móvil del SPR, de modo que pueda determinar distancias estimadas, a fin de reducir el tiempo de búsqueda para adquirir señales del SPS. Con un receptor de referencia del GPS en la sede celular, habitualmente no hay ninguna necesidad de recibir datos desde una red de receptores de referencia del GPS, ya que el receptor de referencia del GPS local puede determinar correcciones diferenciales y datos de efemérides de satélite, y el tiempo del día, a partir de los satélites a la vista del receptor, y la ubicación de la sede celular (o algún suceso aproximado) puede usarse como la ubicación aproximada del receptor móvil del SPS que está en comunicación con la sede celular. Este servidor local puede transmitir meramente información de asistencia (p. ej., efemérides de satélite y / o tiempo del día) al receptor móvil del SPS y dejar al receptor móvil del SPS determinar seudodistancias o distancias estimadas, para reducir el tiempo de búsqueda para adquirir las señales del SPS, o puede determinar estas seudodistancias o distancias estimadas y transmitir las al receptor móvil del SPS. El receptor móvil del SPS puede luego determinar seudodistancias con precisión y calcular su posición (a partir de las seudodistancias determinadas y los datos de efemérides de satélite que recibió de los satélites del SPS, o del servidor de ubicación) o determinar seudodistancias con precisión y transmitir estas seudodistancias determinadas al servidor de ubicación, que calcula la posición del receptor móvil del SPS.

Lo precedente es un ejemplo, y hay varias alternativas. Por ejemplo, el receptor móvil del SPS podría realizar todas las operaciones por sí mismo sin asistencia de un servidor remoto. El receptor móvil del SPS puede ser capaz de determinar su ubicación aproximada a partir de un identificador de sede celular que se transmite al receptor móvil del SPS. Usando el identificador de sede celular, el receptor móvil del SPS puede realizar una operación de búsqueda en una base de datos mantenida en el receptor móvil del SPS, a fin de determinar una ubicación aproximada, y también puede obtener información de almanaque (p. ej., desde el almacenamiento en el receptor, proveniente de una recepción anterior de señales del SPS) u otra información de posición satelital, y puede obtener información del tiempo del día (p. ej., de una transmisión celular, según lo descrito anteriormente). A partir de la información de posición de satélite, el tiempo del día y la ubicación aproximada, el receptor móvil del SPS puede determinar seudodistancias estimadas para diversos satélites a fin de acortar el tiempo requerido para buscar y adquirir señales del SPS a los satélites a la vista. El receptor del SPS puede luego completar el cálculo de posición usando las seudodistancias y datos de efemérides de satélites, aunque, alternativamente, el receptor del SPS también puede transmitir las seudodistancias determinadas a un servidor de ubicación que completa luego el cálculo de posición.

En otro ejemplo alternativo, el servidor puede realizar la operación de asistencia proporcionando datos de ubicación

aproximada y / o de efemérides de satélite al receptor móvil del SPS, el cual, a su vez, determina sus propias seudodistancias estimadas. En otra alternativa más, el servidor asiste al receptor móvil del SPS proporcionando información de efemérides de satélite, y la unidad móvil determina el tiempo y su ubicación aproximada a partir de las transmisiones entre la unidad móvil del SPS y una sede celular, y luego la unidad móvil del SPS determina seudodistancias estimadas.

Las variaciones principales sobre la reducción de la búsqueda se proporcionan en la tabla de la Figura 10. La tabla discrimina, a lo largo de sus filas 302 y 304, la precisión del tiempo y del día que puedan establecerse en el receptor del SPS. La tabla discrimina, a lo largo de las columnas 308, 310 y 312, la naturaleza de la información de posición de asistencia que es obtenida por el receptor del SPS. Las entradas 322, 324, 326, 330, 332 y 334 en la tabla muestran si puede reducirse o no el alcance de la búsqueda de la primera señal satelital procesada. En la búsqueda inicial, un receptor SPS sin asistencia busca entre la trama de PN, que, para el sistema del GPS estadounidense (código C / A) es un periodo de 1 milisegundo. Por tanto, si el tiempo del día disponible para el receptor del SPS no supera 1 milisegundo, debe buscar la época de PN en toda la gama de 1 milisegundo. Sin embargo, una vez que se adquiere la señal del primer satélite, la búsqueda de las otras señales puede hacerse en momentos relativos a la época de PN hallada a partir del procedimiento de búsqueda de la primera señal (es decir, la determinación de la seudodistancia de la primera señal). Esto se ha expuesto anteriormente. Si se dispone de una hora del día de más precisión en el receptor del SPS, entonces puede reducirse el alcance de la búsqueda de la señal del primer satélite. En todo caso, la reducción de búsqueda requiere un conocimiento aproximado de las distancias de los satélites al SPS (expresadas bien como distancias o como unidades temporales equivalentes, usando la velocidad de la luz).

La información de distancias puede ser proporcionada por tres procedimientos primarios (314, 316 y 318): (1) proporcionando datos de efemérides de satélites, (2) proporcionando datos de almanaque y (3) proporcionando datos de distancia satelital. Aquí, los datos de efemérides de satélites significan una descripción matemática de precisión de las posiciones de los satélites con respecto al tiempo, que sea válida durante un periodo de tiempo relativamente breve, habitualmente de menos de dos horas. Los datos de almanaque de satélites son una descripción matemática de las posiciones de los satélites con respecto al tiempo, que sea válida durante un periodo de tiempo relativamente largo, habitualmente de un mes. Por su naturaleza, luego la precisión de las posiciones de los satélites es mucho más pobre con datos de almanaque (habitualmente, con error de varios kilómetros) y se degrada con el tiempo, hasta que se actualizan las ecuaciones. Tanto los datos de efemérides como los datos de almanaque son transmitidos por satélites del GPS. La forma de estos datos, habitualmente, son coeficientes asociados a ecuaciones de Kepler. Sin embargo, son posibles descripciones alternativas (p. ej., descripciones armónicas esféricas, etc.). Por ejemplo, cuando se suministran datos de almanaque o de efemérides al receptor del SPS desde un servidor de ubicación remota, pueden tomar cualquiera entre un cierto número de formas, que pueden permitir el cálculo reducido en el receptor del SPS, o el almacenamiento reducido, por ejemplo. Si el receptor del SPS dispone de datos de almanaque o de efemérides, entonces el receptor del SPS debe conocer su ubicación aproximada, de modo que las distancias satelitales (aproximadas) puedan calcularse en un momento dado. Si se dispone de hora exacta, entonces la distancia y el tiempo pueden usarse para estimar las épocas de trama de PN y reducir el tiempo de búsqueda incluso para la primera señal de satélite a procesar. Si sólo se dispone de hora aproximada (más de 1 milisegundo), entonces las señales subsiguientes a la primera señal adquirida pueden buscarse calculando una diferencia estimada en las distancias a los satélites primero y subsiguientes. Luego cada una de las épocas de trama de PN de los satélites subsiguientes puede buscarse en una gama que está desplazada de la época de trama de PN hallada para la primera señal (u otra procesada) en una magnitud igual a la diferencia estimada de distancias (expresada en unidades de tiempo). El tercer procedimiento proporciona directamente las ecuaciones de distancia satelital estimada al receptor del SPS. Estas ecuaciones, por ejemplo, ecuaciones polinómicas en el tiempo o la distancia, pueden ser proporcionadas al receptor del SPS por un servidor remoto que esté situado cerca del receptor del SPS o que conozca aproximadamente la ubicación del receptor del SPS, y que proporcione ecuaciones adecuadas para su ubicación. En este caso, el receptor del SPS no necesita conocer su ubicación, ya que las ecuaciones proporcionan las gamas de los tiempos para buscar cada satélite. En efecto, 326 es simplemente una especificación directa de las gamas de los tiempos a buscar y 334 es una especificación de las gamas de los tiempos a buscar con respecto a el tiempo recibida de una señal satelital dada.

Una ventaja de usar datos de almanaque es que son válidos para periodos de tiempo muy largos y, por tanto, no requieren la transmisión desde un servidor muy a menudo, o nunca, si el almanaque es ocasionalmente leído desde las transmisiones de los satélites del SPS. Una ventaja de los datos de efemérides es que son más precisos y, por tanto, reducen el alcance de búsqueda en un grado mayor que los datos de almanaque. Además, los datos de efemérides transmitidos desde un servidor pueden usarse para calcular en el receptor del SPS su ubicación, sin tener que leer estos datos desde los satélites del SPS (lo que consume tiempo y es difícil para niveles débiles de señales recibidas). Las ecuaciones de distancia satelital pueden usarse en lugar de datos de almanaque o de efemérides, pero habitualmente son precisas durante periodos de tiempo relativamente cortos, o pueden no ser tan compactas en tamaño como las otras descripciones matemáticas, si han de ser válidas por largos periodos de

tiempo. Por tanto, cada uno de los enfoques para proporcionar información de posición tiene sus ventajas y desventajas, que pueden equilibrarse en distintas aplicaciones.

5 Aunque el procedimiento y aparato de la presente invención han sido descritos con referencia a satélites del GPS, se apreciará que las revelaciones son igualmente aplicables a una combinación de satélites y seudosatélites. Los seudosatélites son transmisores con base terrestre que emiten un código de PN (similar a una señal del GPS) modulado sobre una señal portadora de la banda L, generalmente sincronizada con el tiempo del GPS. A cada transmisor puede asignarse un único código de PN, a fin de permitir la identificación por un receptor remoto. Los seudosatélites son útiles en situaciones donde las señales del GPS de un satélite orbital podrían no estar disponibles, tal como en túneles, minas, edificios u otras áreas cerradas. El término "satélite", según se usa en el presente documento, está concebido para incluir seudosatélites o equivalentes de seudosatélites, y el término "señales" del GPS, según se usa en el presente documento, está concebido para incluir señales similares a las del GPS, desde seudosatélites o equivalentes de seudosatélites.

10 En la exposición precedente, la invención ha sido descrita con referencia a su aplicación sobre el sistema Global de Satélites de Posicionamiento (GPS) de los Estados Unidos. Debería ser evidente, sin embargo, que estos procedimientos son igualmente aplicables a similares sistemas de posicionamiento de satélites y, en particular, al sistema ruso Glonass. El sistema Glonass difiere principalmente del sistema GPS en que las emisiones de distintos satélites se diferencian entre sí utilizando frecuencias portadoras levemente distintas, en lugar de utilizar distintos códigos pseudoaleatorios. El término "GPS" usado en el presente documento incluye tales sistemas alternativos de posicionamiento de satélites, incluso el sistema ruso Glonass.

20

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para adquirir inicialmente señales del sistema de posicionamiento de satélites, SPS, procedimiento implementado en un receptor (16, 17, 22, 75, 101) del SPS y que comprende:
- 5 determinar (161) un primer tiempo de llegada (133, 138) de una secuencia pseudoaleatoria, PN, época de una señal de un primer satélite del SPS con respecto a una época (131, 132) de PN de referencia que está generada localmente en el receptor del SPS;
- determinar (163) una ubicación estimada de dicho receptor (16, 17, 22, 75, 101) del SPS;
- determinar un tiempo del día;
- 10 determinar una posición de dicho primer satélite del SPS y una posición de un segundo satélite del SPS, usando dicho tiempo del día e información de posición satelital;
- caracterizado por**
- 15 usar dicha ubicación estimada de dicho receptor del SPS y las posiciones determinadas de dichos satélites del SPS primero y segundo para determinar una distancia estimada R_1 desde dicha ubicación estimada de dicho receptor del SPS a dicho primer satélite del SPS, y una distancia estimada R_2 desde dicha ubicación estimada de dicho receptor del SPS a dicho segundo satélite del SPS;
- determinar (165) un tiempo de llegada (134) estimado de una época de PN de la señal del segundo satélite del SPS, con respecto a dicha época (131, 132) de PN de referencia, determinando un desplazamiento temporal (δT_{nom} , 137) con respecto a dicha primera hora de llegada (133, 138), calculándose dicho desplazamiento temporal (δT_{nom} , 137) con la expresión $(R_2 - R_1) / c$, donde c es la velocidad de la luz;
- 20 buscar (169) el tiempo de llegada de señales del SPS desde dicho segundo satélite del SPS en una gama de búsqueda (E, 135) alrededor de dicha hora de llegada (134) estimada de una época de PN del segundo satélite del SPS.
2. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el cual dicho tiempo de llegada (134) estimado de una época de PN de la señal del segundo satélite del SPS no se basa en un tiempo de llegada previamente determinada de una época de PN de la señal del segundo satélite del SPS.
- 25 3. Un procedimiento según la reivindicación 2, en el cual dicha tiempo del día es un tiempo del día aproximado, que es exacto dentro de un rango de 10 minutos.
4. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el cual dicha gama de búsqueda (E, 135) se basa en un error asociado a al menos una entre dicha ubicación estimada y dicha hora del día, dicha posición de dicho primer satélite del SPS y dicha posición de dicho segundo satélite del SPS.
- 30 5. Un procedimiento según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:
- determinar una posición satelital de un tercer satélite del SPS, usando dicha hora del día e información de posición satelital;
- 35 usar dicha ubicación estimada y la posición determinada de dicho tercer satélite para determinar una distancia estimada R_3 desde dicho receptor del SPR al tercer satélite;
- determinar una hora de llegada estimada de una época de PN de la señal del tercer satélite del SPS con respecto a dicha época de PN de referencia.
6. Un procedimiento según la reivindicación 5, que comprende adicionalmente buscar (169) señales del SPS provenientes de dicho tercer satélite del SPS en una gama de búsqueda alrededor de dicha hora de llegada estimada de una época de PN de la señal del tercer satélite del SPS.
- 40 7. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el cual dicha hora del día es una hora del día aproximada en dicho receptor (16, 17, 22, 75, 101) del SPS, que tiene una precisión superior a 10 minutos, y en el cual dichas posiciones de satélite están determinadas a partir de una fuente externa que transmite un conjunto de datos de efemérides correspondientes a un conjunto de satélites del SPS visibles por parte de dicho receptor (16, 17, 22, 75, 101) del SPS.
- 45 8. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el cual dicha información de posición de satélite comprende al menos uno entre (a) un conjunto de datos de efemérides correspondientes a un conjunto de satélites del SPS

visibles por dicho receptor (16, 17, 22, 75, 101) del SPS; o (b) un conjunto de datos de Almanaque correspondientes a dicho conjunto de satélites del SPS visibles por dicho receptor (16, 17, 22, 75, 101) del SPS.

9. Un procedimiento según la reivindicación 8, en el cual dicho conjunto de datos de efemérides se obtiene de una red (62) de referencia de receptores del SPS.

5 10. Un procedimiento según la reivindicación 8, en el cual dicho conjunto de datos de Almanaque se obtiene de una red (62) de referencia de receptores del SPS.

11. Un procedimiento según la reivindicación 8, en el cual dicho conjunto de datos de efemérides se obtiene de un receptor (90) de referencia del SPS en una sede celular (13, 15, 19, 21) que está en comunicación con dicho receptor (16, 17, 22, 75, 101) del SPS.

10 12. Un procedimiento según la reivindicación 8, en el cual dicho conjunto de datos de Almanaque se obtiene de un receptor (90) de referencia del SPS en una sede celular (13, 15, 19, 21) que está en comunicación con dicho receptor (16, 17, 22, 75, 101) del SPS.

13. Un procedimiento según la reivindicación 8, en el cual dicho conjunto de datos de Almanaque es obtenido por dicho receptor (16, 17, 22, 75, 101) del GPS a partir de señales del SPS provenientes de satélites del SPS.

15 14. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el cual dicha ubicación estimada se obtiene de una fuente de información basada en células.

15. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el cual la información de el tiempo del día se determina por un procedimiento entre: lectura del receptor del SPS de un mensaje de datos de satélite en una señal desde el primer satélite del SPS, uso por el receptor del SPS de un contador de tiempo transcurrido, recepción por el receptor del SPS de una señal WWV emitida que proporciona información de temporización y la recepción por el receptor del SPS de una señal de comunicación transmitida por un sistema de comunicación basado en células, y la lectura del mensaje de el tiempo del día presente con la señal de comunicación basada en células.

20 16. Un receptor (16, 17, 22, 75, 101) del sistema de posicionamiento de satélites, SPS, que comprende:
una antena (77, 102) del SPS que está configurada para recibir señales del SPS,
25 medios (114) de procesamiento acoplados con dicha antena (77, 102) del SPS, estando dichos medios (114) de procesamiento dispuestos para:

determinar una primera hora de llegada (133, 138) de una secuencia pseudoaleatoria, PN, época de una señal de un primer satélite del SPS, con respecto a una época de PN de referencia;

30 determinar una posición de dicho primer satélite del SPS y una posición de un segundo satélite del SPS, usando dicha hora del día e información de posición de satélite;

caracterizado por estar dispuesto para:

35 usar dicha ubicación estimada de dicho receptor de SPS y las posiciones determinadas de dichos satélites primero y segundo del SPR para determinar una distancia estimada R_1 desde dicha ubicación estimada de dicho receptor del SPS hasta el primer satélite del SPS y una distancia estimada R_2 desde dicha ubicación estimada de dicho receptor del SPS hasta el segundo satélite del SPS;

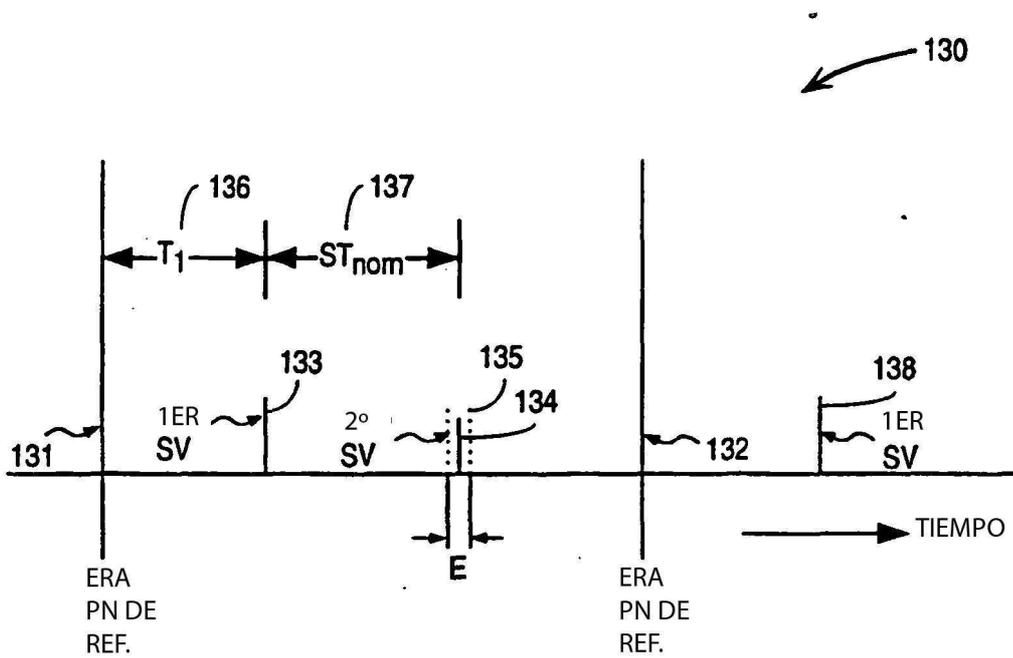
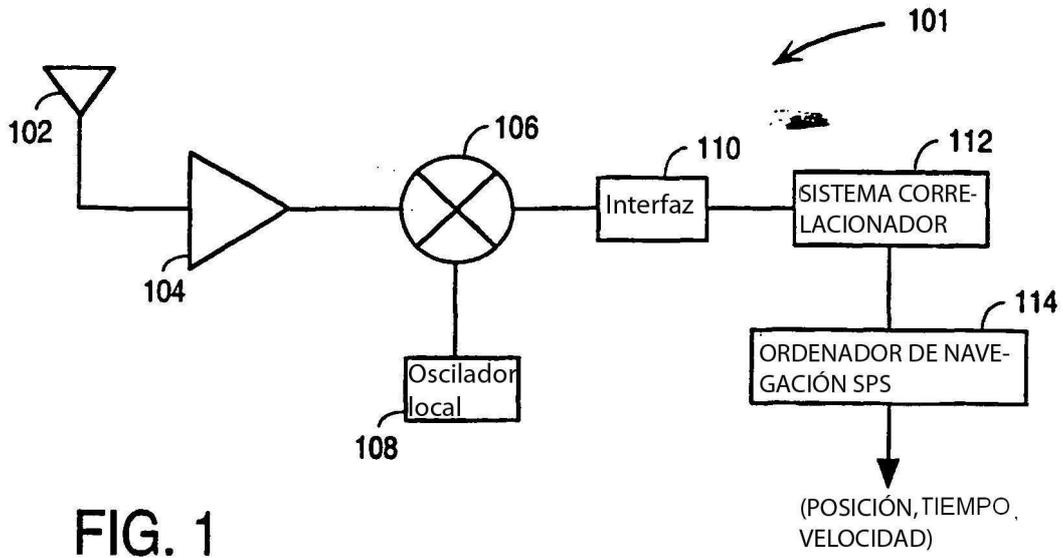
determinar (165) un hora de llegada (134) estimada de una época de PN de la señal del segundo satélite del SPS, con respecto a dicha época (131, 132) de PN de referencia, determinando un desplazamiento temporal (δT_{nom} , 137) con respecto a dicha primera hora de llegada (133, 138), calculándose dicho desplazamiento temporal (δT_{nom} , 137) con la expresión $(R_2 - R_1) / c$, donde c es la velocidad de la luz;

40 buscar (169) el tiempo de llegada de señales del SPS desde dicho segundo satélite del SPS en una gama de búsqueda (E , 135) alrededor de dicha hora de llegada (134) estimada de una época de PN del segundo satélite del SPS.

45 17. Un receptor (16, 17, 22, 75, 101) del SPS según la reivindicación 16, que comprende adicionalmente un sistema de comunicación que está acoplado con dichos medios (114) de procesamiento, en el cual dicho sistema de comunicación proporciona dicha ubicación estimada a dicho procesador (114).

18. Un receptor (16, 17, 22, 75, 101) del SPS según la reivindicación 16, en el cual dicha hora de llegada (134) estimada de una época de PN de la señal del segundo satélite del SPS no se basa en una hora de llegada previamente determinada de una época de PN de la señal del segundo satélite del SPS.

19. Un receptor (16, 17, 22, 75, 101) del SPS según la reivindicación 16, en el cual dicha información de posición de satélite es recibida desde una fuente externa, que es una entre un satélite del SPS o un sistema de comunicación basado en células, y dicha hora del día está determinada a partir de una señal de comunicación en un sistema de comunicación basado en células.
- 5 20. Un receptor (16, 17, 22, 75, 101) del SPS según la reivindicación 16, en el cual dicho medio (114) de procesamiento está adicionalmente dispuesto para:
- determinar una posición satelital de un tercer satélite del SPS usando dicha hora del día e información de posición de satélite; y
- 10 usar dicha ubicación estimada y la posición determinada de dicho tercer satélite para determinar una distancia estimada R_3 desde dicho receptor del SPS al tercer satélite;
- determinar una hora de llegada estimada de una época de PN de la señal del tercer satélite del SPS, con respecto a dicha época (131, 132) de PN de referencia.
- 15 21. Un receptor (16, 17, 22, 75, 102) del SPS según la reivindicación 16, en el cual el medio de procesamiento está dispuesto para obtener el tiempo del día por un procedimiento entre: lectura de un mensaje de datos de satélite en una señal desde el primer satélite del SPS, un contador de tiempo transcurrido en el receptor del SPS, recepción de una señal WWV emitida que proporciona información de temporización y la recepción de una señal de comunicación transmitida por una señal de comunicación basada en células, y la lectura del mensaje de el tiempo del día presente con la señal de comunicación basada en células.
- 20 22. Un programa de ordenador adaptado para realizar el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15 cuando es ejecutado por el medio de procesamiento de un receptor del sistema de posicionamiento de satélites, SPS.



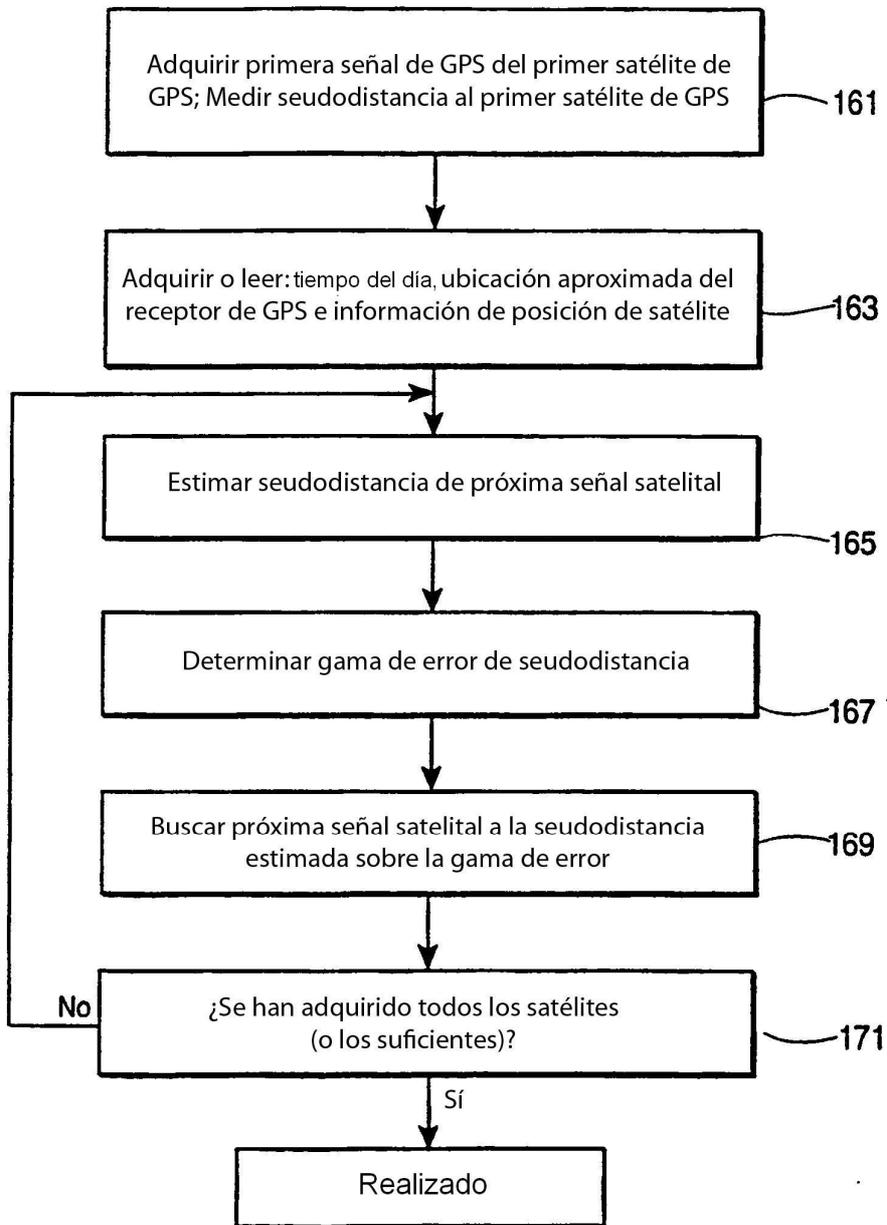


FIG. 3

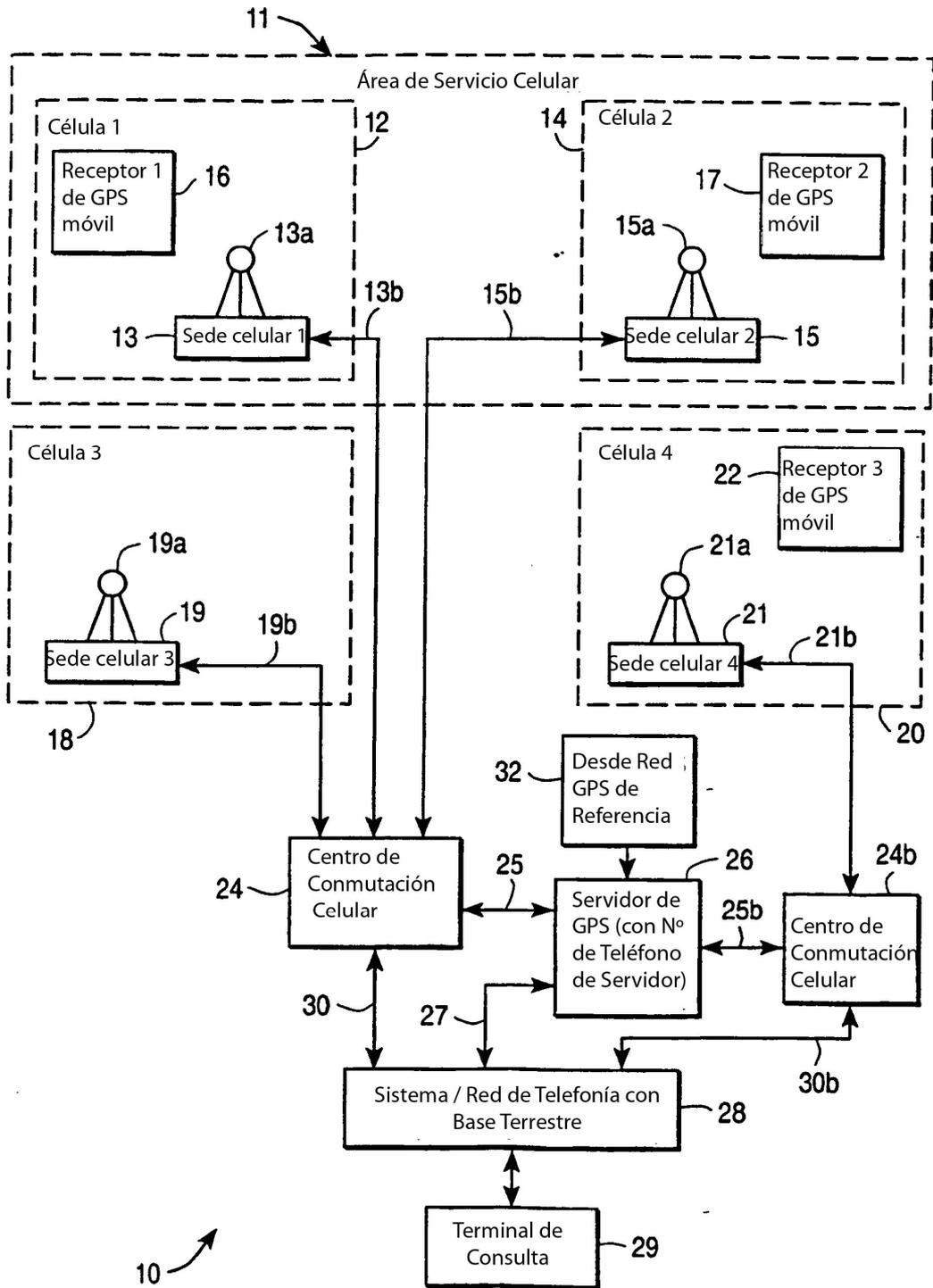


FIG. 4

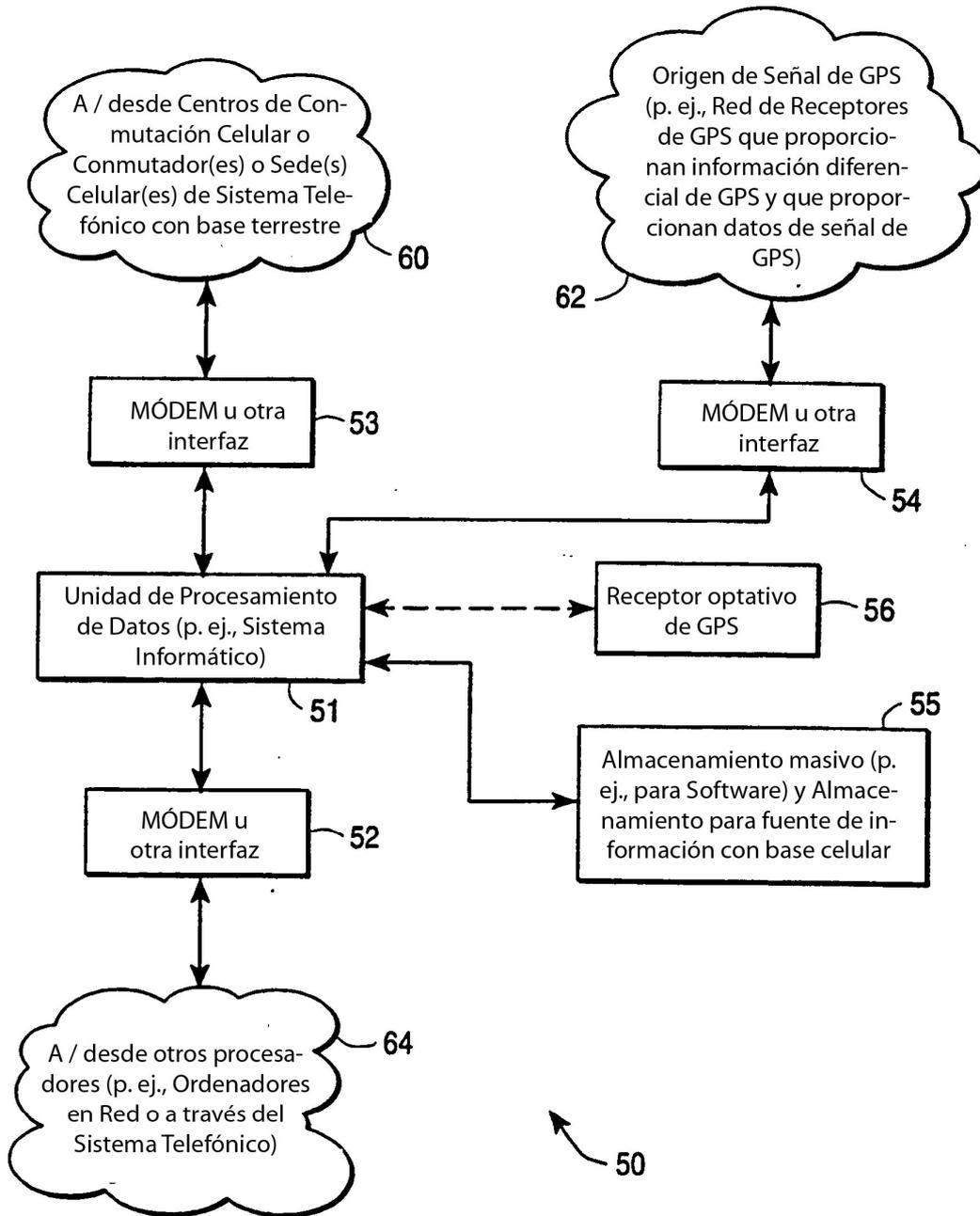


FIG. 5

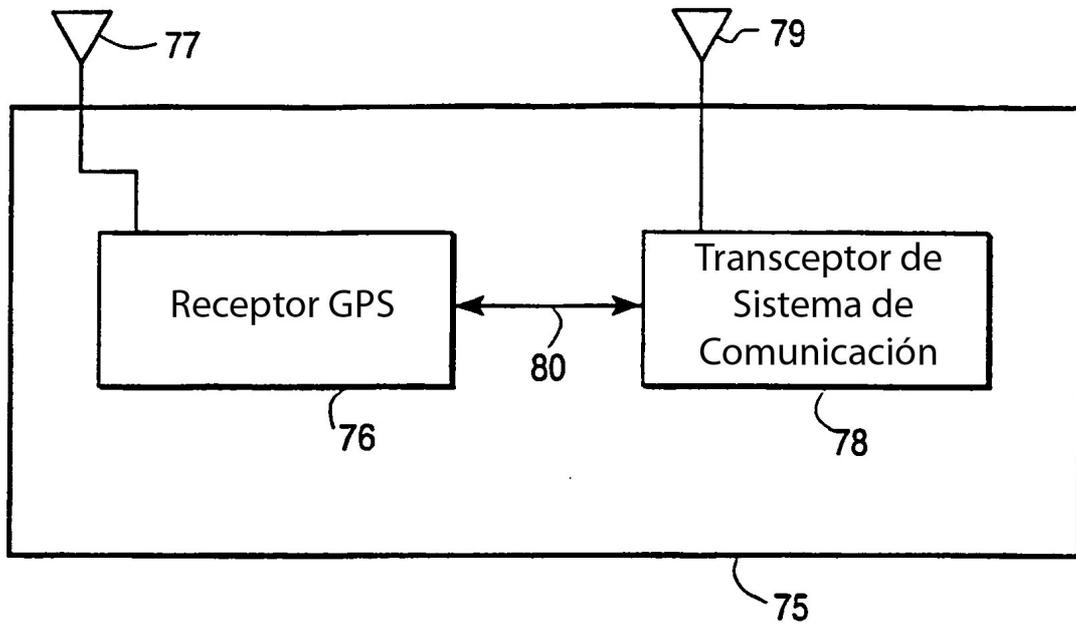


FIG. 6

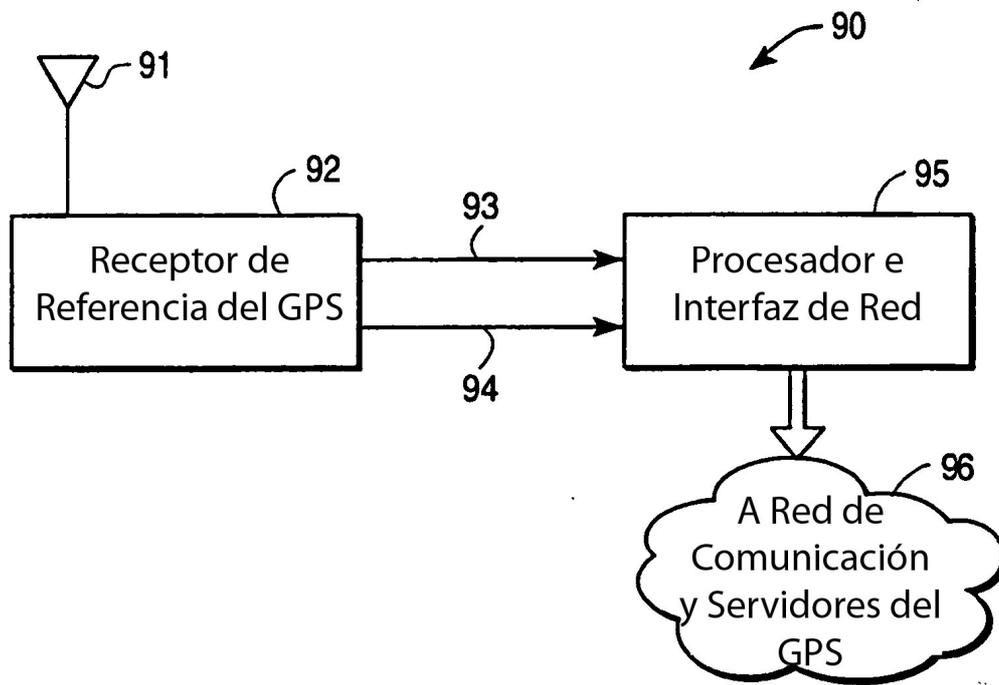


FIG. 7

201

FUENTE DE INFORMACIÓN DE BASE CELULAR

Nº de SEDE CELULAR U OTRA IDENTIFICACIÓN	UBICACIÓN DE SEDE CELULAR	UBICACIÓN ESTIMADA PARA OBJETOS
208A → A1	LAT./LONG. A1	LAT./LONG. A1* 212A
A2	LAT./LONG. A2	LAT./LONG. A2 212B
B1	LAT./LONG. B1	LAT./LONG. B1
B2	LAT./LONG. B2	LAT./LONG. B2
↑ 208	↑ 210	↑ 212

FIG. 8

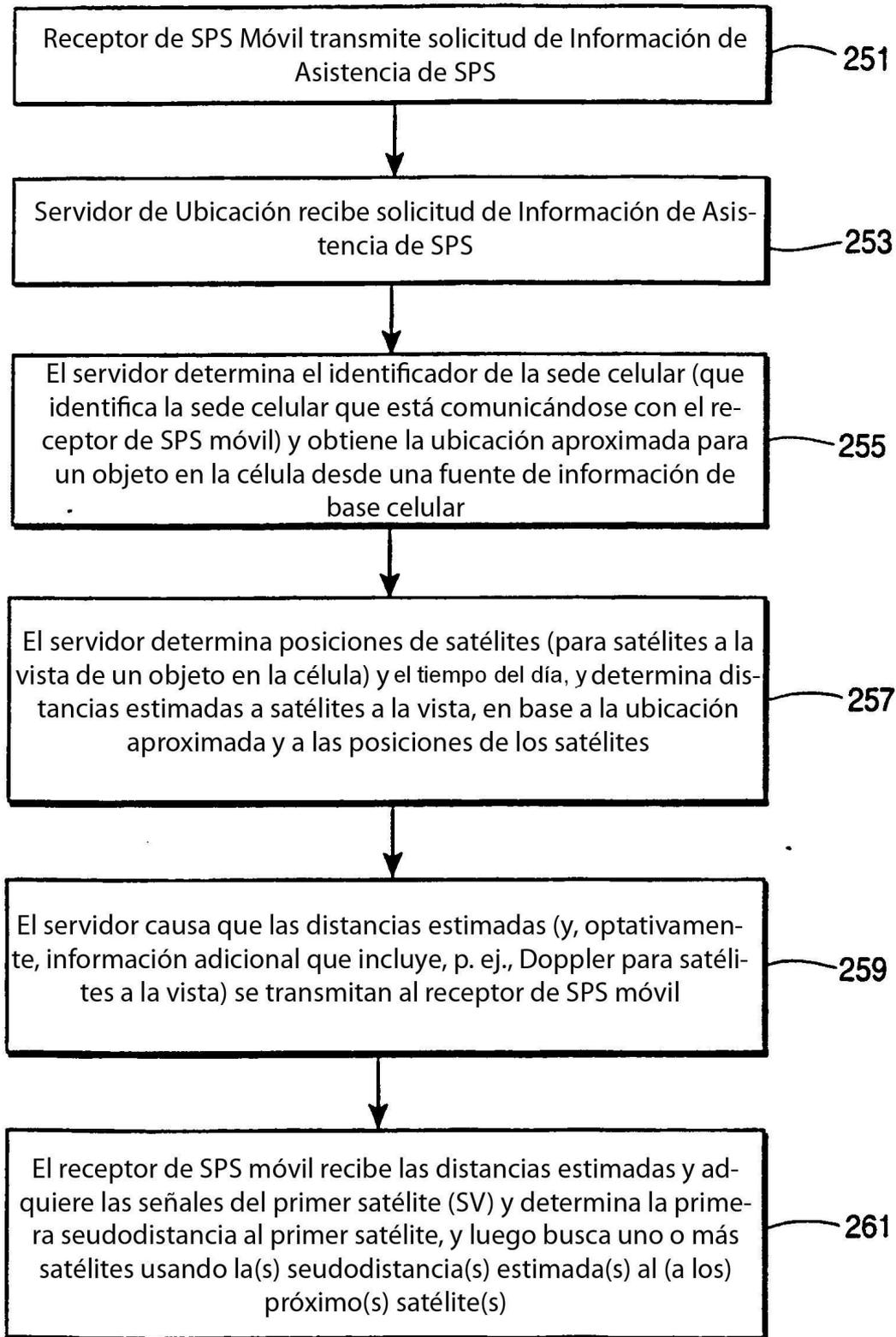


FIG. 9

INFORMACIÓN DE POSICIÓN	
<p>PRECISIÓN DE INFORMACIÓN TEMPORAL EN EL RECEPTOR DE SPS</p> <p>300</p>	<p>EFEMÉRIDES (DESDE FUENTE EXTERNA) MÁS UBICACIÓN APROXIMADA DE RECEPTOR DE SPS</p> <p>314</p>
<p>ALMANAQUE MÁS UBICACIÓN APROXIMADA DE RECEPTOR DE SPS (RECIBIDO EN EL SPS O DESDE "SERVIDOR" EXTERNO)</p> <p>316</p>	<p>ECUACIONES DE DISTANCIA DEL SATÉLITE (DESDE FUENTE EXTERNA)</p> <p>318</p>
<p>PRECISA (MENOS DE 1 MILISEGUNDO)</p> <p>320</p>	<p>SE REDUCE PRIMERA GAMA DE BÚSQUEDA DE SATÉLITE</p> <p>322</p>
<p>APROXIMADA (>1 MILISEGUNDO, <10 MINUTOS)</p> <p>328</p>	<p>SE REDUCE PRIMERA GAMA DE BÚSQUEDA DE SATÉLITE</p> <p>324</p>
<p>306</p>	<p>DEBE HALLAR 1ER SATÉLITE POR MEDIOS CONVENCIONALES</p> <p>330</p>
<p>308</p>	<p>DEBE HALLAR 1ER SATÉLITE POR MEDIOS CONVENCIONALES</p> <p>332</p>
<p>310</p>	<p>SE REDUCE PRIMERA GAMA DE BÚSQUEDA DE SATÉLITE</p> <p>326</p>
<p>312</p>	<p>DEBE HALLAR 1ER SATÉLITE POR MEDIOS CONVENCIONALES</p> <p>334</p>

FIG. 10