



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 362 808**

51 Int. Cl.:  
**G01S 19/21** (2006.01)  
**G01S 19/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08020662 .6**  
96 Fecha de presentación : **24.01.2000**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2037290**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.03.2009**

54 Título: **Procedimiento y aparato para procesamiento de medición de señales de un sistema de posicionamiento por satélite (SPS).**

30 Prioridad: **01.02.1999 US 241334**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**13.07.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**13.07.2011**

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

72 Inventor/es: **Sheynblat, Leonid y**  
**Krasner, Norman F.**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 362 808 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 procesamiento de medición de señales de un sistema de posicionamiento por satélite (SPS)

### Referencia cruzada con solicitud relacionada

- 5 La presente solicitud es una continuación en parte de la solicitud en tramitación junto con la presente con número de serie 09/109.112, presentada el 2 de julio de 1998.

### Campo de la invención

La presente invención se refiere en general al campo de sistemas de posicionamiento por satélite (SPS), tales como los receptores del sistema de posicionamiento global (GPS), y más en particular al procesamiento de señales SPS.

### 10 Antecedentes de la invención

Los receptores del sistema de posicionamiento global (GPS) determinan normalmente su posición calculando tiempos de llegada de señales transmitidas simultáneamente desde una multiplicidad de satélites GPS (o NAVSTAR) satélites. Estos satélites transmiten, como parte de su mensaje, tanto datos de posicionamiento de satélite como datos sobre el sincronismo de reloj, denominados datos de "efemérides". El proceso de buscar y  
15 adquirir señales GPS, leer los datos de efemérides para una multiplicidad de satélites y calcular la ubicación del receptor a partir de estos datos lleva tiempo, requiriendo a menudo varios minutos. En muchos casos, este tiempo de procesamiento largo es inaceptable, y además, limita en gran medida a vida de la batería en aplicaciones portátiles miniaturizadas.

Los sistemas de recepción GPS tienen dos funciones principales. La primera es el cálculo de las pseudodistancias respecto a los diversos satélites GPS, y la segunda es el cálculo de la posición del receptor utilizando estas pseudodistancias y datos de efemérides y sincronismo de satélite. Las pseudodistancias son simplemente los tiempos de llegada de señales de satélite medidos por un reloj local. Esta definición de pseudodistancia se denomina a veces también fase de código. Las efemérides y datos de sincronismo de satélite se extraen a partir de la señal GPS una vez que se adquiere y se sigue la pista de la misma. Como se expuso anteriormente, la  
20 recopilación de esta información lleva normalmente un tiempo relativamente largo (de 30 segundos a varios minutos) y debe llevarse a cabo con un buen nivel de señal recibida para conseguir bajas tasas de error.

La mayoría de los receptores GPS utilizan procedimientos de correlación para calcular pseudodistancias. Estos procedimientos de correlación se realizan en tiempo real, a menudo con correladores de hardware. Las señales GPS contienen señales repetitivas de alta tasa denominadas secuencias pseudoaleatorias (PN). Los códigos disponibles para aplicaciones civiles se denominan códigos C/A, y tienen una tasa de inversión de fase binaria, o  
30 tasa de división en elementos de código, de 1,023 MHz y un periodo de repetición de 1023 elementos de código para un periodo de código de 1 milisegundo. Las secuencias de códigos pertenecen a una familia conocida como códigos Gold, y cada satélite GPS emite una señal con un único código Gold.

Para una señal recibida desde un satélite GPS dado, a continuación de proceso de conversión descendente a banda base, un receptor de correlación multiplica la señal recibida por una réplica almacenada del código Gold apropiado contenido dentro de su memoria local, y entonces integra, o filtra paso bajo, el producto con el fin de obtener una indicación de la presencia de la señal. Este proceso se denomina una operación de "correlación". Ajustando secuencialmente el sincronismo relativo de esta réplica almacenada con respecto a la señal recibida, y observando la salida de correlación, el receptor puede determinar el retardo de tiempo entre la señal recibida y un  
40 reloj local. La determinación inicial de la presencia de una salida de este tipo se denomina "adquisición". Una vez que se produce la adquisición, el proceso entra en la fase de "seguimiento" en la que el sincronismo de la referencia local se ajusta en pequeñas cantidades con el fin de mantener una salida de correlación alta. La salida de correlación durante la fase de seguimiento puede verse como la señal GPS con el código pseudoaleatorio eliminado, o, en terminología común, "desensanchada". Esta señal es de banda estrecha, con un ancho de banda acorde con una señal de datos modulada por desplazamiento de fase binaria (BPSK) de 50 bits por segundo que se superpone sobre la forma de onda GPS.

El proceso de adquisición de correlación lleva mucho tiempo, especialmente si las señales recibidas son débiles. Para mejorar el tiempo de adquisición, la mayoría de los receptores GPS utilizan una multiplicidad de correladores (normalmente hasta 36), lo que permite una búsqueda en paralelo de picos de correlación.

50 El equipamiento de recepción GPS convencional se diseña normalmente para recibir señales GPS en espacios abiertos puesto que las señales de satélite son de línea de visión y por tanto pueden bloquearse mediante metal y otros materiales. Receptores GPS mejorados proporcionan una sensibilidad de señal que permite seguir la pista de señales GPS de satélite en interiores, o en presencia de señales multitrayectoria débiles o señales que son

reflexiones puras. Sin embargo, la capacidad de adquirir tales señales GPS débiles, provoca normalmente otros problemas. Por ejemplo, el seguimiento simultáneo de señales fuertes y débiles puede provocar que el receptor capte una señal con correlación cruzada, que no es una señal verdadera. En lugar de encontrar un pico verdadero débil, puede adquirirse un pico con correlación cruzada más fuerte. El seguimiento de una señal de satélite débil no garantiza que sea una señal directa. Esta señal débil puede ser una señal reflejada o una combinación de señales directas e indirectas. Las señales combinadas se denominan como señales multitrayectoria. La trayectoria de la señal reflejada es normalmente más larga que la trayectoria de la señal directa. Esta diferencia en la longitud de trayectoria provoca que se retrase la medición del tiempo de llegada de la señal reflejada o que la medición de fase de código correspondiente contenga una desviación positiva. En general, la magnitud de la desviación es proporcional al retardo relativo entre las trayectorias reflejada y directa. La posible ausencia de una componente de señal directa hace obsoletas las técnicas de mitigación de multitrayectoria existentes (tales como un correlador estrecho o un correlador estroboscópico).

El documento WO 98/08319 A1 enseña un procedimiento de procesamiento de señales SPS que comprende la determinación de múltiples picos de correlación en señales SPS y la privación de información temporal procedente de estos picos de correlación. Sin embargo, la medición que representa un tiempo de llegada de señales SPS basadas en una detección de máscara de ancho de pico necesita ser mejorada.

Por lo tanto, es deseable proporcionar un algoritmo de procesamiento de medición que utilice óptimamente diversos tipos de datos disponibles para conseguir una solución de localización óptima.

### **Sumario de la invención**

Se describe un procedimiento y un aparato para el procesamiento de medición de señales SPS. En una realización de la presente invención, se reciben una pluralidad de señales GPS desde una pluralidad de satélites GPS correspondiente en un receptor GPS. El entorno de señal correspondiente a la ubicación en la que está ubicado el receptor GPS se caracteriza para producir datos de entorno de señal. En una realización ejemplar, se busca en una fuente de información, tal como una base de datos con base en una red celular para recuperar los datos de entorno de señal dada una ubicación aproximada del receptor GPS. Esta ubicación aproximada puede especificarse por una ubicación de un emplazamiento de celda que está en comunicación de radio celular con un dispositivo de comunicación celular que está ubicado conjuntamente con el receptor GPS. Se definen uno o más parámetros relacionados con características de señal de las señales de satélite. Se determinan valores umbral para los parámetros utilizando los datos de entorno de señal. Se miden fases de código correspondientes a tiempos de llegada de señales de satélite respectivas desde la pluralidad de satélites. Se evalúan datos que representan tiempos de llegada medidos utilizando valores umbral para los parámetros para producir un conjunto de tiempos de llegada a partir de los que se calcula una solución de ubicación para el receptor GPS.

En otra realización de la invención, el entorno de señal correspondiente a la ubicación en la que está ubicado un receptor GPS se caracteriza para producir datos de entorno de señal. Estos datos de entorno de señal reflejan la manera en la que se propagan las señales SPS en la ubicación. Los datos de entorno de señal se utilizan para determinar al menos un valor de procesamiento que se, a su vez, se utiliza para procesar datos representativos de señales SPS recibidas por el receptor GPS.

En una realización particular de la invención, se utiliza una fuente de información con base en celda (por ejemplo, una base de datos con base en red telefónica celular) para determinar datos de entorno de señal que representan una manera en la que se propagan las señales SPS en una ubicación en la que está ubicado un receptor SPS, y se procesan las señales SPS por el receptor SPS en esta ubicación de una manera especificada por los datos de entorno de señal.

En otra realización de la invención, un procedimiento de procesamiento de señales SPS determina la existencia de dos (o más) picos de correlación a partir del mismo conjunto de señales SPS desde un primer SPS satélite. Se obtiene una medición que representa un tiempo de llegada del conjunto de señales SPS a partir de los dos (o más) picos de correlación; normalmente el pico de correlación más temprano representa una trayectoria directa del conjunto de señales SPS, en vez de una trayectoria reflejada, y el pico de correlación más temprano se utiliza para obtener la medición que representa el tiempo de llegada del conjunto de señales SPS.

Otras características y realizaciones de la presente invención resultarán evidentes a partir de los dibujos adjuntos y a partir de la siguiente descripción detallada.

### **Breve descripción de los dibujos**

La presente invención se ilustra a modo de ejemplo y no a modo de limitación en las figuras de los dibujos adjuntos en los que las referencias indican elementos similares y en los que:

La **figura 1** es un diagrama de bloques de un ejemplo de un sistema de recepción GPS que utiliza realizaciones de la presente invención, y muestra enlaces de datos que pueden existir entre una estación base y un receptor GPS remoto.

5 La **figura 2** es una tabla que ilustra un ejemplo de elementos de datos con valores ejemplares para siete satélites a la vista diferentes, que pueden utilizarse en una realización de la presente invención.

La **figura 3** es una representación gráfica de amplitudes de quince salidas de correlador con retardo de 1/2 elemento de código en la proximidad de un canal puntual para un satélite ilustrado en la **figura 2**.

10 La **figura 4** es un diagrama de flujo que esboza las principales operaciones realizadas por el receptor 20 GPS, u otros tipos de receptores GPS, o una combinación de un receptor GPS móvil y un sistema de procesamiento de datos tal como un sistema informático servidor, en el procesamiento de señales recibidas de satélite para producir un punto de ubicación, según un procedimiento de procesamiento de medición de una realización de la presente invención.

La **figura 5** es un diagrama de flujo que esboza las operaciones incluidas en el proceso de caracterización del entorno de señal ilustrado en la **figura 4**, según una realización de la presente invención.

15 La **figura 6** es un diagrama de flujo que esboza las operaciones incluidas en el algoritmo que controla el proceso de configuración de parámetros ilustrado en la **figura 4**, según una realización de la presente invención.

La **figura 7** es un diagrama de flujo que esboza las operaciones incluidas en el proceso de selección y cálculo de medición ilustrado en la **figura 4**, según una realización de la presente invención.

20 La **figura 8** es un diagrama de flujo que esboza las operaciones incluidas en el proceso de detección y aislamiento de fallos ilustrado en la **figura 4**, según una realización de la presente invención.

La **figura 9** es un diagrama de flujo que esboza las operaciones incluidas en el proceso de ajuste de desviación ilustrado en la **figura 4**, según una realización de la presente invención.

25 La **figura 10** es un diagrama de flujo que esboza las operaciones incluidas en el proceso de optimización de medición secuencial ilustrado en la **figura 4**, según una realización de la presente invención.

La **figura 11** es un diagrama de flujo que esboza las operaciones incluidas en un proceso de cálculo y estimación de errores ilustrado en la **figura 4**, según una realización de la presente invención.

La **figura 12A** es un ejemplo de un sistema de red celular que incluye una fuente de información con base en celda.

30 La **figura 12B** es un ejemplo de un servidor SPS según una realización de la invención.

### **Descripción detallada**

Se describen un procedimiento y un aparato para procesamiento de medición de señales de sistema de posicionamiento por satélite (SPS).

35 En la siguiente descripción, se describirán realizaciones de la presente invención con referencia a la aplicación en el sistema de sistema de posicionamiento global (GPS) estadounidense, que es un ejemplo de un sistema SPS. Sin embargo, debería ser evidente que estos procedimientos pueden aplicarse igualmente a otros sistemas de posicionamiento por satélite, tales como el sistema Glonass ruso. Por tanto, el término "GPS" utilizado en el presente documento incluye sistemas de posicionamiento por satélite alternativos de este tipo, incluyendo el sistema Glonass ruso. Asimismo, el término "señales GPS" incluye señales desde sistemas de posicionamiento por satélite alternativos.

40 Además, aunque las realizaciones de la presente invención se describen con referencia a satélites GPS, debe apreciarse que las enseñanzas pueden aplicarse igualmente a sistemas de posicionamiento que utilizan pseudosatélites o una combinación de satélites y pseudosatélites. Los pseudosatélites son transmisores con base en tierra que emiten un código PN (similar a una señal GPS) modulado en una señal portadora de banda L (u otra frecuencia), generalmente sincronizada con tiempo GPS. Puede asignarse a cada transmisor un código PN único para permitir la identificación mediante un receptor remoto. Los pseudosatélites son útiles en situaciones en las que las señales GPS desde un satélite en órbita podrían no estar disponibles, tales como túneles, minas, edificios, cañones urbanos y otras áreas encerradas. El término "satélite", como se utiliza en el presente documento, pretende incluir pseudosatélites o equivalentes de pseudosatélites, y el término señales GPS, como se utiliza en el presente documento, pretende incluir señales de tipo GPS desde pseudosatélites o equivalentes de

pseudosatélites.

### **Sistema de recepción GPS**

La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de recepción GPS que puede utilizarse para implementar procedimientos de la presente invención. El sistema de recepción GPS de la figura 1 incluye una unidad 20 de receptor GPS móvil o remota que incluye una fase de procesamiento GPS y una fase de comunicación. Por tanto, la unidad 20 de receptor GPS incluye un conjunto de circuitos para realizar las funciones requeridas para procesar señales GPS, así como las funciones requeridas para procesar señales de comunicación transmitidas y recibidas a través de un enlace de comunicación. El enlace de comunicación, tal como el enlace 16 de datos, es normalmente un enlace de comunicación de radiofrecuencia (por ejemplo, un enlace de comunicación telefónica celular) a otro componente de comunicación, tal como una estación 10 base que tiene una antena 14 de comunicación.

Según procedimientos GPS tradicionales, el receptor 20 GPS recibe señales GPS transmitidas desde satélites GPS en órbita y determina los tiempos de llegada de códigos de ruido pseudoaleatorio (PN) únicos comparando los desplazamientos de tiempo entre las secuencias de señales de códigos PN recibidas y las secuencias de señales PN generadas internamente. Las señales GPS se reciben a través de una antena 40 GPS y se introducen a un circuito de adquisición que adquiere los códigos PN para los diversos satélites recibidos. Los datos de navegación (por ejemplo, datos de pseudodistancia) producidos por el circuito de adquisición se procesan por un procesador para la transmisión sobre el enlace 16 de comunicación de datos.

El receptor 20 GPS incluye también una sección de transceptor de comunicación, mostrada como módem 22, para la comunicación sobre el enlace 16 de datos. El módem 22 está acoplado a la antena 24 de comunicación. El módem 24 transmite datos de navegación procesados por el receptor 20 GPS a través de señales de comunicación (normalmente señales de radiofrecuencia) a una estación base remota, tal como la estación 10 base. Los datos de navegación pueden ser la latitud, longitud, y altitud reales del receptor GPS, o pueden ser datos en bruto o parcialmente procesados. Las señales de comunicación recibidas se introducen al módem 22 y se pasan a un procesador para procesamiento y posible salida a través de un altavoz.

Según una realización de la presente invención los datos de pseudodistancia generados por el receptor 20 GPS se transmiten sobre el enlace 16 de datos a la estación 10 base. La estación 10 base determina entonces la ubicación del receptor 20 GPS basándose en los datos de pseudodistancia desde el receptor combinación, el tiempo en el que se midieron las pseudodistancias, y datos de efemérides recibidos desde su propio receptor GPS (por ejemplo, a través de la antena 12 GPS) u otras fuente de datos de este tipo, tales como una red de receptores de referencia GPS. Los datos de ubicación pueden transmitirse entonces de nuevo al receptor 20 GPS o a otras ubicaciones remotas. El enlace 16 de datos entre el receptor 20 GPS y la estación 10 base puede implementarse en un número de diversas realizaciones que incluyen un enlace directo o un enlace telefónico celular, o cualquier otro tipo de enlace inalámbrico.

En una realización de la presente invención, la estación 10 base ordena al receptor 20 GPS realizar una medición de ubicación a través de un mensaje transmitido sobre el enlace 16 de datos. Dentro de este mensaje, la estación 10 base también envía información relacionada con Doppler (u otra información, tal como almanaque de satélite, a partir de la que puede obtenerse el Doppler) para los satélites a la vista. La información relacionada con Doppler también puede incluir tasa de cambio Doppler, aceleración Doppler u otras representaciones matemáticas de la información relacionada con Doppler. La información de Doppler es una forma de información datos de satélite relacionada con la posición y velocidad del satélite y está normalmente en la forma de información de frecuencia. El mensaje también especificará normalmente una identificación de los satélites particulares a la vista, u otros datos de inicialización. El mensaje se recibe por el módem 22, y se almacena en una memoria 30 acoplada al microprocesador 26. El microprocesador 26 maneja la transferencia de información de datos entre los elementos 32 a 48 de procesamiento de la unidad remota y el módem 22.

La información de Doppler incluida en el mensaje es normalmente de duración muy corta puesto que la precisión requerida de tal información de Doppler no es alta. Por ejemplo, si se requiriese una precisión de 10 Hz y el Doppler máximo fuera aproximadamente  $\pm 7$  kHz, entonces sería suficiente una palabra de 11 bits para cada satélite a la vista. Se requerirían bits adicionales para transmitir información de tasa de cambio Doppler. Si estuviesen a la vista ocho satélites, entonces se requerirían 88 bits para especificar todos los Dopplers de este tipo. El uso de esta información elimina el requisito de que la unidad remota 20 busque tales Dopplers, reduciendo de ese modo su tiempo de procesamiento por encima de un factor de diez. El uso de la información de Doppler también permite que el receptor 20 GPS procese más rápidamente una muestra de señales GPS tal como una recopilación de señales GPS digitalizadas almacenadas en una memoria digital.

Cuando el receptor 20 GPS recibe un comando (por ejemplo, desde la estación 10 base) para procesar señales GPS a través de un mensaje que incluye información de Doppler, el microprocesador 26 activa el conversor 42 RF a IF, el conversor 44 analógico a digital (A/D) y la memoria 46 instantánea digital a través de un circuito 36 de batería

y regulador de potencia y conmutador de potencia (y líneas 21a, 21b, 21c y 21d de potencia controlada), proporcionando de ese modo potencia completa para estos componentes. Esto provoca que las señales desde los satélites GPS que se reciben a través de la antena 40 se conviertan de manera descendente desde una radiofrecuencia (RF) hasta una frecuencia intermedia (IF), en la que sufren posteriormente digitalización en el  
 5 conversor 44 A/D. Entonces se almacena un conjunto contiguo de tales datos, normalmente correspondientes a una duración de 100 milisegundos a un segundo (o incluso mayor), en la memoria 46 instantánea. El direccionamiento de esta memoria 46 para almacenar estos datos se controla mediante un circuito 48 integrado de disposición de puertas programable de campo (FPGA). La conversión descendente de las señales GPS se lleva a cabo utilizando un sintetizador 38 de frecuencia que proporciona la señal 39 de oscilador local al conversor 42 como se comenta  
 10 con más detalle posteriormente.

Durante el periodo de tiempo en el que la memoria 46 instantánea está relleniéndose con las señales GPS digitalizadas desde los satélites a la vista, el microprocesador 32 DSP puede mantenerse en un estado de baja potencia. El conversor 42 RF a IF y el conversor 44 A/D sólo se encienden normalmente durante un corto periodo de tiempo, suficiente para recoger y almacenar los datos requeridos para el cálculo de pseudodistancia. Después  
 15 de que se completa la recogida de datos, estos circuitos conversores se apagan o se reduce la potencia de otro modo a través de las líneas 21b y 21c de potencia controlada (mientras que la memoria 46 continúa recibiendo potencia completa), no contribuyendo por tanto a la disipación de potencia adicional durante el cálculo de pseudodistancia real. El cálculo de pseudodistancia se realiza entonces utilizando, en una realización de la presente invención, un CI 32 de procesador de señal digital (DSP) programable de propósito general. El DSP 32 se  
 20 pone en un estado de potencia activo mediante el microprocesador 26 y el circuito 36 a través de la línea 21e de potencia controlada antes de realizar tales cálculos.

En una realización, el DSP 32 es un procesador programable y de propósito general en oposición a un procesador de señal digital de encargo especializado, como se utiliza en otras unidades GPS. Una vez que el DSP 32 completa su cálculo de pseudodistancias para cada uno de los satélites a la vista, puede calcular su posición final utilizando  
 25 datos de efemérides de satélite suministrados al mismo a través de un enlace de datos o reunidos mediante técnicas de demodulación estándar. Como alternativa, puede transmitir las pseudodistancias a una estación base (por ejemplo, la estación 10 base), que proporciona un cálculo de posición final. La **figura 12A** muestra un ejemplo de una estación base que se denomina en este caso como un servidor SPS. El servidor SPS está enlazado de manera comunicativa con el receptor SPS/teléfono celular a través de una red telefónica celular y una red telefónica pública conmutada (PSTN).  
 30

En una realización de la invención, el DSP 32 transmite esta información de posición al microprocesador 26 a través de un bus 33 de interconexión. En este momento el microprocesador 26 puede provocar que el DSP 32 y la memoria 46 entren de nuevo en un estado de baja potencia enviando una señal de control apropiada al circuito 36 de batería y regulador de potencia. El microprocesador 26 utiliza entonces el módem 22 para transmitir los datos de  
 35 pseudodistancia, o datos de posición sobre el enlace 16 de datos a la estación 10 base para el cálculo de posición final o para la salida en un dispositivo de visualización (no mostrado).

Se espera que los cálculos de posición en el DSP 32 requieran normalmente menos de unos pocos segundos de tiempo, dependiendo de la cantidad de datos almacenados en la memoria 46 instantánea digital y la velocidad del DSP.

40 Como se indicó anteriormente, la memoria 46 instantánea digital captura un registro correspondiente a un periodo de tiempo relativamente largo. El procesamiento eficaz de este gran bloque de datos utilizando procedimientos de convolución rápida contribuye a la capacidad de la presente invención para procesar señales en niveles recibidos bajos (por ejemplo, cuando la recepción es mala debido a bloqueo parcial de edificios, árboles, etc.). Ejemplos de tales procedimientos se describen en la patente estadounidense número 5.663.734. Todas las pseudodistancias  
 45 para satélites GPS visibles se calculan utilizando estos mismos datos almacenados temporalmente. Esto proporciona un rendimiento mejorado con respecto a receptores GPS de seguimiento continuo en situaciones (tales como condiciones de bloqueo urbano) en las que la amplitud de señal cambia rápidamente.

Pueden utilizarse diferentes arquitecturas de receptor GPS con la presente invención. Aunque la descripción anterior se ha centrado en un receptor GPS con una memoria digital y un procesador de señal digital, otras  
 50 arquitecturas de receptor GPS pueden realizar todos o partes de los procedimientos de la invención y pueden formar todos o partes de los aparatos de la invención. Por ejemplo, pueden utilizarse receptores GPS de estilo de correlador de hardware convencionales con la invención. También, los tipos de receptores GPS descritos en las solicitudes PCT: PCT/US98/07471 o PCT/US98/11375 o PCT/US97/06946 (número de publicación 97/40398) pueden utilizarse con la presente invención. En cada caso, las salidas del correlador para cada satélite SPS (por  
 55 ejemplo, **figura 3**) se guardan para el uso en las técnicas de procesamiento de medición de la invención.

En cada caso, el propio receptor puede realizar todo el procesamiento de una de estas técnicas de procesamiento de medición o puede realizar una parte del procesamiento de la técnica y puede reenviar los resultados del

procesamiento intermedio a un sistema "servidor", tal como un servidor SPS como se muestra en la **figura 12A**, sistema servidor que completa el procesamiento. En el caso en el que el receptor GPS (por ejemplo la unidad 20 móvil) realiza todo el procesamiento para una de estas técnicas, el receptor GPS puede recibir datos de ayuda desde una fuente externa a través de su enlace de comunicación tal como un sistema telefónico celular; estos datos de ayuda, tal como una caracterización del entorno de señal (y valores de parámetros asociados) pueden transmitirse a la unidad 20 móvil. En el caso en el que el receptor GPS realiza parte del procesamiento, el receptor GPS almacenará normalmente muestras de las salidas del correlador para cada satélite SPS (tal como los datos mostrados en la **figura 3**), y estas salidas del correlador se transmiten al sistema servidor que realiza una técnica de procesamiento de medición de la invención.

#### 10 Procesamiento de medición

En una realización de la presente invención, un receptor GPS mejorado procesa varios tipos diferentes de datos para cada satélite a la vista. Estos tipos de datos pueden incluir: una fase de código correspondiente al valor de pico de correlación máximo también denominado como pico principal (que mide el tiempo de llegada); un conjunto de fases de código alrededor del valor de pico de correlación máximo (calculado en, por ejemplo, 1/8, 1/4, 1/2, 1 elemento de código C/A o en alguna otra separación arbitraria); un ancho de pico de correlación (calculado en algún nivel de señal seleccionado, por ejemplo, 3 dB por debajo del pico); un Doppler (que mide la tasa de cambio de fase de código); una relación señal a ruido (SNR); una relación señal a interferencia (SIR); un periodo de integración; y una etiqueta que indica la presencia de múltiples picos y su(s) ubicación/ubicaciones con respecto al pico principal.

En una realización típica de la invención, un entorno de señal se caracteriza usando estos tipos de datos que se miden para señales SPS (por ejemplo una SNR de una señal SPS), y esto representa una manera en la que las señales SPS se propagan localmente (por ejemplo no en la ionosfera) en la ubicación del receptor SPS. En un ejemplo típico, una señal SPS propagada localmente es una señal SPS que se propaga dentro de aproximadamente 1000 metros desde la ubicación del receptor SPS. Es decir, puede considerarse que las señales SPS que se propagan dentro de aproximadamente 1000 metros desde la ubicación son señales SPS propagadas localmente; esta distancia puede considerarse como un alcance desde aproximadamente 0,1 metros desde el receptor SPS hasta aproximadamente 1000 (quizás hasta 2000) metros desde el receptor SPS. En otra realización, un entorno de señal puede caracterizarse utilizando estos tipos de datos que se miden para señales de comunicación celular (por ejemplo una SNR de una señal de comunicación telefónica celular recibida). Por ejemplo, pueden determinarse uno o más de estos tipos de datos para las señales recibidas de comunicación celulares o pueden obtenerse uno o más de estos tipos de datos a partir del nivel de potencia (por ejemplo un nivel de potencia superior sugiere SNR inferior) del transmisor celular en el teléfono celular. El entorno de señal caracterizado por mediciones de señales de comunicación celular también representará normalmente la manera en la que las señales SPS se propagan localmente en la ubicación del receptor SPS. También se observa que el procesamiento de señales de comunicación celular puede utilizar una caracterización del entorno de señal.

**La figura 2** es una tabla que ilustra un ejemplo de algunos de los elementos de datos con valores ejemplares para siete satélites a la vista diferentes, que pueden utilizarse en una realización de la presente invención. Los satélites se numeran según sus códigos PRN correspondientes como 2, 4, 7, 9, 15, 26, y 27. Los datos para cada satélite incluyen relación señal a ruido, relación señal a interferencia, ancho de pico, acimut, elevación, fase de código e información de Doppler.

**La figura 3** ilustra un ejemplo de amplitudes ajustadas a escala de quince salidas del correlador medidas con retardos de 1/2 elemento de código en la proximidad de un canal puntual. La forma de onda de la **figura 3** corresponde a los valores de datos para el satélite número 27 mostrado en la tabla de la **figura 2**. La **figura 3** ilustra un ejemplo de comportamiento de "pico doble", probado por la presencia de dos señales fuertes. La **figura 3** demuestra también la presencia de dos señales débiles más, una en un momento correspondiente a 3 medios elementos de código con respecto al retardo y el otro en 11 medios elementos de código con respecto al retardo. Estas dos señales pueden evaluarse para el tiempo de llegada de una señal directa. Un caso típico de comportamiento de pico doble de la misma señal de satélite SPS se produce cuando un receptor SPS recibe tanto una señal reflejada como una señal directa de la misma señal de satélite SPS, y ambas señales son relativamente fuertes y están por encima del nivel de detección de señal. Normalmente, la señal directa produce un pico de correlación más temprano (por ejemplo tiempo = aproximadamente 6, y = aproximadamente 4500 como se muestra en la **figura 3**) y la señal reflejada produce un pico de correlación posterior (por ejemplo tiempo = aproximadamente 8,5, y = aproximadamente 6500 como se muestra en la **figura 3**). En ciertas circunstancias (por ejemplo un satélite SPS que está bajo en el horizonte), la señal reflejada puede ser una señal más fuerte que la señal directa; la **figura 3** muestra este ejemplo.

Otro tipo de interferencia, denominada como correlación cruzada, también puede existir y puede producirse cuando una señal de satélite SPS fuerte interfiere con el procesamiento de una señal más débil; ejemplos de procedimientos para mitigar esta interferencia se describen en la solicitud de patente estadounidense en tramitación

junto con la presente con número de serie 09/109.112 presentada el 2 de julio de 1998.

La **figura 4** es un diagrama de flujo que esboza las operaciones principales realizadas por el receptor 20 GPS en el procesamiento de señales recibidas de satélite para producir una información de posición según un procedimiento de procesamiento de medición de una realización de la presente invención. El procedimiento de procesamiento de medición ilustrado en la **figura 4** incluye siete procesos principales. En la operación 101, se caracteriza el entorno de señal de la ubicación del receptor GPS. Los datos empíricos indican que las características de señal, tales como diversas medidas de intensidades de señal, pseudodistancia y errores de multitrayectoria, varían significativamente de un entorno (por ejemplo un cañón urbano) a otro (por ejemplo interiores). Esto se debe en gran medida al hecho de que el material, altura y distribución espacial de edificios en diferentes entornos urbanos influyen en las trayectorias que atraviesan las señales de satélite en el camino hacia la antena del receptor GPS. Los datos de entorno de señal representan una manera en la que se propagan señales SPS hasta una antena SPS en la ubicación particular.

Caracterizar el emplazamiento de celda con el que se comunica el receptor 20 GPS en cuanto a su entorno de señal puede ayudar en la selección del algoritmo para el procesamiento de medición. Esta información puede estar disponible como parte de la información de objeto de celda. Además de la clasificación de señal de celda, la información de objeto de celda también puede contener el área de servicio de celda, la identificación del emplazamiento de celda, la ubicación del emplazamiento de celda y la altitud estimada. Las clases de entornos de señal pueden definirse como "a cielo abierto", "rural", "urbano", "cañón urbano", etcétera. El "cañón urbano" puede subclasificarse por la ciudad real o área metropolitana, tal como "cañón urbano de Tokio" o "cañón urbano de San Francisco" para definir con más precisión el entorno. Por ejemplo, "cañón urbano de Minneapolis" implica terreno llano, mientras que "cañón urbano de San Francisco" indica terreno montañoso con posibles variaciones en altitud importantes.

En una realización típica de la invención, se realiza una caracterización del entorno de señal cada vez que un receptor SPS se opera en una ubicación sin referencia para un análisis previo de un entorno de señal para la misma ubicación. Sin embargo, es posible utilizar un análisis previo del entorno de señal de la ubicación, y este análisis previo puede considerarse una etapa de configuración. El entorno de señal de una ubicación, tal como la ubicación de un emplazamiento de celda o una ubicación típica de un teléfono celular en el área de celda a la que da servicio el emplazamiento de celda, puede caracterizarse en una etapa de configuración (como un análisis previo) tomando diversas mediciones en la ubicación (o diversas ubicaciones "representativas" en el área cubierta por el emplazamiento de celda). Puesto que los satélites giran, los datos empíricos pueden ser válidos sólo en momentos específicos. Las mediciones anteriores pueden repetirse en diferentes momentos del día o aproximadamente en el momento de uso pico. Estas mediciones se analizan empíricamente para determinar las intensidades de señal típicas y los anchos de pico típicos (por ejemplo salida SNR y/o salida SIR, y/o ancho de pico como se muestra en la **figura 2**), patrones de interferencia y presencia de errores multitrayectoria. Puesto que la ubicación (o ubicaciones representativas) se conoce(n) cuando se realiza la caracterización de configuración, las salidas de correlación de las señales de satélite pueden compararse con las salidas de correlación esperadas, y esta comparación mostrará la magnitud de las reflexiones (por ejemplo, una señal reflejada) y la presencia de picos dobles en el entorno de señal. En otro ejemplo, la diferencia RMS (valor cuadrático medio) de las salidas de correlación y los valores nominales puede analizarse para errores multitrayectoria. El conocimiento real de que la mayor parte o toda la cobertura de un emplazamiento de celda es urbana o rural puede incluirse también en los datos de entorno de señal. Una vez completada la caracterización, los datos que caracterizan el entorno de señal pueden almacenarse en una base de datos (por ejemplo, una base de datos basada en la celda) en la que la ubicación (por ejemplo, un identificador de emplazamiento de celda u otros identificadores de la ubicación de la celda) se asocian en la base de datos con estos datos que caracterizan el entorno de señal. La **figura 12A** muestra un ejemplo de esta base de datos que puede mantenerse en un servidor SPS. En el funcionamiento de una realización de la invención, un teléfono celular móvil/receptor GPS (por ejemplo el receptor 901b) proporciona pseudodistancias y salidas de correlación (utilizadas para el procesamiento de medición) que se transmiten al emplazamiento de celda (por ejemplo el emplazamiento 901a de celda). El emplazamiento de celda reenvía entonces estos datos a un servidor SPS (por ejemplo el servidor 912) que, a su vez, determina el entorno de señal (por ejemplo recibiendo un identificador del emplazamiento de celda en una comunicación de radio celular y consultando la base de datos (por ejemplo la base de datos 912a) en busca de datos de entorno de señal asociados con la ubicación del emplazamiento de celda). Los datos que representan el entorno de señal se utilizan entonces para procesar, según varias realizaciones de la invención, las pseudodistancias y salidas de correlación recibidas desde el teléfono celular móvil/receptor GPS (por ejemplo el receptor 901b). Estos datos para el entorno de señal pueden complementarse mediante mediciones de entorno de señal obtenidas dinámicamente que se realizan en el uso real del sistema después de estas caracterizaciones de configuración. Sin embargo, las caracterizaciones de configuración pueden proporcionar información de ayuda; por ejemplo, en ciertas celdas de una red telefónica celular, la mayor parte de la celda será urbana o rural, y esta información puede reenviarse al receptor SPS móvil y utilizarse en el receptor SPS móvil como parte del entorno de señal clasificación.



En una realización de la presente invención, la clasificación de entorno obtenida en la operación 101 se utiliza para ayudar en la selección de parámetros de control de algoritmo de la operación 103. Los parámetros de control configurados en la operación 103 normalmente incluyen máscaras para la relación señal a ruido, la relación señal a interferencia, el ancho de pico, HDOP, elevación de satélite, y otros parámetros de este tipo. Estos parámetros de control se utilizan en el proceso de selección y cálculo de medición, operación 105. Basándose en los valores de máscara de los parámetros, se realiza la selección de medición. Como parte de la operación 105, también se realiza algo de cálculo de medición. Por ejemplo, la relación señal de entrada a ruido se estima a partir de la relación señal (de salida) a ruido medida, el periodo de integración de medición (definido en términos de número de integraciones previas a la detección e integraciones posteriores a la detección) y error Doppler.

- 5
- 10 Basándose en la selección de parámetros de la operación 103, pueden identificarse algunas mediciones como correlaciones cruzadas potenciales. En la operación 105, se realiza una prueba para determinar si la medición de fase de código generada por el receptor es un pico de correlación cruzada en lugar de una verdadera señal.

Las mediciones que pasan satisfactoriamente la operación 105 se utilizan entonces por un proceso de detección y aislamiento de fallos (FDI) de la operación 107. El proceso de detección y aislamiento de fallos sirve para aislar (es decir, identificar) cualquier satélite errante de modo que puedan corregirse o eliminarse de la solución. El requisito previo para la detección y aislamiento de fallos es una solución sobredeterminada en la que el número de mediciones supera el número de incógnitas.

- 15
- 20 Si hay un error (desviación) en la medición de pseudodistancia, se realiza un proceso de ajuste de desviación, la operación 109. En una realización, el proceso de ajuste de desviación realiza primero una estimación de desviación y entonces un ajuste de desviación. Esta etapa también puede incluir corrección de medición de pseudodistancia con la estimación de desviación.

En la operación 111, se utiliza un proceso de optimización de medición secuencial (SMO) para mejorar una estadística de errores seleccionada. La estadística de errores que se utiliza puede verse afectada por la caracterización del entorno de señal de la operación 101. El proceso de optimización de medición secuencial analiza un subconjunto de soluciones con una medición cada vez, y selecciona la solución que tiene la mejor estadística de errores. Por ejemplo, si hay  $n$  mediciones y sólo un error, el proceso de optimización de medición secuencial puede considerar las  $n$  soluciones de subconjunto obtenidas omitiendo (desponderando) un satélite cada vez del conjunto inicial. En lugar de eliminación de satélite, en una realización alternativa de la presente invención, las mediciones por satélite se ajustan mediante una estimación de errores calculada en la operación 109. De este modo, el proceso de optimización de medición secuencial analiza todos los posibles subconjuntos para lograr la mejor solución. En otra realización más, el ajuste de desviación puede realizarse como parte de un proceso de optimización de medición secuencial.

- 25
- 30

La posición y la velocidad se calculan en la operación 113. Además, también pueden calcularse las estadísticas de errores tal como una variancia unitaria, error horizontal estimado, HDOP ponderada, elipse de error y su orientación.

- 35 Una descripción detallada de operaciones individuales dentro de cada uno de los procesos principales de la **figura 4** se proporcionará en las secciones siguientes.

### **Caracterización de entorno de señal**

La **figura 5** es un diagrama de flujo que esboza las operaciones incluidas en el proceso de caracterización del entorno de señal ilustrado como operación 101 en la **figura 4**, según una realización de la presente invención. Identificar o establecer el entorno de señal del receptor GPS es importante para lograr una flexibilidad máxima para diferentes aplicaciones y soportar diversos niveles de rendimiento.

- 40

En la operación 201, el entorno de señal se clasifica como “de interiores” o “de exteriores”. En una realización de la presente invención, esta información se proporciona al receptor GPS a través de entrada de usuario. En una realización alternativa, esta información puede derivarse de mediciones basadas en GPS disponibles. Por ejemplo, la distribución de relación señal a ruido y/o atenuación de señal y la información de línea de visión del satélite (ángulos de acimut y de elevación) pueden indicar un entorno de interiores en oposición a un entorno de exteriores. La atenuación de señal se calcula como la diferencia entre el nivel de señal de entrada medido y el nivel de señal de salida esperado. El nivel de señal esperado es el nivel de señal que se recibe para una señal de satélite directa no obstruida para una combinación dada de ángulos de elevación y de acimut. El nivel de señal de entrada esperado se determina en función del error Doppler y el periodo de integración total. Un patrón de ganancia de antena de receptor GPS puede utilizarse para ajustar el nivel de señal esperado.

- 45
- 50

Por ejemplo, el entorno de señal puede identificarse como “de interiores” si las señales para todos los satélites a la vista están atenuadas por un nivel umbral específico. La presencia de errores multitrayectoria cortos (< 30 m) en todos o en la mayoría de satélites también es indicativa de un entorno de interiores. En otro ejemplo, en el que al menos una de las señales de satélite con mayor elevación muestra mayores niveles de atenuación que señales

- 55

desde satélites que están más bajos en el cielo, el entorno de señal también puede identificarse como “de interiores”. La presencia de desviación de ancho de pico, generalmente en forma de picos más anchos, en todos o la mayoría de satélites también es indicativa de un entorno de interiores. En ciertas condiciones de señal, tal como combinaciones de señales desfasadas, los anchos de pico resultantes pueden estrecharse como resultado de la presencia de señal multitrayectoria.

En una realización alternativa de la presente invención, niveles de señal desde transmisión de salida celular, tal como desde la estación base al aparato telefónico, se utilizan para ayudar a la determinación del entorno de señal. De manera similar a la descrita anteriormente para las señales GPS de satélite, las mediciones de atenuación de señal de las señales de radio celulares o inalámbricas pueden utilizarse para ayudar a determinar si se está utilizando el receptor GPS combinado tal como el receptor 2D GPS en el interior o en el exterior.

En la operación 202, se determina si el entorno de señal es “de exteriores”. Si se determina que la señal es de interiores, el procesamiento avanza a la operación 207, saltándose así las operaciones 203-205. Opcionalmente, el procesamiento puede saltarse las operaciones 203-209 porque no es probable que un entorno de interiores tenga una característica dinámica (aunque si no lo hace, esto sugiere que la caracterización como de interiores puede ser errónea y el entorno de señal puede volver a caracterizarse como “de exteriores”). Si el entorno es de exteriores, el entorno se subclasifica adicionalmente como “a cielo abierto”, “rural”, “urbano” o “cañón urbano” en la operación 203. En una realización de la presente invención, estas subclasificaciones se determinan analizando adicionalmente la atenuación de señal y características de error de pseudodistancia de las señales GPS. Por ejemplo, si el sensor GPS puede adquirir y seguir la pista de señales desde todos los satélites a la vista y estas señales presentan un comportamiento de señal directa con poca o ninguna multitrayectoria, entonces el entorno se declara como un entorno de señal “a cielo abierto”.

Para la operación 203, se utiliza la combinación de la información de bloqueo de señal/atenuación de señal para determinar el tipo de entorno “urbano”. Por ejemplo, en el entorno urbano en el que se supone que los edificios están separados 20 metros, una máscara de visibilidad de satélite de 30° es equivalente a estar rodeado por edificios de 6 metros de alto. La información de máscara de visibilidad de satélite se obtiene a partir de o bien un bloqueo total de señal o bien una atenuación de señal de un nivel especificado. Por ejemplo, el entorno de señal con señales directas recibidas exclusivamente por encima de una máscara de elevación de 60° puede declararse como un entorno de señal de “cañón urbano”. Un entorno de señal urbano típico es en el que los satélites están enmascarados por edificios en una dirección pero con una mejor visibilidad presente en la dirección perpendicular. Mediciones de pseudodistancia con grandes errores de multitrayectoria (>100 m) también son indicativos de entornos de cañón urbano. En muchos casos, la presencia de picos múltiples o desviaciones en formas de pico también es indicativa de entornos de cañón urbano.

En la operación 204, se determina si el entorno de señal de exteriores es urbano o un cañón urbano, en lugar de abierto o rural. Si la señal de exteriores se clasifica como un entorno “urbano” o de “cañón urbano” el entorno se clasifica además identificándolo por su nombre de ciudad o área metropolitana, operación 205. Por ejemplo, un entorno de cañón urbano puede especificarse como o bien un “cañón urbano de Chicago” o un “cañón urbano de San Francisco”. Tal como se indicó anteriormente, el entorno de ciudad real puede tener un impacto significativo sobre la recepción de señales GPS dependiendo de la topografía de la ciudad o la naturaleza y tipo de los edificios que rodean el receptor GPS.

En una realización de la presente invención, esta información se obtiene a partir de la información del objeto de celda. En otra realización, esta información se proporciona por la entrada de usuario. Como alternativa, puede obtenerse a partir de la solución de posición GPS inicial. Un punto inicial, sin ayuda de información de cañón urbano específica, es normalmente lo suficientemente preciso para servir como consulta a la base de datos para la identificación del cañón urbano. En una realización alternativa, la información de posición inicial puede obtenerse en conjunción con otros procedimientos de localización, tales como la radiolocalización terrestre utilizando señales inalámbricas como mediciones de distancia. Puede haber disponibles y/o estar desarrollados modelos informáticos para expectativas de intensidad de señal y línea de visión de satélite para entornos de cañón urbano específicos. Los parámetros modelados pueden incluir la distribución de alturas de edificios, anchos de calles, intersecciones de calles, enmascaramiento y visibilidad de satélites debido al edificio que lo rodea, posibles reflexiones y errores multitrayectoria correspondientes. Los modelos pueden ser autodidácticos, como mediante el uso de inteligencia artificial, para incorporar datos puestos a disposición con cada punto de ubicación. Los modelos convencionales pueden emplearse en primer lugar para facilitar el análisis. Un ejemplo de un modelo de este tipo puede ser un modelo urbano en el que, dentro de un radio de cinco millas, el 60% de todos los edificios son edificios de 20 pisos y el ancho de calle promedio es de aproximadamente 18,3 m (60 pies). En el área entre 8,05 y 32,2 km (5 y 20 millas) desde el centro, el 20% de todos los edificios son edificios de 8 pisos y el ancho de calle promedio es de 24,4 m (80 pies). En el área entre 32,2 y 64,4 km (20 y 40 millas) desde el centro, el 35% de todos los edificios son edificios de un único piso y el ancho de calle promedio es de aproximadamente 30,5 m (100 pies). El modelo urbano puede mejorar con cada punto de posición actualizándose y perfeccionándose con información

correspondiente basada en GPS.

- En la operación 207 se identifica la dinámica de usuario del receptor GPS. En aplicaciones móviles (dinámicas) o aplicaciones estacionarias (estáticas) pueden usarse receptores GPS portátiles típicos, tales como el receptor GPS combinado ilustrado en la **figura 1**. En una realización de la presente invención, la identificación de la dinámica de usuario se lleva a cabo por una entrada proporcionada por el usuario. En otra realización, esta información puede obtenerse a partir de la solución de velocidad basada en GPS inicial. Aún en otra realización, la dinámica de usuario puede obtenerse por procedimientos de radiolocalización alternativos. Como alternativa, la información de dinámica de usuario se determina basándose en información de solución previa o utilizando el modelo de cañón urbano y la aplicación particular para establecer los niveles esperados. Por ejemplo, en aplicaciones de Localización de Vehículos Automática, el modelo urbano convencional puede incluir las velocidades de vehículo promedio esperadas tales como 32,2 km/h (20 mph) dentro de un radio de 8 km (5 millas), 56 km/h (35 mph) dentro de un radio de 32,2 km (20 millas) y 80,5 km/h (50 mph) dentro de un radio de 64,4 km (40 millas). Este modelo puede actualizarse con cada solución de velocidad. También puede ayudarse por la base de datos de velocidades máximas permitidas para una calle particular de una ciudad particular.
- En la operación 209 el entorno “dinámico” se subclasifica además como entorno dinámico “bajo”, “medio” o “alto”. La subclasificación del entorno dinámico proporciona información de velocidad de desplazamiento al receptor GPS. En una realización de la presente invención, la información de subclasificación dinámica de la operación 207 se proporciona por la entrada de usuario al receptor GPS. En una realización alternativa, esta información se determina basándose en información de solución previa (tal como velocidad y aceleración), o utilizando el modelo de cañón urbano y la aplicación particular para establecer los niveles esperados. En aplicaciones para seguir la pista a vehículos, por ejemplo, pueden utilizarse entradas de sensor adicional (tal como un velocímetro y un giroscopio) para proporcionar estimaciones de velocidad iniciales o información de rumbo y/o velocidad para su integración adicional con datos GPS.

#### **Configuración de parámetros que controlan algoritmos**

- La **figura 6** es un diagrama de flujo que explica las operaciones incluidas en el proceso de configuración de parámetros que controlan algoritmos ilustrado como operación 103 en la **figura 4**, según una realización de la presente invención. Se realiza una selección inicial de umbrales de señal en la operación 301. En una realización, esta selección inicial se basa en la determinación del entorno de señal de la operación 101, tal como se ilustra en el diagrama de flujo de la **figura 5**. Los umbrales de señal seleccionados en la operación 301 incluyen relaciones mínimas señal a ruido (SNR) y de señal a interferencia (SIR). Por ejemplo, si se utiliza el cañón urbano de San Francisco como un entorno de señal ilustrativo, las relaciones mínimas señal a ruido y señal a interferencia se establecen en 15,5 y 14,5 dB, respectivamente. Estos umbrales se utilizan en la selección de medición por satélite de la operación 105.

- En la operación 303, se establecen parámetros de ancho de pico. Estos parámetros se utilizan en la selección de satélite y una comprobación de correlación cruzada realizada durante el proceso de selección y cálculo de medición de la operación 105. En una realización de la presente invención, los anchos de pico para todos los satélites se calculan a un nivel de relación señal a ruido o señal a interferencia seleccionado. Por ejemplo, los anchos de pico pueden calcularse a un nivel de señal que sea 3 dB inferior al nivel de señal del correlador puntual. La función de correlador ilustrada en la **figura 3** muestra la salida de correlador puntual ubicada en una muestra con un retardo de tiempo relativo de ocho medios elementos de código. Se calcula que el ancho de pico para este pico de correlador particular es de 1,02 medios elementos de código. En general, el ancho de pico, la desviación del ancho de pico y la forma de la función de correlador son indicativos de la multitrayectoria presente en la señal. Por ejemplo, cuanto más ancho sea el pico, mayor será el error de multitrayectoria. Por tanto, la máscara de ancho de pico puede utilizarse en la selección de medición por satélite de la operación 105. Además, la forma de la función de correlador puede indicar la presencia de señales múltiples. Por ejemplo, la función de correlador de la **figura 3** muestra la presencia de dos señales anteriores. Además, un punto de inclinación en una muestra con un retardo de tiempo relativo de 5 medios elementos de código puede indicar la presencia de una señal más. En la mayoría de los casos, señales con correlación cruzada muestran picos más anchos. Esto permite utilizar mediciones de ancho de pico en la identificación de señales con correlación cruzada potenciales durante el proceso de selección y cálculo de medición (operación 105 en la **figura 4**).

- En la operación 305, se define un satélite “fuerte”. Un satélite “fuerte” es una característica de una medición por satélite con menos probabilidad de verse afectada por errores de multitrayectoria. En una realización de la presente invención, los parámetros que se utilizan en la identificación de satélites “fuertes” son la elevación del satélite, desviación de ancho de pico, relación señal a ruido, relación señal a interferencia, atenuación de señal e intensidad de señal de entrada. Para el ejemplo del cañón urbano de San Francisco, la máscara de elevación puede establecerse en 20° y establecerse la intensidad de entrada de señal en -135 dB. Como alternativa, para un entorno de ciudad diferente, tal como el cañón urbano de San Jose, la intensidad de entrada de señal puede establecerse en -130 dB.

También se establece una máscara de elevación de satélite, no relacionada con la definición de satélite “fuerte”, en la operación 305. Esta máscara puede utilizarse en la etapa de selección de satélite del proceso de selección y cálculo de medición. En el entorno de señal de “cielo abierto” esta máscara de elevación puede establecerse en un valor bajo, tal como de 5°, ya que sólo se esperan pequeños errores de multitrayectoria. Sin embargo, en el entorno de “cañón urbano” la máscara de elevación puede elevarse hasta 15° para evitar procesar satélites que de manera potencial estén afectados por grandes errores de multitrayectoria.

El flujo de una máquina de estados que ejecuta los algoritmos de detección y aislamiento de fallos (FDI), ajuste de desviación (BA) y optimización de medición secuencial (SMO) puede controlarse mediante los parámetros que se establecen en la operación 307. Por ejemplo, dependiendo de la caracterización del entorno de señal y la probabilidad de una detección de correlación cruzada ausente, puede modificarse el orden en el que tienen lugar los cálculos de detección y aislamiento de fallos, ajuste de desviación y optimización de medición secuencial. Por ejemplo, en el entorno de “cielo abierto”, en el que la probabilidad de correlación cruzada ausente es baja, puede no realizarse el ajuste de desviación o realizarse antes de la detección y aislamiento de fallos. En otro ejemplo, mediciones de ayuda de la altitud pueden incluirse o excluirse de los algoritmos de detección y aislamiento de fallos, ajuste de desviación y optimización de medición secuencial. Una estimación de error asociada con una medición de ayuda de la altitud puede establecerse basándose en la caracterización del entorno de señal de la operación 101. Por ejemplo, para un entorno de “interiores”, puede deshabilitarse la ayuda de altitud o puede establecerse el error de altitud en un valor grande (como de 50 m) para indicar la falta de confianza en la fuente de información de altitud que en una realización podría ser una base de datos de elevación de terreno. En otra realización, un satélite “fuerte” según se define por parámetros de control puede diferir entre los algoritmos de FDI, ajuste de desviación y SMO.

### **Selección y cálculo de medición**

La **figura 7** es un diagrama de flujo que explica las operaciones incluidas en el proceso de selección y cálculo de medición ilustrado como operación 105 en la **figura 4**, según una realización de la presente invención. El proceso de selección y cálculo de medición sirve para prefiltrar mediciones de punto de ubicación y para calcular parámetros requeridos para un procesamiento de señal GPS adicional usando un procedimiento de procesamiento de medición de la invención.

En la operación 401, los satélites de elevación baja se eliminan de un procesamiento de medición adicional. Las máscaras de elevación pueden establecerse según el proceso de caracterización del entorno de señal ilustrado en la **figura 5** y la configuración de parámetros de control ilustrada en la **figura 6**. En la operación 403, se calcula una intensidad de señal de entrada estimada basándose en la relación señal a ruido de salida medida, el periodo de integración de medición y el error de Doppler. La intensidad de señal de entrada se utiliza entonces para calcular la desviación de ancho de pico y la atenuación de señal. La desviación de ancho de pico se calcula como la diferencia entre el ancho de pico medido y el ancho de pico esperado para una señal de satélite con una intensidad de señal de entrada dada. Dependiendo de la caracterización del entorno de señal, en la operación 405 se utiliza la máscara de relación señal a ruido o la máscara de relación señal a interferencia o la intensidad de entrada de señal estimada o una combinación de las tres máscaras para eliminar señales débiles de un procesamiento de medición adicional. En una realización, los umbrales de señal se establecen según se describe en relación con la operación 301 en el proceso de configuración de parámetros de control de algoritmo de la **figura 6**.

En la operación 407 se detectan y eliminan señales con correlación cruzada. Las señales con correlación cruzada muestran generalmente picos más anchos y una relación ruido a interferencia (NIR) alta. Las correlaciones cruzadas tienen lugar en un entorno de señal dinámico alto cuando una señal de satélite fuerte tiene correlación cruzada con una señal de satélite débil. En general, ambos entornos “de interiores” y de “cañón urbano” tienden a producir un número significativo de señales con correlación cruzada. Las SNR, SIR y las intensidades de señal de entrada estimadas para parejas de satélites fuertes y débiles pueden examinarse (y normalmente se examinan) con respecto a una separación de señal significativa. En una realización ejemplar que supone una situación de cañón urbano en San Francisco, se busca una diferencia de 18 dB. Las correlaciones cruzadas se verifican entonces examinando los Dopplers y fases de código relativas de las parejas de satélites fuertes y débiles.

En ciertas condiciones de recepción, la forma de onda de pico de correlación puede mostrar una señal de pico doble con dos picos dominantes. La forma de onda de la **figura 3** ilustra una señal de pico doble de este tipo. Una señal de pico doble es un caso especial de señal de múltiples picos que es el resultado de una combinación de señales múltiples que inciden simultáneamente en una antena GPS. En la operación 409, la función de pico de correlación, tal como la forma de onda de la **figura 3**, se analiza para detectar la presencia de picos dobles. Por ejemplo, la señal correspondiente al pico de correlación máxima de la **figura 3**, se recibió aproximadamente 1 microsegundo más tarde que una señal anterior. Puesto que la señal reflejada siempre se desplaza por una trayectoria más larga que la señal directa, el pico principal corresponde a una señal reflejada y el pico anterior corresponde a la señal directa. En este ejemplo, puede aplicarse una corrección a la medición de pseudodistancia (fase de código) para explicar la presencia de la señal de multitrayectoria. Normalmente, esta corrección selecciona

el pico anterior como la salida de correlación correcta para esta señal desde un satélite SPS. En el caso de que un receptor SPS móvil realice algunas técnicas de procesamiento de medición de la invención (por ejemplo, identificación de la existencia de picos dobles) y un servidor SPS realiza otras técnicas de procesamiento de medición (por ejemplo, FDI), el receptor móvil puede transmitir una indicación de que existen picos dobles para un satélite particular. En otro ejemplo, también puede transmitir las ubicaciones relativas de todos los picos identificados en la función de pico de correlación con respecto al correlador inmediato (por ejemplo, muestra 8 en la **figura 3**). Aún en otro ejemplo, el receptor móvil puede transmitir un conjunto de muestras de la función de pico de correlación. Estos datos pueden utilizarse por un algoritmo de ajuste de desviación y/o un algoritmo SMO para procesar candidatos de tiempo de llegada potenciales con el fin de corregir mediciones de pseudodistancia como se describe en las operaciones 601 y 703. En la operación 411, si se detecta un pico ancho y no pertenece a un pico doble, esta señal o bien se corrige o bien se elimina de un procesamiento de medición adicional.

Basándose en el entorno de señal, se selecciona un esquema de ponderación en la operación 413. Las ponderaciones representan incertidumbres de error *a priori* en mediciones de pseudodistancia. Por ejemplo, una ponderación de 0,1 corresponde a una estimación de error de 10 metros. Las ponderaciones pueden obtenerse a partir de una diversidad de parámetros que incluyen relación señal a ruido, relación señal a interferencia, relación ruido a interferencia intensidad de señal de entrada, atenuación de señal, ángulo de elevación, periodo de integración de medición, ancho de pico, desviación de ancho de pico, etc. Una ponderación para una medición por satélite particular puede ajustarse si se detectó un pico doble para esa señal de satélite. Una ponderación también puede ajustarse si la medición no se corrige de manera diferencial o la corrección es demasiado antigua (por ejemplo, una duración de corrección superior a 30 segundos) para explicar la presencia de un error de disponibilidad selectiva. Las estimaciones de error pueden mejorarse incorporando mediciones de entorno de señal puestas a disposición a través de una caracterización de configuración del sistema, que puede realizarse como parte de la caracterización del entorno de señal en la operación 101. La ponderación también puede mejorarse si hay disponible información adicional. Por ejemplo, en un entorno de “cañón urbano” puede mejorarse adicionalmente una estimación de error mediante una fuente externa de información de reflexión disponible del modelo informático urbano actualizado continuamente, tal como la ubicación relativa de edificios circundantes.

En un entorno de señal de exteriores, puede utilizarse ayuda de altitud para mejorar la precisión del algoritmo de procesamiento de medición en la operación 415. La ayuda de altitud mejora la geometría de la solución y proporciona una medición adicional necesaria para el caso subdeterminado. Si hay disponible una altitud estimada (por ejemplo, una altitud promedio para un emplazamiento de celda), esto puede utilizarse como un parámetro de ayuda de altitud. La ayuda de altitud también mejorará a medida que mejore el modelo de terreno vertical. Los algoritmos de detección y aislamiento de fallos, ajuste de desviación y optimización de medición secuencial también pueden beneficiarse de la ayuda de altitud precisa.

En un entorno de señal de interiores, la ayuda de altitud puede aplicarse si se requiere para producir un punto en oposición a una condición sin punto. En este caso, la ponderación refleja la incertidumbre en la medición de altitud. Una ponderación se define como una inversa de una estimación de error de medición. La incertidumbre de altitud puede obtenerse a partir del modelo informático urbano. Por ejemplo, si el entorno de interiores es un edificio de 20 metros, puede utilizarse una ponderación de 0,1. De manera iterativa puede aplicarse ayuda de altitud, cuando puede utilizarse un punto inicial con una incertidumbre de altitud grande o no puede utilizarse ninguna ayuda de altitud como una consulta en el modelo informático urbano para obtener la información de altura del edificio y la incertidumbre de altitud correspondiente. Alternativamente, una fuente externa puede proporcionar información (es decir, 10ª planta) que puede utilizarse para corregir la altitud obtenida a partir de una base de datos de elevación de terreno. En la operación 417, puede aplicarse ayuda de reloj. La incertidumbre de reloj puede obtenerse a partir de un modelo de reloj basándose en la calidad del oscilador interno utilizado en el receptor GPS o la calidad de la señal de sincronismo externa tal como la de la red CDMA utilizada para establecer el tiempo en el receptor GPS. Un modelo de reloj puede actualizarse en tiempo real mediante estimaciones de desviación de reloj y desplazamiento de reloj obtenidas a partir de mediciones Doppler y de pseudodistancia GPS. Si la información de sincronismo proporcionada de red es muy precisa (por ejemplo precisa hasta en aproximadamente 1 microsegundo), esta información también puede ayudar en un procedimiento de procesamiento de medición de la presente invención proporcionando un grado adicional de libertad.

#### **Algoritmo de detección y aislamiento de fallos**

La **figura 8** es un diagrama de flujo que explica las operaciones incluidas en el proceso de detección y aislamiento de fallos (FDI) ilustrado como operación 107 en la **figura 4**, según una realización de la presente invención.

En una realización de la presente invención, el proceso de detección y aislamiento de fallos se realiza como parte de una función de receptor con supervisión autónoma de la integridad (RAIM) en el receptor GPS. En otra realización de la invención, el proceso de detección y aislamiento de fallos se realiza en un servidor SPS utilizando la información de posición recibida desde el receptor GPS. Se ha propuesto una diversidad de esquemas RAIM, y todos se basan en algún tipo de comprobación de consistencia intrínseca entre las mediciones disponibles. Algunos

de los procedimientos de detección de errores mejor conocidos son la comparación de alcance, errores residuales de mínimos cuadrados, y paridad, entre otros (véase R. Grover Brown, "Global Positioning System: Theory and Applications", volumen II, capítulo 5). En una realización de la presente invención, el proceso de detección y aislamiento de fallos es una extensión de un problema de detección de fallos, cuando el sistema de integridad también puede intentar aislar la medición por satélite errante de modo que pueda eliminarse de la solución de navegación.

En la operación 501, tiene lugar la detección y aislamiento de fallos. En una realización de la presente invención se utiliza un procedimiento de paridad. (Véase Mark Sturza, "Navigation System Integrity Monitoring Using Redundant Measurement", Navigation). Como parte de la detección y aislamiento de fallos, se realiza una prueba F para determinar la fiabilidad del aislamiento. Dependiendo del entorno de señal y la fiabilidad del aislamiento, si se aísla un satélite "fuerte" como un satélite errante, el control puede pasarse a algoritmos de procesamiento de ajuste de desviación y medición secuencial sin un procesamiento de detección y aislamiento de fallos adicional. Además, si el proceso de detección y aislamiento de fallos tiene ayuda de altitud, de nuevo basándose en parámetros de ayuda de altitud, y si la medición de altitud se aísla, el control puede pasarse a algoritmos de procesamiento de ajuste de desviación y medición secuencial sin un procesamiento adicional por el proceso de detección y aislamiento de fallos. Por ejemplo, si tiene lugar un cálculo de solución en condiciones de "cielo abierto" con una buena estimación de altitud (es decir, la incertidumbre es pequeña), y la medición de altitud se aísla como una medición errante, puede detenerse un procesamiento de detección y aislamiento de fallos adicional y el control puede pasarse a los algoritmos de procesamiento de ajuste de desviación y medición secuencial.

De otro modo, en la operación 503, se realiza una estimación de derivación en la medición aislada. En una realización de la presente invención, que utiliza una relación matemática bien conocida entre errores residuales *a priori* y *a posteriori* de una solución de mínimos cuadrados, se realiza una hipótesis de que sólo la medición aislada se ve afectada por una desviación de magnitud desconocida y el resto de las mediciones son perfectas. A continuación se resuelve la desviación siguiendo los mínimos cuadrados. En una realización de la presente invención, si la magnitud de desviación supera un umbral preseleccionado, entonces la medición aislada se declara como una correlación cruzada ausente y se despondera apropiadamente.

Basándose en el entorno de señal y el número de grados de libertad, la medición aislada puede ajustarse en desviación o desponderarse. El número de grados de libertad se define como la diferencia entre el número total de mediciones y el número de parámetros desconocidos que han de resolverse. Dependiendo del factor de ponderación, la desponderación puede considerarse equivalente a la eliminación de la medición de la solución. En la operación 505, la medición se ajusta en desviación. De este modo, se corrige la medición mediante la desviación estimada en la operación 503. En una realización de esta invención, la medición se ajusta en desviación sólo si la desviación es positiva.

En la operación 507, se calcula una ponderación nueva para la medición ajustada. La ponderación nueva puede basarse en el entorno de señal, fiabilidad de aislamiento, magnitud de desviación, presencia de múltiples picos en la medición por satélite, y otros factores de este tipo.

En la operación 509, se calculan una nueva solución y estimaciones de error correspondientes. En la operación 511, se determina si se dispara alguna de un conjunto predefinido de condiciones de interrupción. En una realización de la presente invención, las condiciones de interrupción incluyen HDOP que supera la máscara HDOP, error horizontal estimado que supera un umbral preseleccionado, la varianza unitaria que cae por debajo de un umbral preseleccionado o supera un segundo umbral preseleccionado, un cambio en la solución antes y después del aislamiento que está por debajo del umbral preseleccionado o que supera un segundo umbral preseleccionado, aislamiento de fallos que no pasa una prueba de fiabilidad, número de grados de libertad que está por debajo de un umbral preseleccionado, y otros factores de este tipo. Si en la operación 511 se determina que no se dispara ninguna de las condiciones de interrupción, se repite de nuevo todo el proceso de detección y aislamiento de fallos desde la operación 501. De otro modo, finaliza el proceso de detección y aislamiento de fallos.

#### **Algoritmo de ajuste de desviación**

La **figura 9** es un diagrama de flujo que explica las operaciones incluidas en el proceso de ajuste de desviación ilustrado como operación 109 en la **figura 4**, según una realización de la presente invención.

En una realización de la presente invención, el algoritmo de ajuste de desviación ilustrado en la **figura 9** es similar al proceso de estimación de desviación descrito con referencia a la operación 503 de la **figura 8**. En el proceso de ajuste de desviación de la **figura 9**, sin embargo, se realiza estimación de desviación para una cualquiera o cualquier subconjunto de señales actualmente recibidas y no sólo para las mediciones errantes detectadas y aisladas. En ciertos casos, el subconjunto seleccionado puede ser todo el conjunto de mediciones. En una realización de la presente invención, el conjunto puede excluir señales con correlación cruzada, puede excluir los satélites "fuertes", y también puede excluir mediciones de "pico doble". Debe observarse que la definición de un

satélite “fuerte” en el contexto del proceso de ajuste de desviación puede ser diferente de la definición de un satélite “fuerte” utilizado en el contexto de algoritmo de detección y aislamiento de fallos. En otra realización, el conjunto puede excluir cualquier o todas las mediciones que se eliminaron mediante prefiltración como parte de selección y cálculo de medición en la operación 105 de la **figura 4**.

5 En la operación 601, se estiman errores de desviación para el conjunto seleccionado de satélites. Dependiendo del entorno de señal y los parámetros de ayuda de altitud, la estimación de desviación puede incluir o excluir medición de altitud. En la operación 603, se selecciona la estimación de desviación positiva más grande. En una realización de esta invención, la desviación en la medición de altitud si se utiliza ayuda de altitud, puede excluirse de esta selección. En otra realización de esta invención, la ubicación de cualquiera de los picos múltiples en la función de correlación puede seleccionarse como una estimación de desviación. En un ejemplo, se selecciona un pico identificable que ocurre con anterioridad. En otro ejemplo, puede seleccionarse cualquiera de los puntos de inclinación en la función de correlación como una estimación de desviación. La medición seleccionada se corrige entonces mediante la estimación de desviación, operación 605.

15 En la operación 607, la ponderación de la medición corregida se ajusta para explicar la corrección de desviación. Una nueva ponderación puede basarse en el entorno de señal, magnitud de desviación, magnitud del error residual de pseudodistancia corregido, parámetros de control de algoritmo, SNR, SIR, intensidad de entrada de señal en la muestra de función de correlación correspondiente a la estimación de desviación, etc. Se calculan una nueva solución y estimaciones de error correspondientes en la operación 609.

20 En la operación 611 se determina si se dispara alguna de un conjunto predefinido de condiciones de interrupción. En una realización de la presente invención, las condiciones de interrupción incluyen error horizontal estimado ajustado a escala de varianza unitaria que supera un umbral preseleccionado, varianza unitaria que cae por debajo de un umbral preseleccionado o supera un segundo umbral preseleccionado, un cambio en la solución antes y después del ajuste de desviación que está por debajo de un umbral preseleccionado o supera un segundo umbral preseleccionado, número de grados de libertad que está por debajo de un umbral preseleccionado, y otros factores de este tipo. Si en la operación 611 se determina que no se dispara ninguna de las condiciones de interrupción, se repite el proceso de ajuste de desviación desde la operación 601, de otro modo finaliza el proceso de ajuste de desviación.

#### **Algoritmo de optimización de medición secuencial**

30 La **figura 10** es un diagrama de flujo que explica las operaciones incluidas en el proceso de optimización de medición secuencial (SMO) ilustrado como operación 111 en la **figura 4**, según una realización de la presente invención.

35 En una realización de la presente invención, el proceso de optimización de medición secuencial se ejecuta sólo si se cumplen ciertas condiciones, a las que se hace referencia como “condiciones de iniciación”. En la operación 701, se comprueban las condiciones de iniciación del proceso de optimización de medición secuencial. Las condiciones de iniciación incluyen un fallo de la prueba de fiabilidad de detección y aislamiento de fallos, o el aislamiento de un satélite “fuerte” o medición de altitud por el algoritmo de detección y aislamiento de fallos. El proceso de optimización de medición secuencial también puede iniciarse si una estadística de error tal como un error horizontal estimado superó un umbral seleccionado, cuando el umbral seleccionado puede basarse en la caracterización del entorno de señal. Las condiciones iniciales también pueden incluir cualquiera de las condiciones de interrupción de la detección y aislamiento de fallos y/o ajuste de desviación.

40 En una realización alternativa de la presente invención, uno de los parámetros de control establecidos en la operación 307 del proceso de configuración de parámetros de control de algoritmo puede configurarse para forzar al algoritmo de optimización de medición secuencial para ejecutarse siempre, en lugar ejecutarse sólo tras producirse una condición de iniciación.

45 **En la operación 703, se estima una desviación para cada uno de los satélites seleccionados. En una realización, un conjunto seleccionado de mediciones por satélite puede excluir satélites que ya se han eliminado de una solución mediante etapas de procesamiento de medición previas, tales como mediante el proceso de selección y cálculo de medición, el proceso de detección y aislamiento de fallos o el proceso de ajuste de desviación. El conjunto también puede excluir “satélites “fuertes”. De nuevo, la definición de un satélite “fuerte” en el contexto de optimización de medición secuencial puede ser diferente de la definición de satélite “fuerte” usada en el contexto de detección y aislamiento de fallos o ajuste de desviación. En una realización alternativa, el conjunto puede incluir todos los satélites.**

55 La medición por satélite seleccionada se procesa en la operación 705, según el procedimiento seleccionado. El procedimiento seleccionado puede ser una técnica de ajuste de desviación, una técnica de ajuste de ponderación, una técnica de ajuste de tiempo, una técnica de mitigación de multitrayectoria, o cualquier otra técnica de

optimización de medición. La técnica de ajuste de desviación puede usar la estimación de desviación calculada en la operación 703 para corregir la medición seleccionada y ajustar la ponderación correspondientemente para explicar la corrección. Una técnica de ajuste de ponderación puede desponderar la medición por satélite reduciendo el impacto de medición en la solución global. Una técnica de ajuste de tiempo puede ajustar la medición por satélite en cualquier dirección (retardando o haciendo que avance el tiempo de llegada) para mejorar la solución. En una solución alternativa, sólo puede realizarse un avance del tiempo de llegada (por ejemplo, disminuyendo el tiempo de llegada) como parte de la técnica de ajuste de tiempo. Una técnica de mitigación de multitrayectoria puede utilizar el modelo informático de señal para estimar el error multitrayectoria en una ubicación particular y utilizar esta información para ponderar la medición por satélite. En una realización alternativa, las formas de onda de correlación (funciones de correlación) se analizan para detectar puntos de inflexión que significan la desviación a partir de una forma de pico ideal y pueden representar puntos en los que se combinan señales múltiples. Aún en otra realización, se analizan las formas de onda de correlación para detectar picos múltiples como posibles tiempos de llegada.

En la operación 707, vuelven a calcularse una nueva solución y estadísticas de error correspondientes. En la operación 709, se identifica una medición que optimiza la estadística de error. En ciertas circunstancias, la optimización puede corresponder a minimizar la estadística de error. Por ejemplo, una estadística de error elegida puede ser un error residual *a posteriori* al que se le aplica una raíz cuadrada de la suma de cuadrados ponderado. La selección estadística de error puede basarse en la caracterización del entorno de señal o un modelo informático de “cañón urbano”, o una información anterior relativa a un éxito de un enfoque particular en el entorno de señal particular. Otras estadísticas de error que pueden utilizarse son errores residuales *a posteriori* a los que se les aplica una raíz cuadrada de la suma de cuadrados no ponderados, errores residuales *a priori* a los que se les aplica una raíz cuadrada de la suma de cuadrados ponderados, error horizontal estimado, varianza unitaria, varianza unitaria ajustada a escala mediante HDOP, entre otros.

En la operación 711 se determina si hay algún grado de libertad disponible para una optimización de medición secuencial adicional. Si aún hay algún grado de libertad disponible, se repite la optimización de medición secuencial de la operación 601, de otro modo, el proceso de optimización de medición secuencial finaliza. En una realización de la presente invención, el proceso de optimización de medición secuencial puede detenerse si una HDOP resultante supera una máscara HDOP preseleccionada, o si una HDOP ponderada resultante supera una máscara HDOP ponderada preseleccionada, si una estadística de error seleccionada cae por debajo de un nivel umbral preseleccionado, o si una iteración de optimización de medición secuencial actual no dio como resultado una mejora de la estadística de error seleccionada. Cualquiera de las condiciones de interrupción del proceso de FDI y/o ajuste de desviación puede usarse para detener el proceso SMO.

#### **Cálculo de estimación de error y solución final**

La **figura 11** es un diagrama de flujo que explica las operaciones incluidas en el proceso de estimación de error y cálculo final ilustrado como operación 113 en la **figura 4**, según una realización de la presente invención.

En la operación 801, se calculan las estimaciones de error y solución final. En una realización de la presente invención, una solución puede incluir al menos una de información de posición, velocidad y temporización. También puede realizarse una prueba para validar la solución. En una realización, la prueba se basa en el tipo de entorno, tal como un modelo de ciudad de “cañón urbano”. En una realización alternativa, en aplicaciones de seguimiento de vehículos, se comprueba una solución para detectar la ubicación en la vía pública, comparando la posición de una solución con su ubicación en un mapa digital u otro recurso GIS (sistema de información geográfica). La prueba comprueba si las estadísticas de error seleccionadas superan umbrales preseleccionados. La prueba también puede comparar esta solución con la solución previa o una serie de soluciones previas.

En la operación 803, se calcula una elipse de error. La magnitud de los semiejes mayor y menor y la orientación de la elipse de error pueden analizarse con respecto al tipo de entorno. Por ejemplo, en el entorno de “cañón urbano” en condiciones multitrayectoria estrictas, la orientación de la elipse de error debería ser generalmente perpendicular a la dirección de la vía pública. En otras palabras, el semieje menor debería coincidir con la dirección de la vía pública.

En la operación 805, el modelo de ordenador del entorno de señal se actualiza con la información de solución de ubicación. Además, la base de datos de elevación del terreno puede actualizarse con una solución de altitud para un entorno de señal de exteriores.

Los diversos procedimientos de la presente invención pueden realizarse en parte por un receptor SPS móvil y en la parte restante por un servidor SPS ubicado remotamente. Un ejemplo de un sistema que opera de este modo se muestra en la **figura 12A**, y un ejemplo de un servidor SPS se muestra en la **figura 12B**.

El sistema 900 de la **figura 12A** incluye, sólo como explicación, cuatro celdas 901, 902, 903 y 904 a las que dan servicio respectivamente estaciones base celulares, a las que en lo sucesivo se hace referencia como



emplazamientos 901a, 902a, 903a y 904a de celdas. Cada emplazamiento de celda proporciona una comunicación de radio celular bidireccional con teléfonos celulares en la proximidad del emplazamiento de celda de la manera bien conocida de las comunicaciones telefónicas celulares. Un teléfono celular típico también puede incluir un receptor SPS tal como el receptor 901b. La **figura 1** muestra un ejemplo específico de una unidad 20 móvil que puede construirse para implementar el receptor SPS móvil integrado y el teléfono 901b celular. El teléfono celular en la unidad 901b móvil proporciona comunicación de radio a y desde el emplazamiento de celda. Esta comunicación de radio puede incluir datos de voz así como datos de ayuda de SPS o salidas de información de posición SPS tal como se describió anteriormente. Por ejemplo, pueden proporcionarse datos de entorno de señal al teléfono celular que a continuación pueden utilizarse por el receptor SPS con el fin de realizar las técnicas de procesamiento de medición de la presente invención. Estos datos pueden obtenerse a partir de una base de datos con base en celdas, tal como la base 912a de datos que mantiene el servidor 912 SPS, y estos datos de entorno de señal pueden utilizarse entonces por el receptor SPS en la unidad 901b para realizar técnicas de procesamiento de medición de la invención en el receptor SPS. Normalmente, el receptor SPS recibirá señales SPS y determinará salidas de correlación a partir de estas señales para cada satélite. Algunas de las técnicas de procesamiento de medición de la presente invención pueden realizarse entonces en el receptor SPS y el resto realizarse por un servidor SPS, tal como los servidores 914 ó 912. Cada unidad móvil está en comunicación con el servidor a través de un emplazamiento de celda y un centro de conmutación móvil, tal como los centros 906 y 907 de conmutación móviles que a su vez se comunican con los servidores a través de la red 908 telefónica conmutada pública tal como se muestra en la **figura 12A**. Por tanto, las pseudodistancias y las salidas de correlación y otras salidas de procesamiento de medición generadas en el sistema 901b SPS móvil pueden reenviarse a un servidor SPS a través del emplazamiento 901a de celda y el centro 907 de conmutación móvil y la PSTN (red telefónica conmutada pública) 908 al servidor particular, tal como el servidor 912 SPS. Este servidor SPS realiza entonces el recordatorio de las técnicas de procesamiento de medición según la presente invención para determinar pseudodistancias finales respecto a los diversos satélites a la vista. El cálculo de la posición también se realiza utilizando datos de efemérides de satélite recibidos desde una red de referencia de área amplia (WARN) 915. La determinación de la posición final por el servidor SPS puede permitir entonces que el servidor proporcione esta información de posición final a otro sistema, tal como un sistema 910 de aplicación, que en una realización puede ser un punto de atención de seguridad público (PSAP). Otros ejemplos de sistemas que pueden utilizarse con la presente invención se describen en la solicitud de patente estadounidense en tramitación junto con la presente titulada "Distributed Satellite Position System Processing and Application Network" por los inventores Norman F. Krasner, Mark Moeglein, y David Coleman, presentada el 28 de abril de 1998, con el número de serie 09/067.406. Ejemplos de una red de referencia de área amplia se describen en la solicitud de patente estadounidense en tramitación junto con la presente titulada "Satellite Positioning Reference System and Method" por los inventores Mark Moeglein, Leonid Sheynblat, y Norman F. Krasner, que se presentó el 28 de abril de 1998 con el número de serie 09/067.407. Además de los datos de entorno de señal que pueden almacenarse en las bases 912a o 914a de datos con base en la celda, estas bases de datos pueden almacenar altitudes promedio y también pueden almacenar información relacionada con satélites, tal como Dopplers estimados para satélites a la vista de los diversos emplazamiento de celdas. Ejemplos de bases de datos con base en celdas de este tipo se describen en la solicitud de patente estadounidense en tramitación junto con la presente titulada "An Improved Receiver GPS Utilizing a Communication Link" que se presentó el 15 de abril de 1997 por Norman F. Krasner con el número de serie 08/842.559.

Debe observarse que un sistema de comunicación basado en celdas es un sistema de comunicación que tiene más de un transmisor, cada uno de los cuales da servicio a aun área geográfica diferente, que está predefinida en cualquier instante en el tiempo. Normalmente, cada transmisor es un transmisor inalámbrico (por ejemplo un emplazamiento de celda) que da servicio a una celda que tiene un radio geográfico inferior a 32,18 kilómetros (20 millas), aunque el área cubierta depende del sistema celular particular. Hay numerosos tipos de sistemas de comunicación celulares, tales como teléfonos celulares, PCS (sistemas de comunicación personales), SMR (radio móvil especializada), sistemas de radiomensajería unidireccionales y bidireccionales, RAM, ARDIS, y sistemas de datos por paquetes inalámbricos. Normalmente las áreas geográficas diferentes predefinidas se denominan como celdas y un número de celdas se agrupan en un área de servicio celular, y este número de celdas se acoplan a uno o más centros de conmutación celular que proporcionan conexiones a sistemas y/o redes telefónicas con base en tierra. Las áreas de servicio se utilizan a menudo con fines de facturación. Por tanto, puede darse el caso de que celdas en más de un área de servicio estén conectadas a un centro de conmutación. Como alternativa, en ocasiones se da el caso de que celdas en un área de servicio están conectadas a diferentes centros de conmutación, especialmente en áreas de población densa. En general, un área de servicio se define como un grupo de celdas muy próximas entre sí geográficamente. Otra clase de sistemas celulares que se ajusta a la descripción anterior son los que tiene base en satélite, en los que las estaciones base celulares son satélites que normalmente orbitan alrededor de la tierra. En estos sistemas, los sectores de celda y las áreas de servicio se mueven en función del tiempo. Ejemplos de tales sistemas incluyen sistemas Iridium, Globalstar, Orbcomm y Odyssey.

La **figura 12B** muestra un ejemplo de un servidor SPS según una realización de la presente invención. Este servidor incluye una unidad 951 de procesamiento de datos que está acoplada a un módem u otra interfaz 953 y también está acoplada a un módem u otra interfaz 952 y está acoplada a otro módem o interfaz 954. Además, una

unidad 955 de almacenamiento masivo está acoplada a la unidad 951 de procesamiento de datos. Un receptor 956 GPS opcional también puede estar acoplado a la unidad 951 de procesamiento de datos. El almacenamiento 955 masivo incluye programas informáticos ejecutables para realizar las operaciones de procesamiento de la presente invención y también incluye almacenamiento para una fuente de información basada en la celda tal como la base 912a de datos basada en la celda que asocia una ubicación dentro de un emplazamiento de celda con datos de un entorno de señal particular como se describe en el presente documento. Cada módem u otra interfaz proporciona una interfaz entre la unidad 951 de procesamiento de datos y los diversos componentes del sistema 900 mostrado en la **figura 12A**. Por ejemplo, el módem u otra interfaz 953 proporciona una conexión desde los centros de conmutación celular, tales como el centro 907 de conmutación móvil y la unidad 951 en el caso en el que el servidor SPS está directamente acoplado a un centro de conmutación móvil. Tal como se muestra en la **figura 12A**, el enlace entre el centro de conmutación móvil se hace a través de la red telefónica conmutada pública y por tanto la interfaz 953 acopla los servidores 912 y 914 a la red telefónica conmutada pública. Todavía en otra realización, cada emplazamiento de celda puede incluir un sistema de servidores y por tanto la interfaz 953 acopla la unidad 951 de procesamiento de datos directamente a un emplazamiento de celda, tal como el emplazamiento 901a de celda. La interfaz 952 acopla la unidad 951 a otros sistemas, tal como el sistema 910 de aplicación mostrado en la **figura 12A**. La interfaz 954 acopla la unidad 951 a una fuente de señales GPS tal como la WARN 915 mostrada en la **figura 12A**.

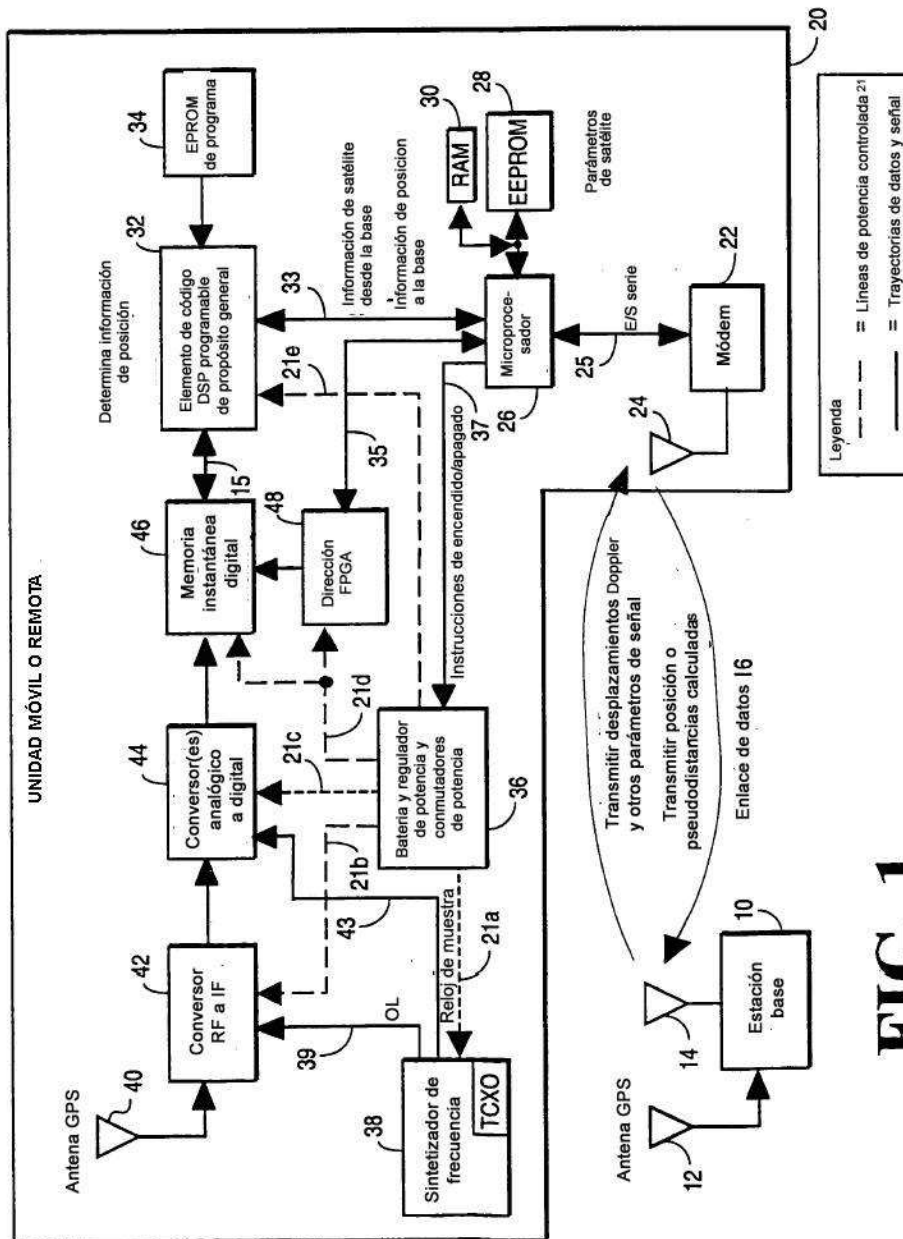
En lo anteriormente mencionado, se ha descrito un sistema para procesamiento de medición de datos de navegación en un sistema SPS tal como un receptor GPS. Aunque la presente invención se haya descrito con referencia a las realizaciones ejemplares específicas, será obvio que se pueden hacer varias modificaciones y cambios a estas realizaciones sin salirse del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones anejas.

**REIVINDICACIONES**

- 1.Un procedimiento de procesado de las señales (SPS) de un sistema de posicionamiento por satélite, comprendiendo el mencionado procedimiento:
- 5                    determinar un primer posible pico de correlación para un primer conjunto de señales SPS provenientes de un primer satélite SPS;
- determinar un segundo posible pico de correlación para el mencionado primer conjunto de señales SPS;
- 10                    derivar una medida que sea representativa de un tiempo de llegada del mencionado primer conjunto de señales SPS a partir de uno del mencionado primer pico de correlación posible y del mencionado segundo pico de correlación posible
- caracterizado por comprender, además:
- detectar (407) señales SPS con correlación cruzada, en el cual dicha etapa de detección de señales SPs con correlación cruzada comprende:
- 15                    examinar las intensidades de señal para pares de satélites fuertes y débiles para separaciones de señales, y
- verificar las correlaciones cruzadas examinando los Dopplers y fases de código relativas de los pares de satélites fuertes y débiles,y
- corregir señales SPS con correlación cruzada o eliminarlas (407) de otros procedimientos de medición.
- 20    2.Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el mencionado segundo pico de correlación posible sigue en el tiempo al mencionado primer pico de correlación posible.
- 3.Un procedimiento según la reivindicación 2, en el que el mencionado segundo pico de correlación posible es el resultado de una señal SPS reflejada.
- 4.Un procedimiento como en la reivindicación 3, en el que la mencionada medida que representa el mencionado tiempo de llegada se deriva a partir del mencionado primer pico de correlación posible.
- 25                    5.Un procedimiento como en la reivindicación 2, que comprende, además:
- transmitir desde un receptor SPS (20) que recibe el mencionado primer conjunto de señales SPS una identificación de que se han determinado el mencionado primer pico de correlación posible y el mencionado segundo pico de correlación posible.
- 30    6.Un procedimiento como en la reivindicación 2 que comprende, además:
- identificar una salida de correlación de pico ancha y descartar la mencionada salida de correlación de pico ancha de las mediciones usadas para determinar una información de la posición para un receptor SPS (20) que recibió el mencionado primer conjunto de señales SPS.
- 7.Un procedimiento como en la reivindicación 5 que comprende, además:
- 35                    recibir en un sistema de procesado remoto (10) la mencionada medición representativa del mencionado tiempo de llegada y recibir la mencionada identificación, estando acoplado el mencionado sistema de procesado remoto (10) de manera que pueda comunicar con el mencionado receptor SPS (20) a través de una red de radiofrecuencia celular.
- 40    8.Aparato (20) para procesar señales de un sistema (SPS) de posicionamiento por satélites , comprendiendo dicho aparato:
- medios medio para determinar un primer posible pico de correlación para un primer conjunto de señales SPS recibidas desde un primer satélite SPS; medios para determinar un segundo posible pico de correlación para el mencionado primer conjunto de señales SPS;
- 45                    medios para derivar una medición que representa un tiempo de llegada de un primer conjunto de señales PS de uno de dicho primer pico de correlación posible o dicho segundo pico de correlación posible,

caracterizado por comprender, además:

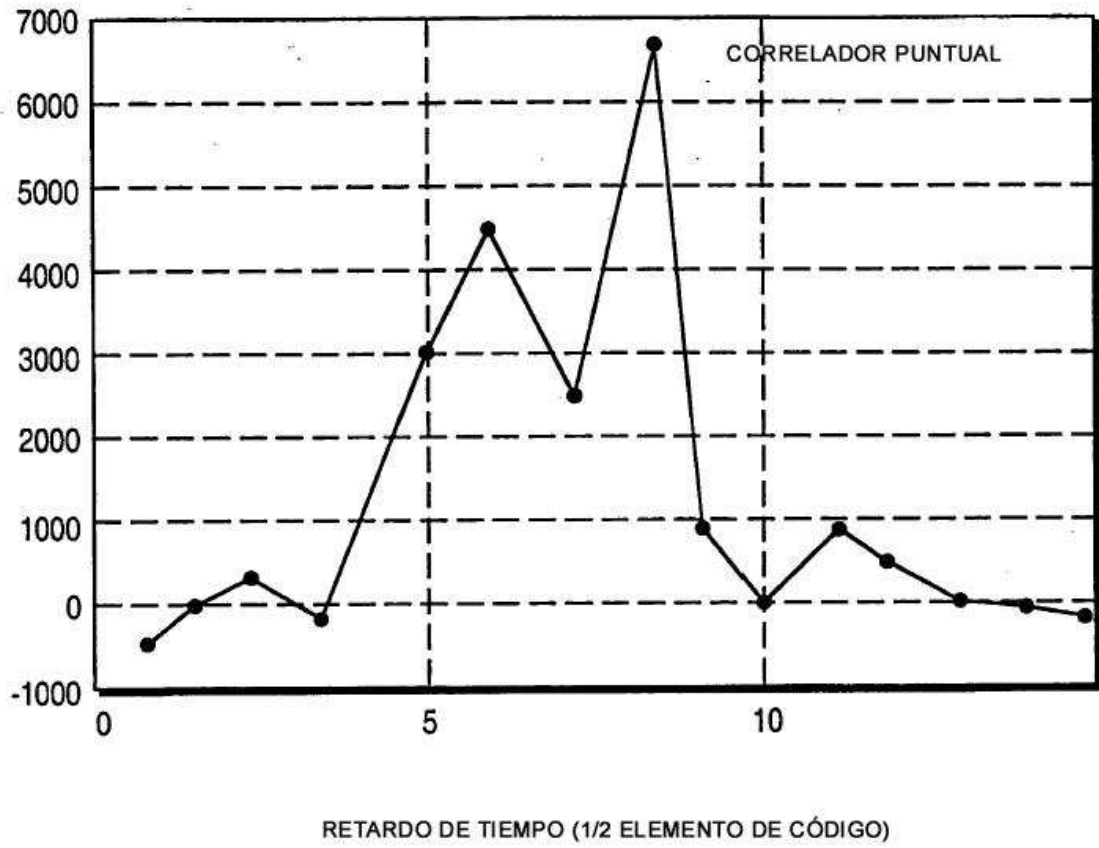
- 5 medios para detectar (407) señales SPS con correlación cruzada, en el cual dichos medios para detectar señales SPS con correlación cruzada están configuradas para examinar intensidades de señal para pares de satélites fuertes y débiles para separaciones de señales, y
- verificar las correlaciones cruzadas examinando los Dopplers y fases de código relativas de los pares de satélites fuertes y débiles, y
- medios para corregir señales SPS con correlación cruzada o eliminarlas (407) de otros procedimientos de medición.
- 10 9. Aparato según la reivindicación 8, en el que el mencionado segundo pico de correlación posible sigue en el tiempo al mencionado primer pico de correlación posible.
10. Aparato según la reivindicación 9, en el que el mencionado segundo pico de correlación posible es el resultado de una señal SPS reflejada.
- 15 11. Aparato según la reivindicación 10, en el que la mencionada medición que representa el mencionado tiempo de llegada se deriva a partir del mencionado primer pico de correlación posible.
12. Aparato según la reivindicación 9, que comprende, además:
- medios (22), (24) para transmitir desde un receptor SPS (20) que recibe el mencionado primer conjunto de señales SPS una identificación de que se han determinado el mencionado primer pico de correlación posible y el mencionado segundo pico de correlación posible.
- 20 13. Aparato según la reivindicación 9 que comprende, además:
- medios para identificar una salida de correlación de pico ancha y descartar la mencionada salida de correlación de pico ancha de las mediciones usadas para determinar una información de la posición para un receptor SPS (20) que recibió el mencionado primer conjunto de señales SPS.
14. Aparato según la reivindicación 12 que comprende, además:
- 25 medios (14) para recibir en un sistema de procesado remoto (10) la mencionada medición representativa del mencionado tiempo de llegada y recibir la mencionada identificación, estando acoplado el mencionado sistema de procesado remoto (10) de manera que pueda comunicar con el mencionado receptor SPS (20) a través de una red de radiofrecuencia celular.



**FIG. 1**

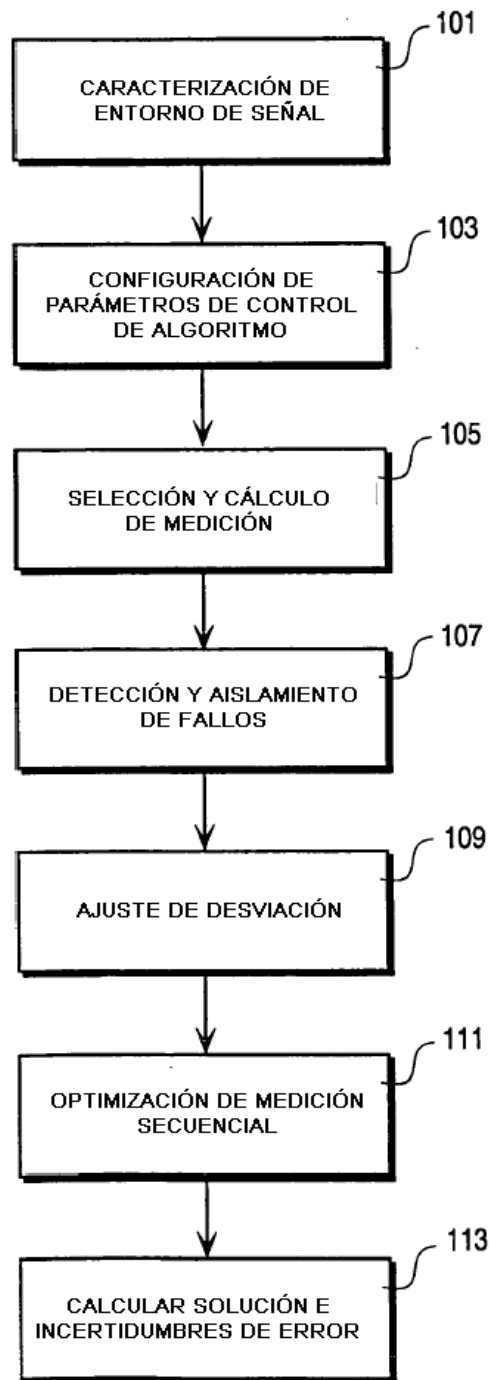
Sat. N°	Salida SNR (dB)	Salida SIR (dB)	Ancho de Pico (1/2 elemento de ancho)	Acimut (grados)	Elevación (grados)	Fase de código (1/2 elementos de código)	Doppler (Hz)
2	42,80	34,00	1,62	69,65	47,66	195,11	-1205
4	43,10	35,00	1,68	154,58	27,21	144,32	3219
7	45,80	30,50	1,74	40,03	73,74	1400,94	-923
9	44,30	33,00	1,68	312,93	31,33	289,90	2845
15	33,60	32,30	2,00	35,92	8,32	1075,13	-2309
26	44,50	31,30	1,66	253,71	33,67	1796,16	-1619
27	24,20	23,50	1,02	142,03	23,75	648,90	-3467

**FIG. 2**



**FIG. 3**

ALGORITMO DE PROCESAMIENTO DE MEDICIÓN (MPA)



**FIG. 4**



CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO DE SEÑAL

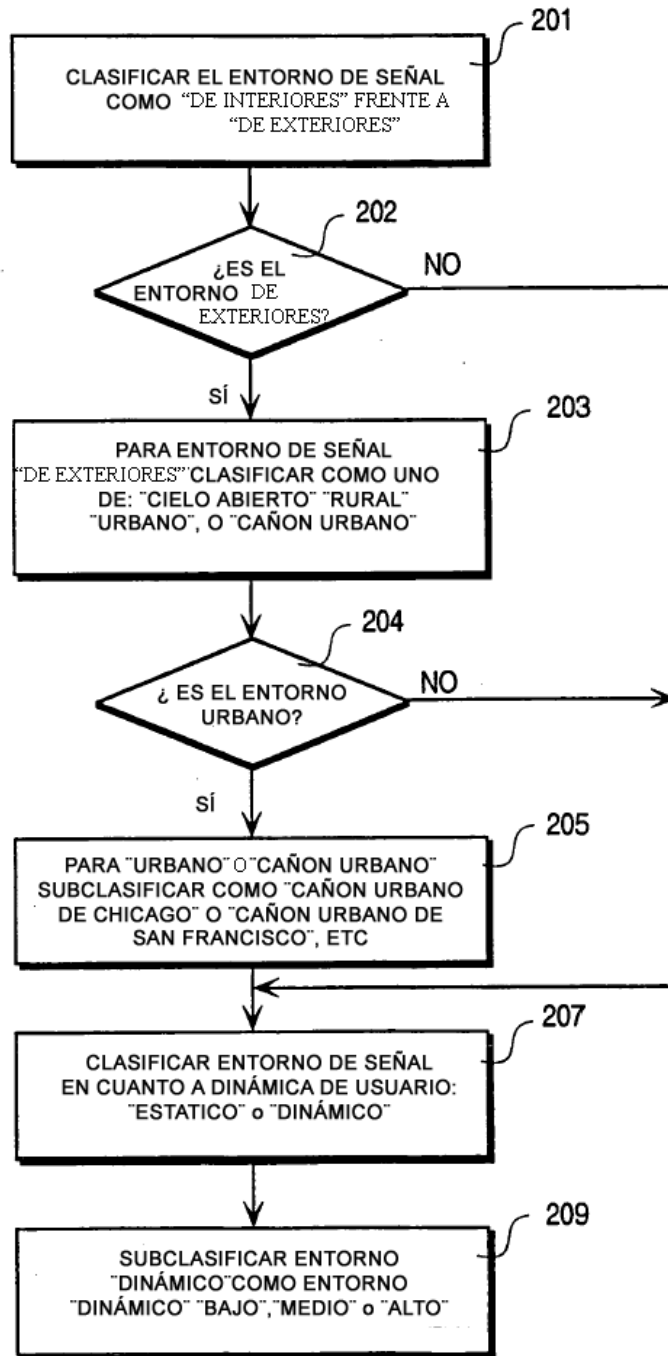
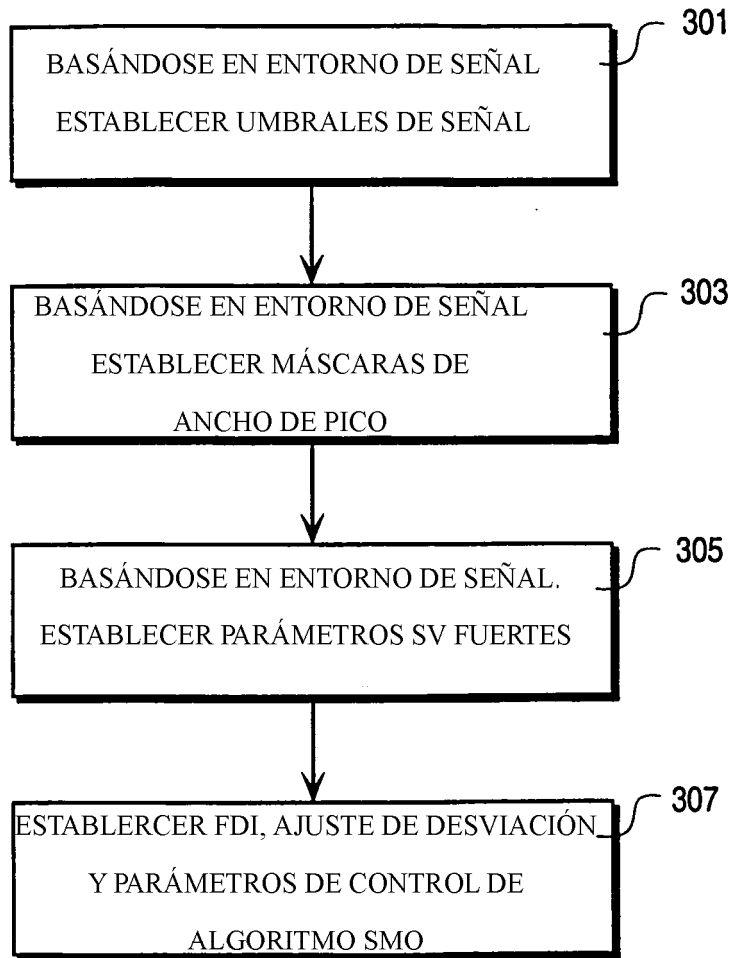
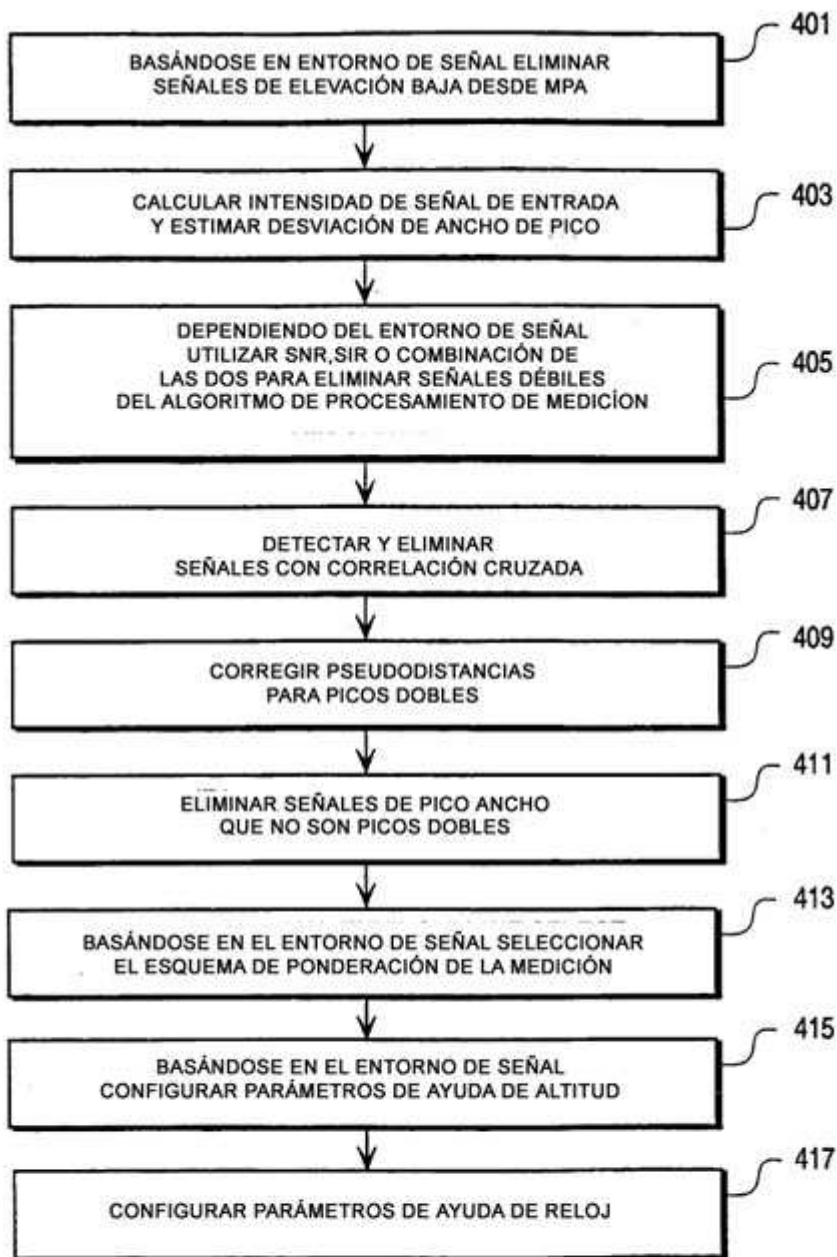


FIG. 5

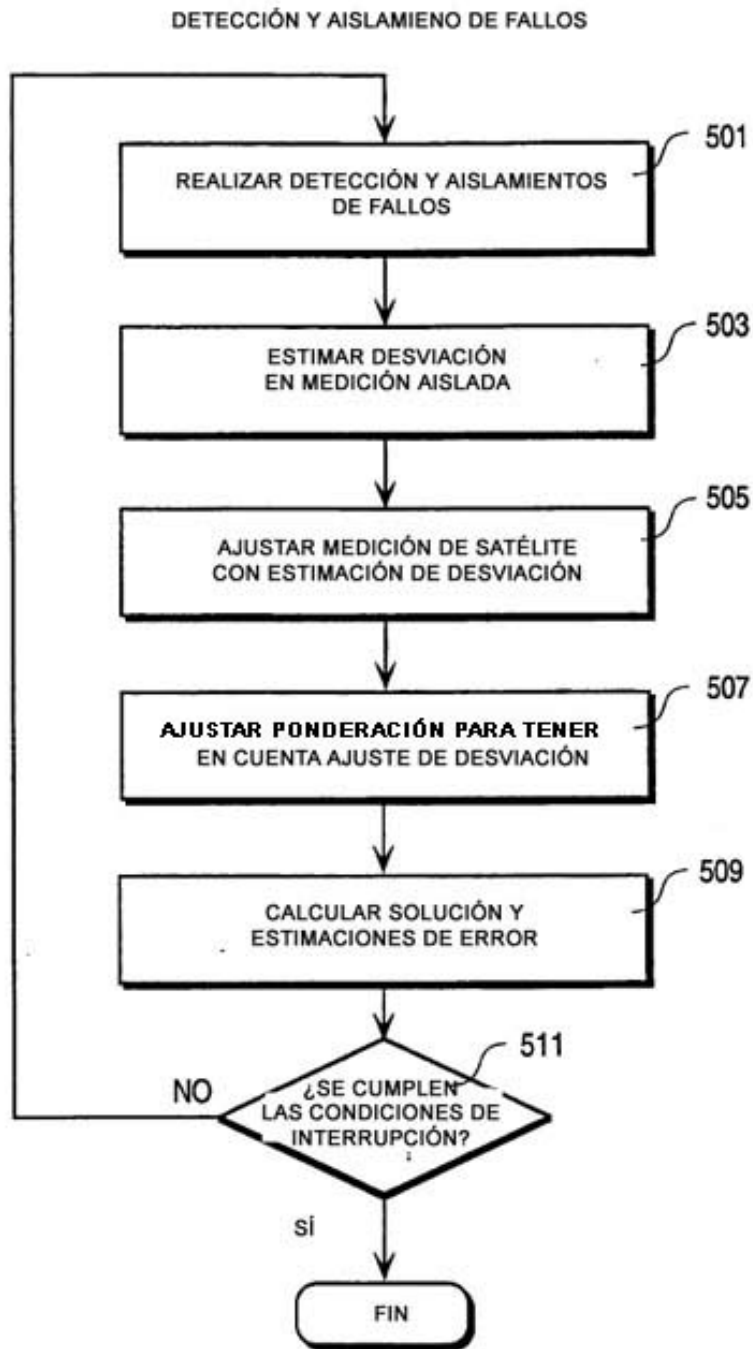
CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS DE CONTROL DE ALGORITMO



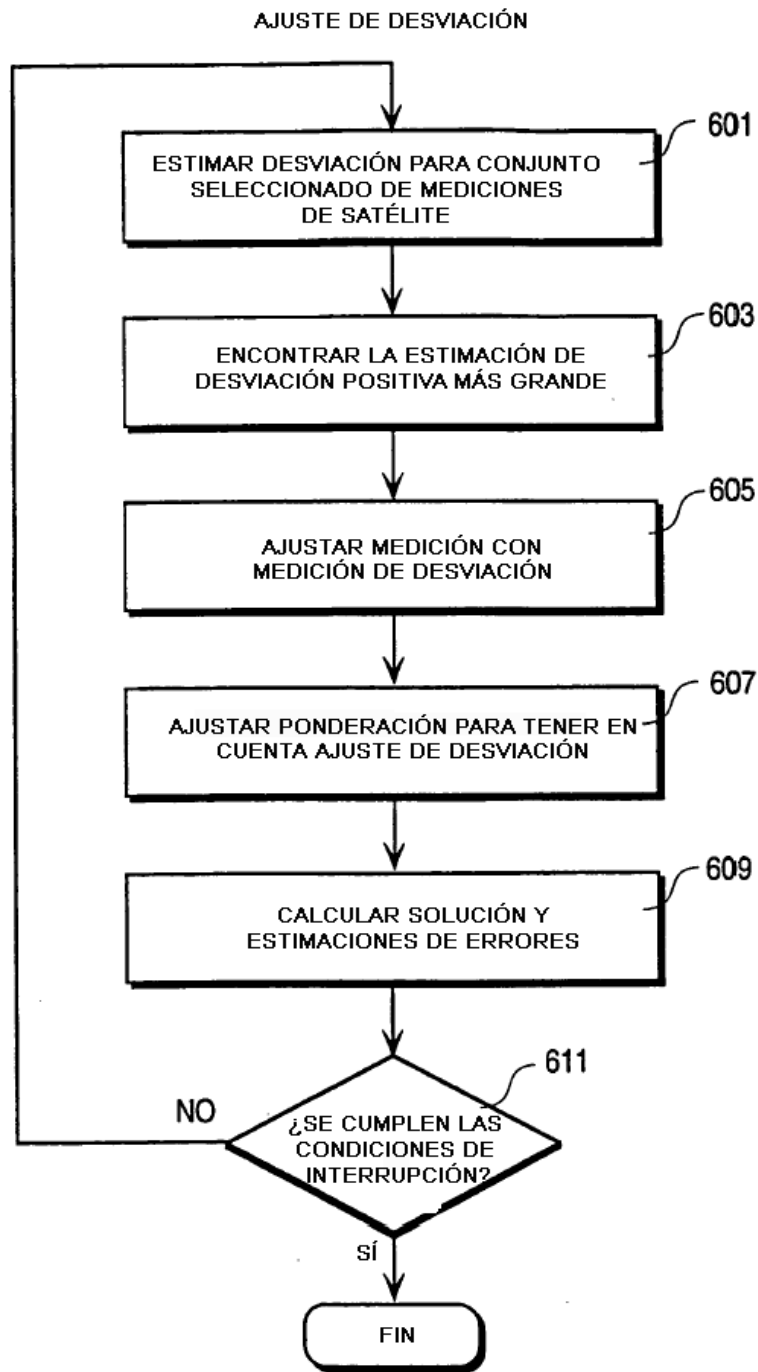
**FIG. 6**



**FIG. 7**

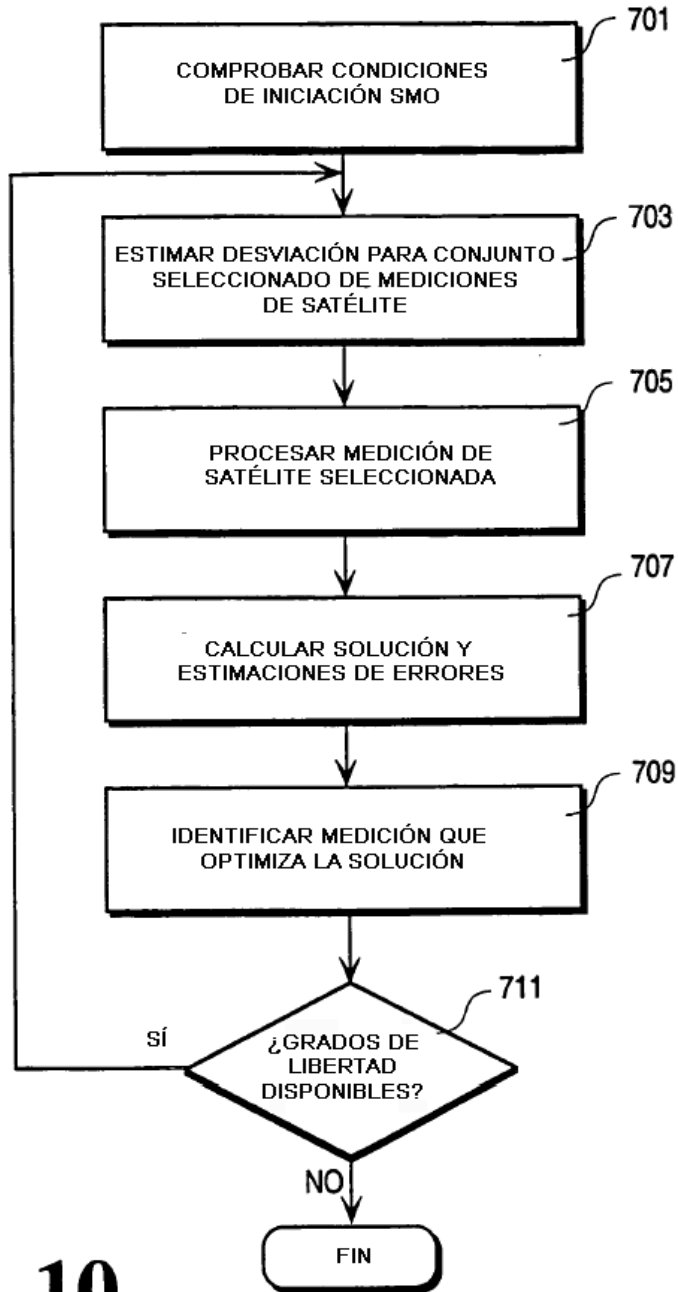


**FIG. 8**



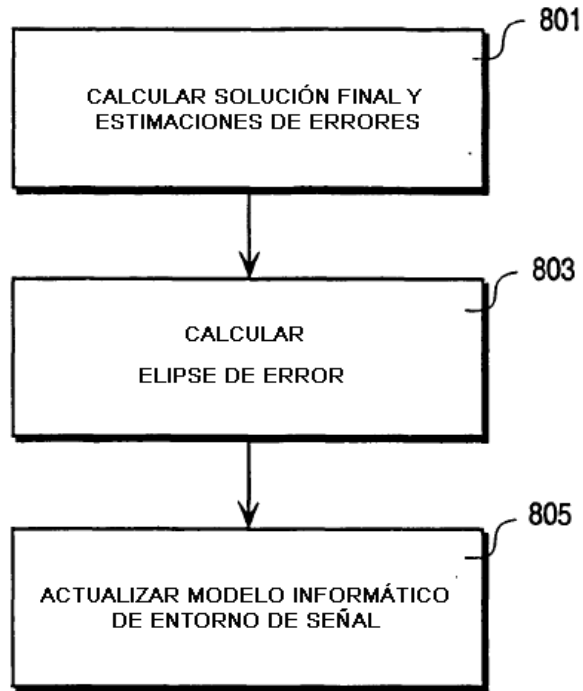
**FIG. 9**

OPTIMIZACIÓN DE MEDICIÓN SECUENCIAL (SMO)

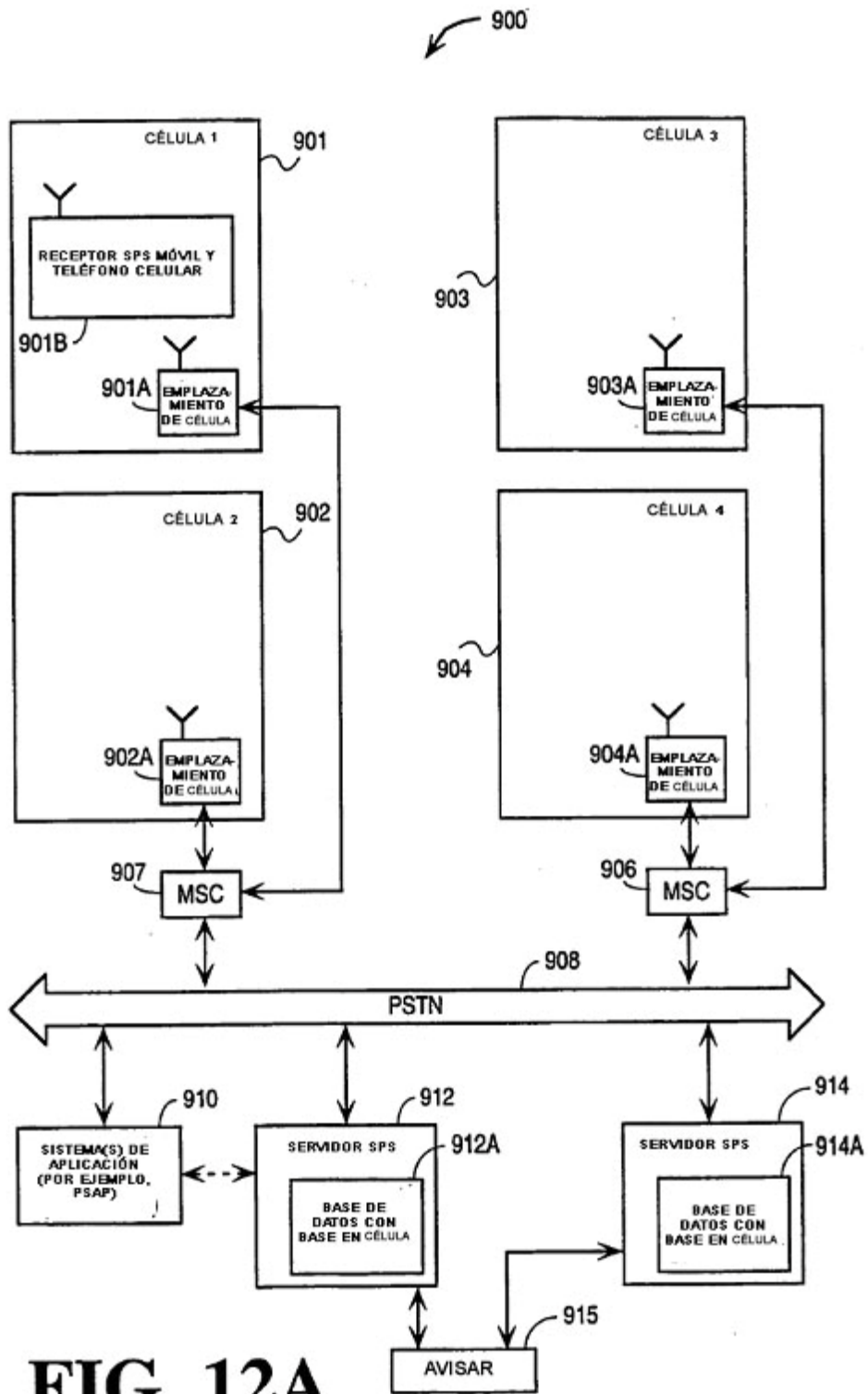


**FIG. 10**

CÁLCULO DE ESTIMACIÓN DE ERRORES Y SOLUCIÓN FINAL

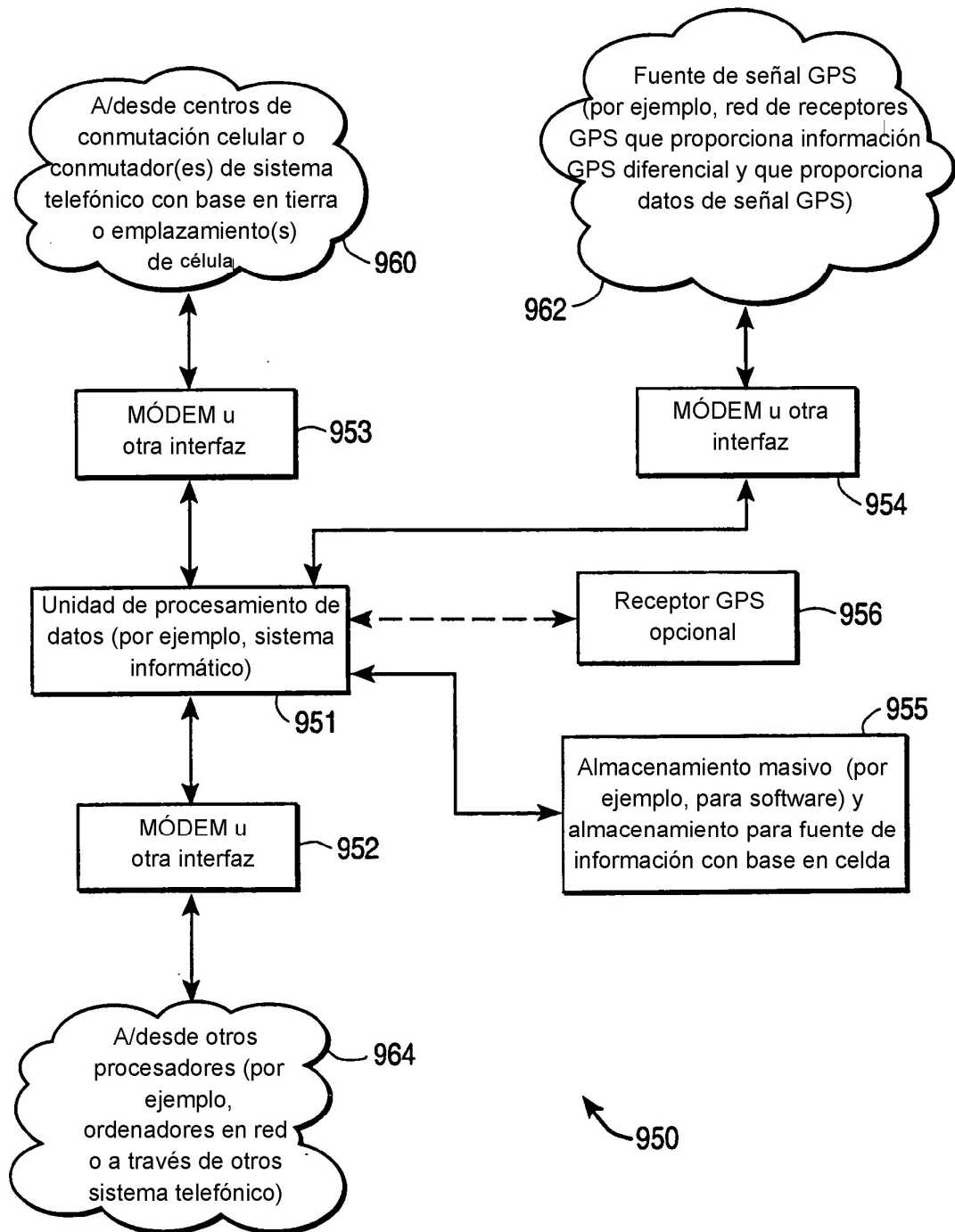


**FIG. 11**



**FIG. 12A**





**FIG. 12B**