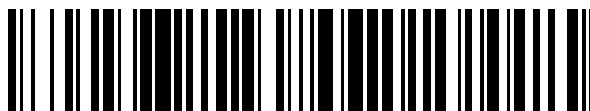


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 373 819**

51 Int. Cl.:

H04B 7/185 (2006.01)

G01S 5/02 (2010.01)

G01S 5/14 (2006.01)

G01S 5/00 (2006.01)

G01S 1/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07105832 .5**

96 Fecha de presentación: **07.03.1997**

97 Número de publicación de la solicitud: **1798564**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.06.2007**

54 Título: **RECEPTOR GPS PERFECCIONADO QUE UTILIZA INFORMACIÓN DE LA POSICIÓN DE LOS SATÉLITES PARA COMPENSAR EL EFECTO DOPPLER.**

30 Prioridad:
08.03.1996 US 612582
04.12.1996 US 759523

73 Titular/es:
Snaptrack, Inc.
5775 Morehouse Drive
San Diego, CA 92121 , US

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
09.02.2012

72 Inventor/es:
Krasner, Norman F.

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
09.02.2012

74 Agente: **Curell Aguilá, Mireya**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

ES 2 373 819 T3

DESCRIPCIÓN

Receptor GPS perfeccionado que utiliza información de la posición de los satélites para compensar el efecto Doppler.

Antecedentes de la invención**i) Campo de la invención**

La presente invención se refiere a los receptores capaces de determinar la información de la posición de los satélites y, en particular, se refiere a los receptores que encuentran aplicación en los sistemas de posicionamiento global por satélite (GPS).

ii) Antecedentes de la técnica

Los receptores GPS normalmente determinan su posición calculando los tiempos de llegada relativos de las señales transmitidas simultáneamente desde una pluralidad de satélites GPS (o NAVSTAR). Estos satélites transmiten, como una parte de su mensaje, datos de posicionamiento del satélite y datos sobre la temporización del reloj, es decir, los denominados «datos de efemérides». El procedimiento de búsqueda y adquisición de señales GPS, lectura de los datos de efemérides de una pluralidad de satélites y cálculo de la posición del receptor a partir de estos datos es lento y a menudo se prolonga durante varios minutos. En muchos casos, este tiempo de procesamiento prolongado es inadmisiblemente y, además, limita considerablemente la duración de la batería en las aplicaciones microminiaturizadas portátiles.

Otra de las limitaciones de los receptores GPS actuales es que su funcionamiento se limita a las situaciones en las que existen varios satélites claramente a la vista, sin obstrucciones, y en las que se dispone de una antena de alta calidad correctamente situada para recibir dichas señales. Así pues, estos receptores normalmente no podrán ser utilizados en aplicaciones portátiles montadas sobre el cuerpo del satélite, en áreas donde el nivel de obstrucción por follaje o edificios es significativo, ni en aplicaciones interiores.

Presentan dos funciones principales: (1) el cálculo de las pseudodistancias hasta los diversos satélites GPS y (2) el cálculo de la posición de la plataforma de recepción mediante las pseudodistancias y los datos de temporización y de efemérides de los satélites. Las pseudodistancias son simplemente los retardos de tiempo medidos entre la señal recibida desde cada satélite y el reloj local. Una vez terminada la adquisición y el seguimiento de los datos de efemérides y temporización de los satélites, éstos se extraen de la señal GPS. Como se ha indicado, la recopilación de esta información normalmente se prolonga durante un período de tiempo relativamente largo (de 30 segundos a varios minutos) y debe realizarse con un buen nivel de la señal recibida para obtener tasas de errores bajas.

Prácticamente todos los receptores GPS conocidos utilizan procedimientos de correlación para calcular las pseudodistancias. Los procedimientos de correlación se llevan a cabo en tiempo real y a menudo con correladores de hardware. Las señales GPS contienen señales repetitivas de alta velocidad denominadas «secuencias pseudoaleatorias» (PN). Los códigos disponibles para las aplicaciones civiles se denominan códigos C/A, y presentan una tasa de inversión de fase binaria (o tasa de «segmentación») de 1,023 MHz y un período de repetición de 1023 segmentos para un período de código de 1 ms. Las secuencias de código forman parte de la denominada familia de códigos Gold. Cada satélite GPS emite una señal con un código Gold exclusivo.

Una vez que la señal recibida desde un satélite GPS determinado ha sido sometida al procedimiento de subconversión hasta banda base, el receptor de correlación multiplica la señal recibida por una réplica almacenada del código Gold adecuado contenido en la memoria local y, a continuación, integra o hace pasar el producto por un filtro pasabaja para obtener una indicación de la presencia de la señal. Este procedimiento se denomina operación de «correlación». Ajustando en secuencia la temporización relativa de esta réplica almacenada con respecto a la señal recibida, y observando el resultado de la correlación, el receptor puede determinar el retardo de tiempo entre la señal recibida y el reloj local. La determinación inicial de la presencia de dicho resultado se denomina «adquisición». Después de la adquisición, el procedimiento entra en la etapa de «seguimiento», en la que la temporización de la referencia local es ajustada en pequeñas cantidades para proporcionar una salida de alta correlación.

La salida de correlación durante la etapa de seguimiento puede ser considerada como la señal GPS desprovista del código pseudoaleatorio o, empleando la terminología común, «desensanchada». Esta señal es de banda estrecha, siendo su ancho de banda proporcional a una señal de datos binaria de 50 bits por segundo con modulación por desplazamiento de fase que se superpone a la forma de onda GPS.

El procedimiento de adquisición de correlación es muy lento, en particular cuando las señales recibidas son débiles. Para reducir el tiempo de adquisición, muchos receptores GPS utilizan una pluralidad de correladores (habitualmente, hasta 12), lo cual permite realizar una búsqueda paralela de picos de correlación.

Otra forma de reducir el tiempo de adquisición es la descrita en la patente US nº 4.445.118. En esta propuesta, se utiliza la transmisión de información Doppler desde una estación base de control hasta una unidad receptora GPS remota para facilitar la adquisición de las señales GPS. Aunque esta propuesta permite reducir el tiempo de adquisición, la información Doppler sólo se mantiene precisa durante un corto período de tiempo, puesto que los satélites GPS giran alrededor de la tierra a velocidades relativamente altas.

Por lo tanto, será necesaria otra transmisión de información Doppler para que las unidades remotas puedan disponer de información Doppler precisa.

En la patente US nº 4.445.118, denominada patente de Taylor en la presente memoria. En la patente de Taylor, se transmite una referencia de frecuencia estable a una unidad receptora GPS desde una estación base, para eliminar una fuente de errores debida a un oscilador local de poca calidad situado en la unidad receptora GPS remota. Este procedimiento utiliza una señal con modulación por desplazamiento de fase (FSK) especial, cuya frecuencia debe hallarse muy cerca de la frecuencia de la señal GPS. Como se representa en la Figura 4 de la patente de Taylor, la señal FSK especial se halla aproximadamente a 20 MHz por debajo de la señal GPS de 1575 MHz. Por otra parte, en la propuesta descrita en la patente de Taylor, se utiliza un mecanismo de rechazo en modo común mediante el cual cualquier error del oscilador local (representado como L.O. 52) del receptor aparecerá tanto en el canal GPS como en el canal de referencia y, por lo tanto, quedará contrarrestado. No se describe ningún sistema para detectar o medir el error. Este tipo de funcionamiento constituye lo que a veces se denomina «funcionamiento homodino». Aunque esta propuesta aporta algunas ventajas, requiere que los dos canales presenten una estrecha correspondencia, incluida una estrecha correspondencia en frecuencia. Por otra parte, esta propuesta requiere que ambas frecuencias permanezcan fijas y, por consiguiente, las técnicas de salto de frecuencia no son compatibles con este enfoque.

Sumario

La presente invención se refiere a un procedimiento para determinar la posición de una unidad remota, que comprende:

recibir, en dicha unidad remota, información de posición de satélites para una pluralidad de satélites de un sistema de posicionamiento por satélite, desde una estación base situada en una posición separada o desde otro satélite que emula una estación base;

determinar la hora del día y la posición aproximada de la unidad remota;

obtener la información Doppler para una pluralidad de dichos satélites de dicho sistema de posicionamiento por satélite, a partir de dicha información de posición de satélites, utilizando la hora del día y la posición aproximada;

recibir señales GPS a partir de dichos satélites de dicho sistema de posicionamiento por satélite;

calcular, en dicha unidad remota, las pseudodistancias para dicha unidad remota, compensando dicha información Doppler el efecto Doppler de dichas señales GPS que se reciben desde dichos satélites de dicho sistema de posicionamiento por satélite para calcular las pseudodistancias en la unidad remota.

Aspectos ventajosos pero no limitativos del procedimiento anterior son los siguientes:

- dicha información de posición de satélites se obtiene a partir de unos medios de almacenamiento de referencia situados en dicha estación base;

- el procedimiento comprende asimismo la transmisión de dichas pseudodistancias desde dicha unidad remota hasta dicha estación base; y calculando dicha estación base una latitud y una longitud que indican la posición de dicha unidad remota;

- el procedimiento comprende asimismo transmitir información de datos de satélites a dicha unidad remota, comprendiendo dicha información de datos de satélite unos datos que representan las efemérides.

Una forma de realización de la presente invención proporciona una unidad remota que utiliza datos que representan señales GPS para proporcionar la posición de dicha unidad remota, comprendiendo dicha unidad remota un primer receptor para recibir dichas señales GPS desde los satélites de un sistema de posicionamiento por satélite y una unidad de procesamiento, en los que:

la unidad remota incluye además un segundo receptor;

dicho segundo receptor puede hacerse funcionar para acoplarse a través de un enlace de comunicaciones y recibir información de posición de satélites para una pluralidad de satélites de dicho sistema de posicionamiento por

satélite, a la vista de dicha unidad remota, siendo recibida dicha información de posición de satélites desde una estación base situada en una posición separada o desde otro satélite que emula una estación base;

dicha unidad de procesamiento está acoplada a dicho segundo receptor para recibir dicha información de posición de satélites, para obtener información Doppler para dicha pluralidad de satélites a partir de dicha información de posición de satélites, y para calcular pseudodistancias para dicha unidad remota, compensando dicha información Doppler el efecto Doppler de las señales GPS que se reciben para calcular las pseudodistancias en la unidad remota.

Aspectos ventajosos pero no limitativos de la unidad remota anterior son los siguientes:

- dicho enlace de comunicaciones comprende unos medios de comunicación de radiofrecuencia;
- la unidad remota comprende asimismo un transmisor acoplado a dicha unidad de procesamiento, estando destinado dicho transmisor a transmitir dichas pseudodistancias;
- dicha unidad remota comprende un circuito integrado de procesamiento de señales digitales (DSP), y procesando dicho DSP dichas señales GPS y dicha información Doppler utilizando un algoritmo de convolución rápida;
- la unidad remota según la reivindicación 8, que comprende asimismo un transmisor acoplado a dicha unidad de procesamiento, estando destinado dicho transmisor a transmitir dichas pseudodistancias;
- dicho receptor puede utilizarse para recibir información de datos de satélites de dichos satélites a partir de una fuente distinta a dicho satélite, comprendiendo dicha información de datos de satélites datos que representan las efemérides para dicho satélite.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se ilustra, a título de ejemplo y sin carácter limitativo, en las figuras de los dibujos adjuntos, en los que se utilizan números de referencia similares para identificar elementos similares, y en los cuales:

la Figura 1A es un diagrama de bloques de los componentes principales de un sistema de recepción GPS remoto o móvil que utiliza los procedimientos de la presente invención, en el que se representan los enlaces de datos que pueden existir entre una estación base y la unidad remota;

la Figura 1B es un diagrama de bloques de una unidad móvil GPS alternativa;

la Figura 1C es un diagrama de bloques de otra unidad móvil GPS alternativa;

las Figuras 2A y 2B presentan dos alternativas para las partes RF e IF de un receptor que constituye una forma de realización de la presente invención;

la Figura 3 representa un diagrama de flujo de las operaciones principales (por ejemplo, operaciones de software) realizadas por el procesador DSP programable según los procedimientos de la presente invención;

las Figuras 4A a 4E ilustran las formas de onda de procesamiento de señales en diversas etapas del procesamiento según los procedimientos de la presente invención;

la Figura 5A ilustra un sistema de estación base de una forma de realización de la presente invención;

la Figura 5B ilustra un sistema de estación base de una forma de realización alternativa de la presente invención;

la Figura 6A ilustra una unidad móvil GPS que presenta, según un aspecto de la presente invención, calibración del oscilador local;

las Figuras 6B y 6C representan otras formas de realización de unidades móviles GPS que presentan calibración del oscilador local;

La Figura 7 es un diagrama de flujo que representa un procedimiento de gestión de energía para una unidad móvil según una forma de realización de la presente invención;

la Figura 8 representa un procedimiento para obtener información Doppler para los satélites a la vista, a partir de los datos de almanaque de los satélites proporcionados a una unidad móvil.

Descripción detallada de la invención

La presente invención se refiere a los aparatos y a los procedimientos para calcular la posición de un objeto móvil o remoto, para que el hardware remoto presente de ese modo una disipación de energía muy baja y la capacidad para trabajar con niveles de señal recibida muy bajos y seguir proporcionando mediciones exactas de la información de posición. Es decir, el consumo de energía se reduce mientras que la sensibilidad y la precisión del receptor se incrementan. Esto también viene determinado por la recepción y la utilización en la unidad remota de una señal de comunicación de frecuencia estable. Esto es posible gracias a la implementación de las funciones de recepción remota, representadas en la Figura 1A, así como a la transmisión de información de almanaque de los satélites, desde una estación base 10 situada en una ubicación separada hasta la unidad remota o la unidad móvil GPS 20.

Debe tenerse en cuenta que es posible utilizar pseudodistancias para calcular la posición geográfica de la unidad remota de muchas formas diferentes. A continuación, se proporcionan tres ejemplos:

1. Procedimiento 1: Mediante la retransmisión de los mensajes de datos de los satélites a la unidad remota 20 desde la estación base 10, la unidad remota 20 puede combinar esta información con las mediciones de pseudodistancia para calcular su posición. Véase, por ejemplo, la patente US nº 5.365.450. Habitualmente, la unidad remota 20 realiza el cálculo de la posición en la unidad remota 20.

2. Procedimiento 2: La unidad remota 20 puede recopilar los datos de efemérides de los satélites a partir de la recepción de señales GPS de la forma normalmente empleada en el ámbito de la técnica. Estos datos, que suelen ser válidos durante una o dos horas, pueden combinarse con mediciones de pseudodistancia para completar, habitualmente en la unidad remota, el cálculo de la posición.

3. Procedimiento 3: A través de un enlace de comunicaciones 16, la unidad remota 20 puede transmitir las pseudodistancias a la estación base 10, donde dicha información puede combinarse con los datos de efemérides de los satélites para completar el cálculo de la posición. Véase, por ejemplo, la patente US nº 5.225.842.

En las propuestas (o procedimientos) 1 y 3, se supone que la estación base 10 y la unidad remota 20 presentan una vista común de todos los satélites deseados y están situadas suficientemente cerca una de otra para resolver la ambigüedad temporal asociada a la frecuencia de repetición de los códigos GPS pseudoaleatorios. Esta condición se cumple cuando la distancia entre la estación base 10 y la unidad remota 20 es igual al producto entre la 1/2 de la velocidad de la luz y el período de repetición PN (1 milisegundo), o alrededor de 150 km.

Para explicar la presente invención, se supone que se utiliza el procedimiento 3 para realizar el cálculo de la posición. No obstante, a partir de la consulta de la presente memoria, los expertos en la materia deducirán que los diversos aspectos y formas de realización de la presente invención pueden ser utilizados con cualquiera de los tres procedimientos indicados, así como con otros procedimientos.

Por ejemplo, en una variante del procedimiento 1, una estación base puede transmitir información de datos de satélites, tales como los datos que representan las efemérides de los satélites, a una unidad remota, y esta información de datos de satélites puede combinarse con las pseudodistancias, calculadas de acuerdo con la presente invención a partir de señales GPS almacenadas en memoria tampón, para proporcionar una latitud y una longitud (y en muchos casos también una altitud) para la unidad remota. Se observará que la información de posición recibida desde la unidad remota puede limitarse a la latitud y la longitud o puede ser información más amplia que incluye la latitud, la longitud, la altitud, la velocidad y el rumbo de la unidad remota.

Asimismo, en esta variante del procedimiento 1, pueden utilizarse los aspectos de la corrección del oscilador local o la gestión de la energía de la presente invención. Además, la información de almanaque de los satélites puede transmitirse a la unidad remota 20, unidad remota 20 que utiliza dicha información de acuerdo con los aspectos de la presente invención.

Según el procedimiento 3, la estación base 10 ordena a la unidad remota 20 que realice una medición por medio de un mensaje transmitido a través de un enlace de comunicación de datos 16 como el representado en la Figura 1A. El mensaje de la estación base 10 que incluye el mandato para la unidad remota 20 también suele identificar los satélites particulares que están a la vista u otros datos de inicialización. La estación base 10 puede enviar también dentro del mensaje (o puede enviar previamente) información de almanaque de los satélites, que constituye una forma de información de datos de satélites. Esta información de almanaque de satélites suele incluir una descripción de la posición aproximada en relación con el tiempo de todos los satélites de la constelación GPS. En la patente US nº 4.445.118, se describen algunos de los datos que pueden incluirse en los datos de almanaque de los satélites. Este mensaje es recibido por un módem separado 22 que forma parte de la unidad remota 20 y es almacenado en una memoria 30 acoplada a un microprocesador de baja potencia 26. La información de almanaque de los satélites puede ser utilizada a continuación para obtener la información Doppler para los satélites a la vista, como se describirá más adelante. Los datos de almanaque pueden ser válidos durante un período máximo de un mes. El microprocesador 26 se ocupa de la transferencia de la información de datos entre los elementos de procesamiento 32 a 48 de la unidad remota y el módem 22, y controla las funciones de gestión de energía dentro del receptor

remoto 20, como se pondrá de manifiesto en la descripción que sigue. Normalmente, el microprocesador 26 determina que la mayor parte o la totalidad del hardware de la unidad remota 20 pase a un estado de baja energía, o de suspensión, salvo cuando se están realizando los cálculos de pseudodistancia u otros cálculos GPS o cuando se dispone de una fuente de alimentación alternativa. No obstante, la parte receptora del módem se activa (con suministro completo de energía) por lo menos periódicamente para determinar si la estación base 10 ha enviado un mandato a la unidad remota para determinar la posición de la unidad remota.

Gracias a la utilización de esta información de almanaque de los satélites para obtener información Doppler de los satélites a la vista de la unidad remota, no es necesario que la unidad remota 20 realice la búsqueda de dicha información Doppler, reduciéndose de ese modo el tiempo de procesamiento de ésta en un factor superior a 10. La utilización de la información Doppler también permite a la unidad móvil GPS 20 procesar con más rapidez una muestra de señales GPS, hecho que tiende a reducir la cantidad de tiempo durante el cual el procesador 32 debe recibir toda la energía para calcular una información de posición. Esto por sí solo reduce la energía consumida por la unidad remota 20 y contribuye a incrementar la sensibilidad. También puede enviarse a la unidad remota 20 información adicional que incluye los intervalos de medición de los datos en el mensaje GPS.

La señal recibida desde el enlace de datos puede utilizar una frecuencia portadora de precisión. El receptor de la unidad remota 20 puede emplear, tal como se representa en la Figura 6 descrita más adelante, un bucle de control automático de frecuencia (AFC) para sincronizarse con esta portadora y calibrar de ese modo todavía más su propio oscilador de referencia (por ejemplo, corrigiendo la frecuencia de salida del L.O. GPS que se utiliza para obtener las señales GPS). Con un tiempo de transmisión del mensaje de 10 ms y una relación señal-ruido recibida de 20 dB, normalmente es posible medir la frecuencia por medio de un AFC, obteniéndose una precisión de 10 Hz o superior. Habitualmente, esto resulta de sobras adecuado para los requisitos de la presente invención. Esta característica, que se describirá más adelante en mayor detalle, también incrementa la precisión de los cálculos de posición realizados, ya sea de la forma convencional o utilizando los procedimientos de convolución rápida de la presente invención.

En una forma de realización de la presente invención, el enlace de comunicación 16 se compone de unos medios de comunicación de radiofrecuencia de ancho de banda reducido disponibles en el mercado, tales como un sistema de radiobúsqueda bidireccional. Este sistema puede utilizarse en formas de realización en las que la cantidad de datos transmitida entre la unidad remota 20 y la estación base 10 es relativamente reducida. La cantidad de datos necesaria para la transmisión de Doppler (en lugar de los datos de almanaque de satélites) y otros datos (por ejemplo, datos de inicialización tales como las identidades de los satélites que están a la vista) es relativamente reducida y de igual modo, la cantidad de datos necesarios para la información de la posición (por ejemplo, pseudodistancias) es relativamente reducida. Por lo tanto, los sistemas de banda estrecha son adecuados para la presente forma de realización. Los datos de almanaque de los satélites pueden comprimirse, de tal manera que la cantidad de datos necesaria para describir la posición aproximada de todos los satélites en la constelación GPS pueda transmitirse con eficacia en un sistema de comunicación de ancho de banda reducido. Los sistemas que requieren la transmisión de grandes cantidades de datos durante un período de tiempo corto tal vez precisen de unos medios de comunicación de radiofrecuencia de mayor ancho de banda.

Estos sistemas de mayor ancho de banda pueden ser necesarios en formas de realización en las que se transmiten datos de almanaque de satélites no comprimidos.

Debe tenerse en cuenta, no obstante, que tal vez resulte eficaz utilizar un sistema de banda estrecha incluso cuando se transmite información de almanaque de satélites no comprimida, porque la información de almanaque mantiene una gran precisión durante largos períodos de tiempo (por ejemplo, un mes, habitualmente). Por lo tanto, esta información puede transmitirse una vez al mes y luego almacenarse en la unidad móvil GPS (por ejemplo, en memoria flash EEPROM) para ser utilizada durante todo el mes. En este caso, habitualmente esta información se almacena junto con un registro temporal que indica la fecha de recepción de los datos de almanaque de los satélites. Entonces, la unidad remota, tras recibir el mandato para proporcionar su información de posición, puede determinar si los datos de almanaque de los satélites son anticuados y si debe recibir o no la transmisión de los datos de almanaque proporcionados por la estación base. Si los datos no están anticuados (por ejemplo, cuando, según el registro temporal, los datos de almanaque tienen una antigüedad inferior a un mes o a cualquier otro período de tiempo predeterminado), entonces pueden utilizarse los datos de la memoria y la recepción de nuevos datos de almanaque de los satélites no es necesaria, haciéndose caso omiso de la transmisión automática de dichos datos. Como alternativa, la estación base puede tomar su decisión de transmitir datos de almanaque de los satélites sirviéndose de una lista de las unidades remotas a las que se han enviado datos de almanaque de satélites y un registro temporal que indica la última transmisión de datos de almanaque de satélites para cada una de dichas unidades remotas. A continuación, la estación base puede determinar si debe transmitir los datos de almanaque de los satélites con un mandato de corrección de la posición dependiendo de lo anticuados que estén los últimos datos de almanaque de los satélites almacenados en la unidad remota particular. Si los datos de almanaque de la unidad remota particular no están anticuados (por ejemplo, su antigüedad es inferior a un mes), se transmite el mandato de corrección de la posición sin los datos de almanaque desde la estación base hasta la unidad remota. Si los datos de almanaque están anticuados, entonces se transmiten los datos de almanaque de satélites actuales a la unidad remota.

Una vez que la unidad remota 20 recibe un mandato (por ejemplo, desde la estación base 10) para el procesamiento GPS junto con la información de almanaque de los satélites (o cuando determina que puede utilizar una versión almacenada localmente de los datos de almanaque de los satélites), el microprocesador 26 activa el convertidor RF-IF 42, el convertidor analógico-digital 44 y la memoria digital de capturas de pantalla 46 por medio de un circuito de batería, regulación de energía y conmutación de energía 36 (y las líneas de energía controlada 21a, 21b, 21c y 21d), proporcionando de ese modo la energía completa a estos componentes.

Esto determina la subconversión hasta una frecuencia IF de la señal del satélite GPS que se recibe por medio de la antena 40, y que posteriormente se somete a digitalización. A continuación, se almacena un conjunto de dichos datos, normalmente los equivalentes a una duración de entre 100 milisegundos y 1 segundo (o incluso superior), en una memoria de capturas de pantalla 46. La cantidad de datos almacenados puede ser controlada por el microprocesador 26, de una forma que permite que se almacenen más datos en la memoria 46 (para lograr una mayor sensibilidad) en las situaciones en que el ahorro de energía no es tan importante como la mejora de la sensibilidad, y se almacenen menos datos en las situaciones en que el ahorro de energía es más importante que la mejora de la sensibilidad. Habitualmente, la sensibilidad es más importante cuando las señales GPS pueden ser parcialmente obstaculizadas, y el ahorro de energía es menos importante cuando se dispone de una copiosa fuente de alimentación (por ejemplo, la batería de un coche). El direccionamiento de la memoria 46 para el almacenamiento de estos datos es controlado por un circuito integrado de matriz de puertas programable in situ 48. La subconversión de la señal GPS se realiza por medio de un sintetizador de frecuencia 38 que suministra la señal del oscilador local 39 al convertidor 42, tal como se describe en mayor detalle más adelante.

Debe observarse que, durante todo este tiempo (mientras se está llenando la memoria 46 de capturas de pantalla con las señales GPS digitalizadas de los satélites a la vista), el microprocesador DSP 32 puede mantenerse en un estado de baja energía. El convertidor RF-IF 42 y el convertidor analógico-digital 44 suelen activarse sólo durante un período de tiempo corto, que es suficiente para reunir y almacenar los datos necesarios para el cálculo de las pseudodistancias. Una vez que la recopilación de datos ha finalizado, el suministro de energía a estos circuitos conversores se interrumpe o se reduce por medio de las líneas de energía controlada 21b y 21c (mientras la memoria 46 continúa recibiendo toda la energía), y de ese modo no se provoca un aumento de la disipación de la energía durante el cálculo de las pseudodistancias. A continuación, se realiza el cálculo de las pseudodistancias utilizando, en una forma de realización, un CI (DSP) de procesamiento de señales digitales programable de uso general 32 (por ejemplo, un circuito integrado TMS320C30 de Texas Instruments). El microprocesador 26 y el circuito 36 (por medio de la línea de energía controlada 21e) hacen pasar al DSP 32 al estado de energía activa antes de la realización de dichos cálculos.

Este DSP 32 difiere de los otros utilizados en algunas unidades remotas GPS por ser de uso general y programable, en contraposición con los CI de procesamiento de señales digitales personalizados y especializados. Además, el DSP 32 permite la utilización de un algoritmo de transformada rápida de Fourier (FFT), lo cual a su vez permite un cálculo muy rápido de las pseudodistancias realizando con rapidez un gran número de operaciones de correlación entre una referencia generada localmente y las señales recibidas. Suele ser necesario realizar 2046 de dichas correlaciones para llevar a cabo la búsqueda de los intervalos de medición de cada señal GPS recibida. El algoritmo de transformada rápida de Fourier permite una búsqueda simultánea y paralela de la totalidad de dichas posiciones, aumentando la velocidad del procedimiento de cálculo necesario en un factor de entre 10 y 100 con respecto a los sistemas convencionales.

Una vez que el DSP 32 ha finalizado el cálculo de pseudodistancias para cada uno de los satélites a la vista, esta información se transmite, en una forma de realización de la presente invención, al microprocesador 26, por medio de un bus de interconexión 33. En ese momento, el microprocesador 26 puede determinar que el DSP 32 y la memoria 46 vuelvan a un estado de baja energía, mediante el envío de una señal de control adecuada al circuito de batería y de regulación de energía 36. A continuación, el microprocesador 26 utiliza un módem 22 para transmitir los datos de pseudodistancia a la estación base 10, a través de un enlace de datos 16, para el cálculo de la posición definitiva. Aparte de los datos de pseudodistancia, puede transmitirse simultáneamente a la estación base 10 una etiqueta de tiempo que indica el tiempo transcurrido desde la recopilación de datos inicial en la memoria tampón 46 hasta la hora de transmisión de los datos a través del enlace de datos 16. Esta etiqueta de tiempo aumenta la capacidad de la estación base para calcular la posición, puesto que permite calcular las posiciones de los satélites GPS en el momento de la recopilación de los datos. Otra posibilidad, según el procedimiento 1 mencionado anteriormente, es que el DSP 32 calcule la posición (por ejemplo, latitud, longitud y altitud) de la unidad remota y envíe los datos al microprocesador 26, que del mismo modo retransmite estos datos a la estación base 10 por medio del módem 22. En este caso, el cálculo de la posición resulta más fácil porque el DSP hace coincidir la hora de finalización de la recepción de los mensajes de datos de los satélites con la hora de inicio de la recopilación de datos de la memoria tampón. Esto aumenta la capacidad de la unidad remota para calcular la posición, puesto que permite realizar el cálculo de las posiciones de los satélites GPS en el momento de la recopilación de los datos.

Como se representa en la Figura 1A, en una forma de realización, el módem 22 utiliza una antena separada 24 para transmitir y recibir mensajes a través del enlace de datos 16. Se observará que el módem 22 incluye un receptor de comunicación y un transmisor de comunicación que se acoplan de forma alterna a la antena 24. Análogamente, la

estación base 10 puede utilizar una antena separada 14 para transmitir y recibir mensajes del enlace de datos, permitiendo de ese modo la recepción continua de las señales GPS por medio de la antena GPS 12 de la estación base 10.

5 En un ejemplo común, se espera que la duración de los cálculos de posición realizados en el DSP 32 no sobrepase unos pocos segundos, dependiendo de la cantidad de datos almacenados en la memoria digital de capturas de pantalla 46 y la velocidad del DSP o varios DSP.

10 A partir de la descripción anterior, resultará obvio que la unidad remota 20 sólo necesita activar sus circuitos de alto consumo de energía durante una pequeña fracción del tiempo, si los mandatos de cálculo de posición de la estación base 10 son poco frecuentes. Se prevé, por lo menos en muchas situaciones, que dichos mandatos provoquen la activación del equipo remoto en su estado de alta disipación de energía sólo alrededor del 1% del tiempo o menos.

15 De esta forma, la batería podrá tener una duración 100 veces superior a la de los otros casos. Los mandatos de programación necesarios para la ejecución de la operación de gestión de energía se almacenan en EEPROM 28 u otros medios de almacenamiento adecuados. Esta estrategia de gestión de energía puede adaptarse a diferentes situaciones de disponibilidad de energía. Por ejemplo, cuando se dispone de energía primaria, la determinación de la posición puede tener lugar de forma continuada.

20 Como se ha indicado anteriormente, la memoria digital de capturas de pantalla 46 captura un registro correspondiente a un período de tiempo relativamente largo. El procesamiento eficaz de este gran bloque de datos mediante procedimientos de convolución rápida brinda la capacidad de la presente invención para procesar señales recibidas con bajos niveles (por ejemplo, cuando la recepción es deficiente debido a la obstrucción parcial por los edificios, árboles, etc.). Todas las pseudodistancias para los satélites GPS visibles se calculan utilizando estos
25 mismos datos almacenados en memoria tampón. De esta forma, se obtiene un mayor rendimiento en relación con los receptores GPS de seguimiento continuo, en las situaciones en que la amplitud de la señal cambia de forma rápida (tales como las situaciones de obstrucciones urbanas).

30 En la Figura 1B, se representa una implementación ligeramente diferente, en la que están ausentes el microprocesador 26 y sus periféricos (RAM 30 y EEPROM 28) y las funciones de éstos son proporcionadas por unos circuitos adicionales contenidos dentro de una FPGA (matriz de puertas programables in situ) 49 más compleja. La estructura y el funcionamiento de la unidad remota representada en la Figura 1B se describen en mayor detalle en la solicitud de patente US con el número de serie 08/612.669, presentada el 8 de marzo de 1996 por Norman F. Krasner, en la actualidad es una patente US nº. En la unidad remota de la Figura 1B, se utiliza el DSP 32a para
35 suministrar energía o reducir el suministro de ésta a los diferentes componentes, de forma selectiva, según un procedimiento de gestión de energía, tal como el representado en la Figura 7.

40 En la Figura 1C, se representa otra forma de realización según la presente invención de una unidad móvil GPS que contiene muchos de los mismos componentes que las unidades móviles GPS representadas en las Figuras 1A y 1B.

45 En la Figura 1C, se representa una característica de la presente invención que permite a la unidad móvil GPS aumentar la sensibilidad a expensas del ahorro de energía. Como se ha indicado anteriormente, la sensibilidad de la unidad móvil GPS puede incrementarse aumentando la cantidad de señales GPS de memoria tampón que se almacenan en la memoria 46. Esto se realiza obteniendo y digitalizando más señales GPS y almacenando los datos en la memoria 46. Este incremento del almacenamiento en memoria tampón provoca un mayor consumo de energía, pero aumenta la sensibilidad de la unidad móvil GPS. La estructura y el funcionamiento de la unidad remota representada en la Figura 1C se describe en mayor detalle en la solicitud de patente US con el número de serie 08/612.669, presentada el 8 de marzo de 1996.

50 Las Figuras 2A y 2B, presentan ejemplos representativos de un sistema de conversión de frecuencia RF-IF y digitalización para la unidad móvil GPS. La estructura y el funcionamiento de los ejemplos representados en las Figuras 2A y 2B se describen en mayor detalle en la solicitud de patente US con el número de serie 08/612.669, presentada el 8 de marzo de 1996.

55 El diagrama de flujo de la Figura 3 y los gráficos de las Figuras 4A, 4B, 4C, 4D y 4E permitirán comprender los detalles del procesamiento de señales GPS realizado en el DSP 32. Como resultará evidente a los expertos en la materia, el código máquina u otro código adecuado para realizar el procesamiento de señales que se describe a continuación se almacena en memoria EPROM 34. También es posible utilizar otros dispositivos de memoria no volátil. En lo sucesivo, se supone que se emplea el muestreo I/Q de la Figura 2A y que la memoria de capturas de
60 pantalla 46 contiene dos canales de datos digitalizados a 2,048 MHz. El objetivo del procesamiento es determinar la temporización de la forma de onda recibida con respecto a una forma de onda generada localmente. Además, para obtener una sensibilidad alta, se procesa un tramo muy largo de dicha forma de onda, habitualmente, de entre 100 milisegundos y 1 segundo. Asimismo, debe observarse que la información Doppler que se utiliza en este procesamiento de señales puede ser la información Doppler obtenida a partir de los datos de almanaque de los satélites que están almacenados o que han sido transmitidos recientemente (o puede ser información Doppler
65

transmitida directamente junto con la orden de posición a la unidad remota, de manera que no es necesaria ninguna obtención de Doppler en la unidad remota).

La obtención de la información Doppler a partir de los datos de almanaque de los satélites se describirá en mayor detalle junto con la Figura 8. La solicitud de patente US con el número de serie 08/612.669, presentada el 8 de marzo de 1996 proporciona más detalles relativos al procesamiento de señales representado en las Figuras 3 y 4A a 4E.

A continuación, se proporciona un resumen del procesamiento de señales descrito anteriormente y representado en la Figura 3 y en las Figuras 4A a 4E. Las señales GPS de uno o varios satélites GPS a la vista se reciben en la unidad remota GPS a través de una antena de la unidad remota GPS. Estas señales se digitalizan y almacenan en una memoria tampón de la unidad remota GPS. Después del almacenamiento de estas señales, en una forma de realización, un procesador realiza unas operaciones de preprocesamiento, procesamiento de convolución rápida y postprocesamiento. Estas operaciones de procesamiento comprenden:

a) la separación de los datos almacenados en una serie de bloques cuyas duraciones son iguales a un múltiplo del período de trama de los códigos pseudoaleatorios (PN) contenidos en las señales GPS.

b) para cada bloque, la realización de una etapa de preprocesamiento que genera un bloque de datos comprimidos de una longitud igual a la duración de un período de código pseudoaleatorio, combinando de forma coherente subbloques de datos consecutivos que tienen una duración igual a una trama PN; esta etapa de combinación supone la suma entre los correspondientes números de muestras de cada uno de los subbloques.

c) para cada bloque comprimido, la realización de una operación de filtrado adaptada, en la que se utilizan técnicas de convolución rápida, para determinar la temporización relativa entre el código PN recibido contenido en el bloque de datos y una señal de referencia PN generada localmente (por ejemplo, la secuencia pseudoaleatoria del satélite GPS que se está procesando).

d) la determinación de una pseudodistancia aplicando una operación de elevación al cuadrado de la magnitud a los productos creados a partir de dicha operación de filtrado adaptada y aplicando un postprocesamiento a éstos, en el que se combinan los datos de elevación al cuadrado de la magnitud de todos los bloques en un único bloque de datos sumando los bloques de datos de elevación al cuadrado de la magnitud para generar un pico y

e) la búsqueda de la posición del pico de dicho bloque de datos único con una precisión alta mediante procedimientos de interpolación digital, en la que la posición es la distancia a la que se encuentra dicho pico desde el principio del bloque de datos y representa una pseudodistancia hasta un satélite GPS correspondiente a la secuencia pseudoaleatoria que se está procesando.

Habitualmente, la técnica de convolución rápida utilizada en el procesamiento de las señales GPS almacenadas en memoria tampón es una transformada rápida de Fourier (FTT) y el resultado de la convolución se genera calculando el producto de la transformada directa del bloque comprimido y una representación prealmacenada de la transformada directa de la secuencia pseudoaleatoria, para obtener un primer resultado, y a continuación aplicando a dicho primer resultado una transformada inversa para recuperar el resultado. Asimismo, los efectos de los retardos de tiempo inducidos por el efecto Doppler y los errores de tiempo inducidos por el oscilador local se compensan en cada bloque de datos comprimidos, insertando entre las operaciones directas e inversas de la transformada rápida de Fourier la multiplicación de la FFT directa de los bloques comprimidos por una exponencial compleja cuya relación fase-número de muestras se ajusta para que se corresponda con la compensación de retardo necesaria para el bloque.

En la forma de realización anterior, el procesamiento de señales GPS de cada satélite no se produce de en paralelo, sino de forma secuencial a lo largo del tiempo. En una forma de realización alternativa, las señales GPS de todos los satélites a la vista pueden ser procesadas conjuntamente en paralelo a lo largo del tiempo.

En la presente memoria, se supone que la estación base 10 presenta una vista común de todos los satélites deseados, y que se halla suficientemente cerca de la unidad remota 20 para evitar las ambigüedades asociadas al período de repetición del código PN C/A. Con una distancia de 90 millas se cumplirá este criterio. También se supone que la estación base 10 presenta un receptor GPS y que su posición geográfica es la adecuada para permitir el seguimiento continuo de alta precisión de todos los satélites a la vista.

Aunque en las diversas formas de realización de la estación base 10 que se han descrito se utiliza un componente de procesamiento de datos, tal como un ordenador de estación base que calcula la información de posición, por ejemplo, la latitud y la longitud de la unidad móvil GPS, deberá tenerse en cuenta que cada estación base 10 puede limitarse sólo a retransmitir la información recibida, por ejemplo, las pseudodistancias de una unidad móvil GPS a una ubicación central o varias ubicaciones centrales, que son las que realmente realizan el cálculo de la latitud y la longitud. De esta forma, es posible reducir el coste y la complejidad de estas estaciones base retransmisoras, eliminando la unidad de procesamiento de datos y sus componentes asociados en cada estación base

retransmisora. La ubicación central incluirá receptores (por ejemplo receptores de telecomunicación) y una unidad de procesamiento de datos y los componentes asociados. Por otra parte, en ciertas formas de realización, la estación base puede ser virtual en la medida en que puede ser un satélite que transmite información Doppler o datos de almanaque de los satélites a las unidades remotas, emulando de ese modo una estación base de una célula de transmisión.

En las Figuras 5A y 5B, se representan dos formas de realización de una estación base según la presente invención. En la estación base representada en la Figura 5A, se muestra un receptor GPS 501 que recibe señales GPS a través de una antena GPS 501a. El receptor GPS 501, que puede ser un receptor GPS convencional, proporciona una señal de referencia de tiempo, cuya temporización se mide habitualmente en relación con las señales GPS, y también datos de almanaque para todos los satélites de la constelación de satélites GPS, y puede suministrar información Doppler relativa a los satélites a la vista. Este receptor GPS 501 está acoplado a un oscilador local disciplinado 505 que recibe la señal de referencia de tiempo 510 y engancha su fase a esta referencia. Este oscilador local disciplinado 505 presenta una salida que se envía a un modulador 506. El modulador 506 también recibe los datos de almanaque de los satélites (o las señales de información de datos Doppler para cada satélite a la vista de la unidad móvil GPS) u otro tipo de señales de información de datos de satélites 511. El modulador 506 modula los datos de almanaque de los satélites (o la información Doppler) u otro tipo de información de datos de satélites en la señal del oscilador local recibida desde el oscilador local disciplinado 505 para enviar una señal modulada 513 al transmisor 503. El transmisor 503 está acoplado a la unidad de procesamiento de datos 502 por medio de la interconexión 514, de tal forma que la unidad de procesamiento de datos puede controlar el funcionamiento del transmisor 503 para que se realice la transmisión de la información de datos de satélites, tal como la información de almanaque de los satélites, a una unidad móvil GPS por medio de la antena del transmisor 503a. De esta manera, la unidad móvil GPS puede recibir la información de almanaque de los satélites, la fuente de la cual es el receptor GPS 501, y también puede recibir una señal portadora del oscilador local de alta precisión que puede ser utilizada para calibrar el oscilador local de la unidad móvil GPS como se representa en la Figura 6. Se observará que la estación base puede transmitir automáticamente los datos de almanaque actuales de los satélites cada vez que se transmite un mandato de corrección de posición a la unidad móvil. Como alternativa, como se ha descrito anteriormente, la estación base puede determinar si la versión de los datos de almanaque de los satélites almacenada en la unidad remota está anticuada, y transmitir los datos de almanaque actuales sólo cuando la versión almacenada en la unidad remota está anticuada. Si se utiliza un sistema de comunicación de gran ancho de banda como enlace de comunicación (por ejemplo, un sistema telefónico celular), es preferible utilizar el primer procedimiento. Si se utiliza un sistema de comunicación de ancho de banda reducido, es preferible utilizar el último procedimiento.

La estación base representada en la Figura 5A incluye también un receptor 504 que está acoplado para recibir señales de comunicación desde la unidad remota o móvil GPS por medio de una antena de comunicación 504a. Se observará que la antena 504a y la antena 503a del transmisor pueden ser una misma antena que, entonces, prestará servicio al transmisor y al receptor de la forma convencional.

El receptor 504 está acoplado a la unidad de procesamiento de datos 502 que puede ser un sistema informático convencional. Asimismo, la unidad de procesamiento de datos 502 puede incluir una interconexión 512 para recibir la información Doppler u otro tipo de información de datos de satélites desde el receptor GPS 511. Esta información puede ser utilizada en el procesamiento de la información de pseudodistancias u otro tipo de información recibida desde la unidad móvil por medio del receptor 504. Esta unidad de procesamiento de datos 502 está acoplada a un dispositivo de presentación 508, que puede ser un CRT convencional. La unidad de procesamiento de datos 502 también está acoplada a un dispositivo de almacenamiento masivo 507 que incluye software GIS (sistema de información geográfica), tal como el sistema Atlas GIS de Strategic Mapping, Inc., Santa Clara, California, que se utiliza para presentar mapas en la pantalla 508. Mediante estos mapas, es posible presentar en pantalla la posición de la unidad móvil GPS en relación con un mapa.

En la Figura 5B, se representa una estación base alternativa que incluye muchos de los componentes de la Figura 5A. No obstante, en lugar de obtener los datos de almanaque de los satélites u otro tipo de información de datos de satélites a partir de un receptor GPS, la estación base de la Figura 5B incluye una fuente de datos de almanaque de los satélites u otro tipo de información de datos de satélites 552 que se obtienen a partir de un enlace de telecomunicación o un radioenlace de la manera convencional. Por ejemplo, esta información puede obtenerse a partir de un sitio de servidor de Internet. La información de los satélites se transmite al modulador 506 a través de una interconexión 553. La otra entrada del modulador 506 representada en la Figura 5B es la señal de salida de un oscilador local de referencia de calidad, tal como un oscilador local de cesio estándar. Este oscilador local de referencia 551 proporciona una frecuencia portadora de precisión en la cual se modula la información de datos de los satélites, que a continuación se transmite por medio del transmisor 503 a la unidad móvil GPS.

Aunque la descripción anterior ilustra una estación base que integra todas las funciones de transmisión de datos de satélites y de información de referencia de frecuencia, en la mayoría de situaciones prácticas estas funciones pueden realizarse parcialmente utilizando sistemas de telecomunicación comerciales, tales como los sistemas celulares o de radiobúsqueda. Por ejemplo, la mayoría de sistemas celulares digitales utilizan un oscilador local muy estable para sus señales transmitidas. En este caso, la estación base sólo necesita recopilar los datos de los

satélites, como se hace en los bloques 501 ó 552, y enviar estos datos a través de dicho sistema celular mediante un módem de red fija convencional. Las funciones de modulación concretas, incluida la transmisión de referencia de frecuencia de precisión, son realizadas a continuación por el transmisor del sitio celular.

5 Este sistema da por resultado una estación base de coste muy bajo que carece de circuitos RF especiales.

Análogamente, en el enlace entre la unidad remota y la estación base, el sistema celular efectúa las funciones de recepción y demodulación del bloque 504, y la estación base sólo necesita utilizar un módem para recibir dichos datos a través de líneas telefónicas fijas normales.

10 Una característica importante de la presente invención es que la frecuencia de transmisión y el formato de las señales de datos son intrascendentes, siempre que la frecuencia portadora sea muy estable. Asimismo, debe destacarse que la frecuencia portadora puede variar de una transmisión a otra, tal como ocurre comúnmente en los sistemas celulares, en los que se utiliza un gran número de canales de frecuencia para prestar servicio a un gran
15 número de usuarios. En algunos casos, la frecuencia portadora también puede variar dentro de una llamada. Por ejemplo, en algunos sistemas celulares digitales, se utiliza el salto de frecuencia. También en este caso, la presente invención puede utilizar dicha señalización, siempre y cuando el receptor remoto pueda enganchar su frecuencia a las frecuencias estables transmitidas.

20 En la Figura 6A, se representa una forma de realización de una unidad móvil GPS según la presente invención, en la que se utiliza la señal de frecuencia portadora de precisión recibida a través de la antena del canal de comunicación 601 que es similar a la antena 24 representada en la Figura 1A. La antena 601 está acoplada al módem 602, que es similar al módem 22 de la Figura 1A, y el módem 602 está acoplado a un circuito de control automático de la frecuencia 603 que se engancha a la señal de frecuencia portadora de precisión enviada por la estación base (que
25 puede considerarse que es o que incluye un transmisor de sitio celular de teléfono celular), y que en la presente memoria se describe de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. El circuito de control automático de la frecuencia 603 proporciona una señal de salida 604, que habitualmente se engancha en frecuencia a la frecuencia portadora de precisión. El comparador 605 compara esta señal 604 con la salida del oscilador local GPS 606, por medio de la interconexión 608. El resultado de la comparación realizada por el comparador 605 es una
30 señal de corrección de error 610 que se suministra como una señal de corrección al oscilador local GPS 606. De este modo, el sintetizador de frecuencia 609 proporciona una señal de oscilador local calibrada de alta calidad al subconvertidor GPS 614, a través de la interconexión 612. Se observará que el oscilador local GPS 606 y el sintetizador de frecuencia 609 pueden considerarse globalmente como un oscilador local que proporciona una señal de reloj GPS que se suministra al subconvertidor para obtener las señales GPS recibidas a través de la antena GPS
35 613. En la presente memoria, los términos «calibrado/a», «calibrar» y «calibración» hacen referencia a un sistema que mide y corrige la señal del oscilador local (utilizando una señal de referencia obtenida a partir de la medición del error en un oscilador local), o a un sistema que estabiliza la señal del oscilador local (por ejemplo, suministrando una señal del oscilador local del receptor de comunicación a unos circuitos de síntesis de frecuencia que generan señales de reloj GPS que se utilizan para subconvertir/obtener señales GPS).

40 Se observará que la señal proporcionada a través de la interconexión 612 es similar a la señal del oscilador local proporcionada al convertidor 42 a través de la interconexión 39 de la Figura 1A; asimismo, el convertidor 42 es similar al subconvertidor GPS 614 que está acoplado a la antena GPS 613 para recibir señales GPS.

45 En una forma de realización alternativa, la señal 604 proporcionada por la unidad de AFC del receptor de comunicación es un LO que, a la frecuencia adecuada, sirve de referencia al sintetizador de frecuencia 609. En este caso, no se necesita ningún oscilador local GPS (representado en la Figura 6A como opcional por esta razón) y la señal 604 se pasa directamente al sintetizador 609 en sustitución de la señal 607 del oscilador local GPS. De esta forma, se proporciona una señal de reloj de oscilador local estable y precisa al subconvertidor GPS, para que éste
50 obtenga las señales GPS recibidas a través de una antena GPS.

En otra forma de realización alternativa, el resultado de la comparación realizada por el comparador 605 puede ser suministrado, por medio de la interconexión 610a, como una corrección de error al componente DSP 620 que es similar al chip DSP 32 representado en la Figura 1A.

55 En este caso, no se suministrará indirectamente ninguna señal de corrección 610 al sintetizador de frecuencia 609. El circuito de control automático de la frecuencia puede implementarse utilizando una serie de técnicas convencionales que incluyen un bucle de enganche de fase, un bucle de enganche de frecuencia o un estimador de fase de bloque.

60 En la Figura 6B, se representa otra forma de realización de una unidad móvil GPS para calibrar el oscilador local GPS que se utiliza para obtener (por ejemplo, mediante subconversión) las señales GPS en la unidad móvil de la presente invención. El sistema consiste en obtener una frecuencia estable a partir de los circuitos de recepción de un receptor de comunicación. Muchas señales de comunicación, tales como las señales celulares digitales y las
65 señales PCS, presentan una estabilidad de las frecuencias portadoras muy buena (de 0,1 partes por millón). Los receptores para dichas señales proporcionan, como parte de sus funciones, un procedimiento de enganche de fase

que se aplica a la portadora de la señal del receptor, para que de ese modo dicha portadora pueda ser eliminada y pueda realizarse la demodulación de los datos digitales superpuestos a la portadora. El procedimiento de enganche de fase normalmente produce, como parte de sus funciones, un oscilador local estable que puede ser utilizado para estabilizar por separado los osciladores locales de un receptor GPS, eliminando de ese modo los componentes de mayor coste del receptor.

La señal de comunicación recibida por el receptor de comunicación 640 puede presentar una de las frecuencias de una pluralidad de frecuencias portadoras posibles, dependiendo del canal con el que está sintonizada. La primera etapa (convertidor 642) del receptor realiza la subconversión de la señal de entrada en una señal de frecuencia IF única, por ejemplo, de 140 MHz.

Esta subconversión es controlada por el oscilador VCO1 643 que suministra una entrada de señal de oscilador al subconvertidor 642. La salida del VCO1, a su vez, es controlada por el sintetizador de frecuencia 644 que suministra una entrada a los osciladores VCO1 643 y VCO2 647. El mezclador 646 forma una segunda etapa de subconvertidor RF-IF que es controlada por una señal de entrada del oscilador 647. La etapa siguiente (demodulador de bucle de Costas 648 y oscilador de voltaje controlado y temperatura compensada (TCVCXO) 645) del receptor de comunicación es un circuito de enganche de fase cuya finalidad es generar una señal de oscilador local que esté enganchada en fase a la frecuencia portadora de la señal de entrada. Para una señal con modulación por desplazamiento de fase, el bucle de Costas (véase por ejemplo el documento de Gardner, «Phaselock Techniques», 2ª edición, John Wiley & Sons, 1979) es un circuito común muy conocido dentro de la técnica para realizar este circuito. El bucle de Costas representado en la Figura 6B suministra un voltaje de corrección de frecuencia al generador de frecuencia de referencia TCVCXO 645, hecho que determina que la salida del TCVCXO 645 esté alineada en fase y en frecuencia con la frecuencia portadora de la señal IF.

A continuación, la salida del VCO 645a (del TCVCXO 645) puede ser suministrada como una frecuencia de referencia a un sintetizador de frecuencia 654 utilizado con el subconvertidor GPS 652 de la parte del receptor GPS 650. De esta manera, el sintetizador de frecuencia genera entradas para los osciladores locales (VCO3 653 y VCO4 655), que serán utilizadas en el sistema GPS que tiene la misma estabilidad de frecuencia que la señal de comunicación recibida. El oscilador 653 controla la primera etapa de la subconversión RF-IF, y el oscilador 655 controla la segunda etapa de la subconversión RF-IF. El mezclador 656 forma una segunda etapa de subconversión RF-IF que recibe una primera frecuencia intermedia desde el subconvertidor 652 y suministra una segunda frecuencia intermedia a los circuitos digitalizadores (representados junto con la memoria tampón y el procesador GPS en el bloque 657).

Debe observarse que el sistema anterior es aplicable, aunque la frecuencia de la señal de comunicación recibida varíe de un tiempo de recepción al siguiente cuando la señal es asignada a un canal de frecuencia diferente.

En la Figura 6C, se representa un sistema alternativo al anterior. En este caso se proporciona, al circuito integrado de un sintetizador digital directo (DDS) 677, una palabra de sintonización digital del bucle de Costas 679, que también se implementa como un circuito digital.

La palabra de sintonización también puede proporcionarse al sintetizador de frecuencia 689 que forma parte del receptor GPS, para estabilizar sus osciladores locales. En este caso, el sintetizador de frecuencia puede utilizar también un DDS 689b para ajustar con precisión su frecuencia, lo cual es una característica inherente a los DDS.

Existen combinaciones híbridas alternativas de los sistemas anteriores, tales como un DDS en el receptor de comunicación pero con la salida del LO del DDS aplicada al sistema GPS. El procedimiento general consiste en que un circuito de enganche de frecuencia o enganche de fase del receptor de comunicación genera una señal de voltaje de sintonización o de oscilador local que se suministra a un circuito de síntesis de frecuencia del receptor GPS para estabilizar los osciladores locales dispuestos por este sistema.

Debe tenerse en cuenta que los circuitos de enganche de fase de los receptores 640 y 670 pueden implementarse alternativamente de forma completa o parcial con unos medios de procesamiento de señales digitales en lugar de unos medios analógicos. En este caso, la entrada para estos circuitos puede ser digitalizada por medio de un convertidor A/D, y las funciones de circuito de estos bloques pueden crearse utilizando elementos de procesamiento de señales digitales predefinidos o programables (es decir, unos DSP programables).

En la Figura 7, se ilustra una secuencia particular de la gestión de la energía, según una forma de realización de la presente invención. Se apreciará que existen diversas formas conocidas en la técnica para reducir la energía. Dichas formas incluyen el retardo del reloj proporcionado a un componente sincrónico controlado, así como la interrupción completa del suministro de energía a un componente particular o la desactivación de ciertos circuitos de un componente mientras otros permanecen activos. Debe observarse, por ejemplo, que los bucles de enganche de fase y los circuitos de oscilador requieren unos períodos de arranque y de estabilización y, por lo tanto, los diseñadores pueden decidir no interrumpir totalmente (o no interrumpir en absoluto) el suministro de energía para estos componentes. En el ejemplo representado en la Figura 7, se empieza por la etapa 701, en la que los diversos componentes del sistema se inicializan y pasan a un estado de energía reducida. Ya sea periódicamente o bien

después de un período de tiempo predeterminado, el receptor de comunicación del módem 22 recupera la energía completa para determinar si se están enviando mandatos desde la estación base 10. Esto tiene lugar en la etapa 703. Si en la etapa 705 se recibe una petición de información de posición desde una unidad base, el módem 22 transmite el correspondiente aviso al circuito de gestión de energía en la etapa 707. En ese momento, el receptor de comunicación del módem 22 puede ser desconectado durante un período de tiempo predeterminado o puede ser desconectado para ser conectado de nuevo periódicamente en un momento posterior (etapa 709). Debe tenerse en cuenta, que también es posible mantener el receptor de comunicación en el estado de energía completa en lugar de desconectarlo. A continuación, en la etapa 711, el circuito de gestión de energía determina que la parte del receptor GPS de la unidad móvil vuelva al estado de energía completa suministrando energía al convertidor 42 y los convertidores analógico-digitales 44. Si el oscilador de frecuencia 38 también estaba desconectado, entonces se conecta dicho componente, que entonces pasa al estado de energía completa, y se permite su estabilización durante un período determinado. En la etapa 713, el receptor GPS, que incluye los componentes 38, 42 y 44, recibe la señal GPS. Esta señal GPS se almacena en la memoria tampón 46, que también ha vuelto al estado de energía completa cuando el GPS ha vuelto al estado de energía completa en la etapa 711. Una vez que ha finalizado la recopilación de información de capturas de pantalla, entonces el receptor GPS vuelve a un estado de energía reducida en la etapa 717 (esta etapa suele comprender la reducción de energía para el convertidor 42 y 44, mientras se mantiene la memoria 46 en el estado de energía completa). En la etapa 719, el sistema de procesamiento vuelve al estado de energía completa. En una forma de realización, esto conlleva suministrar la energía completa al chip DSP 32; no obstante, si el chip DSP 32 también presta funciones de gestión de energía, como en el caso de la forma de realización representada en la Figura 1C, entonces el chip DSP 32a habitualmente vuelve al estado de energía completa en la etapa 707. En la forma de realización representada en la Figura 1A, en la que el microprocesador 26 realiza la función de gestión de energía, el sistema de procesamiento (tal como el chip DSP 32) puede volver al estado de energía completa en la etapa 719. En la etapa 721, la señal GPS se procesa según el procedimiento de la presente invención, representado en la Figura 3. A continuación, tras la finalización del procesamiento de la señal GPS, el sistema de procesamiento pasa a un estado de energía reducida como se representa en la etapa 23 (a menos que el sistema de procesamiento también lleve a cabo el control de la gestión de la energía, como se ha indicado anteriormente). A continuación, en la etapa 725, el transmisor de comunicación del módem 22 vuelve al estado de energía completa para transmitir la señal GPS procesada a la estación base 10, en la etapa 727. Una vez transmitida la señal GPS procesada (por ejemplo, información de pseudodistancia o información de latitud y longitud), el transmisor de comunicación vuelve al estado de energía reducida en la etapa 729 y el sistema de gestión de energía permanece a la espera de que se aplique un retardo de un período de tiempo (por ejemplo, un período de tiempo predeterminado) en la etapa 731. Una vez aplicado este retardo, el receptor de comunicación del módem 22 vuelve al estado de energía completa para determinar si se está enviando una petición desde una estación base.

En la Figura 8, se representa un procedimiento para obtener información Doppler para los satélites a la vista a partir de los datos de almanaque de los satélites transmitidos a una unidad remota según la presente invención. La unidad remota recibe, en la etapa 801, los datos de almanaque de los satélites y almacena estos datos en la unidad remota (por ejemplo, en memoria flash EEPROM).

De forma opcional, la unidad remota puede añadir a los datos un registro de la fecha y hora actuales para determinar si los datos de almanaque están o no anticuados como se describe más adelante.

En la etapa 803, la unidad remota determina la hora del día aproximada y su posición aproximada. Utilizando la hora y la posición aproximada con los datos de almanaque de los satélites, la unidad remota determina en la etapa 805 la información Doppler de todos los satélites a la vista. Cuando recibe el mandato de corrección de posición desde la estación base, la unidad remota puede recibir también una identificación de los satélites a la vista y utilizar dicha identificación para calcular sólo la información Doppler de los satélites identificados a partir de los datos de almanaque y del tiempo y la posición aproximada determinados en la etapa 803. Aunque los datos de almanaque se proporcionan en una forma particular dentro de la señal transmitida por los satélites GPS, no es necesario suministrar esta información a través del enlace de comunicación en esa misma forma. Por ejemplo, los datos pueden comprimirse reduciendo la precisión de las diversas cantidades transmitidas. La reducción de la precisión puede reducir la precisión de la información Doppler, aun así dicha reducción puede quedar comprendida dentro de la cuota de errores permitida del receptor GPS. Como alternativa, puede preferirse otra representación de los datos de almanaque, por ejemplo, la representación obtenida ajustando los datos de posición de los satélites a un conjunto de curvas (tales como unos armónicos esféricos). Este procedimiento puede permitir al receptor GPS calcular con más facilidad la información Doppler a partir de los datos de almanaque proporcionados.

Puede obtenerse información Doppler aproximada calculando la distancia desde la unidad remota hasta los satélites deseados en momentos separados por un intervalo de tiempo adecuado (por ejemplo, 1 segundo). Esto se realiza utilizando los datos de almanaque suministrados y la posición aproximada del usuario (por ejemplo, basada en la ubicación fija del sitio celular en un sistema telefónico celular). La diferencia entre esas distancias es la variación de la distancia, que puede dividirse por la velocidad de la luz para obtener el efecto Doppler expresado en segundos por segundo (o en otro conjunto adecuado de unidades; por ejemplo, en nanosegundos por segundo).

Aunque los procedimientos y aparatos de la presente invención se han descrito haciendo referencia a los satélites GPS, se observará que las enseñanzas son igualmente aplicables a unos sistemas de posicionamiento que utilizan pseudolites o una combinación de satélites y pseudolites. Los pseudolites son transmisores situados en tierra que transmiten un código PN (similar a una señal GPS) modulado en una señal portadora de banda en L, generalmente sincronizada con el tiempo GPS. Cada transmisor puede estar asignado a un único código PN para permitir la identificación de un receptor remoto. Los pseudolites son útiles en situaciones en las que es posible que no estén disponibles señales GPS procedentes de un satélite orbitante, tal como túneles, minas, edificios u otras zonas cerradas. El término "satélite", tal como se utiliza en la presente memoria, incluye pseudolite o equivalentes de pseudolites, y el término señales GPS, tal como se utiliza en la presente memoria, incluye las señales de tipo GPS procedentes de pseudolites o equivalentes de pseudolites.

En la exposición anterior, la invención ha sido descrita haciendo referencia a su aplicación al sistema de posicionamiento global por satélite (GPS) de Estados Unidos. Es evidente, no obstante, que estos procedimientos son asimismo aplicables a sistemas de posicionamiento por satélite similares y, en particular, al sistema ruso Glonass. La diferencia fundamental del sistema Glonass respecto del sistema GPS es que las transmisiones de los diferentes satélites se diferencian entre sí utilizando frecuencias portadoras ligeramente diferentes, en lugar de utilizar códigos pseudoaleatorios diferentes. En esta situación, prácticamente todos los circuitos y algoritmos descritos previamente son aplicables, excepto cuando, durante el procesamiento de la transmisión de un nuevo satélite, se utiliza un multiplicador exponencial diferente para preprocesar los datos. Esta operación puede combinarse con la operación de corrección Doppler del recuadro 108 de la Figura 3, sin necesidad de realizar ninguna otra operación de procesamiento. En esta situación, sólo se necesita un código PN y, por lo tanto, puede eliminarse el bloque 106. El término «GPS» utilizado en la presente memoria incluye dichos sistemas de posicionamiento por satélite alternativos, incluido el sistema ruso Glonass.

Aunque las Figuras 1A, 1B y 1C ilustran una pluralidad de bloques lógicos que procesan señales digitales (por ejemplo, 46, 32, 34, 26, 30 y 28, en la Figura 1A), debe tenerse en cuenta que algunos o todos los bloques pueden combinarse en un solo circuito integrado, sin que ello suponga perder el carácter programable de la parte DSP de dicho circuito. Dicha implementación puede resultar importante para las aplicaciones de muy poco consumo de energía y sensibles a los costes.

Se observará que los diversos aspectos de la presente invención, incluida la utilización de los datos de almanaque de los satélites por la unidad remota para obtener información Doppler e incluida la utilización de una señal de frecuencia portadora de precisión para calibrar la salida de un oscilador local GPS que se utiliza para obtener señales GPS, pueden utilizarse en unidades móviles GPS que presentan arquitecturas como las descritas en la solicitud de patente US con el número de serie 08/652.833, presentada el 23 de mayo de 1996 por Norman F. Krasner.

Debe tenerse en cuenta, además, que una o varias de las operaciones de la Figura 3 pueden ser realizadas por medio de lógica cableada para incrementar la velocidad de procesamiento global, manteniendo el carácter programable del procesador DSP. Por ejemplo, la capacidad de corrección Doppler del bloque 108 puede obtenerse mediante hardware dedicado que puede instalarse entre la memoria digital de capturas de pantallas 46 y el CI del DSP 32. El resto de funciones de software de la Figura 3 pueden ser realizadas, en estos casos, por el procesador DSP. Asimismo, pueden utilizarse varios DSP conjuntamente en una unidad remota para obtener una mayor potencia de procesamiento. Se observará también que es posible recopilar (muestrear) varios conjuntos de tramas de señales de datos GPS y procesar cada conjunto de la manera indicada en la Figura 3, a la vez que se da cuenta del tiempo transcurrido entre la recopilación de cada conjunto de tramas.

En la presente memoria, se ha descrito la presente invención con referencia a ejemplos de formas de realización particulares. No obstante, es evidente que será posible realizar modificaciones y cambios. En consecuencia, tanto la memoria como los dibujos adjuntos no deberán interpretarse en sentido limitativo, sino ilustrativo.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar la posición de una unidad remota (20), que comprende:

5 recibir, en dicha unidad remota (20), datos de almanaque de satélites comprimidos u otra representación de datos de almanaque para una pluralidad de satélites de un sistema de posicionamiento por satélite, desde una estación base situada en una posición separada o desde otro satélite que emula una estación base;

determinar la hora del día y la posición aproximada de la unidad remota;

10 obtener la información Doppler para una pluralidad de dichos satélites de dicho sistema de posicionamiento por satélite, a partir de dichos datos de almanaque de satélites comprimidos u otra representación de datos de almanaque, utilizando la hora del día y la posición aproximadas;

15 recibir señales GPS a partir de dichos satélites de dicho sistema de posicionamiento por satélite;

calcular, en dicha unidad remota, las pseudodistancias para dicha unidad remota, compensando dicha información Doppler el efecto Doppler de dichas señales GPS que se reciben desde dichos satélites de dicho sistema de posicionamiento por satélite para calcular las pseudodistancias en la unidad remota.

20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dichos datos de almanaque de satélites comprimidos u otra representación de datos de almanaque se obtienen a partir de unos medios de almacenamiento de referencia situados en dicha estación base.

25 3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además la transmisión de dichas pseudodistancias desde dicha unidad remota hasta dicha estación base; y porque dicha estación base calcula una latitud y una longitud que indican la posición de dicha unidad remota.

30 4. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la otra representación de datos de almanaque comprende datos de posición de los satélites ajustados a un conjunto de curvas.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque el conjunto de curvas comprende armónicos esféricos.

35 6. Unidad remota que utiliza datos que representan señales GPS para proporcionar la posición de dicha unidad remota, comprendiendo dicha unidad remota un primer receptor para recibir dichas señales GPS desde los satélites de un sistema de posicionamiento por satélite y una unidad de procesamiento,

caracterizada porque:

40 la unidad remota incluye además un segundo receptor;

dicho segundo receptor puede utilizarse para acoplarse a través de un enlace de comunicaciones para recibir los datos de almanaque de satélites comprimidos u otra representación de datos de almanaque para una pluralidad de satélites de dicho sistema de posicionamiento por satélite, a la vista de dicha unidad remota, siendo recibida dicha información de posición de satélites desde una estación base situada en una posición separada o desde otro satélite que emula una estación base;

50 dicha unidad de procesamiento está acoplada a dicho segundo receptor para recibir los datos de almanaque de satélites comprimidos u otra representación de datos de almanaque, para obtener información Doppler para dicha pluralidad de satélites a partir de dichos datos de almanaque de satélites comprimidos u otra representación de datos de almanaque, y para calcular pseudodistancias para dicha unidad remota, compensando dicha información Doppler el efecto Doppler de las señales GPS que se reciben para calcular las pseudodistancias en la unidad remota.

55 7. Unidad remota según la reivindicación 6, caracterizada porque dicho enlace de comunicación comprende unos medios de comunicación de radiofrecuencia.

60 8. Unidad remota según la reivindicación 6, caracterizada porque comprende además un transmisor acoplado a dicha unidad de procesamiento, estando destinado dicho transmisor a transmitir dichas pseudodistancias.

9. Unidad remota según la reivindicación 6, caracterizada porque dicha unidad de procesamiento comprende un circuito integrado de procesamiento de señales digitales (DSP), y porque dicho DSP procesa dichas señales GPS y dicha información Doppler utilizando un algoritmo de convolución rápida.

65

10. Unidad remota según la reivindicación 9, caracterizada porque comprende además un transmisor acoplado a dicha unidad de procesamiento, estando destinado dicho transmisor a transmitir dichas pseudodistancias.

5 11. Unidad remota según la reivindicación 6, caracterizada porque la otra representación de los datos de almanaque comprende datos de posición de los satélites ajustados a un conjunto de curvas.

12. Unidad remota según la reivindicación 11, caracterizada porque el conjunto de curvas comprende armónicos esféricos.

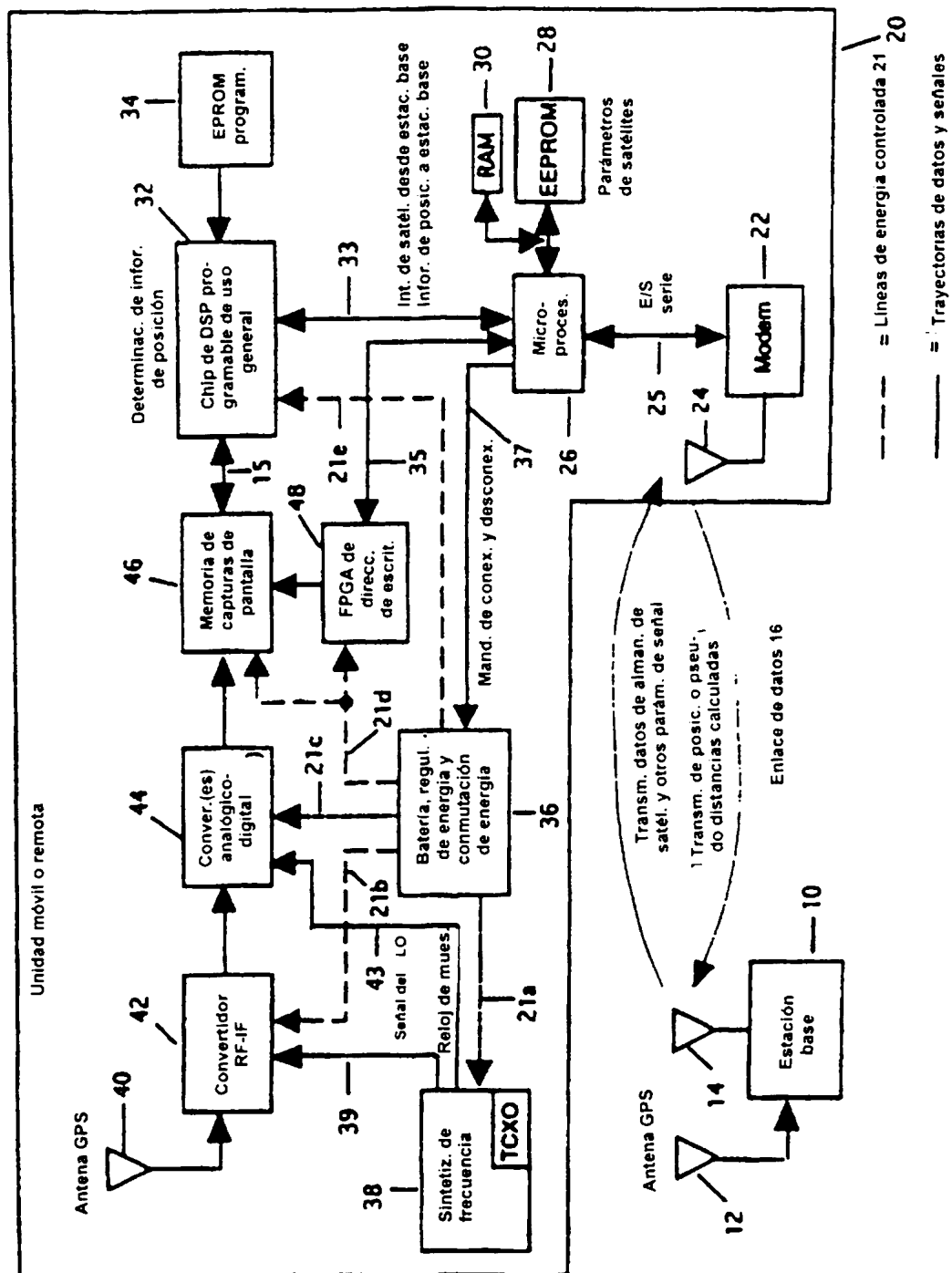


Figura 1A

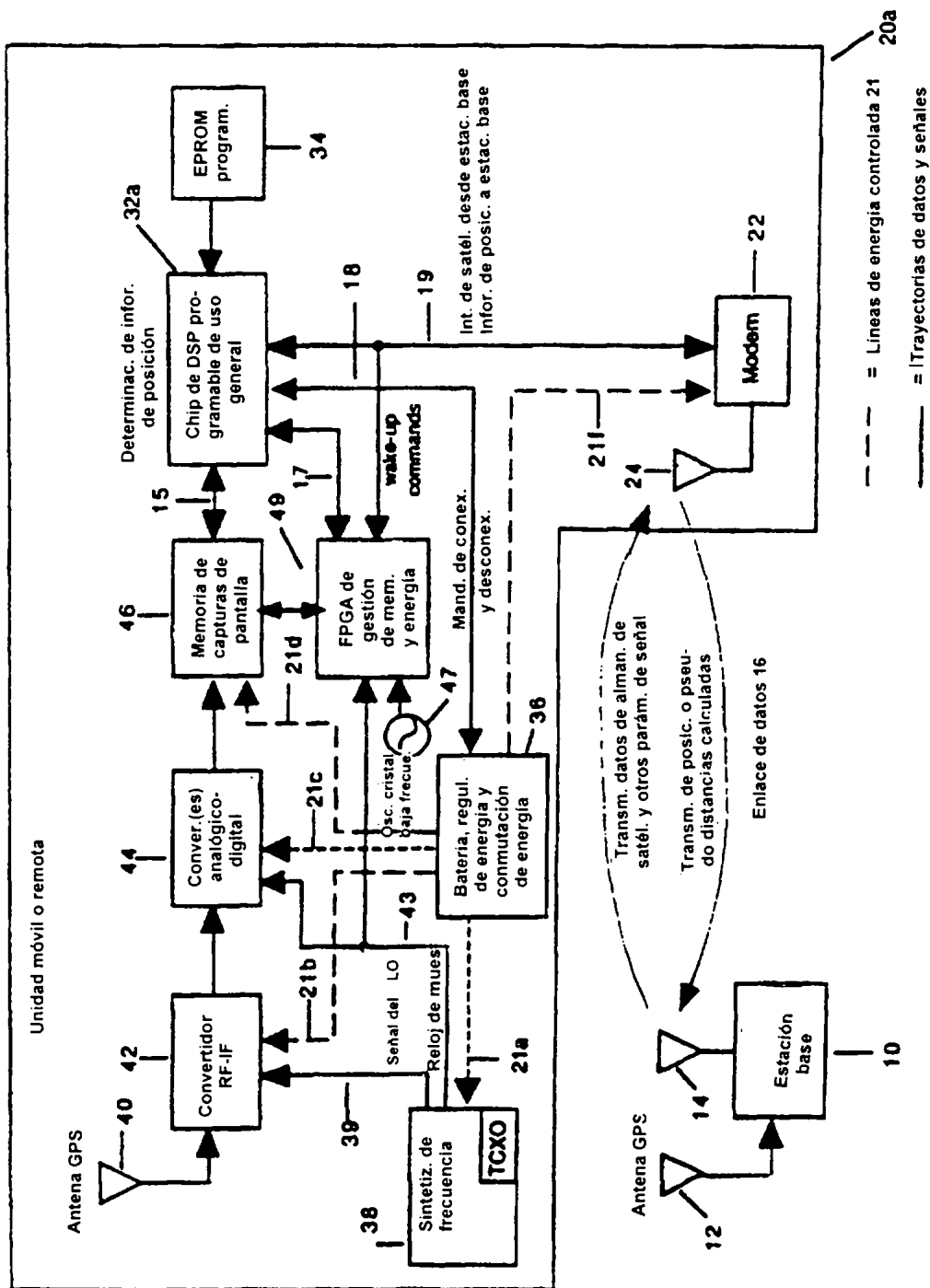


Figura 1B

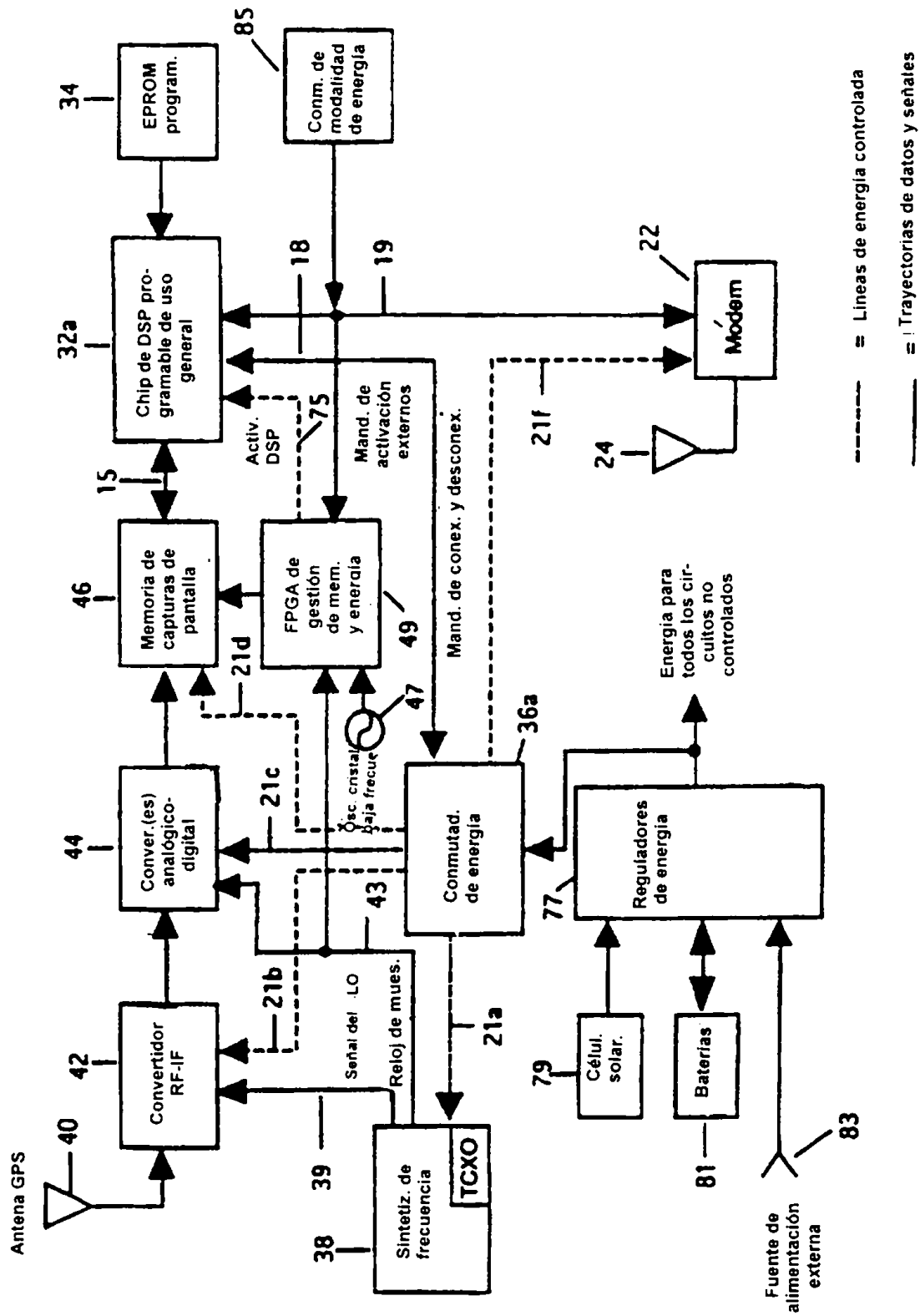


Figura 1C

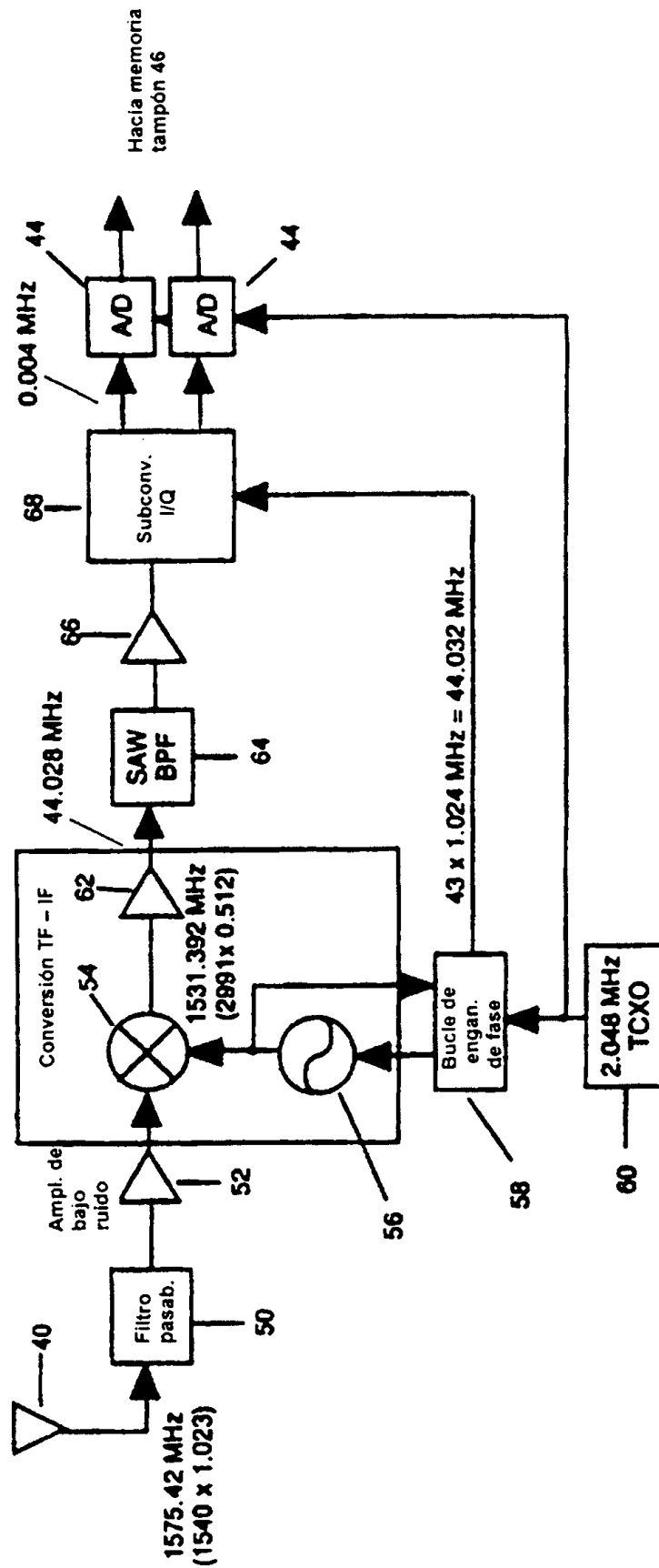


Figura 2A

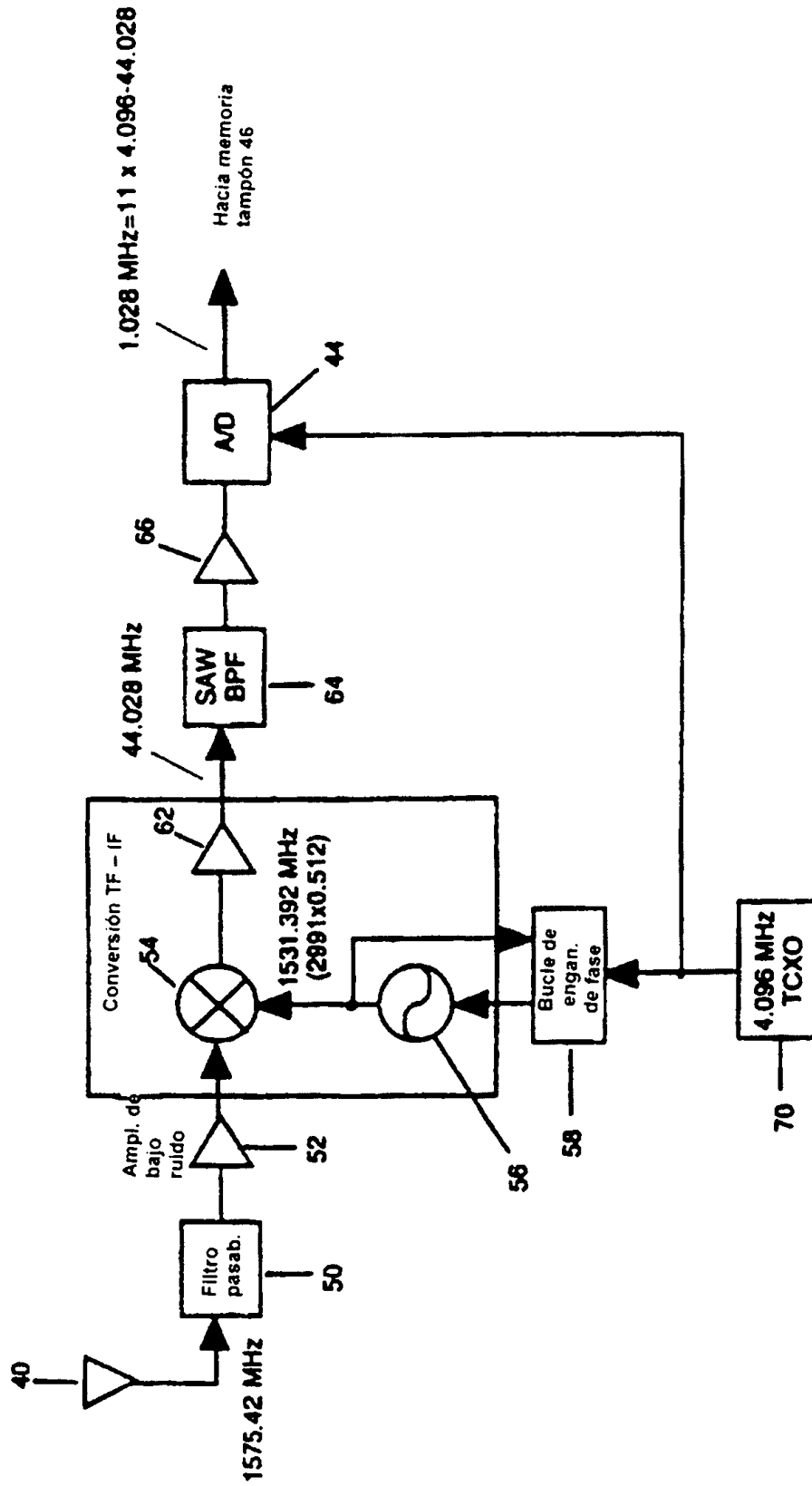


Figura 2B

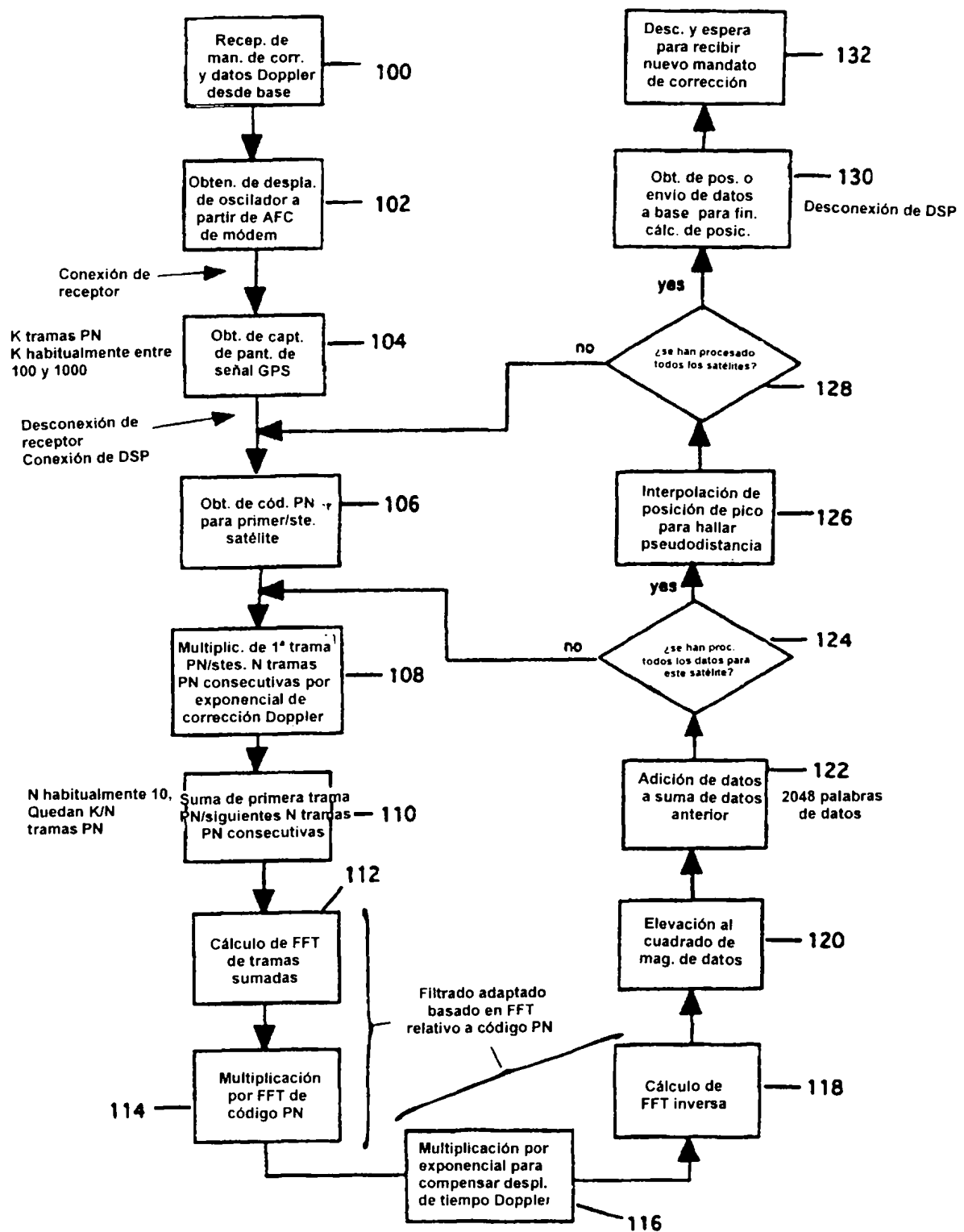
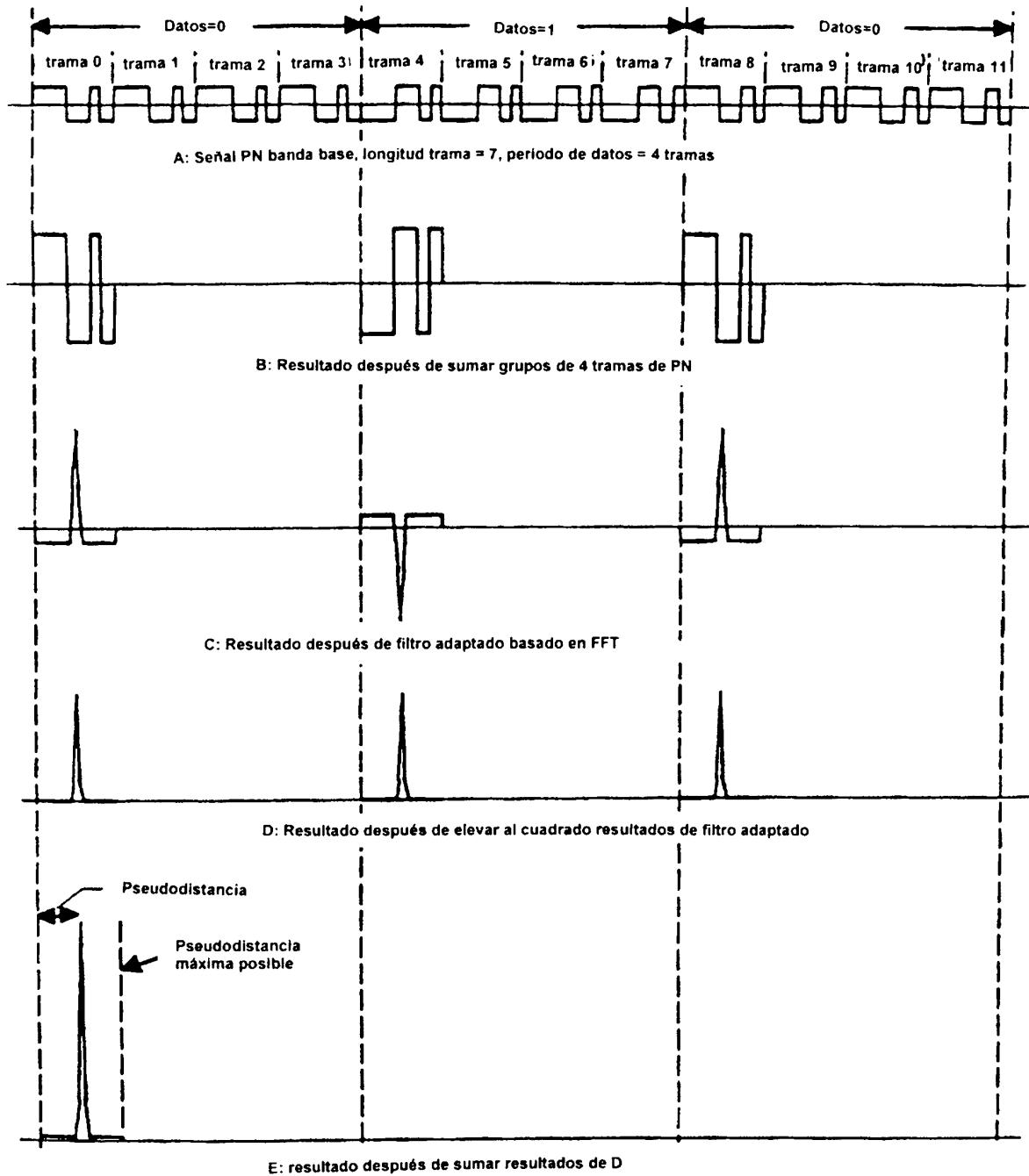


Figura 3



Figuras 4A, 4B, 4C, 4D, 4E

Figura 5A

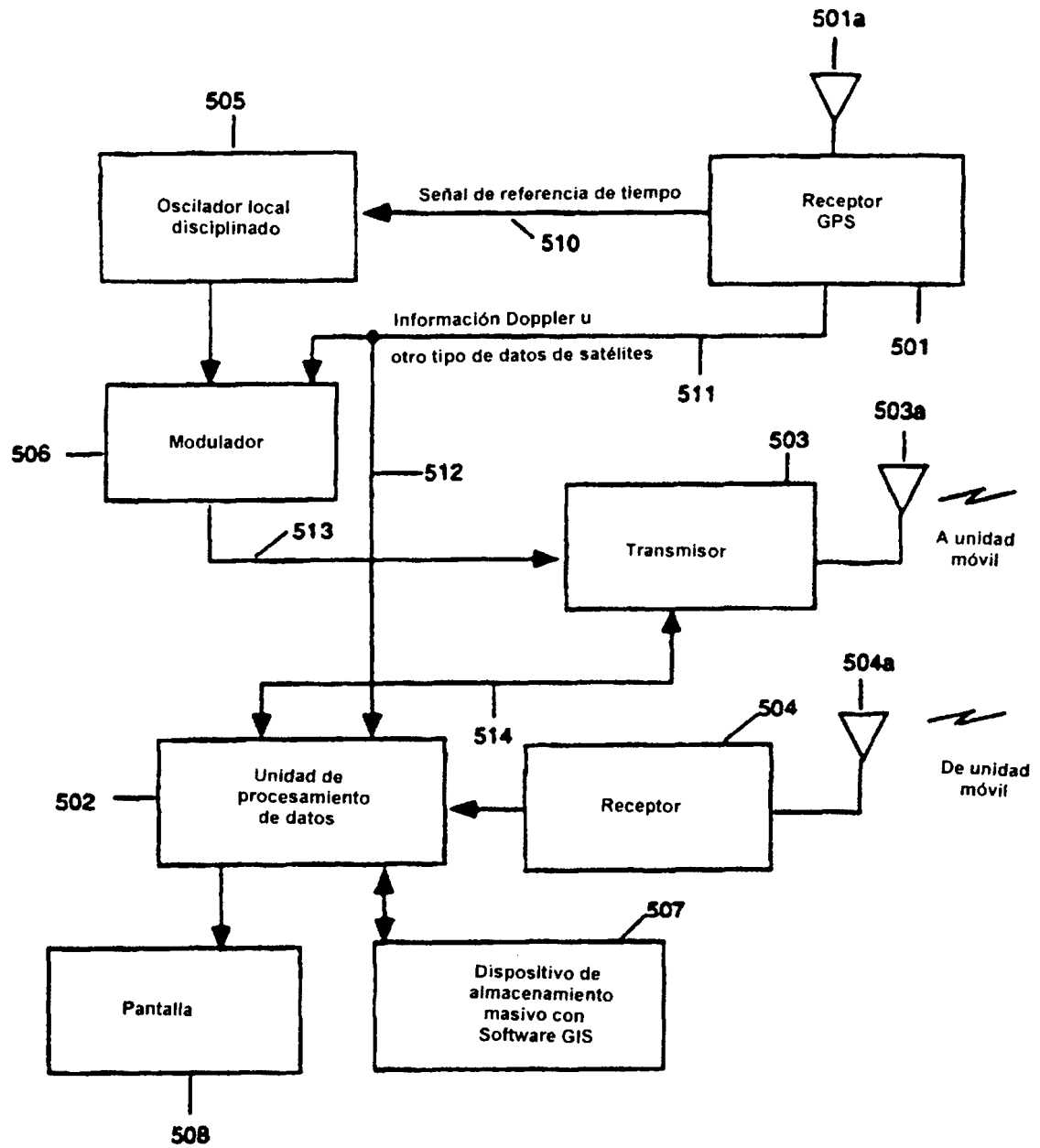
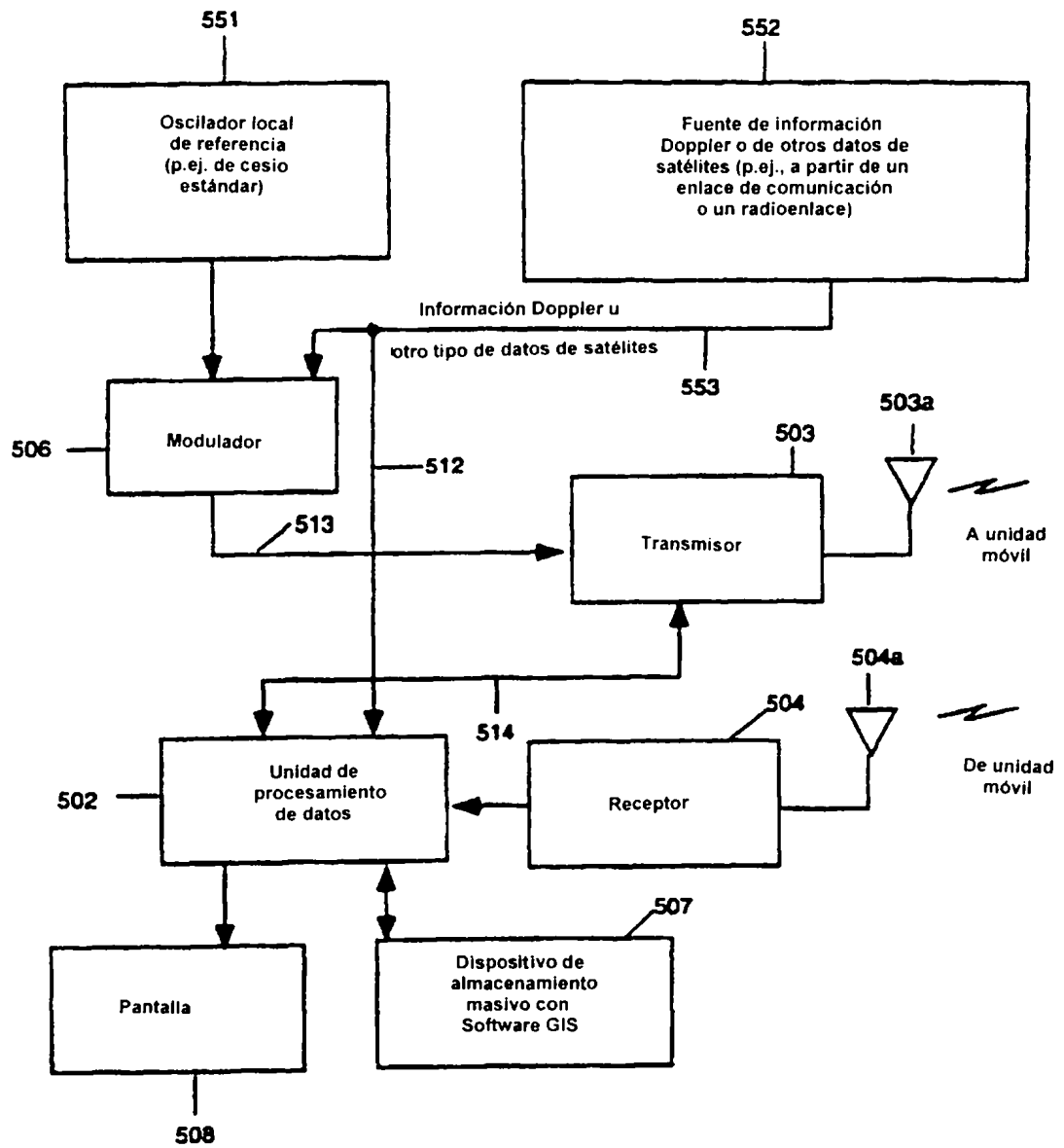


Figura 5B



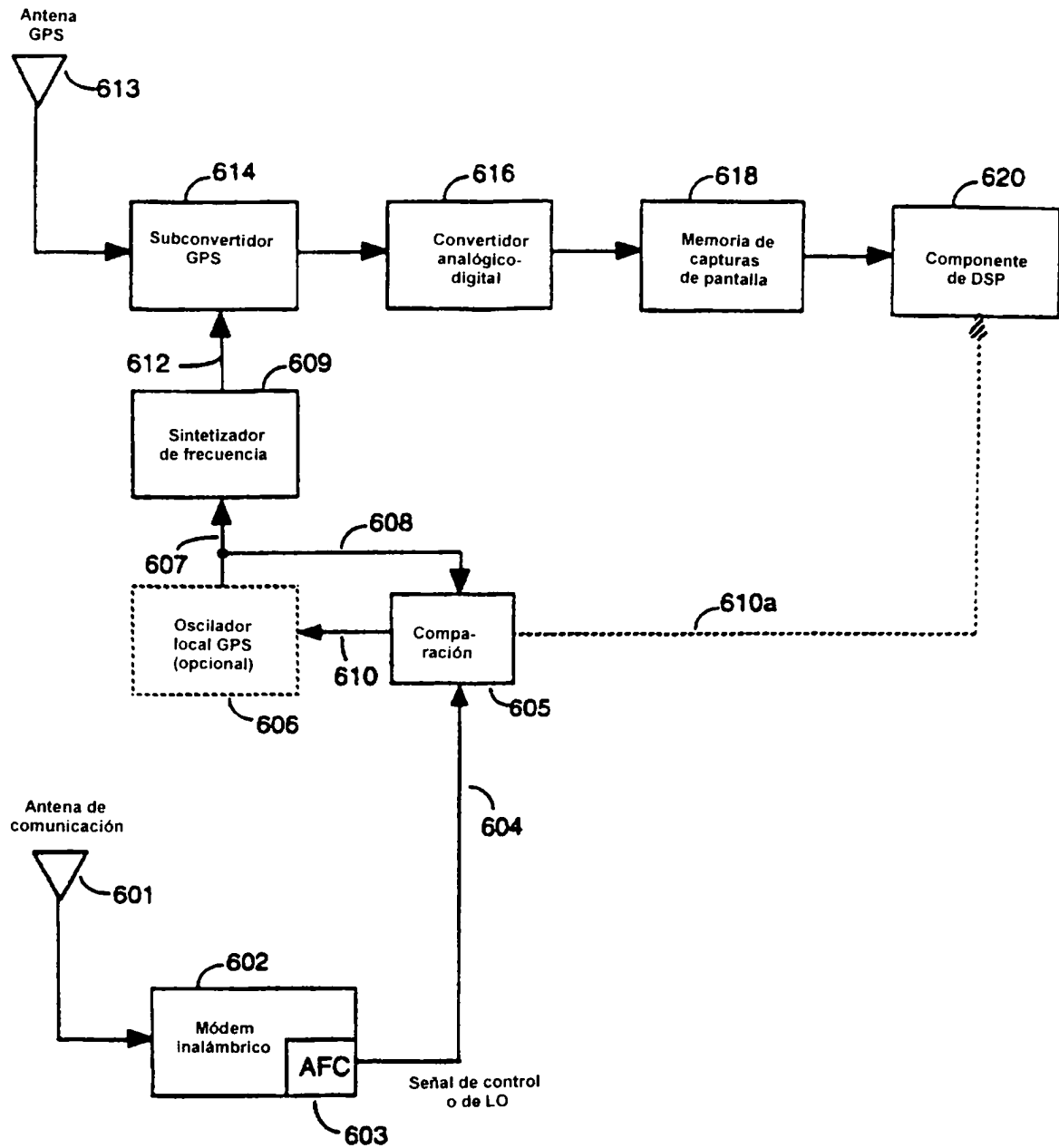


Figura 6A

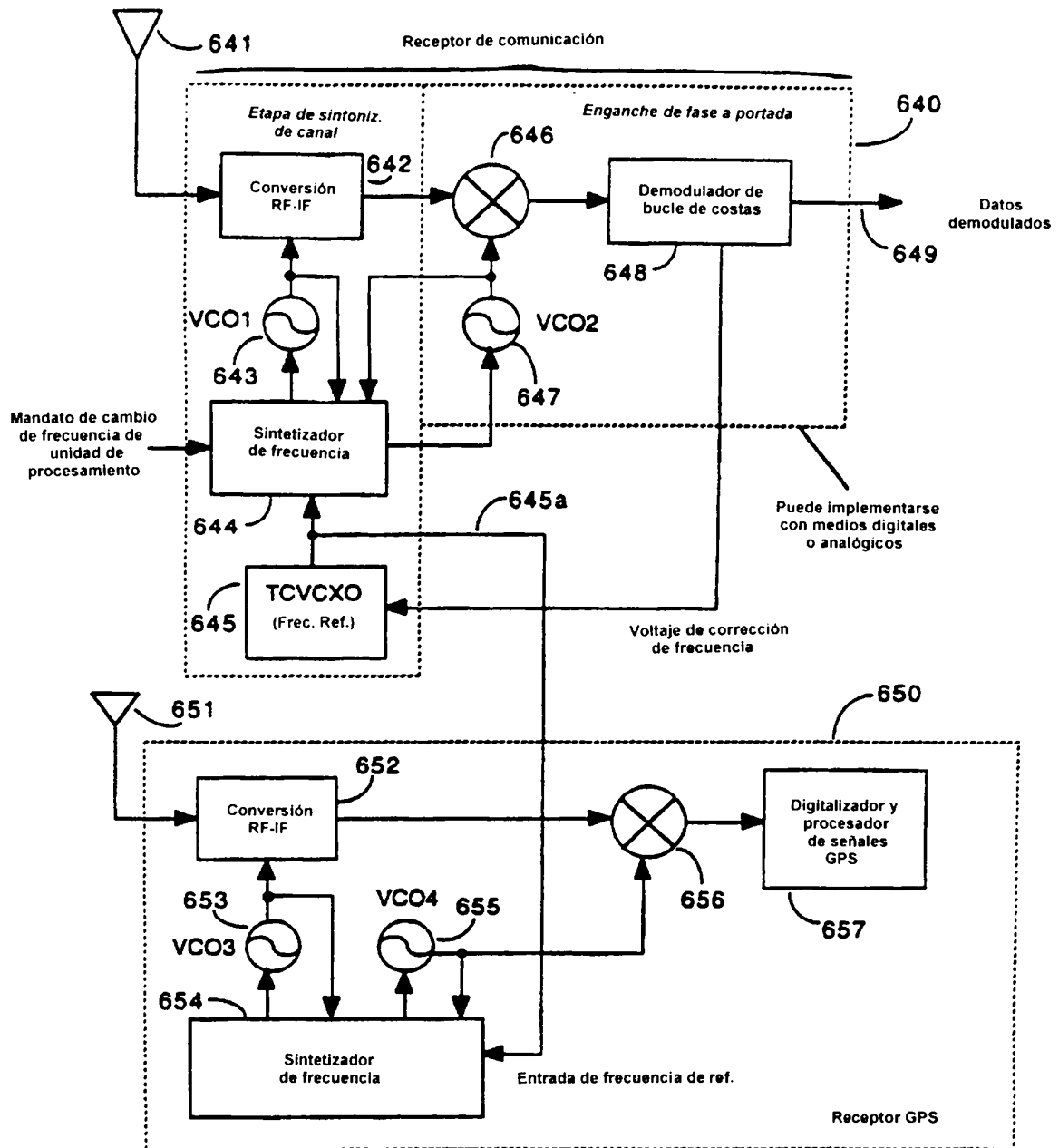


Figura 6B

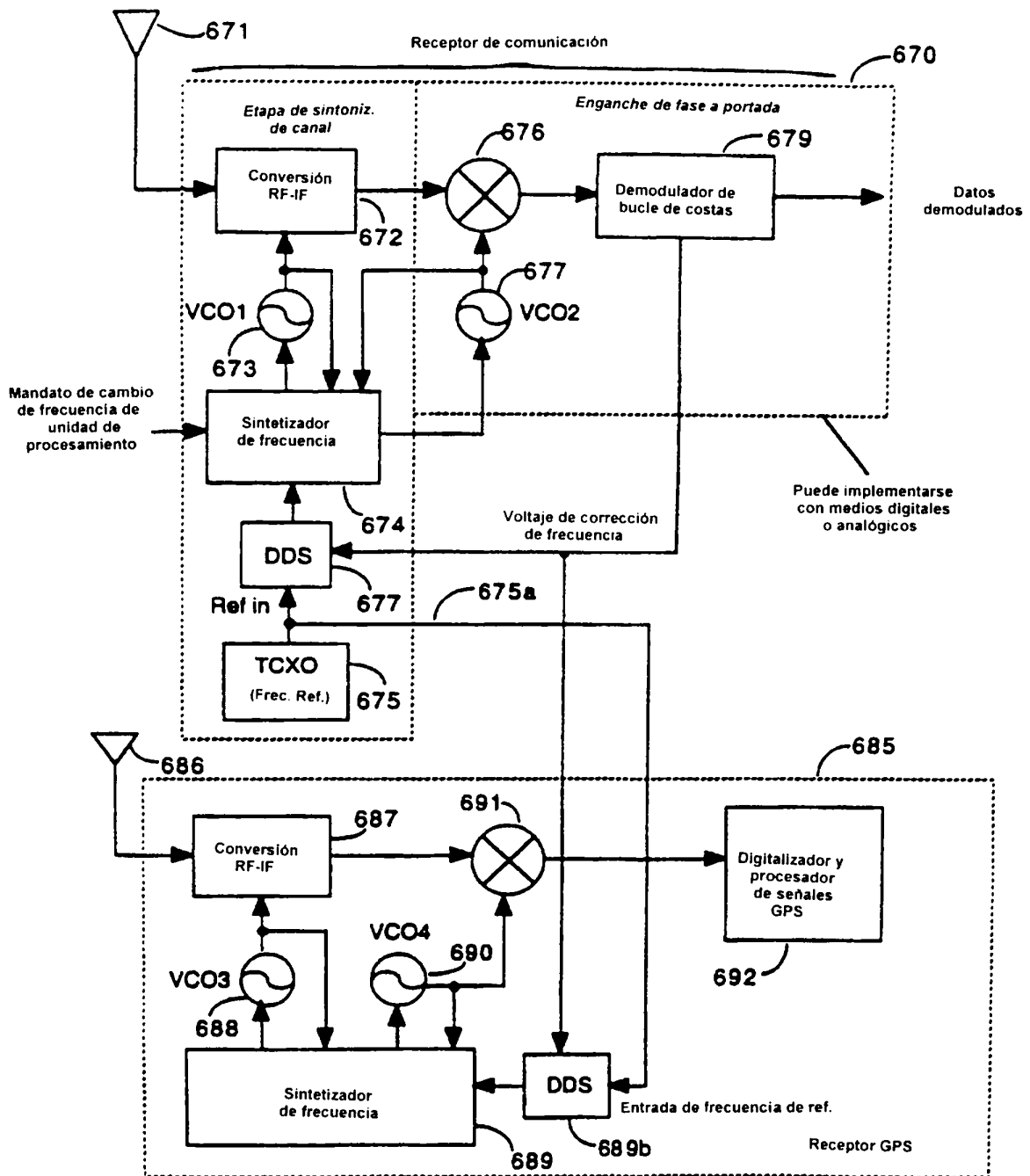
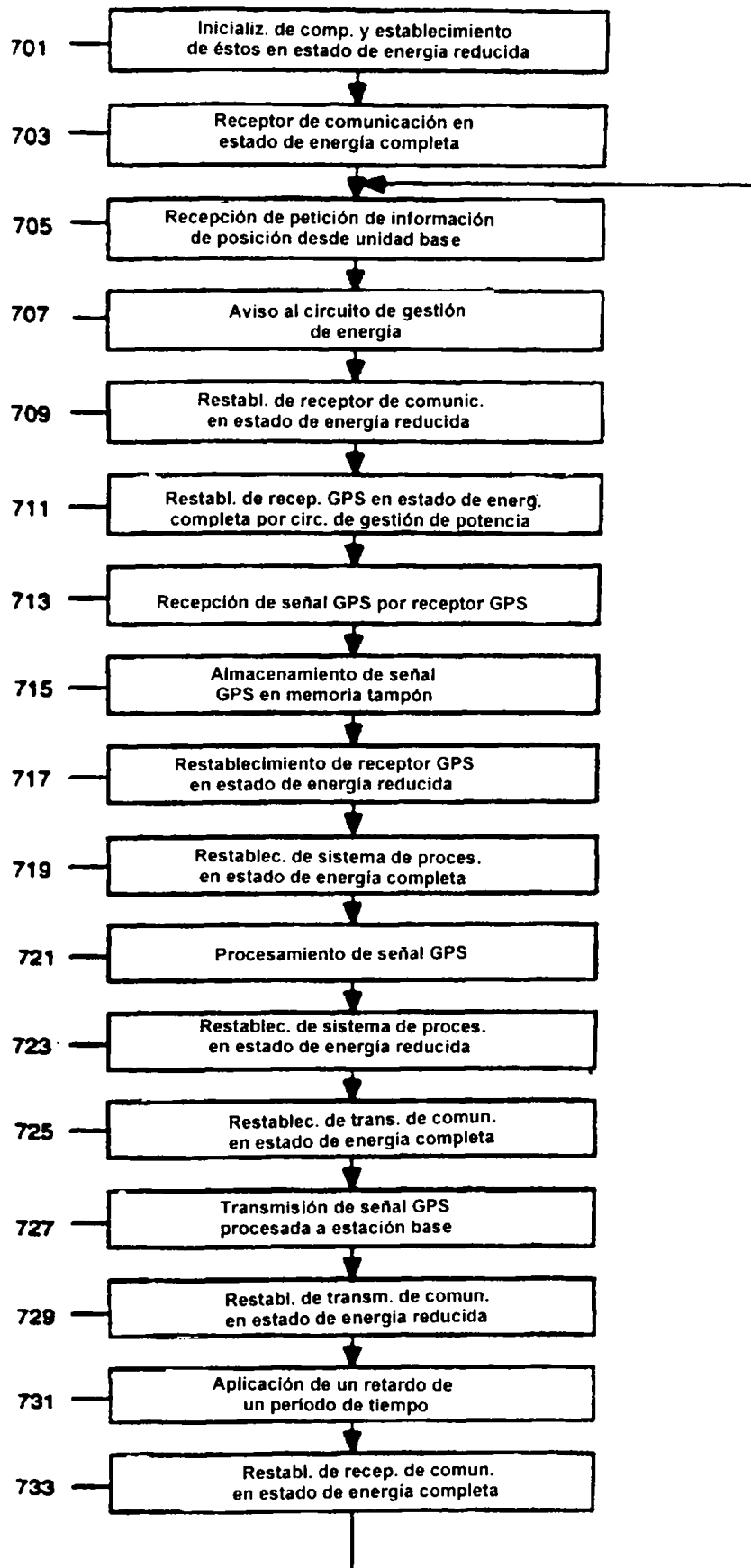


Figura 6C

Figura 7



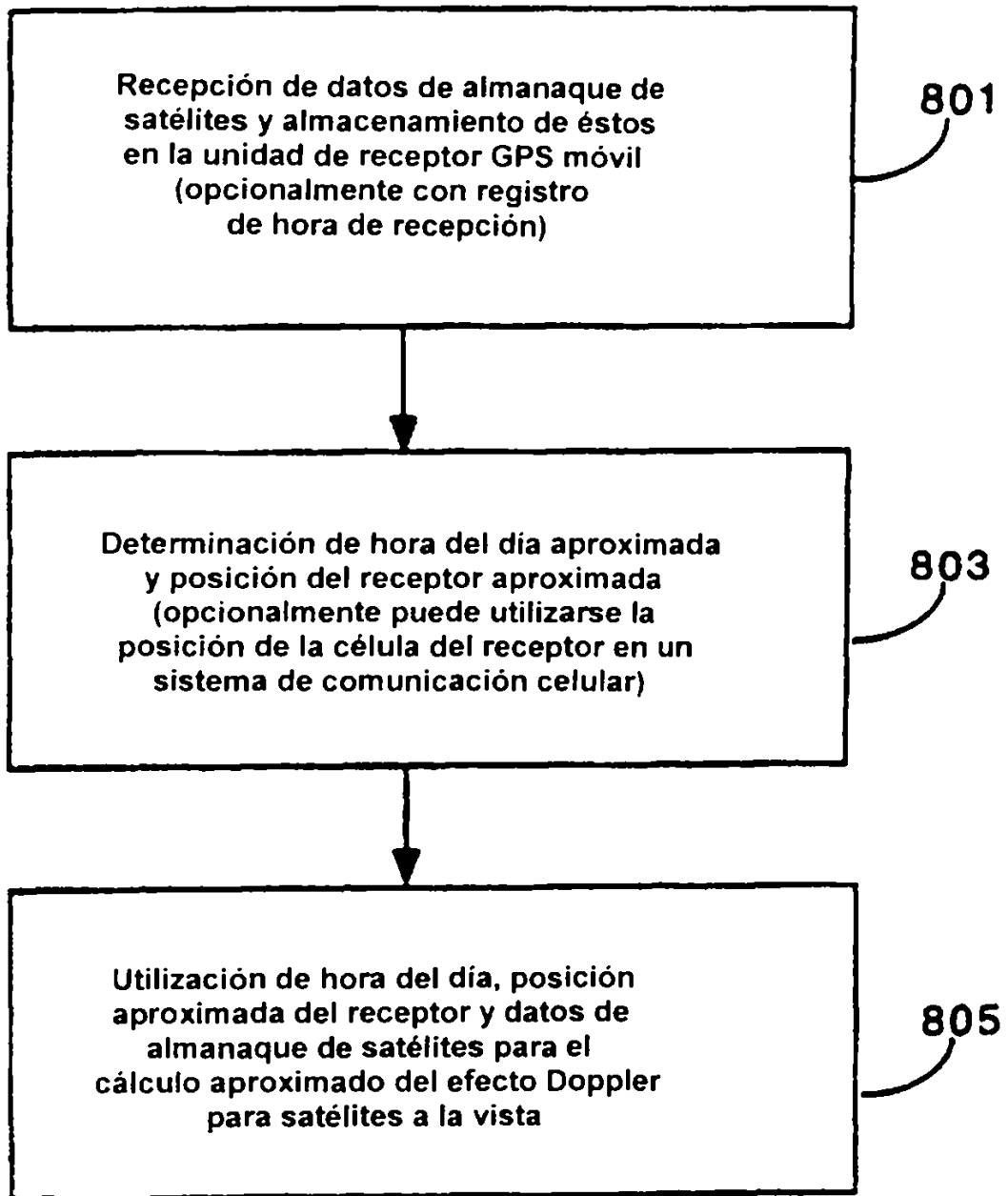


Figura 8