



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 358 623**

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

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08013899 .3**

96 Fecha de presentación : **03.09.1999**

97 Número de publicación de la solicitud: **1988406**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.11.2008**

54 Título: **Procedimiento de localización de posición asistida por estación base que conoce el límite de datos.**

30 Prioridad: **09.09.1998 US 150410**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**12.05.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**12.05.2011**

73 Titular/es: **QUALCOMM Incorporated**  
**5775 Morehouse Drive**  
**San Diego, California 92121-1714, US**

72 Inventor/es: **Kang, Inyup;**  
**Zou, Quizhen y**  
**Sih, Gilbert C.**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 358 623 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 de localización de posición asistida por estación base que conoce el límite de datos

**Antecedentes de la invención****I. Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a la localización de posición. Más particularmente, la presente invención se refiere a un procedimiento y aparato novedosos y mejorados para llevar a cabo la localización de posición en sistemas de comunicaciones inalámbricas.

**II. Descripción de la técnica relacionada**

10 Tanto la regulación gubernamental como la demanda de los consumidores han conducido a la demanda de funcionalidad de localización de posición en los teléfonos celulares. El sistema de posicionamiento global (GPS) está actualmente disponible para llevar a cabo la localización de posición usando un receptor GPS con un conjunto de satélites que orbitan alrededor de la tierra. Por lo tanto es deseable introducir la funcionalidad GPS en un teléfono celular.

15 Sin embargo, los teléfonos celulares, son extremadamente sensibles a las consideraciones de coste, peso y consumo de potencia. De este modo, añadir simplemente un circuito adicional para llevar a cabo la localización FPS es una solución insatisfactoria para proporcionar una funcionalidad de localización de posición en un teléfono celular. De este modo, la presente invención se dirige a proporcionar una funcionalidad GPS en un sistema de telefonía celular con un mínimo de hardware, coste y consumo de potencia adicional.

20 El documento XP010060866 de Li Jet al, presentado el 11 de octubre de 1992, páginas 623-627 describe esquemas de adquisición en serie coherente para secuencias PN con modulación de datos.

**Sumario de la invención**

La presente invención es un procedimiento y aparato novedosos y mejorados para llevar a cabo una localización de posición en un sistema de comunicaciones inalámbricas.

Según la invención se proporciona el dispositivo de la reivindicación 1.

25 Según la invención se proporciona el aparato de la reivindicación 8.

Según la invención se proporciona el procedimiento de la reivindicación 9.

**Breve descripción de los dibujos**

30 Las características, objetos y ventajas de la presente invención se harán más evidentes a partir de la siguiente descripción realizada a continuación cuando se toma en combinación con los dibujos en los cuales se identifican los caracteres de referencia similares correspondientemente a lo largo de los mismos y en los cuales:

La figura 1 es un diagrama de bloques de un generador de forma de onda l Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

La figura 2 es un diagrama de bloques altamente simplificado de un sistema de telefonía celular configurado según el uso de la presente invención;

La figura 3 es un diagrama de bloques de un receptor configurado según una realización de la invención;

35 La figura 4 es otro diagrama de bloques del receptor representado en la figura 3;

La figura 5 es un receptor configurado según una realización alternativa de la invención;

La figura 6 es un diagrama de flujo de las etapas realizadas durante una operación de localización de posición;

La figura 7 es un diagrama de bloques de un DPS configurado según una realización de la invención;

40 La figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra las etapas realizadas durante una búsqueda llevada a cabo según una realización de la invención;

La figura 9 es una línea de tiempo que ilustra las fases a lo largo de las cuales se han llevado a cabo búsquedas precisas y bastas en una realización de la invención;

La figura 10 es una línea de tiempo del proceso de búsqueda cuando se lleva a cabo según una realización de la

invención;

La figura 11 es un diagrama del espacio de búsqueda.

La figura 12 es un diagrama de bloques de un receptor según otra realización de la invención.

### **Descripción detallada de las realizaciones preferidas**

5 Se describe un procedimiento y aparato novedosos y mejorados para llevar a cabo la localización de posición en sistemas de comunicaciones inalámbricas. La realización ejemplar se describe en e contexto del sistema de telefonía celular digital. Aunque el uso en este contexto es ventajoso, se pueden incorporar diferentes realizaciones de la invención en diferentes entornos o configuraciones. En general, los diversos sistemas descritos en la presente memoria se pueden formar usando procesadores controlados por software, circuitos integrados o lógica discreta, sin embargo, se prefiere la implementación en un circuito integrado. Los datos, instrucciones, comandos, información, señales, símbolos y elementos de código que se pueden referenciar a través de toda la aplicación se representan ventajosamente mediante voltajes, corrientes, ondas electromagnéticas campos magnéticos o partículas magnéticas campos ópticos o partículas ópticas, o una combinación de los mismos. Además, los bloques mostrados en cada diagrama de bloques pueden representar hardware o etapas de procedimiento.

15 La figura 1 es un diagrama de bloques del generador de forma de ondas del Sistema de Posicionamiento Global (GPS). El círculo con un signo más designa la suma del módulo 2. En general la constelación de GPS consiste en 24 satélites: 21 vehículos espaciales (SV) usados para la navegación y 3 de repuesto. Cada SV contiene un reloj que está sincronizado con el tiempo GPS monitorizando las estaciones terrestres. Para determinar una posición y un tiempo, un receptor GPS procesa las señales recibidas de diversos satélites. Se puede usar al menos 4 satélites para solucionar las 4 incógnitas (x, y, z, tiempo).

Cada SV transmite 2 portadoras de microondas: la portadora L1 de 1575,42 MHz, que transporta las señales usadas para el Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS), y la portadora L2 de 1227,60 MHz, que transporta las señales necesarias para el Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS). El PPS se usa para agencias gubernamentales y permite un mayor grado de precisión el posicionamiento.

25 La portador L1 se modula por el código de Adquisición Aproximada (C/A), un código pseudoaleatorio de 1023 elementos de código transmitido a 1.023 cps que se usa para servicios de localización de posición civil. (El código de Adquisición Aproximada o se debería confundir con las adquisiciones aproximada y precisa descritas en la presente memoria, que implican ambas el uso de los códigos C/A.) Cada satélite tiene su propio código C/A que se repite cada 1 ms. El código P, que se usa para PPS, es un código de 10,23 MHz, es decir de 267 días de longitud. El código P aparece en ambas portadoras pero tiene un desfase de 90° con el código C/A en la portadora L1. El mensaje de navegación de 50 Hz, al que realiza la función O exclusiva tanto con el código C/A como con el código P antes de la modulación de portadora, proporciona información de sistema tal como órbitas de satélite y correcciones de reloj.

30 La portador L1 se modula por el código de Adquisición Aproximada (C/A), un código pseudoaleatorio de 1023 elementos de código transmitido a 1.023 cps que se usa para servicios de localización de posición civil. Cada satélite tiene su propio código C/A que se repite cada 1 ms. El código P, que se usa para PPS, es un código de 10,23 MHz, es decir de 267 días de longitud. El código P aparece en ambas portadoras pero tiene un desfase de 90° con el código C/A en la portadora L1. El mensaje de navegación de 50 Hz, que realiza la operación O exclusiva tanto con el código C/A como P antes de la modulación de portadora, proporciona información de sistema tal como órbitas de satélite y correcciones de reloj.

40 La portador L1 se modula por el código de Adquisición Aproximada (C/A), un código pseudoaleatorio de 1023 elementos de código transmitido a 1.023 cps que se usa para servicios de localización de posición civil. Cada satélite tiene su propio código C/A que se repite cada 1 ms. El código P, que se usa para PPS, es un código de 10,23 MHz, es decir de 267 días de longitud. El código P aparece en ambas portadoras pero tiene un desfase de 90° con el código C/A en la portadora L1. El mensaje de navegación de 50 Hz, que realiza la operación O exclusiva tanto con el código C/A como P antes de la modulación de portadora, proporciona información de sistema tal como órbitas de satélite y correcciones de reloj.

45 Cada satélite tiene un código C/A que pertenece a una familia de códigos denominados códigos Gold. Se usan los códigos Gold porque la correlación cruzada entre ellos es pequeña. El código C/A se genera usando dos registros de desplazamiento de 10 fases como se muestra en lo sucesivo en la figura 1,4-2. El generador G1 usa el polinomio  $1+X^3-X^{10}$ , mientras que el generador G2 usa el polinomio  $1+X^2+X^3+X^6+X^8+X^9+X^{10}$ . El código C/A se genera aplicando la operación O exclusiva a la salida del registro del desplazamiento G1 con 2 bits del registro de desplazamiento G2.

50 La figura 2 es un diagrama de bloques muy simplificado de un sistema de telefonía celular configurado según el uso de la presente invención. Los teléfonos móviles 10 se sitúan entre las estaciones base 12, que se acoplan al controlador de estación base (BSC) 14. El centro de conmutación móvil MSC 16 conecta el BSC 14 a la red telefónica pública

conmutada (PSTN). Durante su funcionamiento, algunos teléfonos móviles se encuentran llevando a cabo llamadas telefónicas interconectándose con las estaciones base 12 mientras que otras están en modo de espera.

5 Como se describe en la solicitud de patente de los Estados Unidos en trámite con número de serie 09/040,051 titulada "SYSTEM AND METHOD FOR DETERMINING THE POSITION OF A WIRELESS CDMA TRANCEIVER" transferida al cesionario de la presente invención e incorporada a la presente memoria por referencia, se facilita la localización de posición por la transmisión de un mensaje de petición de posición que contiene "información de ayuda" que permite que el teléfono móvil adquiera rápidamente la señal GPS. Esta información incluye el número ID del SV (SV ID), la fase de código estimada, el tamaño de ventana de búsqueda alrededor de la fase de código estimada, y la frecuencia Doppler estimada. Usando esta información, la unidad móvil puede adquirir las señales GPS y determinar su localización más rápidamente.

10 En respuesta al mensaje de ayuda, la unidad móvil sintoniza a la frecuencia GPS y empieza a correlacionar la señal recibida con sus secuencias C/A generadas localmente para las SV indicadas por la estación base. Utiliza la información de ayuda para estrechar el espacio de búsqueda y compensar los efectos Doppler, y obtiene pseudodistancias para cada satélite que usa correlación temporal. Obsérvese que estas pseudodistancias están basados en el tiempo de la unidad móvil (referenciado a partir del contador de tiempo de sistema combinador de receptor CDMA), que es una versión retardada del tiempo GPS.

15 Una vez calculada esta información, la unidad móvil envía las pseudodistancias para cada satélite (preferiblemente a una resolución de 1/8 elemento de código) y el tiempo tomado por las mediciones a la estación base. La unidad móvil vuelve entonces a sintonizar CDMA para seguir con la llamada.

20 Al recibir la información, la BSC usa la estimación de retardo unidireccional para convertir las pseudodistancias del tiempo de la unidad móvil en el tiempo de la estación base y calcula la posición estimada de la unidad móvil resolviendo la intersección de varias esferas.

25 Otros parámetros proporcionados por el mensaje de ayuda es la frecuencia Doppler o desfase Doppler. El efecto Doppler se manifiesta como un cambio aparente en la frecuencia de una señal recibida debido a una tasa relativa entre el transmisor y el receptor. El efecto del Doppler sobre la portadora se denomina como frecuencia Doppler, mientras que el efecto sobre la señal de banda base se denomina como código Doppler.

30 En el caso del GPS, la frecuencia Doppler cambia la frecuencia de portadora recibida de manera que el efecto es el mismo que la demodulación con un desfase de portadora. Puesto que el receptor de GPS de la estación base está siguiendo activamente el satélite deseado, conoce la frecuencia Doppler debido al movimiento de satélite. Asimismo, el satélite está tan alejado de la estación base y la unidad móvil que el Doppler visto por la unidad móvil es efectivamente el mismo que el Doppler visto por la estación base. En una realización de la invención, para corregir el valor de frecuencia Doppler y la  $\theta$ , la unidad móvil utiliza un rotador en el receptor. La frecuencia Doppler está comprendida entre  $-4500$  Hz y  $+4500$ Hz, y la tasa de cambio es del orden de 1 Hz/s.

35 El efecto del código Doppler es cambiar la tasa de elemento de código de 1,023 Mhz, lo que comprime o expande efectivamente el ancho de los elementos de código de código C/A recibido. En una realización de la invención la unidad móvil corrige el código Doppler multiplicando la frecuencia Doppler por la relación 1,023/1575,42. La unidad móvil puede a continuación corregir el código Doppler a lo largo del tiempo girando (introduciendo retardo en) la fase de las muestras IQ recibidas en incrementos de 1/16 elementos de código según sea necesario.

40 La figura 3 es un diagrama de bloques de la parte de receptor de un teléfono celular (unidad inalámbrica de abonado) configurado según una realización de la invención. La forma de onda 100 recibida se modela como la señal  $c(n)$  de C/A modulada con una portadora a frecuencia  $w_c + w_d$ , donde  $w_c$  es la frecuencia portadora nominal de 1575,42 MHz, y  $w_d$  es frecuencia Doppler creada por movimiento de satélite. La frecuencia Doppler varía entre 0 cuando el satélite está directamente en lo alto, y aproximadamente 4,5 kHz en el peor de los casos. La sección analógica del receptor se puede modelar como demodulación con una portadora a frecuencia  $w_r$  y fase aleatoria  $\theta$ , seguido de un filtrado de paso bajo.

45 La señal de banda base resultante se pasa a través de un conversor A/D (no mostrado) para producir muestras digitales I y Q, que se almacenan para que de este modo se puedan buscar repetidamente. Las muestras se generan a dos veces la tasa de elementos de código de código C/A (elemento de código x2) que es una resolución inferior a la necesaria para realizar el algoritmo de búsqueda precisa, pero que permite almacenar 18 ms de datos de muestra en una cantidad razonable de memoria. En general, es deseable llevar a cabo la búsqueda durante algo más de 10 ms con el fin de permitir la adquisición en la mayoría de las condiciones ambientales, siendo 18 ms un periodo preferido de integración. Estas condiciones ambientales incluyen estar dentro o no tener una visión directa del satélite.

50 Durante el funcionamiento, las muestras son en primer lugar rotadas por el rotador 102 para corregir el desfase de frecuencia Doppler. Las muestras rotadas I y Q se correlacionan con varias desfases de la secuencia C/A de satélite y

- los productos resultantes se integran coherentemente a lo largo de  $N_c$  elementos de código mediante los integradores 104. Las sumas de integración coherente se elevan al cuadrado y se suman entre sí para eliminar el efecto del desfase desconocido  $\theta$ . Para aumentar la prueba de hipótesis para un desfase particular, diversos intervalos coherentes se combinan de manera no coherente. El desensanchamiento se lleva a cabo repetidamente a varios desfases de tiempo para encontrar el desfase de tiempo de la señal de satélite. El rotador 102 elimina la frecuencia Doppler creada por movimiento del satélite. Utiliza la frecuencia Doppler especificada por la estación base (preferiblemente cuantificada a intervalos de 10 Hz) y rota las muestras I y Q para eliminar el desfase de frecuencia.
- En una realización de la invención, la rotación es continua solamente sobre la ventana de integración coherente. Es decir, el rotador se detiene entre periodos de integración coherente de, por ejemplo, 1 ms. Se elimina cualquier diferencia de fase resultante por la elevación al cuadrado y la suma.
- La figura 4 es otro diagrama de bloques de un receptor configurado según una realización de la invención, donde la parte de rotador del receptor se representa en mayor detalle.
- La figura 5 es un receptor configurado según una realización alternativa de la invención. Esta realización interna de la invención se aprovecha de la capacidad de detener el rotador entre periodos de integración coherente rotando la secuencia C/A localmente generada en lugar de las muestras de entrada.
- Como se muestra, la secuencia  $c(n)$  de C/A se rota aplicándose a las sinusoides  $\sin(W_d n T_c)$  y  $\cos(W_d n T_c)$  y a continuación se almacena. La rotación de la secuencia C/A solamente necesita ser realizada una vez para cada satélite. De este modo la rotación de la secuencia C/A reduce la cantidad de cálculo requerida. Ahorra también memoria en el DSP utilizado para realizar este cálculo en una realización de la invención.
- Otra desventaja significativa que degrada el rendimiento del algoritmo de localización de posición es el error de frecuencia en el reloj interno de la unidad móvil. Es este error de frecuencia el que conduce al uso de tiempos de integración coherente cortos del orden de 1 ms. Es preferible llevar a cabo una integración coherente a lo largo de periodos de tiempo más largos.
- En una configuración ejemplar, el reloj oscilador local (interno) que se ejecuta libremente del móvil es un cristal de 19,68 MHz que tiene una tolerancia de frecuencia de  $\pm 5$  ppm. Esto puede causar grandes errores del orden de  $\pm 7500$  Hz. Este reloj se utiliza para generar las portadoras utilizadas para la demodulación de las señales GPS, de manera que el error de reloj se sumara al tiempo de adquisición de señal. Debido a que el tiempo disponible para la búsqueda es muy pequeño, errores de esta magnitud debido a la tolerancia de frecuencia no son tolerables y se deben reducir en gran medida.
- Para permitir mayores tiempos de integración coherente, en una realización de la invención, el receptor CDMA corrige errores del oscilador local utilizando la tiempo adquirida a partir del piloto CDMA, o cualquier otra fuente de información de tiempo disponible. Esto produce una señal de control que se utiliza para sintonizar el reloj de oscilador local a 19,68 MHz lo más próximo posible. La señal de control aplicada al reloj de oscilador local se congela cuando la unidad RF conmuta de CDMA a GPS.
- Sin embargo, incluso después de llevar a cabo la corrección utilizando la información de tiempo de la estación base (u otra fuente), queda algún error de reloj adicional. En una realización de la invención, la incertidumbre de frecuencia resultante después de la corrección es de  $\pm 100$  Hz. Este error restante sigue reduciendo la prestación del receptor, y evita en general mayores tiempos de integración coherente. En una realización de la invención, el error que queda se evita simplemente llevando a cabo una integración no coherente durante una duración de más de 1 ms, lo que reduce el rendimiento.
- Asimismo como se ve en la figura 1, los datos de sistema/NAV de 50 Hz se modula también sobre la portadora L1. Si se produce una transición de datos (0 a 1 ó 1 a 0) entre las dos mitades de una ventana de integración coherente, la suma de integración coherente será cero porque las dos mitades se cancelarán entre sí. Esto reduce efectivamente el número de acumulaciones no coherentes en uno en el pero de los casos. Aunque los límites de datos de todos los satélites están sincronizados, no llegan a la unidad móvil simultáneamente debido a las diferencias en el retardo de trayectoria. Este retardo de trayectoria aleatoriza efectivamente la fase de datos recibida.
- En una realización de la invención, el problema de fases de datos diferente sobre diferentes señales es incluir la fase de datos en la información de ayuda enviada desde la estación base a la unidad móvil. Puesto que la estación base está demodulando los datos de 50 Hz, sabe cuándo se producen las transiciones de datos para cada satélite. Utilizando el conocimiento del retardo unidireccional, la estación base puede codificar la fase de datos en, por ejemplo, 5 bits (por satélite) indicando en qué intervalo de un milisegundo (de entre 20) se produce la transición de datos.
- Si la ventana de integración coherente abarca el límite de datos de 50 Hz, la integración coherente se divide en dos (2) secciones. Una sección que precede al límite de datos y una sección que sigue el límite de datos. Por ejemplo, si  $E_{n1}$  es la suma de integración coherente en la ventana que sigue al límite de datos,  $I$ , la primera mitad de esta ventana y

- 5 En2 es la suma de integración coherente sobre la ventana a continuación del límite de datos, la unidad móvil selecciona entonces el máximo (en magnitud) de  $(En1 + En2)$  (en caso de que los datos permanezcan iguales) y  $(En1 - En2)$  (en caso de que los datos cambien) para considerar el cambio de fase. La unidad móvil tiene también la opción de llevar a cabo la combinación no coherente de las dos mitades sobre esta ventana de datos o evitar por completo esta ventana de datos.
- En una realización alternativa de la invención, la unidad móvil intenta encontrar las transiciones de datos sin la información de ayuda desde la estación base comparando la magnitud al cuadrado de la suma y la diferencia en integración coherente de 1 ms.
- 10 En una realización de la invención, se utiliza un enfoque DSP (Procesador de señal digital) basado en firmware para llevar a cabo el procesamiento GPS. El DSP recibe muestras I y Q a una tasa de elemento de código x2 (2,046 MHz) o elemento de código x8 (8,184 MHz), y almacena una imagen instantánea de muestras I y Q de 4 bits en su RAM interna.
- 15 En la realización ejemplar, el DSP genera la secuencia C/A, lleva a cabo la rotación para eliminar la frecuencia Doppler, y correlaciona sobre la ventana de búsqueda proporcionada por la estación base para cada uno de los satélites. El DSP lleva a cabo integración coherente y la combinación no coherente y gira un diezmador de muestras IQ según sea necesario para compensar el código Doppler.
- 20 Para ahorrar cálculo y memoria, se lleva a cabo la búsqueda inicial utilizando resolución de 1/2 elementos de código y se realiza una búsqueda más precisa para obtener una resolución de 1/8 elementos de código (superior) alrededor del mejor índice (o índices). El tiempo de sistema se mantiene contando interrupciones de 1 ms generadas por hardware (obtenidas a partir del oscilador local).
- 25 Asimismo, en una realización de la invención, la búsqueda precisa se lleva a cabo acumulando las muestras de elemento de código x8 (resolución superior) a lo largo de una duración de un elemento de código en varios desfases de elemento de código x8. Los códigos de correlación se aplican a los valores acumulados proporcionando valores de correlación que varían con el desfase particular de elemento de código x8. Esto permite determinar el desfase de código con resolución de elemento de código x8.
- 30 La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra las etapas llevada a cabo para corregir el error de oscilador local durante un procedimiento de localización de posición cuando se lleva a cabo según una realización de la invención, En la etapa 500, se determina si el oscilador local se ha corregido recientemente. En caso negativo, se adquiere entonces el piloto a partir de la estación base, y se determina el error del oscilador local comparando con el tiempo de piloto en la etapa 502 y se genera una señal de corrección generado basándose en ese error.
- El flujo conduce entonces a la etapa 504, en la que la señal de corrección se congela al valor actual. En la etapa 506, se introduce el modo GPS y se lleva a cabo la localización de posición utilizando el reloj corregido. Una vez llevada a cabo la localización de posición, la unidad móvil sale del modo GPS en la etapa 508.
- 35 La figura 7 es una ilustración de un sistema receptor DSP configurado según una realización de la invención. El DSP lleva a cabo toda la operación de búsqueda con el mínimo hardware adicional. El núcleo de DSP 308, el módem 306, la unidad de interfaz 300, la ROM 302 y la memoria (RAM) 304 se acoplan mediante un bus 306. La unidad de interfaz 300 recibe muestras RF desde una unidad RF (no mostrada) y proporciona las muestras a la RAM 304. Las muestras RF se pueden almacenar a resolución aproximada o resolución precisa. El núcleo DSP 308 procesa las muestras almacenadas en memoria utilizando la instrucción almacenada en la ROM 302 así como en la memoria 304. La memoria 304 puede tener múltiples "bancos", algunos de los cuales almacenan muestras y algunos de los cuales almacenan instrucciones. El módem 700 lleva a cabo el procesamiento CDMA durante el modo normal.
- 40 La figura 8 es un diagrama de flujo de las etapas realizadas durante una operación de localización de posición. Una operación de localización de posición empieza cuando se recibe el mensaje de ayuda, y el sistema RF se conmuta a frecuencias GPS en la etapa 600. Cuando se conmuta el RF para recibir GPS, se fija el bucle de seguimiento de frecuencia. El DSP recibe información de ayuda desde el microprocesador del teléfono y clasifica los satélites por magnitud Doppler.
- 45 En la etapa 602, se almacenan los datos de búsqueda aproximada dentro de la RAM de DSP. El DSP recibe unos pocos cientos de microsegundos de datos de entrada para establecer un Rx AGC. El DSP registra el tiempo de sistema y empieza a almacenar una ventana de 18 ms (limitación de memoria DSP) de datos IQ de elemento de código x2 en su RAM interna. Se utiliza una ventana contigua de datos para mitigar los efectos de código Doppler.
- 50 Una vez almacenados los datos, se lleva a cabo una búsqueda aproximada en la etapa 604. El DSP empieza la búsqueda aproximada (resolución de elemento de código x2). Para cada satélite, el DSP genera el código C/A, rota el código basado en la frecuencia Doppler, y correlaciona sobre la ventana de búsqueda especificada por la estación base, por la aplicación repetida del código C/A a los datos de búsqueda aproximada almacenados. Los satélites se

- 5 procesan sobre la misma ventana de datos de 18 ms y se obtiene la mejor hipótesis de elemento de código x2 que sobrepasa un umbral para cada satélite. Aunque se utiliza un tiempo de integración coherente de 2 ms (con 9 integraciones no coherentes) en una realización de la invención se pueden utilizar mayores tiempos de integración coherente (por ejemplo 18 ms), aunque preferiblemente donde se realizan ajustes adicionales como se describe en lo sucesivo.
- Una vez realizada la búsqueda aproximada, se lleva a cabo una búsqueda precisa, en la etapa 606. Antes de empezar la búsqueda precisa, el DSP calcula el código C/A rotado para cada uno de los satélites. Esto permite que el DSP procese la búsqueda precisa en tiempo real. Al realizar la búsqueda precisa (resolución elemento de código x8), los satélites se procesan uno a la vez sobre diferentes datos.
- 10 El DSP gira en primer lugar el diezmador para compensar el código Doppler para el o los satélites dado(s). También restablece el valor Rx AGC mientras espera el siguiente límite de 1 ms antes de almacenar una ventana de integración coherente de 1 ms de muestras de elemento de código x8.
- El DSP procesa 5 hipótesis contiguas de resolución de elemento de código x8 sobre esta ventana de integración coherente de 1 ms, donde la hipótesis central es la mejor hipótesis obtenida en la búsqueda aproximada. Después de procesar la siguiente ventana de 1 ms, los resultados se combinan coherentemente y esta suma de 2 ms se combina de manera no coherente para todas las Nn iteraciones.
- 15 Esta etapa (empezando a partir de girar el diezmador) se repite sobre los mismos datos para el siguiente satélite hasta que todos los satélites se hayan procesado. Si el código Doppler para 2 satélites es de magnitud similar, puede ser posible procesar ambos satélites sobre los mismos datos para reducir el número de conjuntos de datos requeridos. En el peor de los casos, se usan 8 conjuntos de  $2 \cdot N_n$  ventanas de datos de 1 ms para la búsqueda precisa.
- Finalmente, en la etapa 608, los resultados se notifican al microprocesador y el proceso de vocodificador se reinicia dentro del DSP de manera que la llamada puede continuar. El DSP notifica pseudodistancias al microprocesador, que las reenvía a la estación base. Después de que el microprocesador vuelve a descargar el código de programa del vocodificador en la memoria de DSP, el DSP vacía su memoria de datos y reinicia el vocodificador.
- 20 La figura 9 es un diagrama que ilustra la búsqueda precisa llevada a cabo después de la búsqueda aproximada. Después de aislar la mejor fase de elemento de código x2 en la búsqueda aproximada, el DSP lleva a cabo una búsqueda precisa alrededor de esta fase para obtener una resolución de elemento de código x8.
- Las 5 fases para comparar en la búsqueda precisa se muestran encerradas por un rectángulo. La mejor fase de elemento de código x2 se evalúa de nuevo de manera que se pueden realizar comparaciones sobre el mismo conjunto de datos. Esto permite también que la búsqueda aproximada y la búsqueda precisa utilicen diferentes tiempos de integración. La búsqueda precisa se lleva a cabo por separado para cada satélite porque cada satélite puede tener un valor diferente para código Doppler.
- 30 La figura 10 proporciona una línea de tiempo del proceso de búsqueda cuando se realiza según una realización de la invención. El procesamiento global (búsqueda aproximada + precisa) se realiza en aproximadamente 1,324 segundos en una realización de la invención, que interrumpe la llamada, pero sigue permitiendo que la llamada siga una vez realizada la búsqueda. El tiempo de búsqueda total de 1,324 segundos es un límite superior, porque supone que el DSP necesita buscar los 8 satélites totales y cada satélite tiene una ventana de búsqueda de 68 elementos de código. Sin embargo, la probabilidad de que los 1,324 segundos totales sean necesarios es pequeña, debido a la geometría de las órbitas de satélite.
- 40 Durante los primeros 18 ms 80, se recogen datos de muestras IQ a la frecuencia GPS. Durante el periodo 82, se lleva a cabo una búsqueda aproximada internamente que podría tardar hasta 1,13 segundos, pero que probablemente terminará antes cuando se identifiquen las señales de satélite. Una vez realizada la búsqueda aproximada, se calculan los códigos C/A durante el periodo 84 de tiempo, que dura 24 ms. Durante los periodos de tiempo 86, el valor de giro se ajusta para el código Doppler y además, se ajusta el Rx AGC. Durante el periodo 88, se llevan a cabo búsquedas precisas sobre las muestras de datos IQ, con un ajuste continuo realizado durante los periodos de tiempo 86. El uso de tiempos de integración de 18 ms permite que se rechace el código Doppler porque la fase de código C/A recibida se desplazara en menos de 1/16 de un elemento de código. Se llevan a cabo hasta 8 secuencias de ajustes y búsquedas precisas para los hasta 8 satélites, momento en el cual se completa el procedimiento de localización de posición.
- 45 Además, en algunas realizaciones de la invención, el teléfono sigue transmitiendo tramas de enlace inverso a la estación base mientras se lleva a cabo el procedimiento de localización de posición. Estas tramas pueden contener información nula simplemente para permitir que la estación base permanezca sincronizada con la unidad de abonado, o las tramas pueden contener información adicional tal como comandos de control de potencia o solicitud de información. La transmisión de estas tramas se lleva a cabo preferiblemente cuando no se están recopilando muestras de GPS cuando el conjunto de circuitos RF está disponible, o mientras se recopilan las muestras de GPS si hay
- 50

disponible un conjunto de circuitos RF suficientes.

5 Aunque el uso de un tiempo de integración de 18 ms evita los efectos de código Doppler, la transmisión de datos sobre las señales GPS a tasa de 50 Hz puede provocar problemas si se produce un cambio de datos en un espacio de tiempo de procesamiento de 18 ms (como se ha descrito anteriormente). El cambio de datos hace que la fase de la señal se desplace. Los límites de datos de 50 Hz se producen en diferentes lugares para cada satélite. La fase de las transiciones de 50 Hz para cada satélite se han aleatorizado efectivamente por las longitudes de trayectoria variables desde cada satélite hasta el teléfono.

10 En el peor de los casos, si se invirtiese el bit de datos en medio de un intervalo de integración coherente, la integración coherente se podría cancelar por completo. Por este motivo, en una realización alternativa de la invención, la estación base debe comunicar los límites de transición de datos para cada satélite al teléfono (también descrito anteriormente). Preferiblemente, el límite de transición de datos se incluye también en el mensaje de ayuda transmitido desde la estación base (tal como en un conjunto de mensajes de 5 bits que indican el intervalo de milisegundos durante los cuales se produce la transición para cada satélite). El teléfono usa este límite para dividir el intervalo de integración coherente para cada satélite en 2 partes y decidir si se suman o se restan las sumas de integración coherente en estos 2 intervalos. De este modo, incluyendo también el límite de datos de cada señal GPS, aumenta la fiabilidad del procedimiento de localización.

15 En la realización ejemplar de la invención, cualquier incertidumbre de frecuencia crea una pérdida en  $E_c/N_t$  que aumenta con el tiempo de integración coherente. Por ejemplo, con una incertidumbre de  $\pm 100$  Hz, la pérdida en  $E_c/N_t$  aumenta rápidamente a medida que aumenta el tiempo de integración coherente, como se muestra en la Tabla I.

20 Tabla I

Nc	Pérdida en $E_c/N_t$
1023 (1 ms)	0,14 dB
2046 (2 ms)	0,58 dB
4092 (4 ms)	2,42 dB
6138 (6 ms)	5,94 dB
8184 (8 ms)	12,6 dB

25 Como se ha indicado también anteriormente, siempre hay algún desfase de frecuencia desconocida del oscilador local en la unidad móvil. Es este desfase de frecuencia desconocido el que evita que se forme integración y desensanchamiento coherentes más largos. El desensanchamiento coherente más largo mejoraría el procesamiento si los efectos del desfase de frecuencia desconocido se pudiesen reducir.

30 En una realización de la invención, se tiene en cuenta el desfase de frecuencia desconocida expandiendo el espacio de búsqueda a 2 dimensiones para incluir búsquedas de frecuencia. Para cada hipótesis, se llevan a cabo diversas búsquedas de frecuencia, donde cada búsqueda de frecuencia supone que el desfase de frecuencia es un valor conocido. Separando los desfases de frecuencia, se puede reducir la incertidumbre de frecuencia a un valor pequeño de manera arbitraria a expensas de memoria y cálculos añadidos. Por ejemplo, si se utilizan 5 hipótesis de frecuencia, el espacio de búsqueda resultante se muestra en la figura 10.

35 Para una incertidumbre de frecuencia de  $\pm 100$  Hz, que es la especificación de funcionamiento típica de una unidad móvil, esta configuración reduce el desfase de frecuencia máximo a 20 Hz (una hipótesis debe de estar dentro de un intervalo de 20 Hz desde el desfase de frecuencia real). Con un tiempo de integración coherente de 20 ms, la pérdida en  $E_c/N_t$  con una desfase de frecuencia de 20 Hz es 2,42 dB. Doblando el número de hipótesis de frecuencia a 10, la incertidumbre de frecuencia se puede reducir a 10 Hz, lo cual causa una pérdida de  $E_c/N_t$  de 0,58 dB. Sin embargo, añadir hipótesis adicionales ensancha el espacio de búsqueda, lo cual aumenta los requisitos tanto de cálculo como de memoria.

40 Una realización de la invención calcula la hipótesis de frecuencia concentrando el desfase de frecuencia con la frecuencia Doppler, y calculando un nuevo código PN rotado para cada hipótesis de frecuencia. Sin embargo, esto hace que el número de hipótesis de frecuencia sea un factor multiplicativo en el cálculo total: 5 hipótesis de frecuencia significaría 5 veces más cálculo.

Alternativamente, puesto que la incertidumbre de frecuencia es pequeña comparada con la frecuencia Doppler, se

5 puede considerar que la fase de rotación es constante a lo largo de un intervalo de 1 ms (el 8% de un periodo para una hipótesis de 80 Hz) en otra realización de la invención. Por lo tanto, dividiendo el intervalo de integración coherente en subintervalos de 1 ms, las sumas de integración de los subintervalos se rotan para reducir los cálculos añadidos necesarios para calcular las búsquedas de frecuencia en tres órdenes de magnitud. El resultado es que se puede llevar a cabo un mayor desensanchamiento coherente, y un rendimiento mejorado.

10 La figura 12 es un diagrama de bloques de un receptor configurado según el uso de un enfoque de mayor desensanchamiento coherente. El primer conjunto de multiplicadores 50 compensa la frecuencia Doppler correlacionando las muestras IQ con un código C/A rotado. Esto es equivalente a rotar las muestras IQ antes de la correlación con el código C/A no modificado. Puesto que la frecuencia Doppler puede ser tan grande como 4500 Hz, la rotación se aplica a cada elemento de código. Después de integrar coherentemente a lo largo de un intervalo de 1 ms (1023 elementos de código) utilizando los acumuladores 52, el segundo conjunto de multiplicadores 54 rota las sumas de integración de 1 ms ( $\Sigma_I$  y  $\Sigma_Q$ ) para realizar la hipótesis de frecuencia. Las sumas rotadas se suman entonces a lo largo del intervalo de integración coherente global.

15 Recuérdese que la rotación de frecuencia Doppler se calculó solamente sobre 1023 elementos de código para ahorrar memoria y cálculo. Para tiempos de integración coherente superiores a 1 ms, cada suma de integración coherente se multiplica por un desfase de fase para realizar la fase de rotación continua a lo largo del tiempo. Para mostrar esto matemáticamente, la suma de integración coherente de 1 ms con la rotación de frecuencia Doppler se puede expresar como:

$$S_1 = \sum_{n=1}^{1023} [I(n) + jQ(n)]c(n)e^{-jw_d nT_c} \quad \text{con } \Sigma_I = \text{Re}\{S_1\} \text{ and } \Sigma_Q = \text{Im}\{S_1\}$$

20 donde I(n) y Q(n) son las muestras de entrada recibidas respectivamente en los canales I y Q, c(n) es el código C/A no rotado,  $w_d$  es la frecuencia Doppler, y  $T_c$  es el intervalo de elementos de código (0,9775 us). Una suma de integración coherente de 2 ms se puede expresar como:

$$\begin{aligned} S(2ms) &= \sum_{n=1}^{2046} [I(n) + jQ(n)]c(n)e^{-jw_d nT_c} \\ &= \sum_{n=1}^{1023} [I(n) + jQ(n)]c(n)e^{-jw_d nT_c} + e^{-jw_d(1023)T_c} \sum_{n=1}^{1023} [I(n+1023) + jQ(n+1023)]c(n)e^{-jw_d nT_c} \\ &= S_1 + e^{-jw_d(1023)T_c} S_2 \end{aligned}$$

25 En este punto,  $S_1$  es la primera suma de integración de 1 ms y  $S_2$  es la segunda suma de integración de 1 ms calculada utilizando los mismos valores C/A rotados que se utilizaron para calcular  $S_1$ . El término  $e^{-jw_d(1023)T_c}$  es el desfase de fase que compensa utilizar los mismos valores rotados. Asimismo, una suma de integración coherente de 3 ms se puede expresar como:

$$S(3ms) = S_1 + e^{-jw_d(1023)T_c} S_2 + e^{-jw_d(2046)T_c} S_3$$

30 De este modo para extender el tiempo de integración mientras se utiliza la misma secuencia C/A rotada de 1023 elementos, la suma de integración de 1 ms (n+1) se debería multiplicar por  $e^{-j(w_d+W_h)n(1\text{ ms})}$  antes de sumarse a la suma global. Puesto que esto es una rotación de sumas de integración de 1 ms, se puede combinar esta operación con la búsqueda de frecuencia para evitar tener que realizar 2 rotaciones. Es decir, puesto que

$$e^{-jw_d n(1\text{ ms})} e^{-jw_h n(1\text{ ms})} = e^{-j(w_d + w_h)n(1\text{ ms})}$$

35 se puede multiplicar la (n+1)<sup>ésima</sup> suma de integración de 1 ms por  $e^{-j(w_d+W_h)n(1\text{ ms})}$  para buscar una hipótesis de frecuencia y determinar el desfase de fase de frecuencia Doppler.

Obsérvese que la búsqueda de frecuencia se puede reducir después de adquirir un satélite, porque la incertidumbre de frecuencia no depende del satélite. Se puede llevar a cabo una búsqueda de frecuencia mucho más precisa si se desea una mayor integración coherente.

En la realización ejemplar de la invención, se lleva a cabo la búsqueda precisa de manera similar a la búsqueda

- aproximada con 2 diferencias. en primer lugar, los intervalos de integración siempre se suman coherentemente en lugar de elevarlos al cuadrado y sumarlos de manera no coherente. En segundo lugar, la rotación para eliminar la incertidumbre de frecuencia (que se debería conocer después de la búsqueda aproximada) se combina con el desfase de fase de frecuencia Doppler y se utiliza para rotar los intervalos de integración coherente de 1 ms antes de sumarlos entre sí.
- 5
- En una realización alternativa de la invención, la ventana de integración coherente de datos de elemento de código  $\times 2$  se integra para tiempos de integración superiores a 18 ms. Esta realización es útil si se encuentra disponible memoria adicional. Para integraciones coherentes superiores a 18 ms, los límites de datos de 50 Hz se tratan de igual manera que con periodos de integración más cortos. La estación base indica donde están los límites para cada satélite y el DSP decide si sumar o restar la suma de 20 intervalos de integración coherente de 1 ms a o de su suma en ejecución.
- 10
- Sin embargo, debido a que el producto de la incertidumbre de frecuencia y la constante de tiempo de integración afecta a la pérdida en  $E_c/N_t$ , la incertidumbre de frecuencia se debe reducir a niveles muy pequeños para intervalos largos de integración coherente. Puesto que una integración de 20 ms con una incertidumbre de frecuencia de 20 Hz dio como resultado una pérdida en  $E_c/N_t$  de 2,42 dB, mantener la misma pérdida con un tiempo de integración de 400 ms requiere que se reduzca la incertidumbre de frecuencia a 1 Hz. Para corregir este problema, se reduce la incertidumbre de frecuencia a 1 Hz de una manera jerárquica. Por ejemplo, una primera búsqueda de frecuencia reduce la incertidumbre de 100 Hz a 20 Hz, una segunda búsqueda reduce la incertidumbre a 4 Hz, y una tercera búsqueda reduce la incertidumbre a 1 Hz. La búsqueda de frecuencia compensará también los errores en la frecuencia Doppler procedente de la estación base.
- 15
- Además, para llevar a cabo integraciones más largas solamente se buscan satélites con Doppler similar sobre los mismos datos para tiempos de integración largos, ya que el código Doppler es diferente para cada satélite. El DPS calcula cuánto tiempo tarda en dividir 1/16 de un elemento de código y gira el diezizador a medida que recopila una ventana de datos de integración coherente. Además, en esta realización se toman múltiples ventanas de datos.
- 20
- De este modo, se han descrito un procedimiento y un aparato para llevar a cabo la localización de posición en un sistema de comunicaciones inalámbricas. La descripción anterior de las realizaciones preferidas se proporciona para permitir que cualquier experto en la técnica realice o utilice la presente invención. Las diversas modificaciones a estas realizaciones serán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica, y los principios genéricos definidos en la presente memoria descriptiva se pueden aplicar a otras realizaciones sin el uso de la actividad inventiva. De este modo, la presente invención no está prevista para limitarse a las realizaciones mostradas en la presente memoria descriptiva sino que se le ha de conceder el mayor alcance en consonancia con las reivindicaciones.
- 25
- 30

## REIVINDICACIONES

1.-Dispositivo móvil (10) que comprende

un receptor configurado para recibir una primera señal de un satélite, incluyendo la primera señal un mensaje de navegación extendido con una secuencia PN;

5 un correlacionador para correlacionar primeras muestras de señal con varios desfase de la secuencia PN; y **caracterizado por:**

un integrador coherente (104) configurado para integrar coherentemente los productos de correlación resultantes para un intervalo de integración coherente particular,

10 en el cual, cuando el intervalo de integración coherente abarca un límite de datos del mensaje de navegación, la integración coherente se divide en una sección anterior al límite de datos del mensaje de navegación y una sección posterior al límite de datos del mensaje de navegación

2.-Dispositivo móvil según la reivindicación 1, en el cual el dispositivo móvil (10) se configura para:

sumar una suma de integración coherente en la sección anterior al límite de datos a una suma de integración coherente en la sección posterior al límite de datos para producir un primer resultado;

15 sustraer la suma de integración coherente en la sección posterior al límite de datos de la suma de integración coherente en la sección anterior al límite de datos para producir un segundo resultado; y

seleccionar uno del primer resultado o segundo resultado que tiene la magnitud máxima.

20 3.-Dispositivo móvil (10) según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el cual el dispositivo móvil (10) está configurado para recibir información acerca de los límites de datos del mensaje de navegación en un mensaje de ayuda.

4.-Dispositivo móvil (10) según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el cual el dispositivo móvil (10) está configurado para determinar el tiempo de los límites de datos del mensaje de navegación sin información de ayuda.

25 5.-Dispositivo móvil (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 o 4, en el cual el dispositivo móvil (10) está configurado para encontrar un límite de datos comparando la magnitud al cuadrado de la suma y la diferencia en la integración coherente.

6.-Dispositivo móvil según la reivindicación 1, en el cual el receptor está configurado, además, para demodular la primera señal usando un reloj interno que tiene un error de frecuencia.

7.-Dispositivo móvil (10) según la reivindicación 6, en el cual se usa información de tiempo para generar una señal de control para reducir el error de frecuencia del reloj interno.

30 8.-Aparato que comprende:

medios para recibir una primera señal de un satélite, incluyendo la primera señal un mensaje de navegación extendido con una secuencia PN;

un correlacionador para correlacionar primeras muestras de señal con varios desfase de la secuencia PN; y **caracterizado por:**

35 medios para integrar coherentemente los productos de correlación resultantes para un intervalo de integración coherente particular,

en el cual, cuando el intervalo de integración coherente abarca un límite de datos del mensaje de navegación, la integración coherente se divide en una sección anterior al límite de datos del mensaje de navegación y una sección posterior al límite de datos del mensaje de navegación.

40 9.-Procedimiento que comprende:

recibir una primera señal de un satélite, incluyendo la primera señal un mensaje de navegación extendido con una secuencia PN;

correlacionar primeras muestras de señal con varios desfase de la secuencia PN; y caracterizado por:

integrar coherentemente los productos de correlación resultantes para un intervalo de integración coherente particular,

en el cual, cuando el intervalo de integración coherente abarca un límite de datos del mensaje de navegación, la integración coherente se divide en una sección anterior al límite de datos del mensaje de navegación y una sección posterior al límite de datos del mensaje de navegación

10.-Procedimiento según la reivindicación 9, que comprende, además:

- 5 sumar una suma de integración coherente en la sección anterior al límite de datos a una suma de integración coherente en la sección posterior al límite de datos para producir un primer resultado;
- sustraer la suma de integración coherente en la sección posterior al límite de datos de la suma de integración coherente en la sección anterior al límite de datos para producir un segundo resultado; y
- seleccionar uno del primer resultado o segundo resultado que tiene la magnitud máxima.
- 10 11.-Procedimiento según la reivindicación 9 o 10, que comprende, además, recibir información acerca de los límites de datos del mensaje de navegación en un mensaje de ayuda.
- 12.-Procedimiento según la reivindicación 9 o 10, que comprende, además, determinar el tiempo de los límites de datos del mensaje de navegación sin información de ayuda.
- 15 13.-Procedimiento según la reivindicación 9, 10 o 12, que comprende, además, encontrar un límite de datos comparando la magnitud al cuadrado de la suma y la diferencia en la integración coherente.
- 14.-Procedimiento según la reivindicación 9, que comprende, además, demodular la primera señal usando un reloj interno que tiene un error de frecuencia.
- 15.-Procedimiento según la reivindicación 14, en el cual se usa información de tiempo para generar una señal de control para reducir el error de frecuencia del reloj interno.
- 20 16.-Soporte legible por ordenador que comprende instrucciones que cuando se ejecutan por un procesador, dan como resultado la ejecución de las etapas del procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 15.

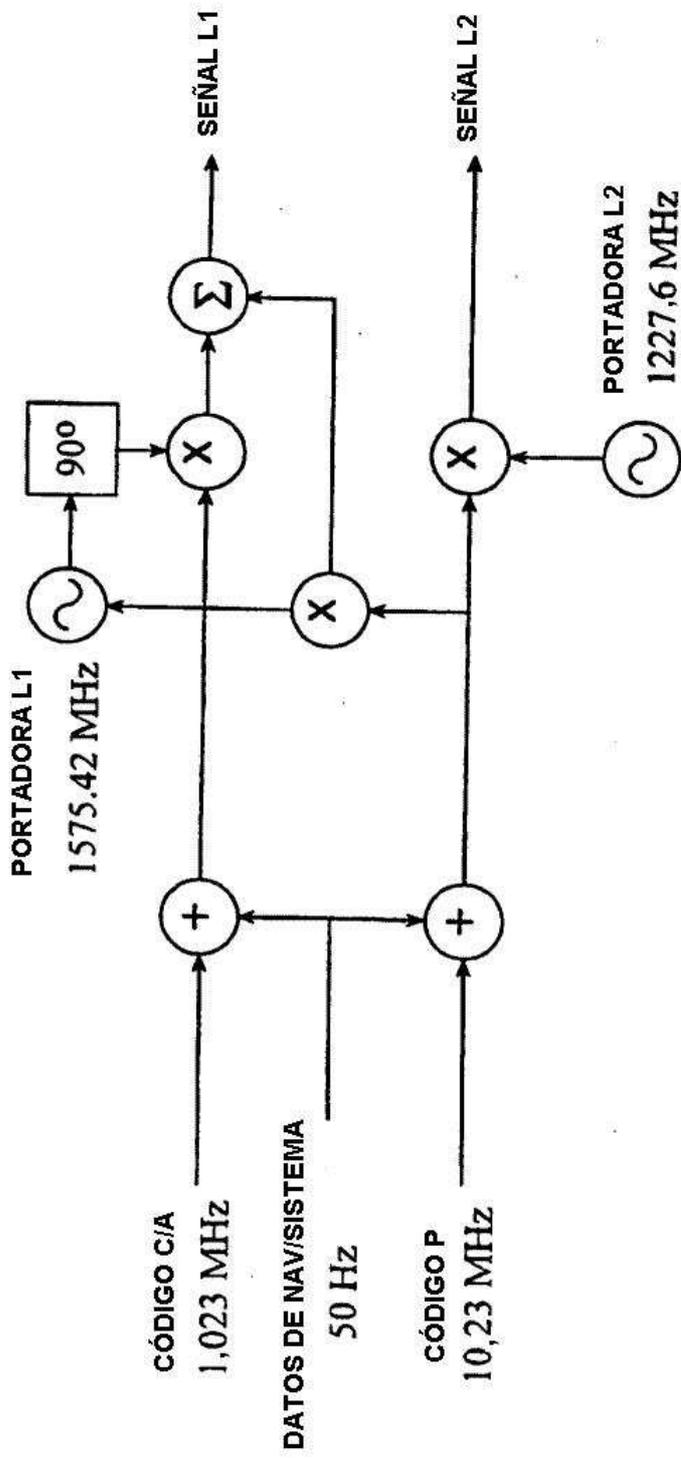


FIG. 1

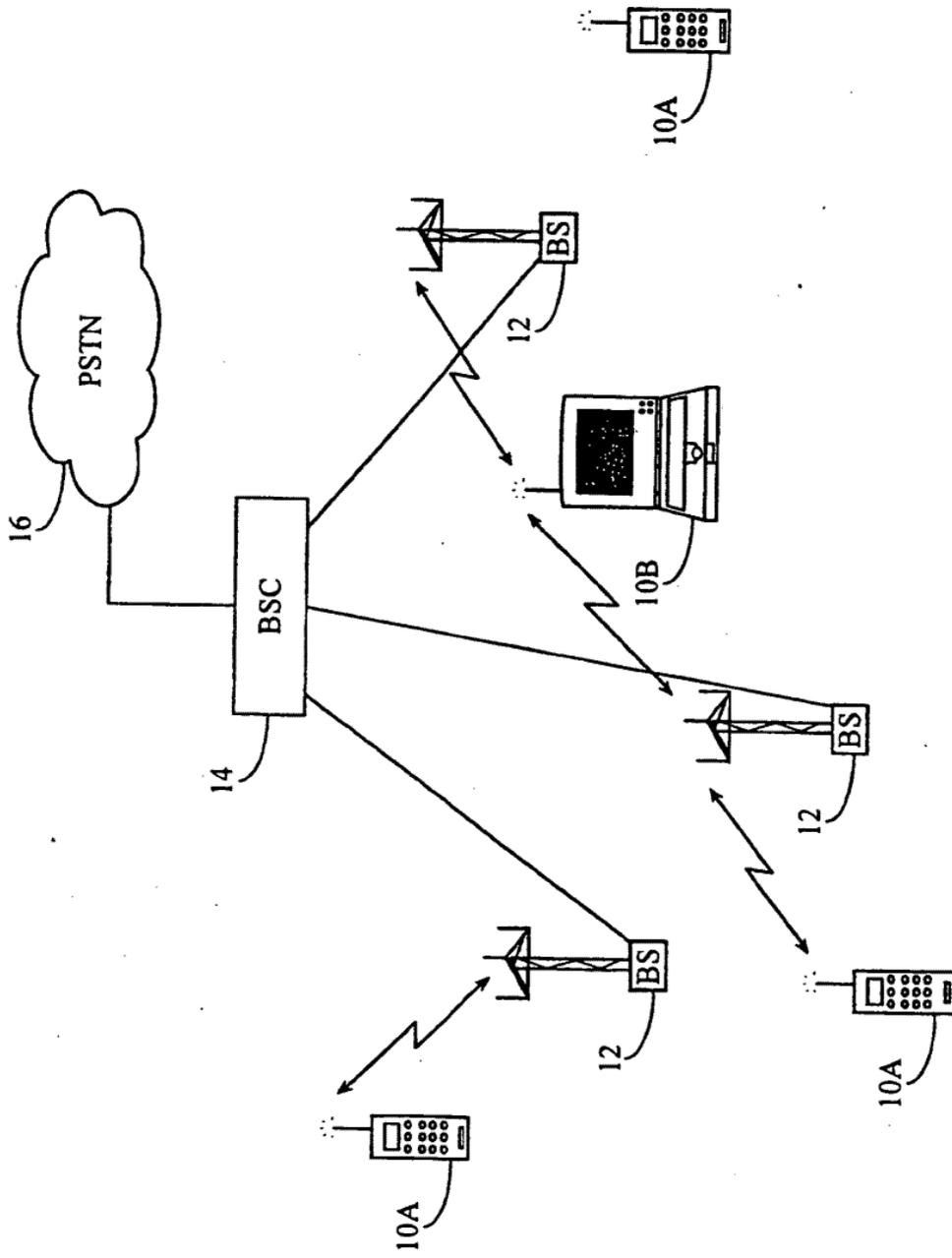


FIG. 2

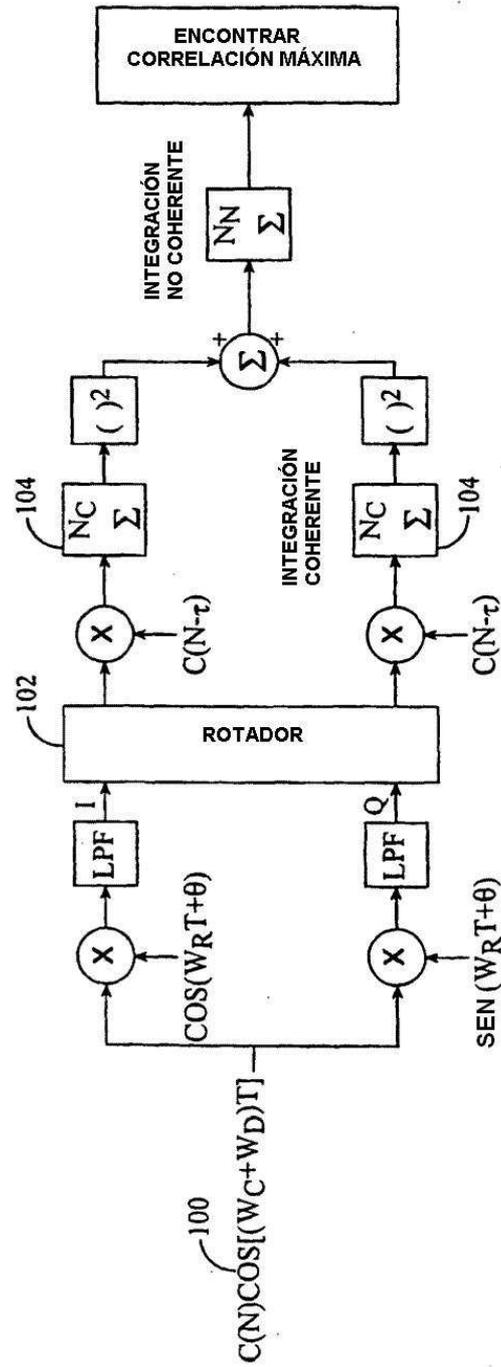


FIG. 3

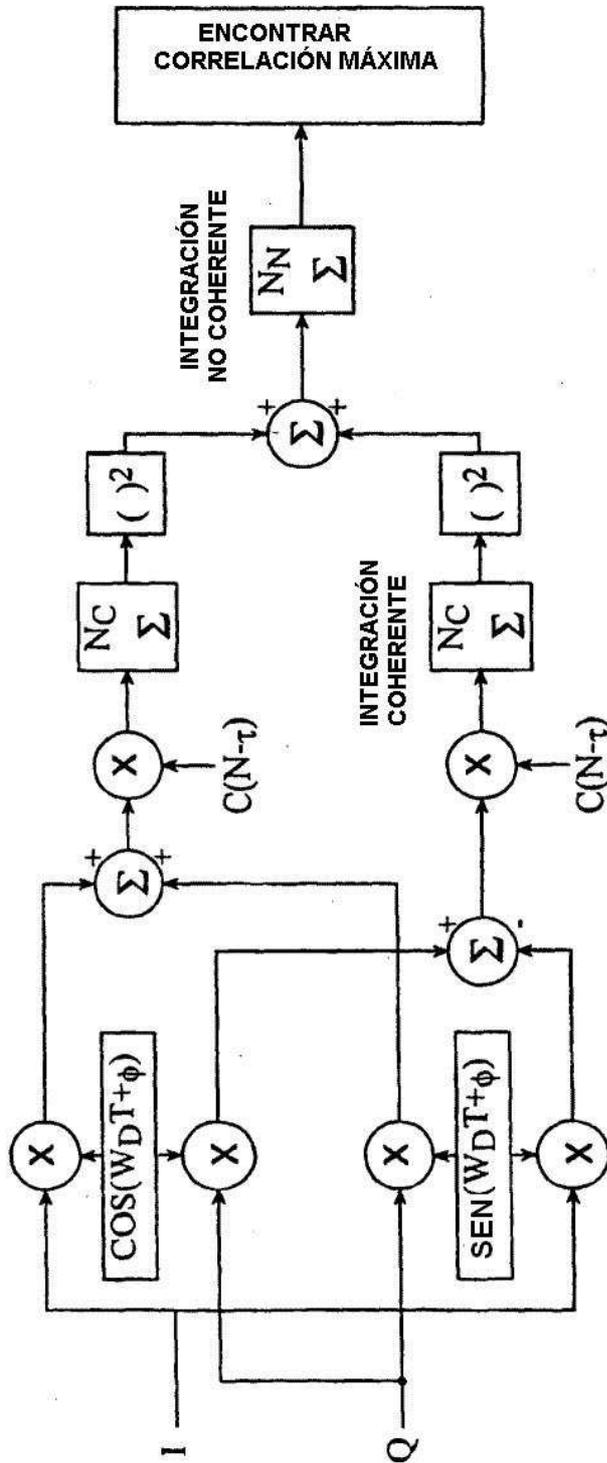


FIG. 4

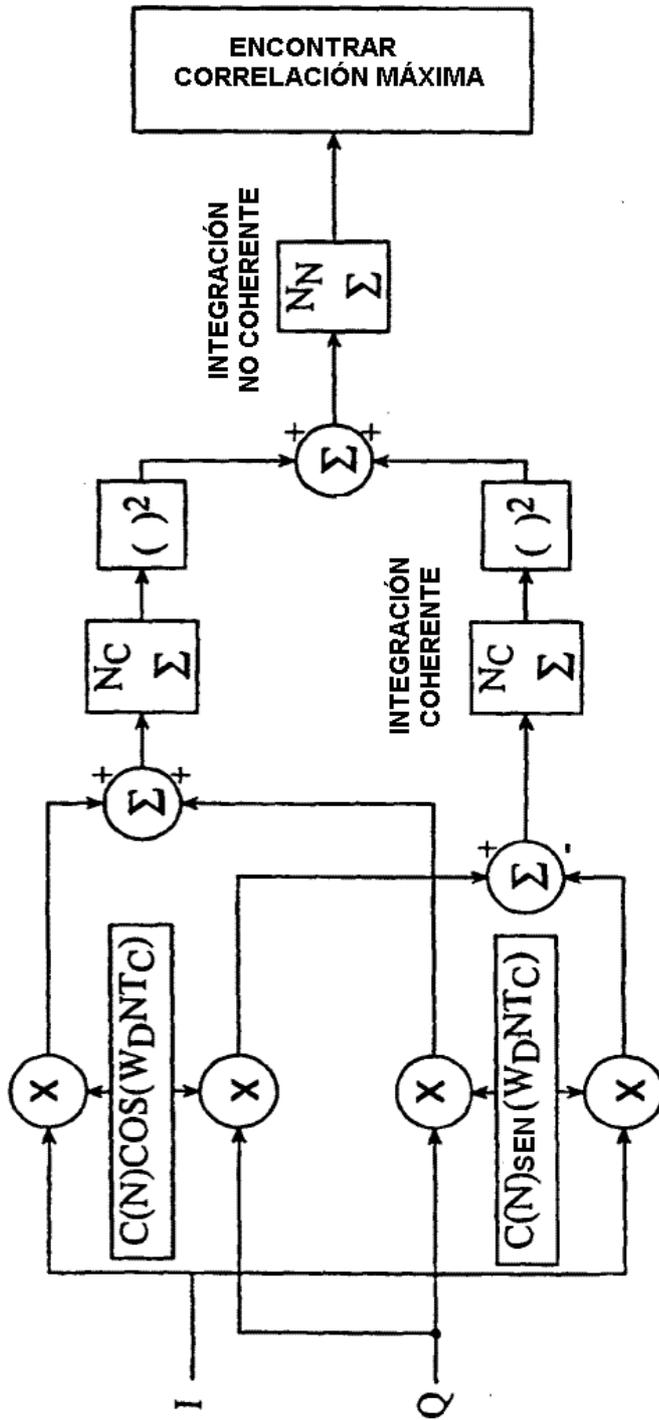


FIG. 5

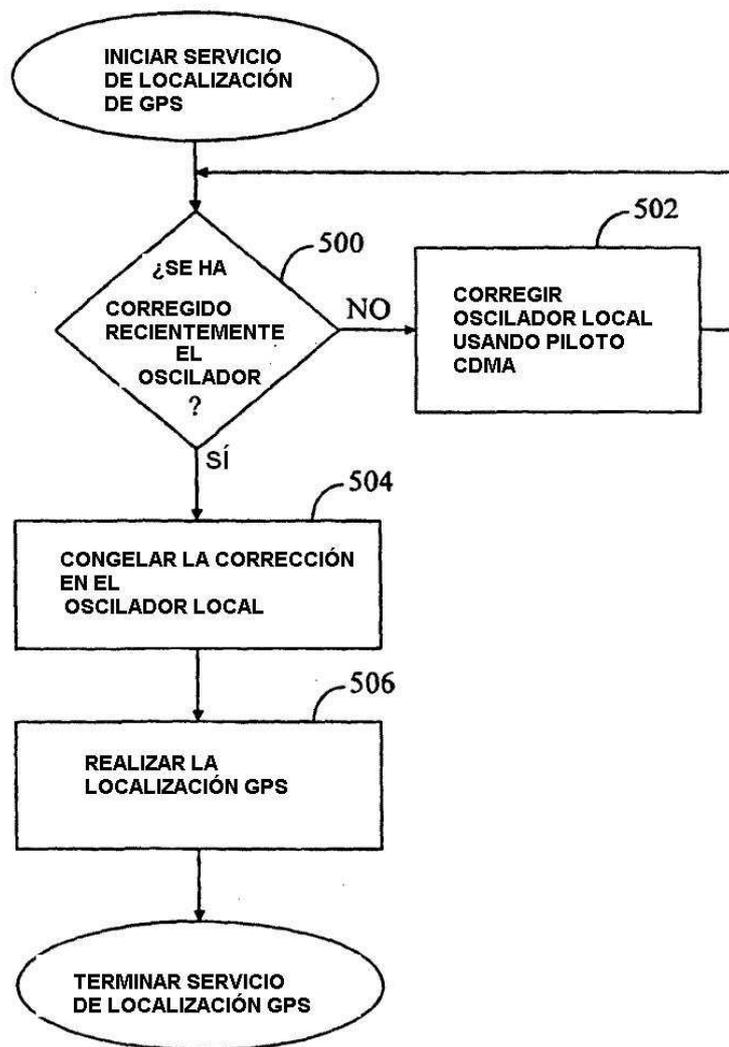


FIG. 6

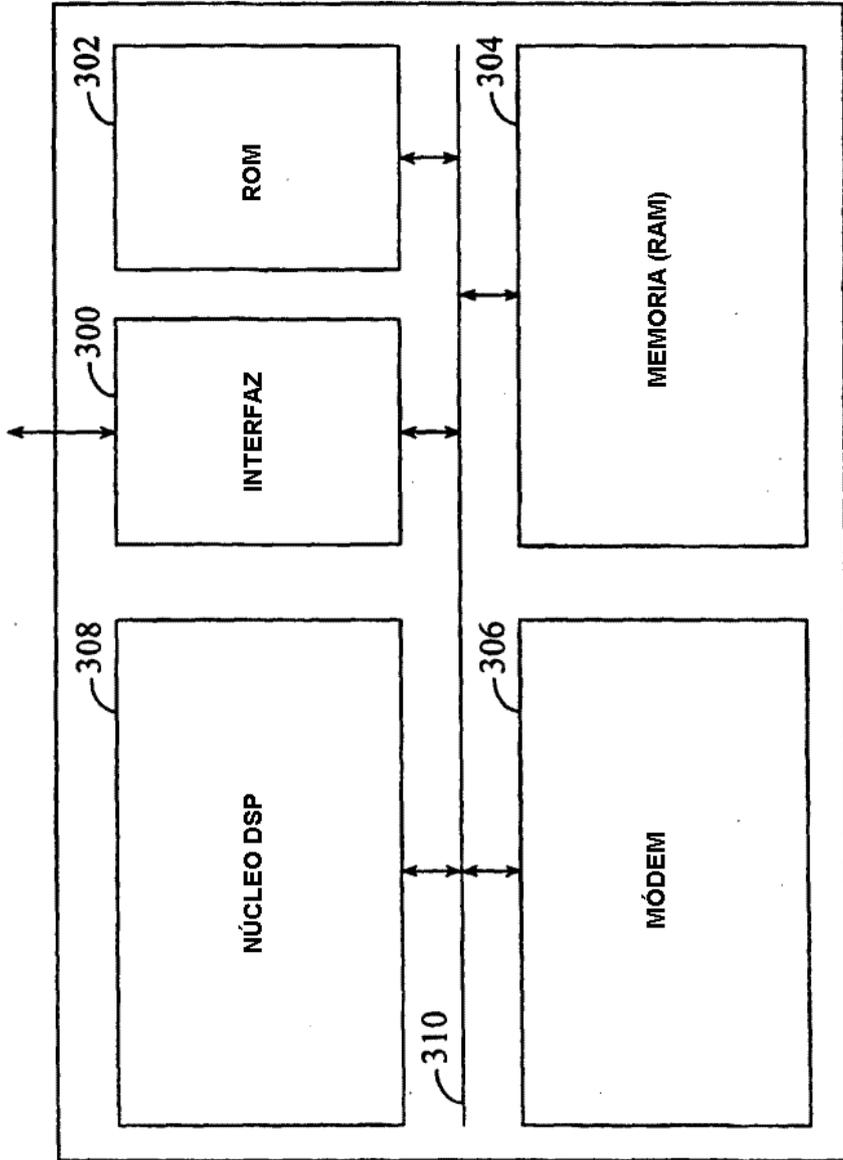


FIG. 7

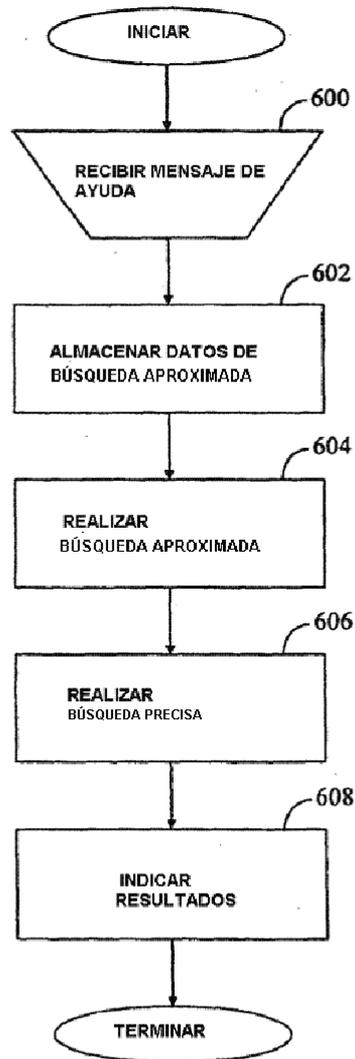


FIG. 8

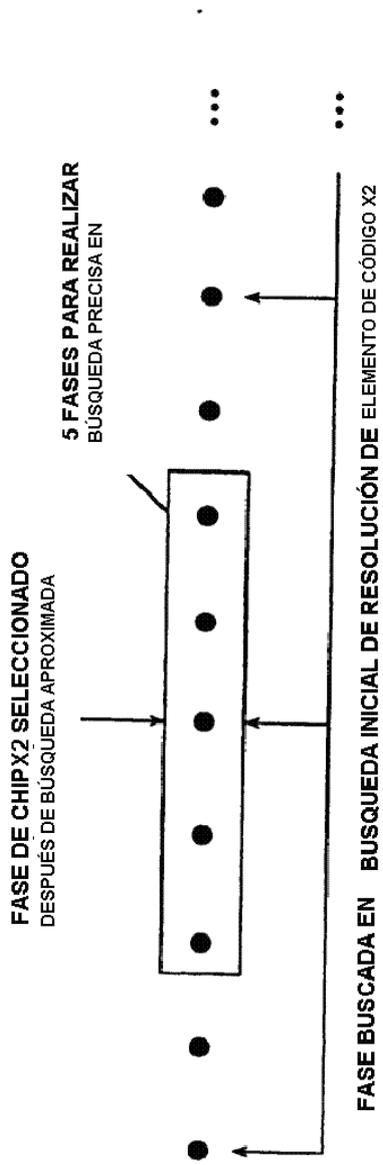


FIG. 9





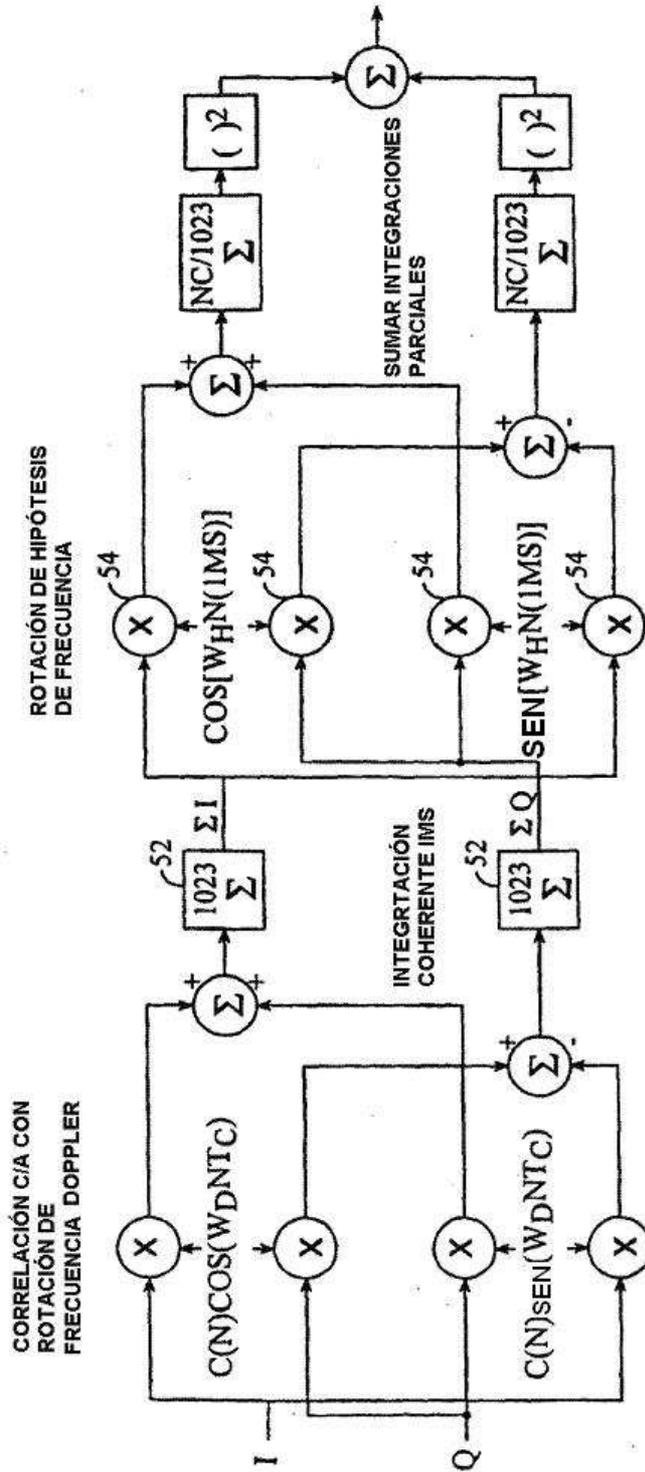


FIG. 12