



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 313 794**

51 Int. Cl.:  
**G01S 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **99949596 .3**

96 Fecha de presentación : **03.09.1999**

97 Número de publicación de la solicitud: **1118015**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.07.2001**

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

30 Prioridad: **09.09.1998 US 150410**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.03.2009**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.03.2009**

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

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

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

**ES 2 313 794 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).

# ES 2 313 794 T3

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento de localización de posición asistido por estación base que conoce el límite de datos.

### 5 Antecedentes de la invención

#### I. Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a localización de posición. Más en particular, la presente invención se refiere a un procedimiento y un aparato novedosos y mejorados para realizar localización de posición en un sistema de comunicaciones inalámbricas.

#### II. Descripción de la técnica relacionada

15 Tanto la regulación gubernamental como la demanda del consumidor han conducido a la demanda de funcionalidad de localización de posición en teléfonos celulares. El sistema de posicionamiento global (GPS) está disponible actualmente para realizar localización de posición utilizando un receptor GPS en conjunción con un conjunto de satélites orbitando alrededor de la Tierra. Por lo tanto, es deseable introducir funcionalidad GPS en un teléfono celular.

20 Sin embargo, los teléfonos celulares, son extremadamente sensibles a consideraciones de coste, peso y consumo de potencia. Por tanto, simplemente añadir un conjunto de circuitos adicional para realizar localización GPS es una solución insatisfactoria para proporcionar funcionalidad de localización de posición en un teléfono celular. Por tanto, la presente invención se dirige a proporcionar funcionalidad GPS en un sistema de telefonía celular con un mínimo, de hardware, coste y consumo de potencia adicionales.

25 El documento US-A-5,365,450 describe un sistema GPS en el que una pluralidad de satélites transmiten información de posición a estaciones móviles sobre la Tierra. Se proporcionan un canal digital de emisión de datos de posición de satélite fuente separado y uno o más canales de comunicaciones separados de servicio de marcación para ayudar a la estación móvil a acceder a información de posición desde los satélites.

30 El documento WO-A-97/33382 describe una señal de frecuencia portadora de precisión utilizada para calibrar el oscilador local de un receptor GPS de tal manera que la salida del oscilador se modifica por una señal de referencia generada a partir de la señal de frecuencia portadora de precisión. El receptor GPS bloquea la señal de frecuencia portadora de precisión para generar la señal de referencia.

35 El documento XP 002935404 describe un procedimiento de adquisición para sistemas de espectro ensanchado de secuencia directa de datos modulados. El tiempo de correlación se divide en subintervalos y los resultados de integración en estos subintervalos se combinan de manera no coherente para la detección. El equilibrio entre pérdida de combinación no coherente y degradación de modulación de datos da como resultado la elección óptima del número de subintervalos.

40 El documento XP 000903457 describe detectores no coherentes para su uso en adquirir señales de espectro ensanchado de secuencia directa de datos modulados. Se examinan estructuras de detección de probabilidad máxima y probabilidad máxima generalizada para obtener detectores por debajo del óptimo.

45 El documento XP 000506559 describe esquemas de adquisición coherente óptimos y por debajo del óptimo para secuencias PN con modulación de datos. Un esquema óptimo que utiliza estimación de probabilidad máxima se obtiene tratando la fase de la secuencia entrante como un parámetro de señal que va a estimarse. También se describen esquemas de búsqueda en paralelo, serie, e híbridos.

50 El documento XP 002159275 describe la adquisición de código de espectro ensanchado en presencia de desplazamiento Doppler y modulación de datos. En presencia de modulación de datos, el tiempo de correlación se divide en subintervalos y los resultados de integración en estos subintervalos son la ley del cuadrado combinada de manera no coherente para la detección.

### 55 Sumario de la invención

60 La presente invención es un procedimiento y un aparato novedosos y mejorados para realizar localización de posición en sistemas de comunicaciones inalámbricas. Según el primer y el segundo aspecto de la invención, se proporcionan un procedimiento y un sistema para realizar localización de posición sobre una unidad de abonado en un sistema de telefonía inalámbrica terrestre que tiene estaciones base según se expone en las reivindicaciones 1 y 3, respectivamente.

### Breve descripción de los dibujos

65 Las características, objetos, y ventajas de realizaciones de la presente invención resultarán más evidentes a partir de la descripción detallada expuesta a continuación cuando se toma en conjunción con los dibujos en los que caracteres de referencia similares identifican de manera correspondiente a lo largo de todos ellos y en los que:

## ES 2 313 794 T3

la figura 1 es un diagrama de bloques del generador de forma de onda del 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;

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 DSP configurado según una realización de la invención;

la figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra las etapas realizadas durante una búsqueda realizada según una realización de la invención;

la figura 9 es una línea de tiempo que ilustra las fases a lo largo de las que se realizan búsquedas precisas y aproximadas en una realización de la invención;

la figura 10 es una línea de tiempo del proceso de búsqueda cuando se realiza según una realización de la invención;

la figura 11 es un diagrama de espacio de búsqueda; y

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

### Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Se describen un procedimiento y un aparato novedosos y mejorados para realizar localización de posición en un sistema de comunicaciones inalámbricas. La realización ejemplar se describe en el contexto del sistema de telefonía celular digital. Aunque el uso dentro de este contexto es ventajoso, diferentes realizaciones de la invención pueden incorporarse en diferentes entornos o configuraciones. En general, los diversos sistemas descritos en el presente documento pueden formarse utilizando 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 a los que puede hacerse referencia a lo largo de la solicitud se representan de manera ventajosa mediante tensiones, corrientes, ondas electromagnéticas, partículas o campos magnéticos, partículas o campos ópticos, o una combinación de los mismos. Adicionalmente, los bloques mostrados en cada diagrama de bloques pueden representar hardware o etapas de procedimiento.

La figura 1 es un diagrama de bloques del generador de forma de onda del sistema de posicionamiento global (GPS). El círculo con un signo más designa la suma de módulo 2. En general, la constelación GPS consiste en 24 satélites: 21 vehículos espaciales (SV) utilizados para la navegación y 3 de repuesto. Cada SV contiene un reloj que se sincroniza con tiempo GPS monitorizando estaciones terrestres. Para determinar una posición y un tiempo, un receptor GPS procesa las señales recibidas desde varios satélites. Deben utilizarse al menos 4 satélites para resolver las 4 incógnitas (x, y, z, tiempo).

Cada SV transmite 2 dos portadoras de microondas: la portadora L1 de 1575,42 MHz, que lleva las señales utilizadas para el servicio de posicionamiento estándar (SPS), y la portadora L2 de 1227, 60 MHz, que lleva señales necesarias para el servicio de posicionamiento preciso (PPS). PPS se utiliza por agencias gubernamentales y permite un grado de precisión superior en el posicionamiento.

La portadora L1 se modula mediante el código de adquisición aproximada (C/A), un código pseudoaleatorio de 1023 elementos de código transmitido a 1,023 Mcps que se utiliza para servicios civiles de localización de posición. (El código de adquisición aproximada no debería confundirse con las adquisiciones aproximadas y precisas descritas en el presente documento, que implican ambas el uso de los códigos C/A). Cada satélite tiene su propio código C/A que repite cada 1 ms. El código P, que se utiliza para PPS, es un código de 10, 23 MHz que es de 267 días de longitud. El código P aparece en ambas portadoras pero está desfasado 90 grados con el código C/A sobre la portadora L1. El mensaje de navegación de 50Hz, al que se realiza la operación 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 satélites y correcciones de reloj.

Cada satélite tiene un código C/A diferente que pertenece a una familia de códigos denominados códigos Gold. Se utilizan códigos Gold porque la correlación cruzada entre los mismos es pequeña. El código C/A se genera utilizando dos registros de desplazamiento de 10 fases como se muestra posteriormente en la figura 1.4-2. El generador G1 utiliza el polinomio  $1+X^3+X^{10}$  mientras que el generador G2 utiliza el polinomio  $1+X^2+X^3+X^6+X^8+X^9+X^{10}$ . El código C/A se genera realizando la operación O-exclusiva a la salida del registro de desplazamiento G1 con 2 bits del registro de desplazamiento G2.

## ES 2 313 794 T3

La figura 2 es un diagrama de bloques altamente simplificado de un sistema de telefonía celular configurado según el uso de la presente invención. Los teléfonos 10 móviles están ubicados entre las estaciones 12 base, que están acopladas a un controlador 14 de estación base (BSC). Un centro de conmutación móvil MSC (no mostrado) conecta el BSC 14 a la red 16 telefónica pública conmutada (PSTN). Durante el funcionamiento, algunos teléfonos móviles están llevando a cabo llamadas telefónicas interconectándose con las estaciones 12 base mientras que otros están en modo de espera.

Como se describe en la publicación de patente internacional (PCT) número WO-A-99/47943 titulada “*SYSTEM AND METHOD FOR DETERMINING THE POSITION OF A WIRELESS CDMA TRANCEIVER*” transferida al cesionario de la presente invención, la localización de posición se facilita mediante la transmisión de un mensaje de solicitud 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. Utilizando esta información, la unidad móvil puede adquirir las señales GPS y determinar su ubicación más rápidamente.

En respuesta al mensaje de ayuda, la unidad móvil se sintoniza a la frecuencia GPS y comienza a correlacionar la señal recibida con sus secuencias C/A generadas localmente para los SV indicados 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 utilizando correlación de tiempo. Obsérvese que estas pseudodistancias se basan en el tiempo de la unidad móvil (referenciado a partir del contador de tiempo del sistema combinador del receptor CDMA), que es una versión retardada de tiempo GPS.

Una vez que se calcula esta información, la unidad móvil envía las pseudodistancias para cada satélite (preferentemente a resolución de 1/8 elemento de código) y el tiempo en el que se llevaron las mediciones a la estación base. La unidad móvil se resintoniza entonces a CDMA para continuar la llamada.

Tras la recepción de la información, el BSC utiliza la estimación de retardo unidireccional para convertir las pseudodistancias de tiempo de unidad móvil a tiempo de estación móvil y calcula la posición estimada de la unidad móvil resolviendo la intersección de varias esferas.

Otro parámetro proporcionado 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 velocidad 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.

En el caso GPS, la frecuencia Doppler cambia la frecuencia portadora recibida por lo que el efecto es el mismo que la demodulación con un desfase de portadora. Puesto que el receptor GPS de la estación base está siguiendo la pista de manera activa del satélite deseado, conoce la frecuencia Doppler debido al movimiento del satélite. Además, el satélite está tan alejado de la estación base y la unidad móvil que el Doppler visto por la unidad móvil es de manera efectiva el mismo que el Doppler visto por la estación base. En una realización de la invención, para corregir el valor de frecuencia Doppler, 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.

El efecto del código Doppler es cambiar la tasa de elementos de código de 1,023 Mhz, lo que comprime o expande de manera efectiva el ancho de los elementos de código del código C/A recibidos. 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 entonces 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.

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

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

Durante el funcionamiento, las muestras se rotan primero mediante el rotador 102 para corregir el desfase de frecuencia Doppler. Las muestras I y Q rotadas se correlacionan con diversos desfases de la secuencia C/A del satélite y los productos resultantes se integran de manera coherente a lo largo de  $N_c$  elementos de código mediante los integra-

## ES 2 313 794 T3

dores 104. Las sumas de la integración coherente se elevan al cuadrado y se suman entre sí para eliminar el efecto del desfase 0 de fase no conocido. Para aumentar la prueba de hipótesis para un desfase particular, se combinan de manera no coherente varios intervalos coherentes. Este desensanchamiento se realiza repetidamente en diversos desfases de tiempo para encontrar el desfase de tiempo de la señal de satélite. El rotador 102 elimina la frecuencia Doppler creada por el movimiento del satélite. Utiliza la frecuencia Doppler especificada por la estación base (preferentemente 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 sólo sobre la ventana de integración coherente. Es decir, el rotador se detiene entre periodos de integración coherente de, por ejemplo, 1 ms. Cualquier diferencia de fase resultante se elimina por al cuadrado y la suma.

La figura 4 es otro diagrama de bloques de un receptor configurado según una realización de la invención, en el que la parte de rotador del receptor se representa con 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 generada localmente en lugar de las muestras de entrada.

Como se muestra, la secuencia  $c(n)$  C/A se rota mediante la aplicación a las sinusoides  $\sin(W_n T_c)$  y  $\cos(W_n T_c)$  y entonces se almacena. La rotación de la secuencia C/A sólo necesita realizarse una vez para cada satélite. Por tanto, la rotación de la secuencia C/A reduce la cantidad de cálculo requerido. También ahorra memoria en el DSP utilizado para realizar este cálculo en una realización de la invención.

Otro trastorno significativo 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 realizar 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 provocar errores grandes del orden de  $\pm 7500$  Hz. Este reloj se utiliza para generar las portadoras utilizadas para la demodulación de las señales GPS, por lo que el error de reloj se sumará al tiempo de adquisición de señal. Debido a que el tiempo disponible para buscar es muy pequeño, errores de esta magnitud debido a la tolerancia de frecuencia no son tolerables y deben reducirse en gran medida.

Para permitir tiempos de integración coherente más largos, en una realización de la invención, el receptor CDMA corrige el error del oscilador local utilizando el tiempo adquirido 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 desde CDMA hasta GPS. Incluso después de que se realice la corrección utilizando la información de tiempo de la estación base (u otra fuente), sin embargo, permanece algún error de reloj adicional. En una realización de la invención, la incertidumbre de frecuencia resultante después de la corrección es  $\pm 100$  Hz. Este error que permanece reduce todavía el rendimiento del receptor, y en general impide tiempos de integración coherente más largos. En una realización de la invención, el error que permanece se evita simplemente realizando integración no coherente durante más de 1 ms, lo que reduce el rendimiento.

Como se muestra también en la figura 1, los datos de sistema/NAV de 50 Hz también se modulan 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 resultante será cero porque las dos mitades se cancelarán entre sí. Esto reduce de manera efectiva el número de acumulaciones no coherentes en uno en el peor caso. 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 de manera efectiva la fase de datos recibida.

En una realización de la invención, el problema de diferentes fases de datos sobre diferentes señales es incluir la fase de datos en la información de ayuda enviada desde la estación base hasta la unidad móvil. Puesto que la estación base está remodulando 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 (2) secciones. Una sección que precede al límite de datos y una sección a continuación del límite de datos. Por ejemplo, si  $E_{n1}$  es la suma de integración coherente sobre la ventana que precede al límite de datos la primera mitad de esta ventana y  $E_{n2}$  es la suma de integración coherente sobre la ventana a continuación del límite de datos, la unidad móvil entonces selecciona el máximo (en magnitud) de  $(E_{n1} + E_{n2})$  (en caso de que los datos permanezcan igual) y  $(E_{n1} - E_{n2})$  (en caso de que se cambien los datos) para tener en cuenta el cambio de fase. La unidad móvil también tiene la opción de realizar combinación no coherente de las dos mitades sobre esta ventana de datos o evitar esta ventana de datos completamente.

## ES 2 313 794 T3

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 elevada al cuadrado de la suma y diferencia en integración coherente de 1 ms.

5 En una realización de la invención, se utiliza un enfoque de DSP (procesador de señal digital) basado en firmware para realizar 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.

10 En la realización ejemplar, el DSP genera la secuencia C/A, realiza 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 realiza integración coherente y combinación no coherente y gira un diezmadador de muestras IQ según sea necesario para compensar el código Doppler.

15 Para ahorrar cálculo y memoria, la búsqueda inicial se realiza utilizando una resolución de 1/2 elementos de código y se realiza una búsqueda más precisa para obtener 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).

20 Adicionalmente, en una realización de la invención, la búsqueda precisa se realiza acumulando las muestras de elemento de código x8 (resolución superior) a lo largo de la duración de un elemento de código en diversos 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 de elemento de código x8 particular. Esto permite determinar el desfase de código con resolución de elemento de código x8.

25 La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra las etapas realizadas para corregir el error del oscilador local durante un procedimiento de localización de posición cuando se realiza según una realización de la invención. En la etapa 500, se determina si el oscilador local se ha corregido recientemente. Si no es así, entonces se adquiere el piloto desde 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 basándose en ese error.

30 El flujo lleva entonces a la etapa 504, en la que se congela la señal de corrección al valor actual. En la etapa 506, se entra en modo GPS y se realiza la localización de posición utilizando el reloj corregido. Una vez que se ha realizado la localización de posición, la unidad móvil abandona el modo GPS.

35 La figura 7 es una ilustración de un sistema receptor DSP configurado según una realización de la invención. El DSP realiza toda la operación de búsqueda con hardware adicional mínimo. Un núcleo 308 DSP, un módem 306, una unidad 300 de interfaz, una ROM 302 y memoria 304 (RAM) están acoplados a través de un bus 310. La unidad 300 de interfaz recibe muestras RF desde una unidad RF (no mostrada) y proporciona las muestras a la RAM 304. Las muestras RF pueden almacenarse a resolución aproximada o resolución precisa. El núcleo 308 DSP procesa las muestras almacenadas en memoria utilizando instrucciones almacenadas 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 306 realiza procesamiento CDMA durante el modo normal.

45 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 comienza cuando se recibe el mensaje de ayuda, y el sistema RF se conmuta a frecuencias GPS en la etapa 600. Cuando el RF está conmutado 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.

50 En la etapa 602, los datos de búsqueda aproximada se almacenan dentro de la RAM 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 comienza 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.

55 Una vez que se almacenan los datos, se realiza una búsqueda aproximada en la etapa 604. El DSP comienza la búsqueda aproximada (resolución de elemento de código x2). Para cada satélite, el DSP genera el código C/A, rota el código basándose en la frecuencia Doppler, y correlaciona sobre la ventana de búsqueda especificada por la estación base, a través de la aplicación repetida del código C/A a los datos de búsqueda aproximada almacenados. Se procesan los satélites sobre la misma ventana de datos de 18 ms y se obtiene la mejor hipótesis de elemento de código x2 que supera un umbral para cada satélite. Aunque en una realización de la invención se utiliza un tiempo de integración coherente de 2 ms (con 9 integraciones no coherentes), pueden utilizarse tiempos de integración coherente más largos (por ejemplo de 18 ms), aunque preferentemente donde se realizan ajustes adicionales como se describe posteriormente.

65 Una vez que se realiza la búsqueda aproximada, se lleva a cabo una búsqueda precisa, en la etapa 606. Antes de comenzar la búsqueda precisa, el DSP calcula el código C/A rotado para cada uno de los satélites. Esto permite que

## ES 2 313 794 T3

el DSP procese la búsqueda precisa en tiempo real. Al realizar la búsqueda precisa (resolución de elemento de código x8), los satélites se procesan uno cada vez sobre diferentes datos.

5 El DSP primero gira el diezmadador para compensar el código Doppler para el/los satélite(s) dado(s). También restablece el valor Rx AGC mientras espera al siguiente límite de 1 ms antes de almacenar una ventana de integración coherente de 1 ms de muestras de elemento de código x8.

10 El DSP procesa 5 hipótesis de resolución de elemento de código x8 contiguas 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 de manera coherente 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 diezmadador) se repite sobre los mismos datos para el siguiente satélite hasta que se han procesado todos los satélites. 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 caso, se utilizan 8 conjuntos de  $2*Nn$  ventanas de datos de 1 ms para la búsqueda precisa.

20 Finalmente, en la etapa 608, los resultados se notifican al microprocesador y se reinicia el proceso del vocodificador dentro del DSP de modo que puede continuar la llamada. El DSP notifica las pseudodistancias al microprocesador, que las reenvía a la estación base. Después de que el microprocesador vuelve a descargar el código de programa de vocodificador en la memoria DSP, el DSP vacía su memoria de datos y reinicia el vocodificador.

25 La figura 9 es un diagrama que ilustra la búsqueda precisa realizada después de la búsqueda aproximada. Después de aislar la mejor fase de elemento de código x2 en la búsqueda aproximada, el DSP realiza una búsqueda precisa alrededor de esta fase para obtener una resolución de elemento de código x8.

30 Las 5 fases para comparar en la búsqueda precisa se muestran encerradas por un rectángulo. Se evalúa la mejor fase de elemento de código x2 de nuevo de modo que pueden hacerse 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 realiza por separado para cada satélite porque cada satélite puede tener un valor diferente para código Doppler.

35 La figura 10 proporciona una línea de tiempo del proceso de búsqueda cuando se realiza según una realización de la invención. El tiempo de procesamiento global (búsqueda precisa + aproximada) se realiza en aproximadamente 1,324 segundos en una realización de la invención, que interrumpe la llamada, pero todavía permite que la llamada continúe una vez que se realiza la búsqueda. El tiempo de búsqueda total de 1,324 segundos es un límite superior, porque supone que el DSP necesita buscar todos los 8 satélites y cada satélite tiene una ventana de búsqueda de 68 elementos de código. Sin embargo, la probabilidad de que sean necesarios todos los 1,324 segundos es pequeña, debido a la geometría de las órbitas de satélites.

40 Durante los primeros 18 ms 80, se recogen datos de muestras IQ a la frecuencia GPS. Durante el periodo 82, se realiza una búsqueda aproximada internamente que podría durar hasta 1,13 segundos, pero que probablemente terminará antes cuando se identifiquen las señales de satélite. Una vez que se realiza la búsqueda aproximada, se calculan los códigos C/A durante el periodo 84 de tiempo, que dura 24 ms. Durante los periodos 86 de tiempo se ajusta el valor de giro para el código Doppler y se ajusta adicionalmente el Rx AGC. Durante los periodos 88 de tiempo, se realizan búsquedas precisas sobre las muestras de datos IQ, con un ajuste continuo realizado durante los periodos 86 de tiempo. El uso de tiempos de integración de 18 ms permite que se rechace el código Doppler porque la fase de código C/A recibida estará desplazada en menos de 1/16 de un elemento de código. Se realizan hasta ocho secuencias de ajustes y búsquedas precisas para los hasta ocho satélites, momento en el que se completa el procedimiento de localización de posición.

55 Adicionalmente, en algunas realizaciones de la invención, el teléfono continúa transmitiendo tramas de enlace inverso a la estación base mientras se realiza el procedimiento de localización de posición. Estas tramas pueden contener simplemente información nula 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 realiza preferentemente cuando no están recopilándose muestras GPS cuando el conjunto de circuitos RF está disponible, o mientras se recopilan las muestras GPS si hay disponibles conjuntos de circuitos RF suficientes.

60 Aunque el uso de 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 dentro del lapso de procesamiento de 18 ms (como se describió anteriormente). El cambio de datos provoca que se desplace la fase de la señal. Los límites de datos de 50 Hz se producen en lugares diferentes para cada satélite. Las fases de las transiciones de 50 Hz para cada satélite se han aleatorizado de manera efectiva mediante las longitudes de trayectoria variables desde cada satélite hasta el teléfono.

65 En el peor caso, si el bit de datos se invirtió en el medio de un intervalo de integración coherente, la integración coherente podría cancelarse completamente. Por esta razón, en una realización alternativa de la invención, la estación

## ES 2 313 794 T3

base debe comunicar los límites de transición de datos para cada satélite al teléfono (también descrito anteriormente). Preferentemente, el límite de transmisión de datos también se incluye en el mensaje de ayuda transmitido desde la estación base (tal como en un conjunto de mensajes de cinco bits que indican el intervalo de milisegundos durante el que se produce la transición para cada satélite). El teléfono utiliza este límite para dividir el intervalo de integración coherente para cada satélite en 2 partes y decidir si sumar o restar las sumas de integración coherente en estos 2 intervalos. Por tanto, incluyendo también el límite de datos de cada señal GPS, aumenta la fiabilidad del procedimiento de localización.

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 cuando aumenta el tiempo de integración coherente, como se muestra en la Tabla I.

TABLA I

<b>N<sub>c</sub></b>	<b>Pérdida en E<sub>c</sub>/N<sub>t</sub></b>
1023 (1 ms)	0,14 dB
2046 (2ms)	0,58 dB
4092 (4ms)	2,42 dB
6138 (6ms)	5,94 dB
8184 (8ms)	12,6 dB

Como se observó también anteriormente, siempre hay algún desfase de frecuencia no conocido del oscilador local en la unidad móvil. Es este desfase de frecuencia no conocido el que impide que se realicen integración y desensanchamiento coherentes más largos. El desensanchamiento coherente más largo mejoraría el procesamiento si pudieran reducirse los efectos del desfase de frecuencia no conocido.

En una realización de la invención, este desfase de frecuencia no conocido se tiene en cuenta para expandir el espacio de búsqueda a 2 dimensiones para incluir búsquedas de frecuencia. Para cada hipótesis, se realizan varias 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 cálculo añadidos. Por ejemplo, si se utilizan 5 hipótesis de frecuencia, el espacio de búsqueda resultante se muestra en la figura 11.

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 estar en 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 un desfase de frecuencia de 20 Hz es 2,42 dB. Doblando el número de hipótesis de frecuencia a 10, la incertidumbre de frecuencia puede reducirse a 10 Hz, lo que provoca una pérdida de 58 dB. Sin embargo, añadir hipótesis adicionales amplía el espacio de búsqueda, lo que aumenta los requisitos tanto de cálculo como de memoria.

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

Como alternativa, puesto que la incertidumbre de frecuencia es pequeña comparada con la frecuencia Doppler, la fase de rotación puede considerarse que es constante a lo largo de un intervalo de 1 ms (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 puede realizarse desensanchamiento coherente más largo, y un rendimiento mejorado.

La figura 12 es un diagrama de bloques de un receptor configurado según el uso de un enfoque de desensanchamiento coherente más largo. El primer conjunto de multiplicadores 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 la integración de manera coherente a lo largo de un intervalo de 1 ms (1023

## ES 2 313 794 T3

elementos de código) utilizando los acumuladores 52, el segundo conjunto de multiplicadores 54 rota las sumas de integración de 1 ms ( $E_I$  y  $E_Q$ ) para implementar la hipótesis de frecuencia. Las sumas rotadas se suman entonces a lo largo del intervalo de integración coherente global.

5      Recuérdese que la rotación de frecuencia Doppler sólo se calculaba sobre 1023 elementos de código para ahorrar memoria y cálculo. Para tiempos de integración coherente más largos que 1 ms, cada suma de integración coherente se multiplica por un desfase de fase para hacer la fase de la rotación continua a lo largo del tiempo. Para mostrar esto matemáticamente, la suma de integración coherente de 1 ms con rotación de frecuencia Doppler puede expresarse como:

10

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

15

donde  $I(n)$  y  $Q(n)$  son las muestras de entrada recibidas sobre los canales I y Q respectivamente,  $c(n)$  es el código C/A no rotado,  $\omega_d$  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 puede expresarse como:

20

$$S(2ms) = \sum_{n=1}^{2046} [I(n) + jQ(n)] c(n) e^{-j\omega_d n T_c}$$

25

$$= \sum_{n=1}^{1023} [I(n) + jQ(n)] c(n) e^{-j\omega_d n T_c} + e^{-j\omega_d (1023) T_c} \sum_{n=1}^{1023} [I(n+1023) + jQ(n+1023)] c(n) e^{-j\omega_d n T_c}$$

30

$$= S_1 + e^{-j\omega_d (1023) T_c} S_2$$

35

En este caso,  $S_1$  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  $e^{-j\omega_d (1023) T_c}$  es el desfase de fase que compensa utilizar los mismos valores rotados. De manera similar, una suma de integración coherente de 3 ms puede expresarse como

40

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

45

Por tanto, 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 ( $n+1$ ) debería multiplicarse por  $e^{-j\omega_d n (1ms)}$  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

$$e^{-j\omega_d n (1ms)} e^{-j\omega_h n (1ms)} = e^{-j(\omega_d + \omega_h) n (1ms)}$$

50

se puede multiplicar la ( $n+1$ )-ésima suma de integración de 1 ms por  $e^{-j(\omega_d + \omega_h) n (1ms)}$  para buscar una hipótesis de frecuencia y tener en cuenta el desfase de fase de frecuencia Doppler.

55

Obsérvese que la búsqueda de frecuencia puede reducirse después de adquirir un satélite, porque la incertidumbre de frecuencia no depende del satélite. Puede realizarse una búsqueda de frecuencia mucho más precisa si se desea una integración coherente más larga.

60

En la realización ejemplar de la invención, la búsqueda precisa se realiza de manera similar a la búsqueda aproximada con 2 diferencias. En primer lugar, los intervalos de integración siempre se suman de manera coherente en lugar de elevar al cuadrado y sumar de manera no coherente. En segundo lugar, la rotación para eliminar la incertidumbre de frecuencia (que debería conocerse 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.

65

En una realización alternativa de la invención, la ventana de integración coherente de datos de elemento de código x2 se integra para tiempos de integración más largos que 18 ms. Esta realización es útil si está disponible memoria adicional. Para coherencias de integración más largas que 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.

## ES 2 313 794 T3

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 debe reducirse a niveles muy pequeños para intervalos de integración coherente largos. 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 la incertidumbre de frecuencia se reduzca a 1 Hz. Para corregir este problema, la incertidumbre de frecuencia se reduce hasta 1 Hz de una manera jerárquica. Por ejemplo, una primera búsqueda de frecuencia reduce la incertidumbre desde 100 Hz hasta 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 también compensará errores en la frecuencia Doppler obtenida desde la estación base.

Adicionalmente, para realizar integraciones más largas sólo se buscan satélites con Doppler similar sobre los mismos datos para tiempos de integración largos, puesto que el código Doppler es diferente para cada satélite. El DSP calcula cuánto lleva dividir 1/16 de un elemento de código y gira el diezmador puesto que recopila una ventana de datos de integración coherente. Adicionalmente, se toman múltiples ventanas de datos en esta realización.

Por tanto, se han descrito un procedimiento y un aparato para realizar localización de posición en un sistema de comunicaciones inalámbricas. La descripción anterior de las realizaciones preferidas se proporciona para permitir a cualquier experto en la técnica hacer o utilizar la presente invención. Las diversas modificaciones a estas realizaciones serán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica, y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden aplicarse a otras realizaciones sin el uso de la actividad inventiva. Por tanto, la presente invención no está prevista para limitarse a las realizaciones mostradas en el presente documento sino que ha de concedérsele el alcance más amplio consistente según se define mediante las reivindicaciones.

# ES 2 313 794 T3

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para realizar localización de posición sobre una unidad (10) de abonado en un sistema de telefonía inalámbrica terrestre utilizando un conjunto de satélites, teniendo el sistema de telefonía inalámbrica terrestre estaciones (12) base, comprendiendo dicho procedimiento:

recibir (52, 54, 102, 104, 300 a 310) en la unidad (10) de abonado una primera señal que tiene al menos un límite de datos desde uno de los satélites;

recibir (52, 54, 102, 104, 300 a 310) en la unidad (10) de abonado, desde una de las estaciones (12) base, un mensaje de ayuda;

aplicar códigos de correlación a la primera señal para proporcionar datos de correlación,

**caracterizado** porque:

el mensaje de ayuda contiene información relativa a al menos uno de los límites de datos dentro de la primera señal, y por:

acumular los datos de correlación proporcionados aplicando los códigos de correlación a lo largo de un primer intervalo que precede a uno primero de los límites de datos para los que se recibió información desde la estación (12) base proporcionando un primer resultado de acumulación; y

acumular los datos de correlación a lo largo de un segundo intervalo a continuación de dicho uno primero de los límites de datos para los que se recibió información desde la estación (12) base proporcionando un segundo resultado de acumulación, basándose el tiempo del primer y segundo intervalo en el conocimiento del tiempo del al menos un límite de datos establecido a partir del mensaje de ayuda.

2. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende:

sumar el primer resultado de acumulación y el segundo resultado de acumulación proporcionando un primer resultado de acumulación completa;

restar el primer resultado de acumulación del segundo resultado de acumulación proporcionando un segundo resultado de acumulación completa;

seleccionar el primer resultado de acumulación completa cuando sea de mayor magnitud que el segundo resultado de acumulación completa; y

seleccionar el segundo resultado de acumulación completa cuando sea de mayor magnitud que el primer resultado de acumulación completa.

3. Un sistema para realizar localización de posición sobre una unidad (10) de abonado en un sistema de telefonía inalámbrica terrestre utilizando un conjunto de satélites, teniendo el sistema de telefonía inalámbrica terrestre estaciones (12) base, comprendiendo dicho sistema:

medios para recibir (52, 54, 102, 104, 300 a 310) en la unidad (10) de abonado una primera señal que tiene al menos un límite de datos desde uno de los satélites;

medios para recibir (52, 54, 102, 104, 300 a 310) en la unidad (10) de abonado, desde una de las estaciones (12) base, un mensaje de ayuda;

medios para aplicar códigos de correlación a la primera señal para proporcionar datos de correlación,

**caracterizado** porque:

el mensaje de ayuda contiene información relativa a al menos uno de los límites de datos dentro de la primera señal, y por:

medios para acumular los datos de correlación proporcionados aplicando los códigos de correlación a lo largo de un primer intervalo que precede a uno primero de los límites de datos para los que se recibió información desde la estación (12) base proporcionando un primer resultado de acumulación; y

medios para acumular los datos de correlación a lo largo de un segundo intervalo a continuación de dicho uno primero de los límites de datos para los que se recibió información desde la estación (12) base proporcionando un segundo resultado de acumulación, basándose el tiempo del primer y segundo intervalo en el conocimiento del tiempo del al menos un límite de datos establecido a partir del mensaje de ayuda.

## ES 2 313 794 T3

4. El sistema según la reivindicación 3, que comprende:

medios para sumar el primer resultado de acumulación y el segundo resultado de acumulación proporcionando un primer resultado de acumulación completa;

5       medios para restar el primer resultado de acumulación del segundo resultado de acumulación proporcionando un segundo resultado de acumulación completa;

10       medios para seleccionar el primer resultado de acumulación completa cuando sea de mayor magnitud que el segundo resultado de acumulación completa; y

medios para seleccionar el segundo resultado de acumulación completa cuando sea de mayor magnitud que el primer resultado de acumulación completa.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

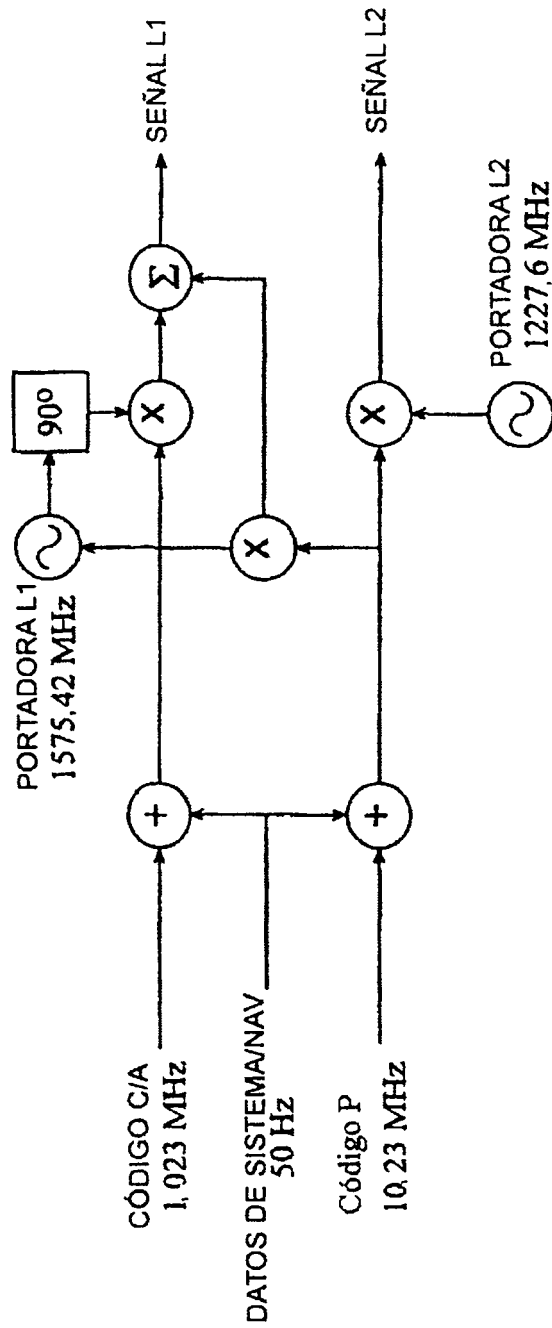


FIG. 1

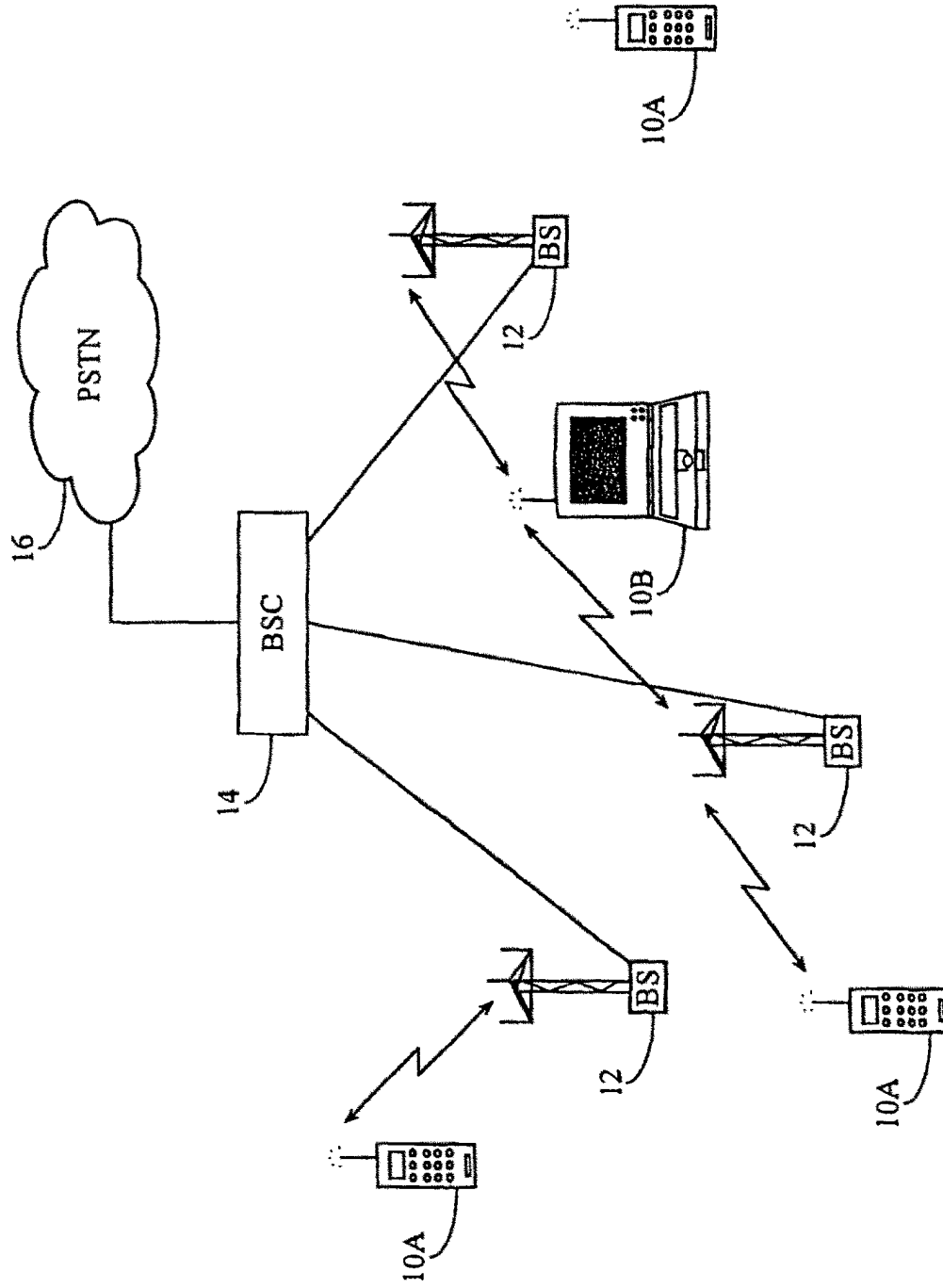


FIG. 2



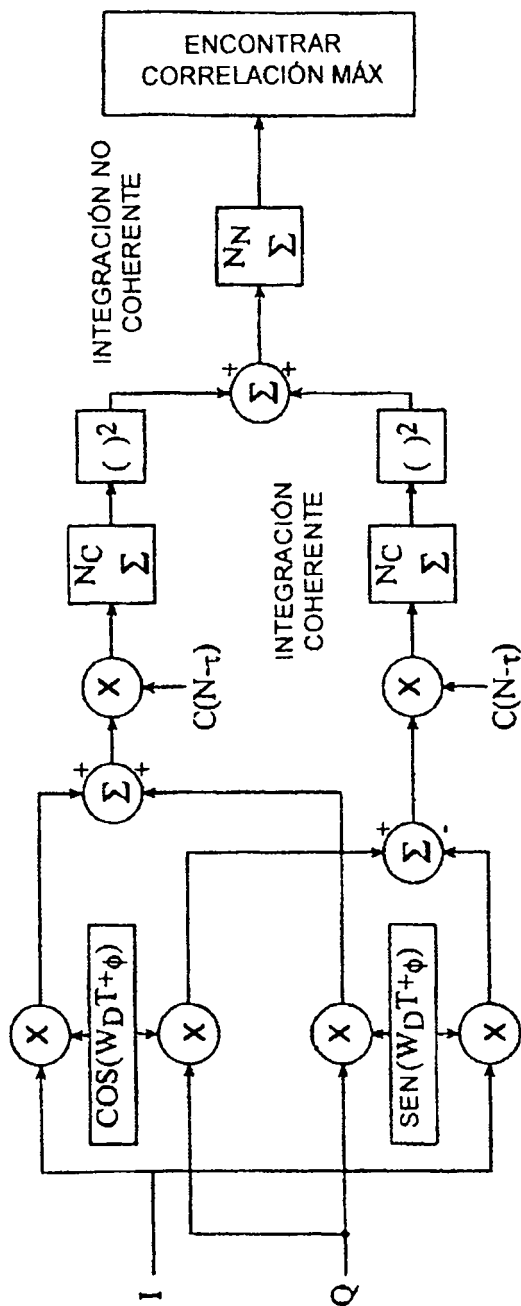


FIG. 4

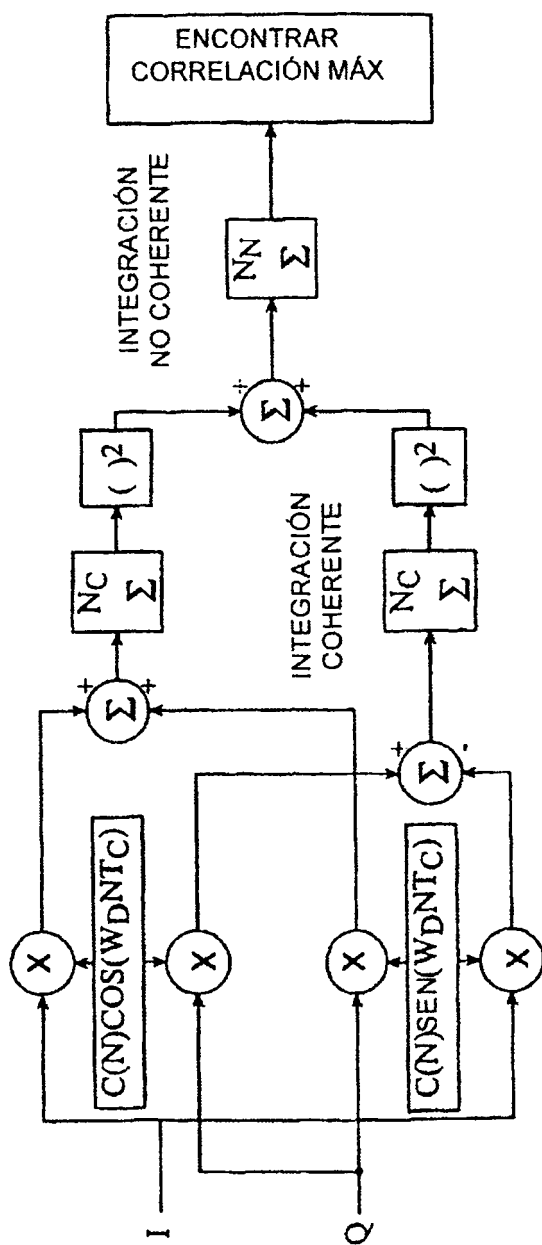


FIG. 5

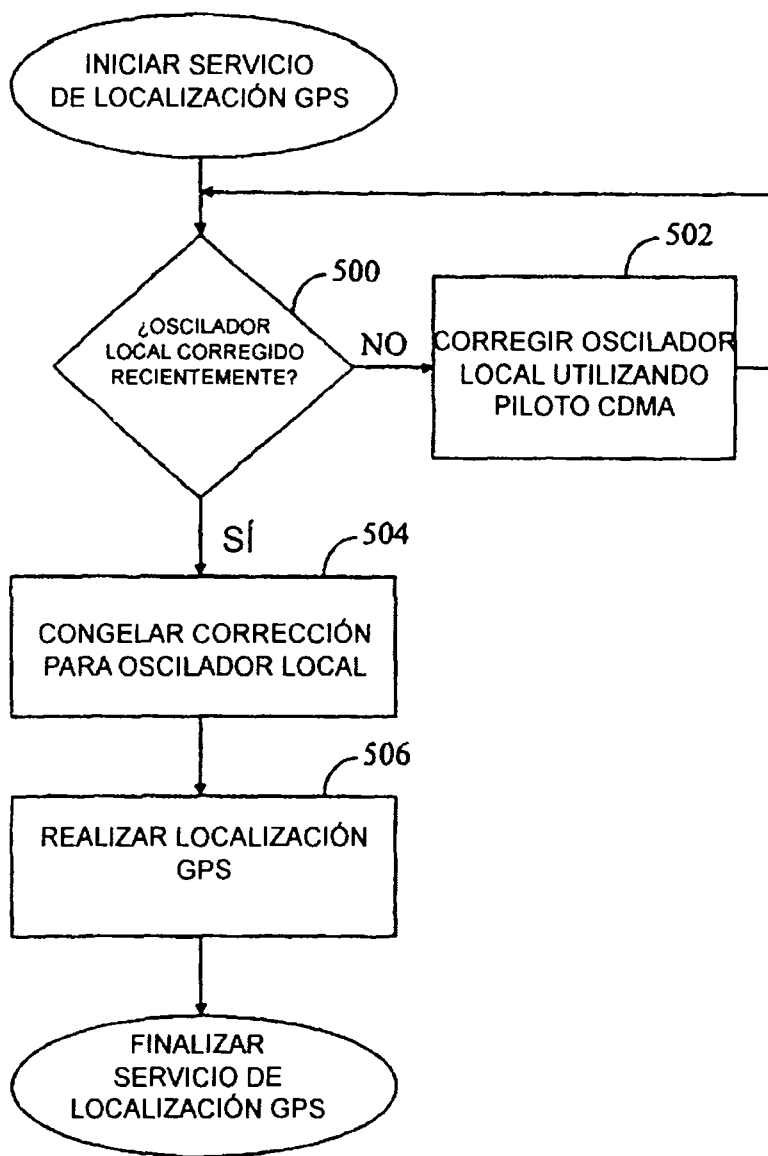


FIG. 6

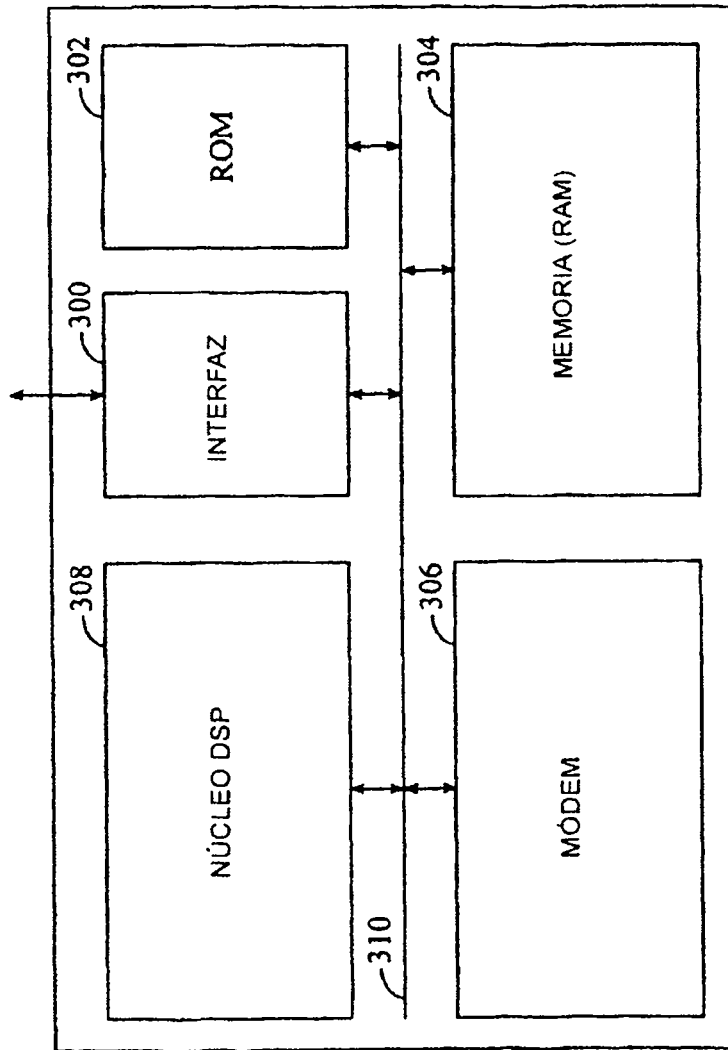


FIG. 7

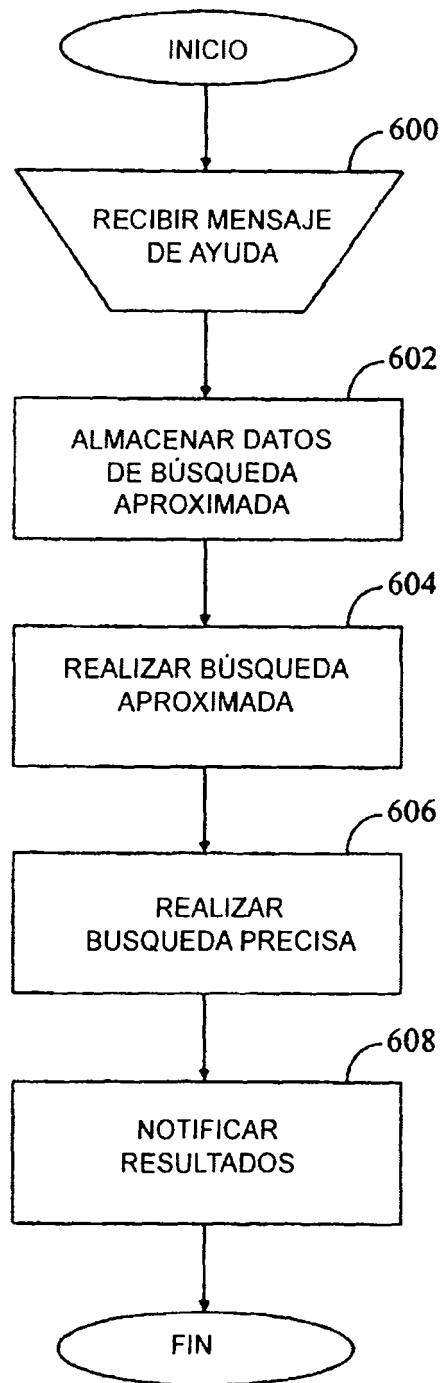


FIG. 8

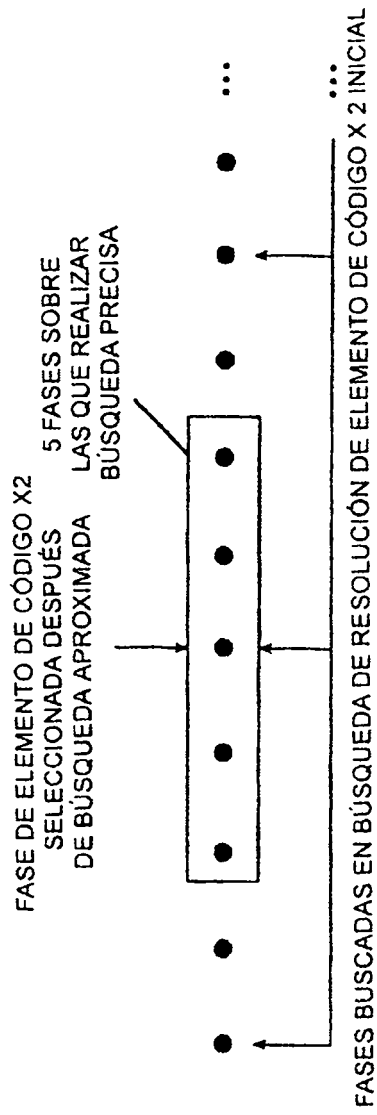


FIG. 9



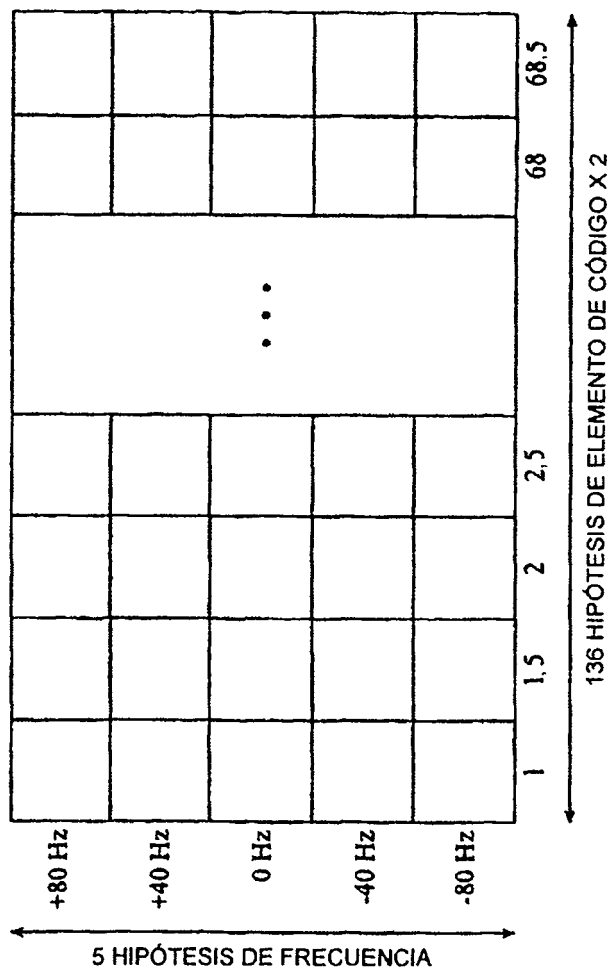


FIG. 11

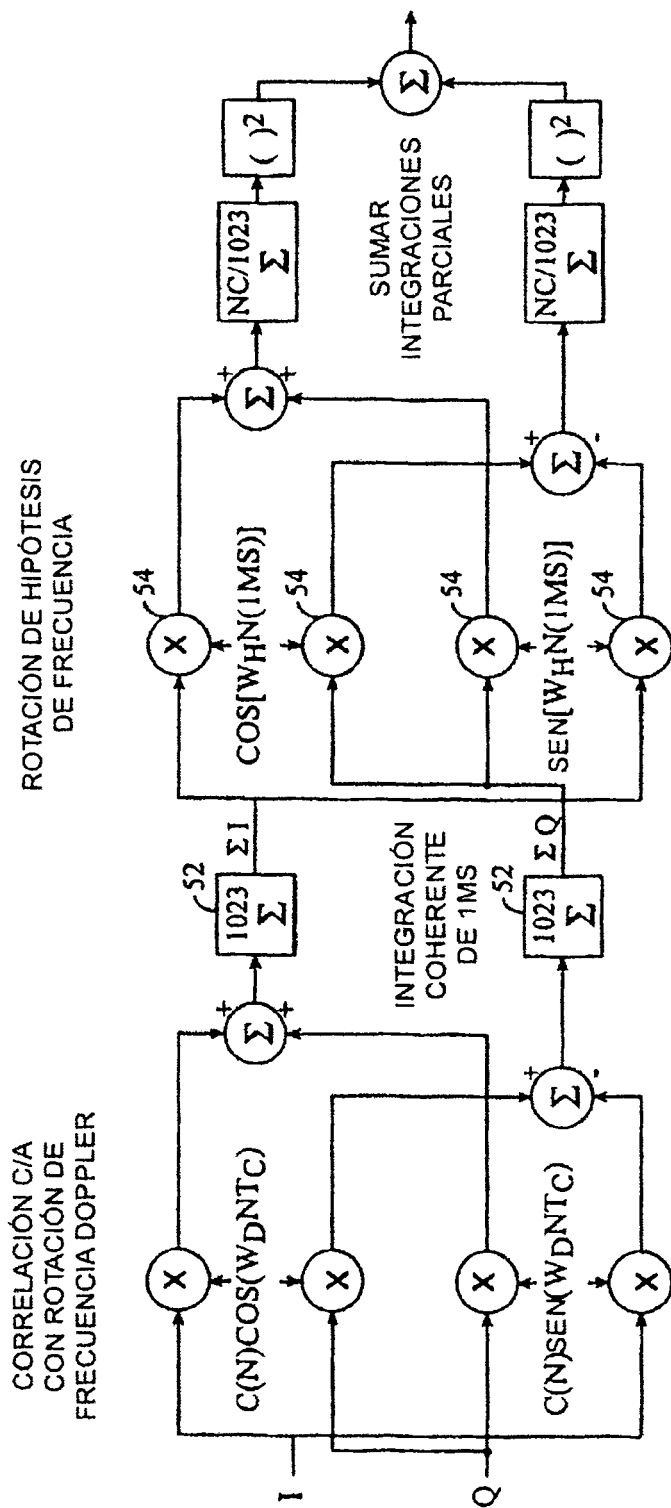


FIG. 12