

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 539 238**

51 Int. Cl.:

G01S 19/10 (2010.01)

G01S 19/23 (2010.01)

G01S 19/25 (2010.01)

G01S 19/43 (2010.01)

G01S 1/24 (2006.01)

G01S 5/14 (2006.01)

G01S 5/02 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.11.2002 E 13001662 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2015 EP 2624006**

54 Título: **Coherencia de frecuencia en una red de localización**

30 Prioridad:

02.11.2001 AU PR863401

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

29.06.2015

73 Titular/es:

**QX CORPORATION PTY LTD (100.0%)
401 Clunes Ross Street
Acton, ACT 2601, AU**

72 Inventor/es:

SMALL, DAVID

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 539 238 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

Coherencia de frecuencia en una red de localización

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere generalmente a sistemas y métodos para la generación de determinaciones de posición precisas para un aparato móvil. En particular, la presente invención se aplica a sistemas de determinación de posición de tiempo de llegada precisa. La presente invención no está restringida por los requisitos de la técnica anterior tales como conexiones físicas entre balizas transmisoras, tales como la necesidad de estándares de tiempo atómico conectados a cada transmisor o la necesidad de técnicas de corrección diferencial.

Antecedentes de la invención

Es bien conocido en la técnica que la determinación de posición de tiempo de llegada precisa es dependiente de la precisión de los relojes de transmisor usados. En su forma más rudimentaria, tres balizas transmisoras colocadas en ubicaciones conocidas y conectadas a un reloj común a través de tres cables de idéntica longitud serán suficientes como base para un sistema de posicionamiento de tiempo de llegada. Sin embargo, este rudimentario sistema de posicionamiento es muy poco práctico de fabricar e instalar debido al requisito de cables temporizados con precisión que distribuyen señales de temporización de alta frecuencia sobre distancias potencialmente grandes entre balizas. Alternativamente, los estándares de tiempo atómico de precisión, que tienen muy bajas tasas de deriva, pueden ser instalados en cada baliza transmisora y monitorizados usando un receptor de referencia colocado en una ubicación conocida y conectado a una base de tiempo de referencia. En respuesta a las señales de posicionamiento recibidas desde las balizas transmisoras, se envían correcciones de reloj desde el receptor de referencia a través de un enlace de datos de RF a cada baliza, para retransmisión posterior al equipo del usuario. Las modernas tecnologías de posicionamiento por satélite, tales como el GPS, emplean esta técnica, en donde se instalan estándares de tiempo de cesio y rubidio en cada satélite GPS, con el Segmento de Control de Tierra GPS monitorizando continuamente todos los satélites GPS y enlazando ascendentemente las correcciones de reloj a cada satélite cada veinticuatro horas. Estas correcciones son luego retransmitidas a través de un mensaje de navegación de cada satélite al equipo de usuario GPS, de modo que los algoritmos de posicionamiento dentro del equipo de usuario GPS puedan considerar el error del reloj de satélite. Con al menos cuatro satélites GPS a la vista, se logra una posición tridimensional en el equipo de usuario GPS usando una técnica estándar conocida como una solución de posición GPS basada en código convencional. Esta técnica estándar también se denomina generalmente "una posición de punto único" por los expertos en la técnica.

Solución de posición GPS basada en Código Convencional (posición de punto único)

En GPS basado en código convencional, la latitud, longitud y altitud de cualquier punto próximo a la tierra se pueden calcular a partir de los tiempos de propagación de las señales de posicionamiento de al menos cuatro satélites GPS a la vista. Un receptor GPS hace cálculos de distancia basándose en la correlación de secuencias de código pseudoaleatorio (PRN) generadas internamente con secuencias de código pseudoaleatorio recibidas desde cada satélite GPS. Las distancias medidas se denominan pseudodistancias ya que hay una diferencia de tiempo o desplazamiento, entre los relojes en los satélites y el reloj dentro del receptor GPS. Es necesario asegurar que el reloj del receptor está sincronizado con el reloj de la constelación de satélites con el fin de medir con precisión el tiempo transcurrido entre una transmisión de secuencia de código pseudoaleatorio de satélite y la recepción de esa secuencia de código pseudoaleatorio por un receptor GPS. También se transmite un mensaje de navegación desde cada satélite, el cual incluye información de tiempo, información orbital del satélite y términos de corrección del reloj del satélite. Para el posicionamiento tridimensional un receptor GPS requiere cuatro señales de satélite para resolver las cuatro incógnitas de posición (x, y, z) y tiempo (t). Para posicionamiento bidimensional (2-D), la altitud es fija y se requieren tres señales de satélite para resolver tres incógnitas de posición (x e y) y tiempo (t). Una solución de posición GPS basada en código convencional es capaz de proporcionar a un receptor GPS, con al menos cuatro satélites a la vista, la capacidad de determinar una posición tridimensional (3-D) absoluta con una precisión de aproximadamente 10 a 20 metros.

Esta solución de posición GPS basada en código convencional es una solución autónoma, la cual puede determinar la posición, velocidad y tiempo (PVT) sin datos de corrección diferencial desde receptores de referencia. Por lo tanto, ha llegado a ser conocida en la técnica como una solución de posición de "punto único".

GPS Diferencial basado en Código Convencional (posicionamiento relativo)

Con una base de tiempo atómico precisa establecida la constelación GPS solamente es capaz de proporcionar a un receptor GPS con una precisión de posición tridimensional absoluta de aproximadamente 10 a 20 metros. Esto se debe a la corrupción de las señales de posicionamiento a partir de seis principales fuentes de error: (1) retardo ionosférico, (2) retardo troposférico, (3) error de efemérides, (4) error del reloj del satélite, (5) ruido del receptor GPS y, (6) multitrayecto. El retardo ionosférico es el retardo de tiempo variable experimentado por las ondas electromagnéticas cuando pasan a través de bandas de partículas ionizadas en la ionosfera. El retardo troposférico

es el retardo de tiempo experimentado por las ondas electromagnéticas cuando pasan a través de humedad en la atmósfera inferior. El error de efemérides es la diferencia entre la ubicación real del satélite y la posición predicha por los datos orbitales del satélite. El ruido del receptor es el ruido generado por la electrónica interna de un receptor GPS. El multitrayecto es el retardo de la señal causado por las reflexiones de señal localizadas en estrecha proximidad de un receptor GPS. La mayoría de estas fuentes de error están correlacionadas espacialmente en distancias relativamente cortas (es decir, decenas de kilómetros). Esto significa que dos receptores GPS diferentes dentro de esta proximidad entre sí observarán los mismos errores. Por lo tanto, es posible mejorar las fuentes de error correlacionadas espacialmente usando una técnica conocida como "Corrección Diferencial". Un receptor de referencia colocado en una ubicación bien conocida calcula una pseudodistancia supuesto para cada señal de satélite que detecta. Entonces mide las pseudodistancias recibidas de los satélites GPS y resta las pseudodistancias supuestas de las pseudodistancias recibidas, formando una corrección de distancia diferencial para cada satélite a la vista. El receptor de referencia entonces envía estas correcciones como datos digitales al receptor GPS a través de un enlace de datos de RF. El receptor GPS añade posteriormente estas correcciones a las pseudodistancias que mide (para los mismos satélites a la vista al receptor de referencia) antes de calcular una solución de posición. Mediante este método se eliminan por completo los errores comunes tanto al receptor de referencia como al receptor GPS. Fuentes de error no correlacionadas, tales como multitrayecto y ruido del receptor permanecen en las pseudodistancias y degradan posteriormente la precisión de la posición. Precisiones de posición del orden de varios metros son alcanzables con una corrección GPS diferencial basada en código en entornos de bajo multitrayecto.

GPS Diferencial basado en Portadora Convencional (posicionamiento relativo)

El GPS diferencial basado en portadora convencional (CDGPS) calcula la diferencia entre la ubicación de referencia y la ubicación del usuario usando las diferencias entre las fases portadoras de los satélites medidas en el receptor de referencia y el receptor de usuario. Un receptor de referencia CDGPS, instalado en una ubicación bien conocida, calcula mediciones de fases portadoras simultáneas para todos los satélites a la vista y luego transmite los datos de fase portadora al receptor de usuario a través de un enlace de datos de RF. El receptor de usuario calcula también mediciones de fase simultáneas para todos los satélites a la vista y posteriormente calcula una diferencia de fase para determinar la posición del receptor de usuario con respecto a la ubicación del receptor de referencia. Las mediciones de fase portadora son un recuento de ciclo de funcionamiento basado en el cambio de frecuencia Doppler presente en las frecuencias portadoras de los satélites GPS. Cada época, este recuento de ciclos de funcionamiento (el valor de la época anterior más el avance en fase en la época actual) está disponible desde el receptor. Más específicamente, el avance de la fase portadora durante una época se determina integrando el desplazamiento Doppler de portadora sobre el intervalo de la época, de ahí el nombre de Fase Portadora Integrada (ICP).

El receptor de usuario puede medir la fase fraccional más un número arbitrario de ciclos completos de la portadora, pero no puede determinar directamente el número exacto de ciclos completos en la pseudodistancia. Este número, conocido como la "ambigüedad de ciclo entero", debe ser determinado por otros medios. Las estrategias tradicionales para resolver ambigüedades enteras de fase portadora caen dentro de tres grandes clases: métodos de búsqueda, métodos de filtrado y métodos geométricos. Estos métodos tradicionales no producen una resolución de la ambigüedad de ciclo entero instantánea. Una técnica, conocida como "encarrilamiento amplio", ha sido desarrollada para superar el problema de la ambigüedad de ciclo entero no instantánea. El encarrilamiento amplio multiplica y filtra dos frecuencias portadoras (tradicionalmente las frecuencias GPS L1 y L2) para formar una señal de frecuencia de batido. Esta longitud de onda de frecuencia de batido es significativamente más larga que las longitudes de onda de las dos portadoras individuales. Consecuentemente, la resolución de los enteros se puede lograr usando observaciones de pseudodistancia para determinar la ambigüedad de entero de los "carriles" más amplios formados por la señal de frecuencia de batido. Estas, a su vez, reducen en gran medida el volumen de los enteros que se deben buscar para resolver la ambigüedad de entero.

Las principales restricciones de los métodos CDGPS son, en primer lugar, la integridad y latencia del enlace de datos de RF y, en segundo lugar, la falta de determinación de tiempo en el receptor de usuario. El ancho de banda de datos del enlace de datos de RF restringe las tasas de actualización de datos diferenciales, causando latencia de datos y degradando la precisión de posición. Una escasa recepción de datos diferenciales causada por una obstrucción física y multitrayecto causa corrupción de datos, la cual degrada la precisión de posición en el mejor de los casos y provoca el fallo total del enlace y la no actualización de la posición en el peor de los casos. El segundo inconveniente del CDGPS es la falta de determinación del tiempo. Una solución de posición de punto único convencional resuelve las cuatro incógnitas de posición (x, y, z) y tiempo (t). CDGPS usa un proceso conocido como "diferencias dobles", el cual elimina los términos del reloj del receptor tanto para el receptor de referencia como para el receptor de usuario.

Por lo tanto, el receptor de usuario puede determinar la posición exacta con respecto a la posición del receptor de referencia, pero no puede determinar el tiempo. Esto no es importante si el usuario está simple y únicamente interesado en la posición. Sin embargo, el conocimiento preciso de una base de tiempo del sistema exacta es muy beneficioso para muchas aplicaciones de usuario que implican redes de ordenadores y sistemas de telecomunicaciones. La falta de determinación de tiempo es un problema importante asociado con los sistemas CDGPS de la técnica anterior.

Aumento de Pseudolito

Otro planteamiento usado para ayudar a la determinación de la posición GPS es el uso de sistemas de aumento basados en tierra, tales como los pseudolitos. Los pseudolitos pueden ser incorporados en sistemas de GPS Diferencial basados en Portadora y Código Convencional sin ningún requisito de infraestructura adicional. Se pueden usar como señales de distancia adicionales y también como enlaces de datos de RF para enviar correcciones diferenciales al equipo de usuario. Alternativamente, los pseudolitos se pueden sincronizar a la base de tiempo GPS. Un receptor GPS determina el tiempo GPS a partir de una solución GPS basada en código convencional usando al menos cuatro satélites GPS y pasa el tiempo determinado a un transmisor pseudolito co-ubicado. La exactitud de la base de tiempo GPS está restringida por las fuentes de error GPS incluyendo retardo ionosférico y troposférico, error de reloj del satélite, error de posición del satélite, ruido del receptor y multitrayecto. Precisiones de tiempo de aproximadamente 50 a 100 nanosegundos son alcanzables usando el método de base de tiempo GPS, sin embargo esto se traduce en precisiones de posición solamente del orden de decenas de metros. Esta precisión es demasiado tosca para sistemas de navegación precisos.

GPS Diferencial basado en Portadora usando un Pseudolito "Omni-Marcador"

La patente US 5.583.513 de Cohen, titulada "System and Method for Generating Precise Code-based and Carrier Phase Position Determinations" describe un método de corrección diferencial por el cual un llamado pseudolito "omni-marcador" sirve como un canal para retransmitir información a un receptor de posición para hacer correcciones de distancia diferencial (Columna 6, líneas 43 a 46). El pseudolito omni-marcador puede ser descrito como un espejo metafórico, por el que las señales de satélite GPS son "reflejadas" en-fase desde la posición conocida del pseudolito omni-marcador al receptor de posición. Por lo tanto, los componentes de portadora saliente y código PRN de cada una de las señales de radiobaliza son exactamente coherentes en fase con respecto a sus homólogas entrantes en las señales de GPS (Columna 6, líneas 28 a 32). Un receptor de posición situado en una aeronave en vuelo recibe señales de posicionamiento desde los satélites GPS y también recibe señales de posicionamiento GPS "reflejadas" desde el pseudolito omni-marcador y posteriormente calcula mediciones de distancia diferencial.

El método diferencial de Cohen elimina la necesidad de un enlace de datos digital tradicional, como se requiere por los sistemas diferenciales basados en portadora y código convencional. Sin embargo, un receptor de posición omni-marcador aún debe recibir tanto señales de satélites GPS como omni-marcador para calcular una medición de distancia diferencial. La recepción de señales omni-marcador por sí sola no permitirá un cálculo de posición. Además, el omni-marcador debe generar y transmitir componentes de portadora individual y PRN para cada satélite GPS a la vista, haciendo el omni-marcador complejo y caro. Actualmente, esto requeriría hasta doce transmisiones individuales desde un único omni-marcador. Además, un receptor de posición omni-marcador requiere el doble de canales de recepción de un receptor GPS diferencial convencional, aumentando el coste y complejidad. Técnica anterior adicional

El documento WO 99/50985 divulga un sistema de comunicaciones de radio móvil que incluye al menos una estación base y al menos un terminal de radio, en el que la frecuencia del oscilador de la estación base está bloqueada en una frecuencia proporcionada por el sistema de satélite global, tal como GPS, para generar relojes más precisos a través del sistema de comunicaciones de radio. El bloqueo de la frecuencia se consigue con un sistema de bucle cerrado convencional, con lo que se suministran una señal de reloj de referencia desde un receptor GPS y una señal de reloj desde un oscilador de cristal de tensión controlada (VCXO) en un bucle de bloqueo de fase (PLL) que acciona el VCXO en alineación con el reloj GPS. El PLL restringe la frecuencia de la señal esclava (VXCO) para seguir la frecuencia de la señal de referencia (GPS), y no proporciona ninguna capacidad para controlar dinámicamente el nivel de coherencia entre las señales de referencia y esclava.

Los sistemas de la técnica anterior no permitirán la determinación de posición de tiempo de llegada sin requerir al menos uno de: (a) una conexión física entre balizas transmisoras; (b) un estándar de tiempo atómico en cada transmisor; (c) sincronización a una base de tiempo GPS; o (d) alguna forma de corrección diferencial. Un sistema que puede proporcionar señales de posicionamiento de tiempo de llegada extremadamente precisas, sin ninguna de estas restricciones, es altamente deseable. La presente invención consigue este objetivo deseable sincronizando cronológicamente un sistema de transceptores (en lo sucesivo conocidos como Dispositivos de Unidad de Posicionamiento), como se describe a continuación.

Objetivo de la invención

Es un objetivo de la presente invención proporcionar un sistema de posicionamiento y un método para hacer determinaciones de posición de código y de fase portadora precisas sin la necesidad de interconexiones físicas entre Dispositivos de Unidad de Posicionamiento.

Es además un objetivo adicional de la presente invención proporcionar un sistema de posicionamiento y un método para hacer determinaciones de posición de código y de fase portadora precisas sin la necesidad de estándares de tiempo atómicos.

Es además un objetivo adicional de la presente invención proporcionar un sistema de posicionamiento y un método para hacer determinaciones de posición de código y de fase portadora precisas sin la necesidad de una base de tiempo del Sistema Global de Navegación por Satélite.

5 Es además otro objetivo de la presente invención proporcionar un sistema de posicionamiento y un método para hacer determinaciones precisas de posición de código y de fase portadora sin el requisito de técnicas de corrección diferencial.

10 Es además un objetivo adicional de la presente invención sincronizar cronológicamente Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a una base de tiempo del sistema, la base de tiempo del sistema que no es necesariamente de precisión absoluta.

15 Es además un objetivo adicional de la presente invención propagar una base de tiempo de referencia a través de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento distribuidos geográficamente.

Es además un objetivo adicional de la presente invención proporcionar un receptor de posición itinerante con pseudodistancias de fase de código cronológicamente síncronas, de manera que soluciones de posición de fase de código de punto único puedan ser determinadas sin la ayuda de corrección diferencial.

20 Es además un objetivo adicional de la presente invención proporcionar un receptor de posición itinerante con pseudodistancias de fase portadora cronológicamente síncronas, de manera que una vez que se resuelvan las ambigüedades de ciclo entero, pueda ser determinada una solución de posición de fase portadora de punto único sin la ayuda de corrección diferencial.

25 Es además un objetivo adicional de la presente invención proporcionar un receptor de posición itinerante con información de transferencia de tiempo de red precisa.

Sumario de la invención

30 Los anteriores objetivos de la invención se logran mediante un sistema de posicionamiento que incluye un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento colocado en una ubicación conocida con respecto a un sistema de coordenadas de referencia que recibe una o más señales de posicionamiento de referencia desde transmisores de referencia colocados en ubicaciones conocidas con respecto a un sistema de coordenadas de referencia. Los transmisores de referencia incluyen otros Dispositivos de Unidad de Posicionamiento, satélites del Sistema de Aumento de Área Amplia (WAAS), satélites del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS), Pseudolitos o cualesquiera otras señales que incorporen información de tiempo. Cada una de las señales de posicionamiento de referencia recibidas tiene preferiblemente un componente de portadora, un componente de código pseudoaleatorio y un componente de datos. El Dispositivo de Unidad de Posicionamiento genera, en respuesta a las señales de posicionamiento de referencia recibidas y sus ubicaciones conocidas, una señal de posicionamiento único. La señal de posicionamiento único tiene un componente de portadora cronológicamente sincronizado con uno o más de los componentes de portadora de las señales de posicionamiento recibidas, un componente de código pseudoaleatorio cronológicamente sincronizado con uno o más de los componentes de código pseudoaleatorio de las señales de posicionamiento recibidas y un componente de datos cronológicamente sincronizado con uno o más de los componentes de datos de las señales de posicionamiento recibidas. Una vez que un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento es cronológicamente sincronizado a un transmisor de referencia, otros Dispositivos de Unidad de Posicionamiento que entren en la red pueden usar su señal de posicionamiento transmitida única como una señal de posicionamiento de referencia. La distribución geográfica de los Dispositivos de Unidad de posicionamiento sincronizados cronológicamente crea una red de señales de posicionamiento coherente en el tiempo. El método de la invención permite por ello una capacidad única para propagar una base de tiempo extremadamente precisa a través de un área geográfica sustancial.

55 El sistema también incluye al menos un receptor de posición itinerante. El receptor de posición itinerante puede hacer determinaciones de posición de punto único basadas en código haciendo mediciones de pseudodistancia para cada uno de los componentes de código pseudoaleatorio cronológicamente sincronizados recibidos y, una vez que se ha resuelto la ambigüedad de ciclo entero de portadora, puede hacer determinaciones de posición de punto único basada en portadora haciendo mediciones de pseudodistancia para cada uno de los componentes de portadora cronológicamente sincronizados recibidos. La formación de un sistema de posicionamiento cronológicamente sincronizado permite a un receptor de posición itinerante la capacidad de calcular autónomamente soluciones de posición de punto único tanto basadas en portadora precisa como en código, sin el requisito de corrección diferencial. Por otra parte, se niega el requisito de precisión de tiempo absoluto dentro de la red (normalmente derivado de la técnica anterior por los estándares de tiempo atómico).

60 Los métodos descritos anteriormente en donde los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento se sincronizan cronológicamente con al menos un transmisor de referencia se conocerán en lo sucesivo como "Bloqueo de Tiempo".

Breve descripción de los dibujos

- 5 La FIG. 1 es una representación gráfica de una realización de Bloqueo de Tiempo según la presente invención, que incorpora un único transmisor de referencia que emite a una pluralidad de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento y un receptor de posición itinerante que determina una solución de posición de punto único autónoma.
- 10 La FIG. 2 es una representación gráfica de otra realización de Bloqueo de Tiempo según la presente invención, que incorpora un único transmisor de referencia que emite a un único Dispositivo de Unidad de Posicionamiento.
- 15 La FIG. 3 es una representación gráfica de otra realización de Bloqueo de Tiempo según la presente invención, que incorpora un único transmisor de referencia que emite a una pluralidad de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento.
- 20 La FIG. 4 es una representación gráfica de otra realización de Bloqueo de Tiempo según la presente invención, que incorpora un transmisor de referencia que emite a través de un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento intermediario.
- 25 La FIG. 5 es una representación gráfica de otra realización de Bloqueo de Tiempo según la presente invención, que incorpora una pluralidad de transmisores de referencia que emiten a un único Dispositivo de Unidad de Posicionamiento.
- 30 La FIG. 6 es una representación gráfica de otra realización de Bloqueo de Tiempo según la presente invención, que incorpora un transmisor de referencia del Sistema de Aumento de Área Amplia (WAAS) que emite a cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento. Los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento posteriormente transmiten sus propias señales de posicionamiento cronológicamente sincronizadas únicas a un receptor de posición itinerante situado en un entorno ocluido de satélite.
- 35 La FIG. 7 es una representación gráfica de otra realización de Bloqueo de Tiempo según la presente invención, que incorpora un transmisor de referencia de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento que emite a otros tres Dispositivos de Unidad de Posicionamiento. Los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento posteriormente transmiten sus propias señales de posicionamiento cronológicamente sincronizadas únicas a un receptor de posición itinerante.
- 40 La FIG. 8 es una representación gráfica de otra realización de Bloqueo de Tiempo según la presente invención, que incorpora dos redes autónomas de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento y un receptor de posición itinerante situado en el límite de las dos redes. Los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento límites posteriormente transmiten correcciones inter-redes al receptor de posición itinerante.
- La FIG. 9 es un diagrama de bloques del hardware del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento, según la presente invención.

Visión general

- 45 Un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento es un transceptor especializado, que se coloca en una ubicación conocida y recibe al menos una señal de posicionamiento de referencia desde al menos un transmisor de referencia. Preferiblemente, el transmisor de referencia es otro Dispositivo de Unidad de Posicionamiento o un satélite WAAS. En respuesta a las señales de posicionamiento de referencia recibidas, el Dispositivo de Unidad de Posicionamiento sincroniza cronológicamente una señal de posicionamiento generada internamente a la base de tiempo del transmisor de referencia y transmite su señal de posicionamiento único a todos los otros receptores de posición a la vista. El requisito mínimo para la formación de una red de ubicación autónoma es al menos dos Dispositivos de Unidad de Posicionamiento cronológicamente sincronizados con un transmisor de referencia. Un receptor de posición itinerante a la vista de las todas las señales transmitidas dentro de esta red autónoma es capaz de determinar soluciones de posición de punto único de portadora y código autónomo sin la necesidad de corrección diferencial. Además, el oscilador del transmisor de referencia no necesita la estabilidad inherente de los estándares de tiempo atómicos como se requiere por los sistemas de la técnica anterior, permitiendo por ello que un oscilador de cristal de bajo costo sea usado como una base de tiempo de referencia para toda la red de ubicación.
- 60 Por lo tanto, como se detalla a continuación, un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento puede servir como un "canal" metafórico para distribuir de señales de posicionamiento cronológicamente sincronizadas a un receptor de posición itinerante. Esto permite al receptor de posición itinerante calcular determinaciones de posición de punto único basada tanto en código como en portadora, sin la necesidad de conexiones físicas entre los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento, sin requerir estándares de tiempo atómicos o bases de tiempo GNSS y sin requerir corrección diferencial.
- 65

SISTEMA Y MÉTODO

La FIG. 1 muestra una configuración para un Sistema de Posicionamiento que genera determinaciones de posición precisas usando cálculos de posición de punto único basada en portadora y código. Una pluralidad de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 101-1, 101-2 están colocados en ubicaciones conocidas con respecto a un sistema de coordenadas de referencia y reciben respectivamente al menos una señal de posicionamiento de referencia 102 emitida por al menos un transmisor de referencia 103, el cual está también colocado en una ubicación conocida con respecto a un sistema de coordenadas de referencia. En respuesta a la señal de posicionamiento de referencia 102 recibida los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 101-1, 101-2 transmiten una o más señales de posicionamiento únicos 104-1, 104-2, que están cronológicamente sincronizadas con el transmisor de referencia 103. Un receptor de posición itinerante 105, situado dentro de la red de dispositivos 101-1, 101-2, 103 recibe señales de posicionamiento de referencia 102 desde el transmisor de referencia 103 y señales de posicionamiento únicos 104-1, 104-2 desde los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 101-1, 101-2 y de forma autónoma calcula determinaciones de posición de punto único basada tanto en código como en portadora desde la red de señales de posicionamiento cronológicamente sincronizadas.

Bloqueo de Tiempo

Los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento Bloqueados en Tiempo se sincronizan con una base de tiempo cronológica común, la cual puede ser de valor arbitrario y tener varianza arbitraria. Por lo tanto, cualquier fuente de reloj simple y de bajo costo, tal como un oscilador de cristal, será suficiente como reloj de referencia en un transmisor de referencia. En la realización preferida se usa un oscilador de cristal compensado por temperatura (TCXO) o mejor. Un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento adquiere primero una señal de posicionamiento del transmisor de referencia y calcula el llamado desplazamiento de tiempo de vuelo desde las coordenadas conocidas del transmisor de referencia y las coordenadas conocidas del Dispositivo de Posicionamiento. El desplazamiento de tiempo de vuelo tiene en consideración el retardo de tiempo de propagación experimentado por la señal de posicionamiento de referencia mientras que viaja desde el transmisor de referencia al Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. En el espacio libre, las ondas electromagnéticas viajan aproximadamente un metro cada tres nanosegundos. A continuación, el Dispositivo de Unidad de Posicionamiento aplica el desplazamiento de tiempo de vuelo a una señal de posicionamiento generada internamente y alinea esta señal de posicionamiento a la señal de posicionamiento de referencia entrante, poniendo la señal de posicionamiento generada internamente en alineamiento cronológico con el transmisor de referencia. Específicamente, se logra un Bloqueo de Tiempo cuando la señal de posicionamiento generada internamente de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento tiene coherencia de frecuencia con una señal de posicionamiento de referencia entrante y coherencia cronológica con la base de tiempo del transmisor de referencia.

Una señal de posicionamiento de referencia es transmitida a través de una portadora de radiofrecuencia (RF) desde un transmisor de referencia. La señal de posicionamiento de referencia puede ser generada a partir de cualquier fuente de tiempo válida, la cual puede incluir Dispositivos de Unidad de Posicionamiento, satélites del Sistema de Aumento de Área Amplia (WAAS), satélites del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS), Pseudolitos o cualquier combinación de fuentes válidas. Con referencia ahora a la FIG. 2, un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 201 situado a una distancia conocida de un transmisor de referencia 202 recibe una señal de posicionamiento de referencia 203 transmitida por el transmisor de referencia 202. La señal de posicionamiento de referencia 203 tiene un componente de portadora, un componente de código pseudoaleatorio único y un componente de datos. El Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 201 incorpora un receptor de posición 204 y un transmisor co-ubicado 205. El receptor de posición 204 es capaz de recibir señales de posicionamiento desde todas las señales de posicionamiento de referencia a la vista 203 y también señales de posicionamiento de su transmisor co-ubicado 205. En respuesta a la señal de posicionamiento de referencia recibida 203, el Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 201 transmite una llamada señal de posicionamiento esclava 206 desde su transmisor 205, la cual es recibida por el receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 204. La señal de posicionamiento esclava 206 tiene un componente de portadora, un componente de código pseudoaleatorio único y un componente de datos. El receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 204 recibe y simultáneamente muestrea la señal de posicionamiento de referencia 203 del transmisor de referencia 202 y la señal de posicionamiento esclava 206 desde el transmisor co-ubicado 205. Una diferencia en tiempo de transmisión es calculada entonces entre la señal de posicionamiento de referencia recibida 203 y la señal de posicionamiento esclava recibida 206. La diferencia de tiempo de transmisión, como se usa en la realización preferida, se determina por:

(a) Comparación de las mediciones de la fase portadora integrada (ICP) determinadas a partir de los componentes de portadora de la señal de posicionamiento de referencia 203 y la señal de posicionamiento esclava 206 para determinar una diferencia de frecuencia portadora.

(b) Demodulación y comparación de los componentes de datos de navegación de la señal de posicionamiento de referencia 203 y la señal de posicionamiento esclava 206 para determinar una diferencia de tiempo de transmisión tosca.

(c) Comparación de las mediciones de pseudodistancia determinadas a partir de los componentes de código pseudoaleatorio de la señal de posicionamiento de referencia 203 y la señal de posicionamiento esclava 206 para determinar una diferencia de pseudodistancia de código.

5 (d) Comparación de las mediciones de fase portadora instantáneas determinadas a partir de los componentes de portadora de la señal de posicionamiento de referencia 203 y la señal de posicionamiento esclava 206 para determinar una diferencia de fase portadora.

10 Para una sincronización de tiempo precisa de señal de posicionamiento esclava 206 a la base de tiempo del transmisor de referencia 202 debe ser tenido en cuenta el retardo de propagación de la señal entre la antena del transmisor de referencia 207 y la antena del receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 208. La distancia geométrica conocida en metros 209 desde la antena del transmisor de referencia 207 a la antena del receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 208 se puede convertir en un tiempo de vuelo de señal por la fórmula: tiempo de vuelo = distancia/velocidad de la luz. El Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 15 201 incorpora un reloj transmisor dirigido 210, el cual puede ser ajustado en frecuencia por la CPU del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 211. La corrección al reloj del transmisor dirigido 210 se determina por la CPU del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 211 a partir de la diferencia de tiempo entre la señal de posicionamiento de referencia 203 y la señal de posicionamiento esclava 206 que se mide por el receptor del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 204 y desplazada por el tiempo de vuelo de la señal de posicionamiento de referencia 209. Esto 20 pone a la señal de posicionamiento esclava 206 en sincronización cronológica con la base de tiempo del transmisor de referencia 202.

25 El proceso de diferenciación de la señal de posicionamiento de referencia recibida 203 con la señal de posicionamiento esclava 206 elimina la duración del reloj del receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento, permitiendo por ello al Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 201 seguir la base de tiempo del transmisor de referencia 202 sin ninguna desviación de reloj causada por el oscilador del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento local 212. Además, la diferenciación entre dos canales del mismo receptor de posición 204 elimina cualquier desviación de línea receptora o retardo de grupo causados por la electrónica del receptor de posición.

30 **Estados de Control de un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento**

En la realización preferida, los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento están en Bloqueo de Tiempo con los transmisores de referencia usando los siguientes estados de control:

35 Estado 0: Restablecer

Restablecer todo el hardware

40 Estado 1: Adquirir Referencia

La CPU del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 211 inicia una búsqueda de una señal de posicionamiento de referencia 203 por el receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 204.

45 Estado 2: Bloquear a Referencia

El receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 204 adquiere una señal de posicionamiento de referencia 203 y la posición y el tiempo del transmisor de referencia 202 se demodula de su componente de datos de navegación por la CPU del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 211.

50 Estado 3: Sincronizar Esclavo

La CPU del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 211 espera para permitir la alineación de tiempo tosca con el componente de datos de navegación de la señal de posicionamiento de referencia. Un generador de reloj interno es entonces iniciado por la CPU 211.

55 Estado 4: Inicializar Esclavo

60 La CPU del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 211 determina una secuencia de código PRN adecuada y única para este Dispositivo de Unidad de Posicionamiento particular 201 y asigna esta secuencia de código PRN al transmisor del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 205. El desplazamiento de frecuencia actual para la señal de posicionamiento de referencia 203 (relativa al oscilador del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 212) también es asignado al reloj de transmisor dirigido del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 210 por la CPU del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 211. Esto sirve para inicializar el transmisor del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 205 a una frecuencia que es aproximadamente la misma que la frecuencia de la señal de posicionamiento de referencia 203. La CPU del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 211 también asigna la 65 secuencia PRN determinada a un canal receptor libre en el receptor de posición del Dispositivo de Unidad de

5 Posicionamiento 204. El canal receptor es inicializado con el mismo desplazamiento de frecuencia y el valor de fase de código pseudoaleatorio que el transmisor del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 205, con el fin de ayudar a la adquisición de la señal de posicionamiento esclava 206 por el receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 204. El Dispositivo de Unidad de Posicionamiento inicia entonces una transmisión de la señal de posicionamiento esclava 206.

Estado 5: Adquirir Esclavo

10 El receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 204 inicia una búsqueda de la señal de posicionamiento esclava 206.

Estado 6: Bloquear a Esclavo

15 El receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 204 adquiere la señal de posicionamiento esclava 206 y un tiempo esclavo tosco es demodulado a partir de su componente de datos de navegación.

Estado 7: Bloqueo de Frecuencia de Referencia/Esclava

20 Las mediciones de fase portadora integrada (ICP) simultáneas para la señal de posicionamiento de referencia 203 y la señal de posicionamiento esclava 206 son inicializadas (puesta a cero) y diferenciadas por el receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 204. Este valor diferenciado representa la diferencia de frecuencia y fase entre la señal de posicionamiento de referencia 203 y la señal de posicionamiento esclava 206. Un bucle de control dentro de la CPU del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 211, aplica continuamente correcciones al reloj de transmisor dirigido del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 210 para mantener una diferencia ICP cero entre la señal de posicionamiento de referencia 203 y la señal de posicionamiento esclava 206, manteniendo por lo tanto el Bloqueo de Frecuencia.

30 Alternativamente, el valor de desplazamiento de frecuencia de la señal de posicionamiento de referencia recibida, según se mide por el receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 204, se puede alimentar directamente al reloj de transmisor dirigido del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 210 para crear un denominado "Sistema de Seguimiento de Frecuencia" (FTS). El reloj de transmisor dirigido 210 simplemente emula el desplazamiento de frecuencia de la señal de posicionamiento de referencia entrante 203, manteniendo por lo tanto el Bloqueo de Frecuencia. Este método requiere que el oscilador del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 212 sea común entre el receptor de posición 204 y el transmisor 205.

35 Estado 8: Bloqueo de Código de Referencia/Esclavo

40 Una vez que se logra el Estado 7 de Bloqueo de Frecuencia Referencia/Esclava la diferencia de tiempo entre la señal de posicionamiento de referencia 203 y la señal de posicionamiento esclava 206 se puede medir con precisión y eliminar cualquier desviación de tiempo. El Bloqueo de Código de Referencia/Esclavo se logra cuando el reloj de transmisor dirigido del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 210 es basculado la cantidad de tiempo requerida para poner las señales de posicionamiento de referencia y esclava en alineación de código PRN. El valor de tiempo de vuelo 209 se utiliza para desplazar la diferencia de tiempo de referencia-esclava medida para eliminar el efecto del retardo de propagación de la señal de referencia y la diferencia de tiempo calculada se aplica entonces como una corrección de reloj al reloj de transmisor dirigido del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 210. La corrección de reloj se logra acoplando el Sistema de Seguimiento de Frecuencia (FTS) y aplicando un desplazamiento de frecuencia adicional al reloj de transmisor dirigido 210 durante un período de tiempo predeterminado. Este desplazamiento de frecuencia adicional permite que la señal de posicionamiento esclava 206 bascule en el tiempo hasta que llegue a ser coherente en el tiempo con la base de tiempo del transmisor de referencia 202. Una vez que este Giro de Tiempo se completa el bucle de control se vuelve a acoplar. Alternativamente, se puede lograr un Bloqueo de Código basculando el generador de código PRN del transmisor del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 205 la cantidad de fase de código (segmentos) requerida mientras que se mantiene el Bloqueo de Frecuencia.

55 El Bloqueo de Código se basa en la precisión del código PRN, que es inherentemente ruidoso. En la realización preferida los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento estacionarios filtran el ruido del código PRN a un nivel de ciclo de subportadora.

60 Estado 9: Bloqueo de Fase de Referencia/Esclava

Una vez que se logran un Estado 7 de Bloqueo de Frecuencia de Referencia/Esclava y Estado 8 de Bloqueo de Código de Referencia/Esclavo, permanecen aún dos errores de tiempo que se deben corregir: (1) una ambigüedad de fase de 180 grados y (2) un desplazamiento de fase de tiempo de vuelo.

65 (1) Corrección de una ambigüedad de fase de 180 grados; Los datos son demodulados a partir de una señal de posicionamiento de código PRN usando un Bucle de Bloqueo de Fase especializado, bien conocido en la técnica

como un "Bucle de Costas". La técnica de Bucle de Costas incorpora intrínsecamente una ambigüedad de fase de 180 grados y por lo tanto puede adquirir y seguir señales de posicionamiento con una ambigüedad de medio ciclo. Esta ambigüedad de medio ciclo representa un desplazamiento de tiempo aproximado de 200 picosegundos a 2,4GHz. La ambigüedad de Bucle de Costas se puede resolver por referencia a una secuencia predeterminada de bits de datos, generalmente conocido como un preámbulo, transmitido en el componente de datos de navegación por los transmisores dentro de la red de ubicación. Cuando se resuelve la ambigüedad de Bucle de Costas, llega a ser evidente una diferencia de fase fija arbitraria entre los registros de fase del receptor de posición de las señales de posicionamiento de referencia y esclava con Bloqueo de Frecuencia. Este desplazamiento de fase arbitraria es debido a la fase arbitraria de la señal de posicionamiento esclava y se ajusta en el siguiente paso (2) a continuación.

(2) Corrección del Desplazamiento de Fase de Tiempo de Vuelo: Está presente un desplazamiento de fase de tiempo de vuelo de ciclo fraccional debido al retardo de propagación de la señal de posicionamiento de referencia entre la antena del transmisor de referencia 207 y la antena del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 208. La distancia geométrica 209 entre el transmisor de referencia y el Dispositivo de Unidad de Posicionamiento puede ser representada como un número de ciclos de portadora enteros (el componente entero) 213, más un ciclo de portadora fraccional (el componente fraccional) 214. El desplazamiento de fase de tiempo de vuelo es la cantidad de ciclo fraccional 214 calculada a partir de la distancia geométrica conocida entre la antena del transmisor de referencia 207 y la antena del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 208. El componente entero 213 se corrige en el estado de control Estado 8 de Bloqueo de Código de Referencia/Esclavo descrito anteriormente. Sin embargo, el componente fraccional 214 es demasiado fino para ser corregido en el Estado 8 de estado de Bloqueo de Código de Referencia/Esclavo y por lo tanto debe ser corregido como un ajuste de fase portadora. El Sistema de Seguimiento de Frecuencia (FTS) está acoplado y el reloj de transmisor dirigido del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 210 está basculado en el tiempo la cantidad de ciclo fraccional requerida (a partir de su valor de fase arbitraria actualmente medida determinada en el paso (1) anterior) a un valor de fase de tiempo de vuelo recién determinado. El Bucle Bloqueo Tiempo (TLL) se vuelve a acoplar entonces. La señal de posicionamiento esclava de fase portadora del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 206 que emana de la antena del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 208 está ahora cronológicamente sincronizada con la señal de posicionamiento de fase portadora del transmisor de referencia 202 que emana de la antena del transmisor de referencia 207.

Estado 10: Bloqueo de Todo Referencia/Esclavo

Una vez que todos los estados anteriores se han alcanzado, la CPU 211 declara Bloqueo de Tiempo y el Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 201 inicia la transmisión de su señal de posicionamiento único ahora completamente sincronizada 215. La señal de posicionamiento único del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 215 está ahora cronológicamente sincronizada con la base de tiempo del transmisor de referencia 202 con una precisión de picosegundos, una capacidad que va sustancialmente más allá de la capacidad de cualquier técnica anterior.

Señales de posicionamiento único

En la realización preferida cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento transmite una señal de posicionamiento único, que consta de un componente de portadora, un componente de código pseudoaleatorio y un componente de datos de navegación. El componente de portadora es una onda de radiofrecuencia sinusoidal transmitida preferiblemente en la banda ISM de 2,4 GHz, aunque el método de la presente invención es igualmente aplicable a otras bandas de frecuencia. El componente de código de número pseudoaleatorio (PRN) es modulado sobre el componente de portadora y consta de una secuencia de código única que se puede distinguir entre otras secuencias de código pseudoaleatorio transmitidas por otros dispositivos en la misma frecuencia portadora. Esta técnica se conoce como Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) y es bien conocida en la técnica. El componente de datos de navegación es información propietaria modulada sobre el componente de código pseudoaleatorio y proporciona un enlace de comunicaciones para transferir información de navegación a Dispositivos de Unidad de Posicionamiento y receptores de posición itinerante. La información de navegación puede incluir tiempo de red, ubicaciones del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento, información de "linaje de reloj de referencia" metafórica y otros datos de red deseados.

Configuraciones de Bloqueo de Tiempo

El Bloqueo de Tiempo se puede implementar en muchas configuraciones diferentes. Estas configuraciones incluyen:

1. Un único transmisor de referencia que emite a un único Dispositivo de Unidad de Posicionamiento.
2. Un único transmisor de referencia que emite a una pluralidad de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento.
3. Uno o más transmisores de referencia que emiten a través de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento intermediarios.

4. Una pluralidad de transmisores de referencia que emiten a uno o más Dispositivos de Unidad de Posicionamiento.

5. Sincronización de tiempo de posición de punto.

Un único transmisor de referencia que emite a un único Dispositivo de Unidad de Posicionamiento

Un único transmisor de referencia se puede usar para emitir una señal de posicionamiento de referencia a un único Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. La FIG. 2 muestra un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 201 situado en una ubicación conocida y un transmisor de referencia 202 también situado en una ubicación conocida. El Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 201 recibe la señal de posicionamiento de referencia 203 transmitida por el transmisor de referencia 202 y la señal de posicionamiento esclava 206 transmitida por el transmisor del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 205. En respuesta a la señal de posicionamiento de referencia recibida 203 el Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 201 determina el retardo de propagación de la señal de posicionamiento de referencia 209 y aplica una corrección de reloj del transmisor adecuado para sincronizar cronológicamente el componente de portadora, componente de código PRN único y el componente de datos de su señal de posicionamiento esclava generada internamente 206 al componente de portadora, componente de código PRN y componente de datos de la señal de posicionamiento del transmisor de referencia 203. El Dispositivo de Unidad de Posicionamiento posteriormente transmite una señal de posicionamiento único 215, que está cronológicamente sincronizada con la base de tiempo del transmisor de referencia 202.

Dos señales de posicionamiento no son suficientes para determinar una solución de posición en un receptor de posición itinerante. Sin embargo, si el transmisor de referencia es un satélite de WAAS la señal del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento con Bloqueo de Tiempo será sincrónica con el tiempo GPS a nivel de picosegundos y por lo tanto puede ser usada por un receptor de posición como una fuente telemétrica precisa adicional para una solución GPS basada en código convencional.

Un único transmisor de referencia que emite a una pluralidad de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento

Un único transmisor de referencia se puede usar para formar una red de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento cuando una pluralidad de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento está a la vista clara del transmisor de referencia.

La FIG. 3 muestra una pluralidad de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento situados en ubicaciones conocidas 301-1, 301-2 y un transmisor de referencia 302 también situado en una ubicación conocida. Los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 301-1, 301-2 reciben la señal de posicionamiento de referencia 303 transmitida por el transmisor de referencia 302. En respuesta a la señal de posicionamiento de referencia recibida 303 cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 301-1, 301-2 determina su respectivo retardo de propagación de señal 304-1, 304-2 desde el transmisor de referencia 302 y aplica una corrección de reloj del transmisor adecuada para sincronizar cronológicamente el componente de portadora, componente de código PRN único y componente de datos de sus señales de posicionamiento generadas internamente al componente de portadora, componente de código PRN y componente de datos de la señal de posicionamiento del transmisor de referencia 303. Cada uno de los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento posteriormente transmite señales de posicionamiento únicos 305-1, 305-2, que están cronológicamente sincronizadas con la base de tiempo del transmisor de referencia 302.

Uno o más transmisores de referencia que emiten a través de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento intermedios

Uno o más transmisores de referencia sincronizados en tiempo se pueden usar para formar una red de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento, sin que todos los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento estén a la vista clara de un transmisor de referencia. En esta configuración, la señal de temporización se conecta en cascada a través de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento intermedios. Cuando un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento intermedio declara Bloqueo de Tiempo, posteriores Dispositivos de Unidad de Posicionamiento pueden usar este Dispositivo de Unidad de Posicionamiento intermedio como su transmisor de referencia.

La FIG. 4 muestra un transmisor de referencia 401 situado en una ubicación conocida y un primer Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 402 también situado en una ubicación conocida. El primer Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 402 recibe la señal de posicionamiento 403 transmitida por el transmisor de referencia 401. En respuesta a la señal de posicionamiento de referencia recibida 403 el primer Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 402 determina el retardo de propagación de señal 404 desde el transmisor de referencia 401 y aplica una corrección de reloj adecuada para sincronizar cronológicamente el componente de portadora, componente de código PRN único y componente de datos de su señal de posicionamiento generada internamente al componente de portadora, componente de código PRN y componente de datos de la señal de posicionamiento del transmisor de referencia 403. El primer Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 402 posteriormente transmite una señal de posicionamiento único 405, que está cronológicamente sincronizada con la base de tiempo del transmisor de referencia 401.

Un segundo Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 406 situado en una ubicación conocida, pero no a la vista de las señales de posicionamiento de referencia 410 debido a la obstrucción de señal causada por el edificio 409, posteriormente recibe la señal de posicionamiento 405 desde el primer Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 402. En respuesta a la señal de posicionamiento recibida 405 el segundo Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 406 determina el retardo de propagación de señal 407 desde el primer Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 402 y aplica una corrección de reloj adecuada para sincronizar cronológicamente el componente de portadora, componente de código PRN único y componente de datos de su señal de posicionamiento generada internamente al componente de portadora, componente de código PRN y componente de datos de la señal de posicionamiento del primer Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 405. El segundo Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 406 posteriormente transmite una señal de posicionamiento único 408 que incorpora un componente de portadora, componente de código PRN y componente de datos. Esta señal de posicionamiento único 408 está cronológicamente sincronizada con la base de tiempo del primer Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 402, que está también cronológicamente sincronizado con la base de tiempo del transmisor de referencia 401.

Una pluralidad de transmisores de referencia que emiten a uno o más Dispositivos de Unidad de Posicionamiento

Una pluralidad de transmisores de referencia sincronizados en tiempo se puede usar para emitir señales de posicionamiento de referencia a uno o más Dispositivos de Unidad de Posicionamiento. En esta configuración, cualquier fuente de error de la señal de referencia, tal como retardo multitrayecto y troposférico, se pueden promediar entre transmisores de referencia para mejorar la precisión de la base de tiempo.

La FIG. 5 muestra un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 501 situado en una ubicación conocida y una pluralidad de transmisores de referencia 502-1, 502-2 con base de tiempo común, también situados en ubicaciones conocidas. El Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 501 recibe la señal de posicionamiento de referencia 503-1, 503-2 transmitida por los transmisores de referencia 502-1, 502-2. En respuesta a la señal de posicionamiento de referencia recibida 503-1, 503-2 el Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 501 determina los retardos de propagación de señal 504-1, 504-2 de cada transmisor de referencia 502-1, 502-2 y aplica una corrección de reloj adecuada para sincronizar cronológicamente el componente de portadora, componente de código PRN único y componente de datos de su señal de posicionamiento generada internamente a los componentes de portadora, componentes de código PRN y componentes de datos de las dos señales de posicionamiento del transmisor de referencia 503-1, 503-2. El Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 501 posteriormente transmite una señal de posicionamiento único 505, que está sincronizada cronológicamente con la base de tiempo de los transmisores de referencia 502-1, 502-2.

Bloqueo de Tiempo de Posición de Punto

Un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento también es capaz de sincronizar con una base de tiempo de red sin que sea conocida la distancia geométrica (retardo de propagación de señal de posicionamiento de referencia) entre los transmisores de referencia y el Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. Para esta realización de Bloqueo de Tiempo, al menos cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento con Bloqueo de tiempo deben estar a la vista. El Dispositivo de Unidad de Posicionamiento, que requiere entrar en la red, auto-encuesta su posición tridimensional calculando una posición de punto único, que incorpora el desplazamiento de reloj del receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. El desplazamiento de reloj del receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento proporciona con precisión el tiempo de red (en relación con el reloj del receptor de posición local), el cual puede usar el transmisor esclavo del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento como una base de tiempo de red precisa. En la realización preferida, el Dispositivo de Unidad de Posicionamiento usa una solución portadora de punto único para determinar el tiempo de red exacto al nivel de picosegundos, una capacidad que está sustancialmente más allá de la capacidad de sistemas de la técnica anterior.

Referencia WAAS

En la realización preferida un transmisor de referencia es un Satélite del Sistema de Aumento de Área Amplia (WAAS). Los satélites WAAS son satélites de comunicaciones geostacionarios, que transmiten correcciones diferenciales GPS a receptores GPS. Los satélites WAAS también transmiten una señal de posicionamiento único en la frecuencia portadora de L1 de GPS de 1.575,42 MHz. Esta señal de posicionamiento único se sincroniza con precisión al tiempo GPS, con correcciones proporcionadas para UTC. Por lo tanto, un satélite WAAS hace un transmisor de referencia ideal, que es síncrono con la base de tiempo estándar mundial de UTC.

En la realización preferida, un receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento incorpora medios para recibir señales de posicionamiento desde otros Dispositivos de Unidad de Posicionamiento en la banda ISM de 2,4 GHz y también señales de posicionamiento desde satélites WAAS y GNSS en las frecuencias de la banda L. Un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento puede usar un satélite WAAS como transmisor de referencia y hacer Bloqueo de Tiempo a su señal de posicionamiento esclava de 2,4GHz a la señal de posicionamiento WAAS de 1.575,42 MHz. El Bloqueo de Tiempo entre frecuencias portadoras dispares se inicia convirtiendo coherentemente en forma descendente las portadoras de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento y WAAS entrante a una

frecuencia en banda base común en el receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. El Bloqueo de Tiempo se realiza entonces con los métodos descritos anteriormente. La conversión descendente coherente requiere que los osciladores locales en el receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento sean impulsados desde un oscilador común. En la realización preferida el oscilador común genera información de reloj para todos los componentes de un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento, incluyendo el receptor de posición, transmisor y la unidad central de proceso. Las desviaciones de línea y el retardo de grupo se tienen en cuenta cuando se calcula un Bloqueo de Tiempo entre frecuencias, debido a los trayectos de recepción dispares de las frecuencias portadoras del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento y el WAAS anterior de la conversión descendente.

Con referencia ahora a la FIG. 6, los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 601-1, 601-2, 601-3, 601-4 se colocan en ubicaciones conocidas con vista clara del cielo y preferiblemente en posiciones elevadas tales como en la cumbre de colinas 602-1, 602-2 y/o edificios altos 603-1, 603-2. Si se requiere, una antena de recepción direccional 604-1, 604-2, 604-3, 604-4 también se puede incorporar con cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 601-1, 601-2, 601-3, 601-4 y dirigida hacia un satélite WAAS geoestacionario 605 (aunque estas antenas adicionales son preferidas pero no esenciales para el método). El despliegue de antenas direccionales en Dispositivos de Unidad de Posicionamiento ayuda a mitigar los multitrayectos y mejorar las relaciones señal a ruido recibidas de la señal WAAS, lo cual a su vez mejora la precisión de la base de tiempo de referencia. Cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 601-1, 601-2, 601-3, 601-4 está Bloqueado en Tiempo a la señal del satélite WAAS 606, creando por lo tanto una red sincronizada UTC de precisión con una precisión de picosegundos. Un receptor de posición 607 sujetado por un peatón 608 está situada dentro de un edificio 609. La señal del satélite WAAS 606 no puede penetrar el edificio 609 debido a su baja potencia de señal. Sin embargo, las señales de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 610-1, 610-2, 610-3, 610-4 de los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 601-1, 601-2, 601-3, 601-4 pueden penetrar el edificio 609 debido a su estrecha proximidad. El receptor de posición 607 es capaz de recibir señales de posicionamiento de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento desde todos de los cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento, lo que permite una determinación precisa de posición de punto único en regiones ocluidas por satélite. Además, una vez que el receptor de posición 607 ha calculado una solución de posición, se puede determinar el UTC con precisión. La presente invención por lo tanto también proporciona transferencia de tiempo UTC con precisión en regiones ocluidas por satélite. Además, cuando el receptor de Posición 607 sale del edificio 609, las señales de cualquier Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 601-1, 601-2, 601-3, 601-4, satélites WAAS 605 o satélites GNSS a la vista pueden ser usadas para formar una solución de posición sobredeterminada, añadiendo integridad de posición a la posición calculada de peatones.

Referencia WAAS Intermediaria

También se pueden usar Dispositivos de Unidad de Posicionamiento colocados a una vista clara del satélite WAAS como señales de referencia intermediarias en otra realización. Los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento que no son capaces de recibir señales de satélite WAAS pueden usar Dispositivos de Unidad de Posicionamiento "troncales" intermediarios como su fuente de referencia de tiempo. Por lo tanto, UTC puede ser distribuido en toda la red sin que todos los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento estén en vista clara del satélite WAAS de referencia.

Referencia de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento

En el caso de que no esté disponible un satélite WAAS, es preferible que al menos un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento proporcione la base de tiempo para una red de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento. Con referencia ahora a la FIG. 7, un primer Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 701 situado en una ubicación conocida se designa como el transmisor de referencia y crea una base de tiempo de sistema a partir de su reloj generado internamente 702. Dos posteriores Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 703, 704 situados en ubicaciones conocidas se Bloquean en Tiempo a la señal de posicionamiento de referencia del primer Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 705. Un cuarto Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 706, que está situado en una ubicación conocida pero fuera del alcance del primer Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 701, Bloquea en Tiempo a la señal de posicionamiento único del segundo Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 707. Por lo tanto, el sistema permite una transferencia de tiempo en cascada precisa a través de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento intermediarios. El receptor de posición 708 recibe señales de posicionamiento síncronas en tiempo 709 que son transmitidas por todos los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista 701, 703, 704, 706 y posteriormente calcula una solución de posición de punto único. Además, el tiempo calculado en el receptor de posición 708 será cronológicamente síncrono con el reloj de referencia 702 del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento de referencia 701. El valor de tiempo arbitrario del reloj de referencia 702 dentro del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 701 no es de importancia si el usuario solamente se preocupa de la determinación de posición. Si el usuario desea una alineación de tiempo con una base de tiempo global, entonces el reloj de referencia 702 dentro del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento de referencia 701 necesita ser dirigido a UTC.

Referencia de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento dirigida por base de tiempo GNSS

En el caso de no estar disponible una señal de satélite WAAS y la alineación a una base de tiempo global sea necesaria para la red, es preferible que un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento de referencia sea dirigido a UTC por una base de tiempo del GNSS. Una base de tiempo del GNSS requiere un receptor de posición, colocado en una ubicación conocida, para calcular una solución de tiempo usando al menos un satélite GNSS. Precisiones de tiempo del orden de 50 nanosegundos son alcanzables usando esta técnica. La precisión de tiempo relativa entre Dispositivos de Unidad de Posicionamiento, que están Bloqueados en Tiempo al Dispositivo de Unidad de Posicionamiento de referencia, se mantendrá en el nivel de picosegundos.

Soluciones de Posición Inter-Red

Una pluralidad de transmisores de referencia se puede usar para crear una pluralidad de redes autónomas. Una red autónoma tiene su propia base de tiempo única, la cual es generada por el transmisor de referencia. Receptores de posición que están situados dentro de una única red autónoma pueden determinar la posición, velocidad y tiempo (PVT) usando una solución de posición de punto único. El tiempo del receptor de posición se determinará con relación a la base de tiempo de la red (es decir, el reloj del transmisor de referencia) y se denomina una solución de posición intra-red. Receptores de posición que están situados en el límite de dos redes autónomas y que reciben señales de posicionamiento desde Dispositivos de Unidad de Posicionamiento de ambas redes, deben distinguir primero entre las dos bases de tiempo de red antes de determinar su posición. Esto puede ser descrito como una solución de posición inter-red y requiere un receptor de posición itinerante para elegir primero una base de tiempo única y aplicar correcciones de reloj a la segunda base de tiempo antes de calcular una solución de posición de punto único.

En la realización preferida, los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento también incluyen información de identificación de red (ID de red) en sus datos de red. La ID de red mapea la interconectividad de tiempo de referencia de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento, de manera que los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento y los receptores de posición puedan determinar el origen y "linaje" metafórico de los datos de reloj de referencia para cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento a la vista. Esto permite a un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento o receptor de posición situado en el límite de dos redes autónomas determinar qué Dispositivos de Unidad de Posicionamiento se asocian con cada red y por lo tanto qué Dispositivos de Unidad de Posicionamiento requieren corrección de reloj dentro de los cálculos de posición del receptor de posición itinerante. Cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento recibe información de ID de Red de todos los otros Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista y en respuesta genera y transmite su propia información de ID de Red a todos los otros Dispositivos de Unidad de Posicionamiento y receptores de posición itinerantes a la vista.

Con referencia ahora a la FIG. 8, hay representadas dos redes autónomas de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 801, 802. Los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 801-1, 801-2 y 801-3 están a la vista uno de otro y comunican entre sí a través de señales de posicionamiento 803-1, 803-2 y 803-3. Los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 802-1, 802-2 y 802-3 están a la vista uno de otro y comunican entre sí a través de señales de posicionamiento 804-1, 804-2 y 804-3. Un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento situado cerca del límite de las dos redes 801-3 recibe señales de posicionamiento de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 804-3 desde un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento de red adyacente 802-3 y mide la diferencia de base de tiempo o desviación de reloj, de la base de tiempo de la red adyacente con respecto a su propia base de tiempo de red 801. El Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 801-3 transmite correcciones de reloj para los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento de la red adyacente 802-1, 802-2, 802-3 en sus datos de red, que son incorporados en su señal de posicionamiento 803-3. Las señales de posicionamiento desde solamente un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento de red adyacente 802-3 necesitan ser recibidas por el Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 801-3 cuando se forma un valor de corrección de red, ya que todos los relojes en una red autónoma son coherentes en tiempo. Por otra parte, solamente un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 801-3 necesita medir una red adyacente, ya que sus correcciones de reloj de red transmitidas que se envían en los datos de red de su señal de posicionamiento 803-3, se reciben y retransmiten a otros Dispositivos de Unidad de Posicionamiento dentro de su propia red 801, para su posterior transmisión 803-1, 803-2 a receptores de posición itinerantes 805.

El valor de corrección transmitido, transmitido en los datos de red de la señal de posicionamiento 803-3 del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 801-3, es recibido por un receptor de posición 805 que es itinerante entre las redes 801, 802. El receptor de posición itinerante aplica las correcciones de reloj de red recibidas desde el Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 801-3 y posteriormente calcula una solución de posición de punto único usando todas las señales de posicionamiento del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento a la vista 803-1, 803-2, 803-3 y la señal de posicionamiento del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento de red adyacente 804-3. Con una solución de posición de punto único calculada el reloj del receptor de posición itinerante 805 será coherente en tiempo con la base de tiempo de la red 801 que proporciona las correcciones de reloj. Por otra parte, el Dispositivo de Unidad de Posicionamiento de red adyacente 802-3 también puede recibir señales de posicionamiento 803-3 desde el primer Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 801-3 y medir la diferencia de base de tiempo de la primera red 801 con respecto a su propia base de tiempo de la red 802. El Dispositivo de Unidad de Posicionamiento de red adyacente 802-3 transmite entonces las correcciones de reloj para los Dispositivos de Unidad de

Posicionamiento de red adyacente 801-1, 801-2, 801-3 en sus datos de red dentro de su señal de posicionamiento 804-3, permitiendo por ello a los receptores de posición itinerantes 805 elegir entre bases de tiempo, si se requiere.

Bloqueo de Tiempo de Frecuencia Múltiple

5 En la realización preferida una pluralidad de señales de posicionamiento se transmiten en una pluralidad de frecuencias desde cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. Los receptores de posición interpretan posteriormente la pluralidad de señales de posicionamiento para generar un denominado carril amplio para resolución de ambigüedad (AR) de ciclo de portadora entero. Las señales portadoras de RF experimentan un retardo de tiempo mientras que pasan a través de la electrónica del transmisor y receptor, conocido como "retardo de grupo". El retardo de grupo puede variar muchos nanosegundos, dependiendo de la frecuencia y la temperatura ambiente. Por lo tanto, una pluralidad de frecuencias portadoras generadas a partir de un oscilador común y transmitidas a través del mismo trayecto de transmisión experimentarán retardos de tiempo desiguales debido a las diferencias de frecuencia portadora y además experimentan retardos de tiempo que varían causados por el cambio de temperatura de la electrónica del transmisor. Esto hace que las señales de posicionamiento transmitidas no sean coherentes en fase. Las señales de posicionamiento no coherentes en fase inducirán a errores de distancia en el proceso de resolución de ambigüedad (AR) de carril amplio.

20 Un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento puede eliminar el problema de fase no coherente de un transmisor de referencia transmitiendo una pluralidad de señales de posicionamiento de diversas frecuencias, que están individualmente bloqueadas en tiempo a las señales de posicionamiento de referencia entrantes independientemente. Un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento incorpora una pluralidad de relojes de transmisor dirigido, capaces de dirigir una pluralidad de señales de posicionamiento, que se transmiten en una pluralidad de frecuencias portadoras. El receptor de posición de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento rastrea la pluralidad de señales de posicionamiento de referencia de diversas frecuencias y también rastrea la pluralidad de señales de posicionamiento esclavas de diversas frecuencias. El Dispositivo de Unidad de Posicionamiento Bloquea en Tiempo cada señal de posicionamiento de referencia de diversas frecuencias a su respectiva señal de posicionamiento esclava de diversas frecuencias, de manera que cada señal de posicionamiento esclava esté cronológicamente sincronizada con el transmisor de referencia. El Dispositivo de Unidad de Posicionamiento luego transmite su pluralidad de señales de posicionamiento de diversas frecuencias, las cuales son coherentes en tiempo con el retardo de grupo del transmisor de referencia. Con al menos tres Dispositivos de Unidad de Posicionamiento bloqueados en tiempo a la vista, un receptor de posición determina la resolución de ambigüedad (AR) de entero de carril amplio de cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento a la vista. El retardo de grupo del transmisor de referencia ha creado un error de distancia de AR, que es común entre los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento Bloqueados en Tiempo. Por lo tanto el mismo error de distancia inducido de AR es evidente en cada pseudodistancia del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. El receptor de posición interpreta este error de pseudodistancia común como una desviación de reloj del receptor y elimina el error en el cálculo de la posición de punto único.

Estructura de Coordenadas de Red

45 Un requisito previo para Bloqueo en Tiempo es el conocimiento de las posiciones de los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento con respecto a una estructura de coordenadas de referencia. Cualquier estructura de coordenadas válida puede ser usada, pero en la realización preferida se usa la estructura coordenadas Fijadas en la Tierra, Centradas en la Tierra (ECEF), que es también la estructura de coordenadas usada por GPS y WAAS. En la realización preferida, los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento se auto-encuestan desde GNSS y/o WAAS y/u otros Dispositivos de Unidad de Posicionamiento para determinar una coordenada ECEF.

Frecuencia de Transmisión

50 En la realización preferida, los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento transmiten en la banda Industrial, Científica y Médica (ISM) sin licencia de 2,4 GHz a 2,48 GHz. La Banda ISM de 2,4 GHz permite el desarrollo de redes de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento sin restricción regulatoria y sin interferencias a sistemas de navegación actuales tales como el GPS. La banda ISM de 2,4 GHz también permite un ancho de banda de 83,5 MHz, que puede ser usado para el aumento de las tasas de segmentación de señales de posicionamiento de espectro ensanchado de secuencia directa o el uso de múltiples portadoras para una resolución de ambigüedad de ciclo entero de carril amplio.

DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE DE DISPOSITIVO DE UNIDAD DE POSICIONAMIENTO

60 En la realización preferida, un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento incorpora un receptor de posición, un transmisor, una unidad central de proceso (CPU) y un oscilador común. El receptor de posición incorpora una pluralidad de canales de recepción capaces de recibir una pluralidad de señales de posicionamiento, cada uno que comprende un componente de portadora, un componente de código PRN y un componente de datos. El transmisor incorpora al menos un generador de portadora de RF, al menos un generador de código PRN y al menos un reloj dirigido. La CPU comprende medios para la interpretación de las señales de posicionamiento recibidas por el

receptor de posición, medios de respuesta para controlar el reloj dirigido del transmisor y medios para generar datos de navegación. El oscilador común proporciona una base de tiempo local coherente para todos los componentes del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento.

5 Con referencia ahora a la FIG. 9, se representa un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 901 que incorpora un receptor de posición 902, un transmisor 903, una unidad central de proceso (CPU) 904 y un oscilador común 905. El receptor de posición 902 incorpora una pluralidad de canales de recepción 906 y el transmisor 903 incorpora uno o más generadores de portadora 907, uno o más generadores de código 908 y uno o más relojes dirigidos 909. La CPU 904 incluye medios para comunicación del receptor de posición 910, medios para comunicación del transmisor 911 y medios para comunicación del reloj dirigido del transmisor 912.

Receptor de posición de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento

15 Un receptor de posición de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento comprende al menos un canal de recepción capaz de recibir y demodular al menos una señal de posicionamiento de referencia desde un transmisor de referencia y al menos un canal de recepción capaz de recibir y demodular al menos una señal de posicionamiento esclava desde un transmisor co-ubicado. Preferiblemente, un receptor de posición de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento es capaz de recibir una pluralidad de señales de posicionamiento de referencia para aumentar la precisión y la integridad. El receptor de posición de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento preferiblemente debería también ser capaz de recibir señales de posicionamiento de otros Dispositivos de Unidad de Posicionamiento que transmiten en la banda ISM de 2,4 GHz y señales de posicionamiento de satélites WAAS y GNSS que transmiten en frecuencias de la banda L de microondas. Un receptor de posición de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento rastrea, demodula e interpreta señales de posicionamiento utilizando las mismas metodologías usadas en el diseño del receptor GPS convencional. El procesamiento y diseño del receptor GPS son bien conocidos en la técnica y no son un tema descrito aquí.

Transmisor de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento

30 Un transmisor de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento tiene muchas similitudes con un pseudolito GPS convencional, con una mejora importante y crítica: un reloj de transmisor dirigido. En la realización preferida, el reloj de transmisor dirigido se genera en el dominio digital usando técnicas de Síntesis Digital Directa (DDS). La tecnología DDS produce un oscilador generado digitalmente, que puede ser controlado por frecuencia a precisiones de Milihercios, permitiendo por lo tanto que el reloj del transmisor sea "esclavizado" con precisión a una señal de referencia entrante. El transmisor también incorpora al menos un generador de portadora de radiofrecuencia (RF) y al menos un generador de código de número pseudoaleatorio (PRN). El generador de portadora de RF produce el componente de portadora, que es una onda de radiofrecuencia sinusoidal, transmitida preferiblemente en la banda ISM de 2,4 GHz y el generador de código PRN produce el componente de código, que comprende una secuencia de código única que se puede distinguir entre otras secuencias de código pseudoaleatorio transmitidas en la misma frecuencia portadora. Una pluralidad de códigos se puede generar en una pluralidad de frecuencias para producir un denominado "carril amplio", que permite que la ambigüedad de ciclo entero de portadora sea resuelta en un receptor de posición itinerante. En la realización preferida transmisores de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento son pulsados en un esquema de Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA), de manera que las señales de posicionamiento CDMA de alta potencia no interfieran con señales de posicionamiento CDMA más débiles transmitidas en la misma frecuencia portadora. Este fenómeno se conoce como el "problema cerca/lejos" y también es bien conocido en la técnica.

Unidad Central de Proceso de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento

La CPU del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento comprende:

50 a) Medios para determinar la posición actual del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. La determinación de posición se puede lograr o bien a través de auto-encuesta o bien a través de inicialización manual. La auto-encuesta requiere que el Dispositivo de Unidad de Posicionamiento esté a la vista de al menos otros cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento de referencia para determinar una solución de posición de punto único tridimensional o, alternativamente, un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento puede estar a la vista de al menos tres satélites GNSS más al menos un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento de referencia. En esta realización el Dispositivo de Unidad de Posicionamiento de referencia suministra correcciones diferenciales tanto de código como de portadora para todos los satélites GNSS a la vista al Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. El Dispositivo de Unidad de Posicionamiento entonces calcula una posición precisa con respecto al Dispositivo de Unidad de Posicionamiento de referencia.

60 La inicialización manual se logra colocando el Dispositivo de Unidad de Posicionamiento en una ubicación predeterminada e introduciendo manualmente los valores de las coordenadas geográficas en la memoria del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. En la realización preferida, un primer Dispositivo de Unidad de Posicionamiento se inicializa manualmente usando coordenadas conocidas con precisión, con posteriores Dispositivos de Unidad de Posicionamiento que se auto-encuestan desde satélites GNSS y el primer Dispositivo de Unidad de Posicionamiento.

- b) Medios para iniciar una búsqueda de señal de referencia por el receptor de posición.
 Todos los canales del receptor de posición se establecen para buscar cualquier señal de posicionamiento de referencia a la vista.
- 5 c) Medios para adquirir al menos una señal de posicionamiento de referencia y extraer tiempo de red y datos de red desde el componente de datos de navegación.
- d) Medios para determinar el retardo de propagación de señal desde el transmisor de referencia al Dispositivo de Unidad de Posicionamiento.
- 10 Las coordenadas de posición del transmisor de referencia se extraen primero de los datos de navegación de la señal de posicionamiento de referencia y se comparan con la ubicación conocida del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. La distancia geométrica calculada entre transmisor de referencia y el Dispositivo de Unidad de Posicionamiento se convierte en un desplazamiento de tiempo de vuelo.
- 15 e) Medios para inicializar el generador de código del transmisor esclavo con un código PRN único adecuado.
- f) Medios para generar y pasar el tiempo de red y datos de red adecuados al transmisor, que se transmiten como el componente de datos de navegación en la señal de posicionamiento esclava.
 Los datos de navegación son modulados en el código PRN generado por transmisor, que posteriormente es modulado en la portadora de RF generada por el transmisor. Los datos de navegación incluyen información de momento de la semana, ubicación del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento y otros datos de red tales como la ubicación y el estado de otros Dispositivos de Unidad de Posicionamiento y satélites GNSS.
- 20 g) Medios para aplicar el desplazamiento de tiempo de vuelo calculado e inicializar el transmisor esclavo al tiempo y frecuencia de la red aproximados.
- 25 h) Medios para iniciar el receptor de posición para buscar la señal de posicionamiento esclava.
- i) Medios para adquirir la señal de posicionamiento esclava y aplicar un bucle de control para obtener coherencia en frecuencia entre las señales posicionamiento de referencia y esclava.
 La CPU mide la diferencia de fase portadora integrada (ICP) instantánea de las señales de posicionamiento de referencia y esclava y aplica un bucle de control, conocido como un "Bucle de Bloqueo de Tiempo (TLL)". La salida del TLL aplica valores de corrección al reloj del transmisor dirigido, con el fin de poner a cero la diferencia ICP.
- 30 j) Medios para extraer el tiempo esclavo transmitido del componente de datos de navegación de la señal de posicionamiento esclava y determinar la diferencia de tiempo entre la señal de posicionamiento de referencia y la señal de posicionamiento esclava.
- 35 k) Medios para Bascular en Tiempo el reloj del transmisor dirigido la cantidad requerida para poner a cero la diferencia de tiempo entre la señal de posicionamiento de referencia y la señal de posicionamiento esclava, de manera que la señal de posicionamiento esclava esté cronológicamente alineada con el tiempo del transmisor de referencia.
- 40 l) Medios para declarar estado de Bloqueo en Tiempo.
- 45

Oscilador Común

50 El oscilador común proporciona una base de tiempo local coherente para todos los componentes del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento.

En particular, el mismo oscilador se usa para accionar el receptor de posición, la CPU y el reloj del transmisor dirigido. Una base de tiempo local coherente permite el seguimiento de frecuencia en bucle abierto de la señal de posicionamiento de referencia recibida usando un denominado Sistema de Seguimiento de Frecuencia (FTS). Con FTS el desplazamiento de frecuencia de la señal de posicionamiento de referencia recibida, como se mide por el receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento, se alimenta directamente al reloj del transmisor dirigido del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. El reloj del transmisor dirigido simplemente emula el valor de desplazamiento de frecuencia de la señal de posicionamiento de referencia entrante, que elimina por lo tanto la duración de oscilador común y manteniendo el Bloqueo de Frecuencia de Referencia/Esclava entre las señales de posicionamiento de referencia y esclava. El FTS ayuda en la adquisición y ajuste de tiempo de la señal de posicionamiento esclava.

55

60

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA MÓVIL

65 Un receptor de posición itinerante comprende preferiblemente una pluralidad de canales de recepción que son capaces de recibir e interpretar señales de posicionamiento de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento, que

están transmitiendo preferiblemente en la banda ISM de 2,4 GHz. El receptor de posición itinerante también es preferiblemente capaz de recibir e interpretar señales de posicionamiento desde satélites GNSS y WAAS que transmiten en las frecuencias de la banda L. El receptor de posición itinerante es preferiblemente capaz de demodulación de datos de navegación que incorporan datos de red de todas las señales de posicionamiento a la vista. Esto permite la determinación del tiempo de red del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento, tiempo GNSS, ubicaciones de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento, ubicaciones de satélite y otros datos de la red y GNSS. En la realización preferida el tiempo de red se deriva a partir del tiempo GNSS a través de satélites WAAS, haciendo por ello coherentes en tiempo el tiempo de la red y al tiempo GNSS. Un receptor de posición itinerante también incorpora preferiblemente medios para hacer mediciones de pseudodistancia basadas en código para cada señal de posicionamiento a la vista, medios para hacer mediciones de fase portadora para cada señal de posicionamiento a la vista y medios para resolver la posición, velocidad y tiempo (PVT) usando determinación de posición de punto único. La determinación de posición de punto único se puede lograr usando una solución de posición GPS convencional, que es generalmente una forma de regresión de mínimos cuadrados que es bien conocida en la técnica.

15 El receptor de posición itinerante incorpora preferiblemente medios para determinar la ambigüedad de ciclo entero. En la realización preferida la ambigüedad de ciclo entero se resuelve utilizando técnicas de carril amplio. Una vez que la ambigüedad de ciclo entero se resuelve, una pseudodistancia de fase portadora precisa se determina desde el receptor de posición itinerante al Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. La pseudodistancia de portadora comprende un número entero de ciclos de portadora (el componente de entero) más una cantidad de ciclo de portadora fraccional (componente fraccional o componente de fase) y se denomina una pseudodistancia debido a la desviación de reloj del receptor de posición desconocida. Los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento Bloqueados en Tiempo presentan coherencia de tiempo a decenas de picosegundos, permitiendo por ello una solución de posición de punto único que se forma a partir de las pseudodistancias de portadora precisas sin la necesidad de corrección diferencial.

25 Un receptor de posición rastrea, demodula e interpreta señales de posicionamiento generadas por una red de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento Bloqueados en Tiempo que utilizan las mismas metodologías usadas en el diseño del receptor GPS convencional. El procesamiento y diseño del receptor GPS, así como una Resolución de Ambigüedad de Carril Amplio, son bien conocidos en la técnica y no son temas descritos aquí.

30 Por supuesto se entiende que mientras que lo anterior ha sido dado a modo de un ejemplo ilustrativo de esta invención, todas de tales y otras modificaciones y variaciones de la misma, como sería evidente para los expertos en la técnica, se consideran que caen dentro del amplio alcance de esta invención como se expone en la presente memoria.

35

REIVINDICACIONES

1. Un método para el seguimiento de la frecuencia de bucle abierto del componente portador de una señal de posicionamiento de referencia (203) recibida en un dispositivo de unidad de posicionamiento (201), transmitiéndose dicha señal de posicionamiento de referencia (203) mediante al menos un transmisor de referencia (202), comprendiendo dicho dispositivo de unidad de posicionamiento (201) un receptor (204), un oscilador común (212) y un reloj de frecuencia orientable (210) conectado a un transmisor (205), siendo el oscilador común (212) común a dicho receptor (204) y a dicho reloj de frecuencia orientable (210), comprendiendo dicho método las etapas de:
- 5 recibir dicha señal de posicionamiento de referencia (203) en dicho receptor (204);
10 medir un desplazamiento del componente portador de la señal de posicionamiento de referencia (203) recibida con respecto a la frecuencia de dicho oscilador común (212);
 referenciar dicho reloj de frecuencia orientable (210) con dicho oscilador común (212); ajustando continuamente dicho reloj de frecuencia orientable (210) en una cantidad derivada del desplazamiento de frecuencia medido; y
15 generar una señal de posicionamiento único (215) en dicho transmisor (205), en donde la frecuencia del componente portador de dicha señal de posicionamiento único (215) está alineada con dicho reloj de frecuencia orientable (210);
 de manera que dicho reloj de frecuencia orientable (210) se puede ajustar mediante la aplicación de un desplazamiento de frecuencia adicional durante un periodo de tiempo predeterminado para ralentizar en el
20 tiempo dicha señal de posicionamiento único (215).
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** dicho reloj de frecuencia orientable (210) se ajusta mediante una cantidad equivalente a dicho desplazamiento de frecuencia medido, de tal manera que la frecuencia del componente portador de la señal de posicionamiento único (215) ajustada está alineada con la
25 frecuencia del componente portador de dicha señal de posicionamiento de referencia (203).
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** dicho método comprende además la etapa de ajustar dicho reloj de frecuencia orientable (210) aplicando un desplazamiento de frecuencia adicional durante un periodo de tiempo predeterminado para ralentizar en el tiempo dicha señal de posicionamiento único (215).
- 30 4. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** se transmite la señal de posicionamiento único (215) ajustada.
5. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** la señal de posicionamiento único (215) ajustada funciona como una señal de posicionamiento de referencia para otros dispositivos de unidad de posicionamiento.
- 35 6. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** dicho al menos un transmisor de referencia (202) es un dispositivo de unidad de posicionamiento (701, 402), un satélite de un sistema de aumento de área amplia (605), un satélite de un sistema de navegación global por satélite, o un pseudolito.
- 40 7. Un dispositivo de unidad de posicionamiento (201) para el seguimiento de la frecuencia de bucle abierto del componente portador de una señal de posicionamiento de referencia (203) recibida, transmitiéndose dicha señal de posicionamiento de referencia (203) mediante al menos un transmisor de referencia (202), comprendiendo dicho dispositivo de unidad de posicionamiento (201):
- 45 un receptor (204) para recibir dicha señal de posicionamiento de referencia (203);
 un reloj de frecuencia orientable (210) conectado a un transmisor (205);
50 medios para medir un desplazamiento del componente portador de la señal de posicionamiento de referencia (203) recibida relativa a un oscilador común (212), siendo dicho oscilador común (212) común a dicho receptor (204) y a dicho reloj de frecuencia orientable (210); medios para referenciar dicho reloj de frecuencia orientable (210) a dicho oscilador común (212); medios para ajustar continuamente dicho reloj de frecuencia orientable (210) mediante una cantidad derivada del desplazamiento de frecuencia medido; y un transmisor (205) para
55 generar una señal de posicionamiento único (215), en donde la frecuencia del componente portador de dicha señal de posicionamiento único está alineada con dicho reloj de frecuencia orientable (210);
 de manera que dicho reloj de frecuencia orientable (210) se puede ajustar aplicando un desplazamiento de frecuencia adicional durante un periodo de tiempo predeterminado para ralentizar en el tiempo dicha señal de
60 posicionamiento único (215).
8. Un dispositivo de unidad de posicionamiento de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** dicho reloj de frecuencia orientable (210) se ajusta mediante una cantidad equivalente a dicho desplazamiento de frecuencia medido, de tal manera que la frecuencia del componente portador de la señal de posicionamiento único (215) ajustada está alineada con la frecuencia del componente portador de dicha señal de posicionamiento de
65 referencia (203).

- 5 9. Un dispositivo de unidad de posicionamiento de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** dicho dispositivo de unidad de posicionamiento (201) comprende además medios para ajustar dicho reloj de frecuencia orientable (210) aplicando un desplazamiento de frecuencia adicional durante un periodo de tiempo predeterminado para ralentizar en el tiempo dicha señal de posicionamiento único (215).
- 10 10. Un dispositivo de unidad de posicionamiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, **caracterizado por que** se transmite la señal de posicionamiento único ajustada (215).
- 10 11. Un dispositivo de unidad de posicionamiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, **caracterizado por que** la señal de posicionamiento único ajustada (215) funciona como una señal de posicionamiento de referencia para otros dispositivos de unidad de posicionamiento.
- 15 12. Un dispositivo de unidad de posicionamiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, **caracterizado por que** dicho al menos un transmisor de referencia (202) es un dispositivo de unidad de posicionamiento (701, 402), un satélite de un sistema de aumento de área amplia (605), un satélite de un sistema global de navegación por satélite, o un pseudolito.

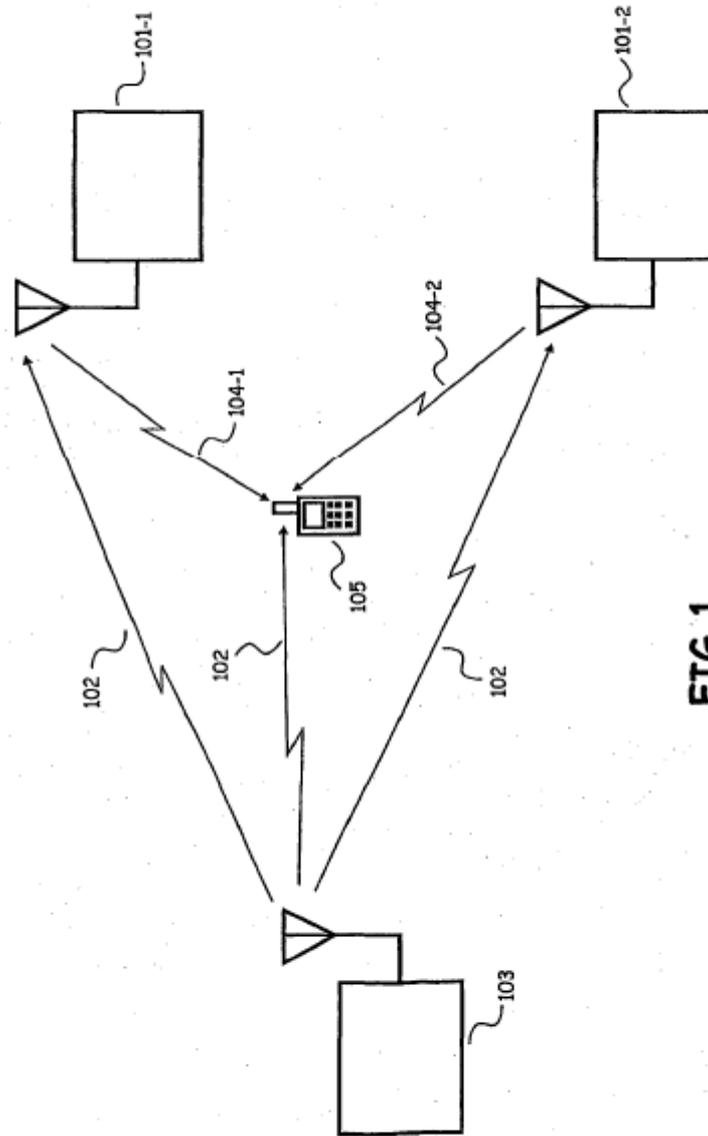


FIG 1

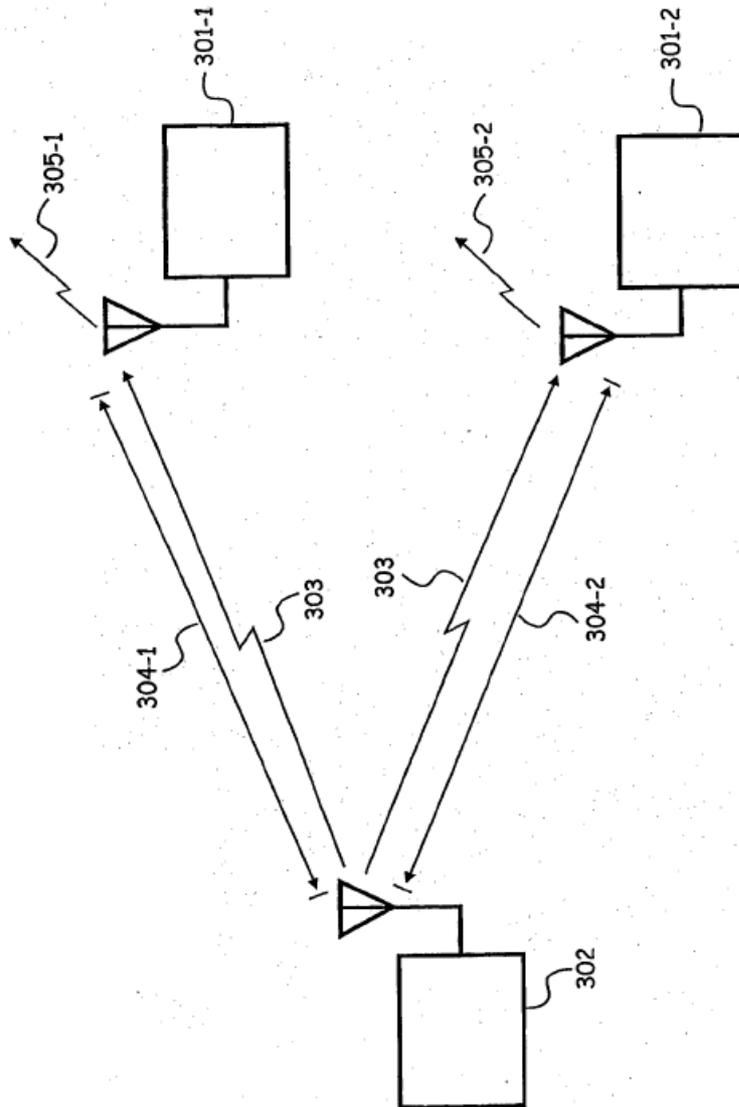


FIG 3

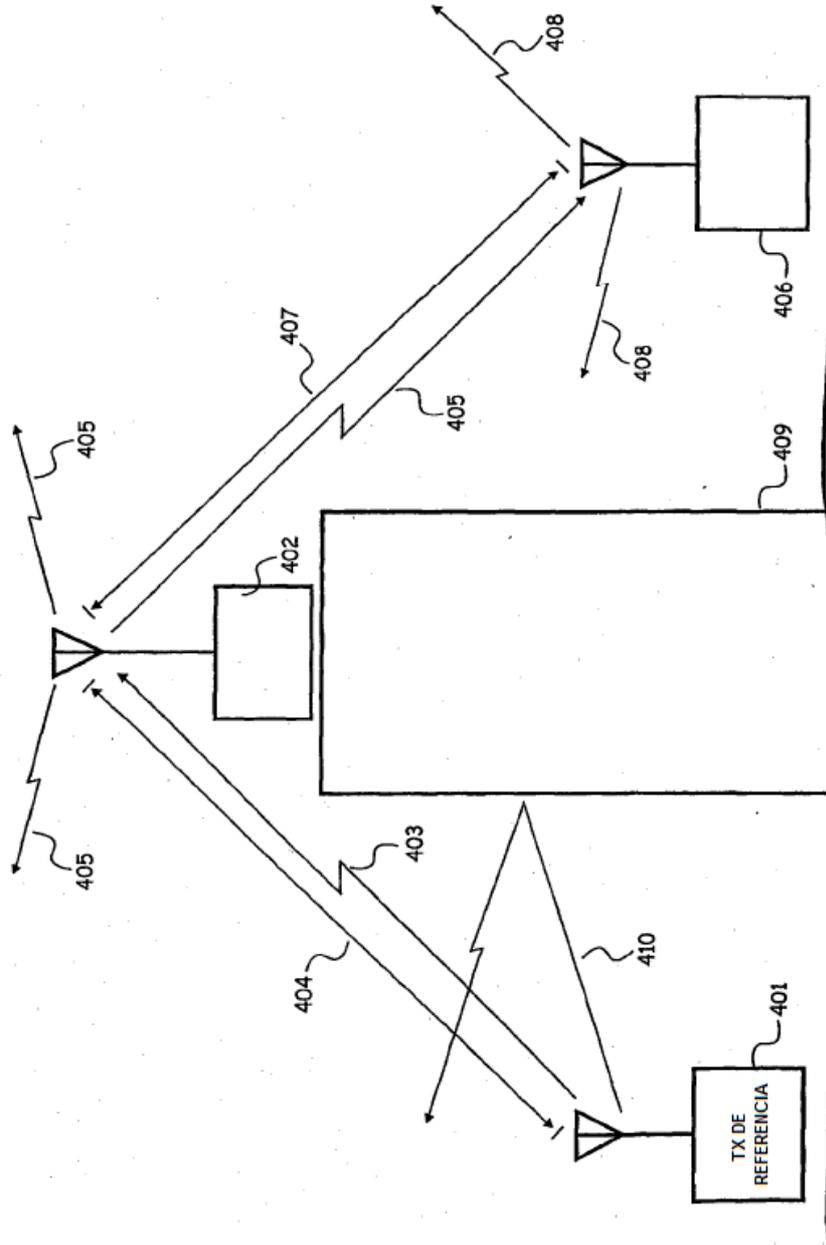


FIG 4

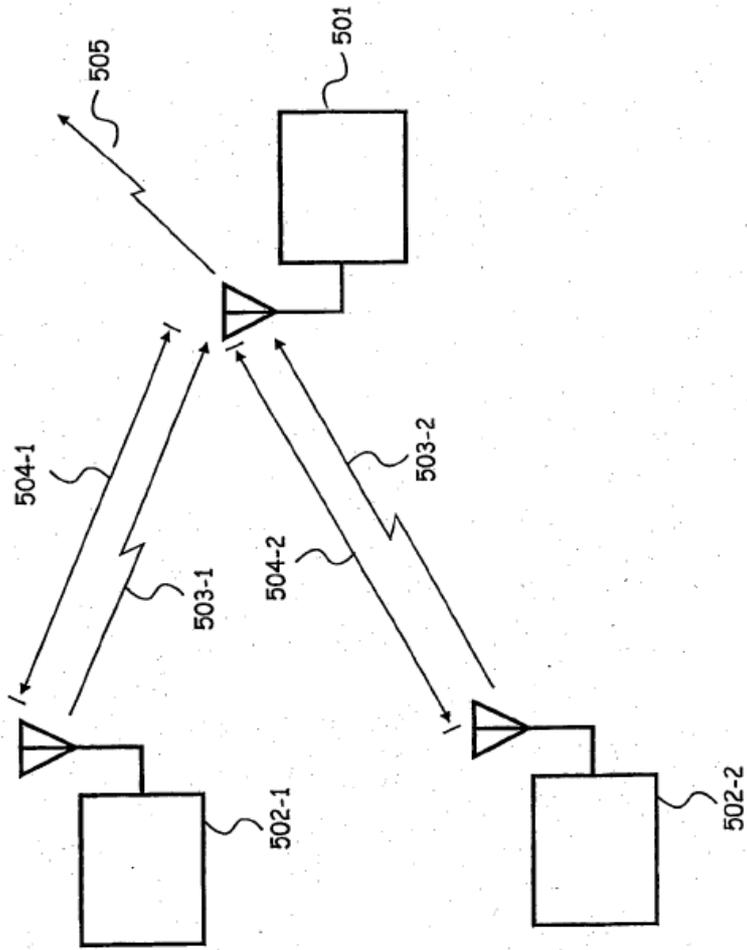


FIG 5

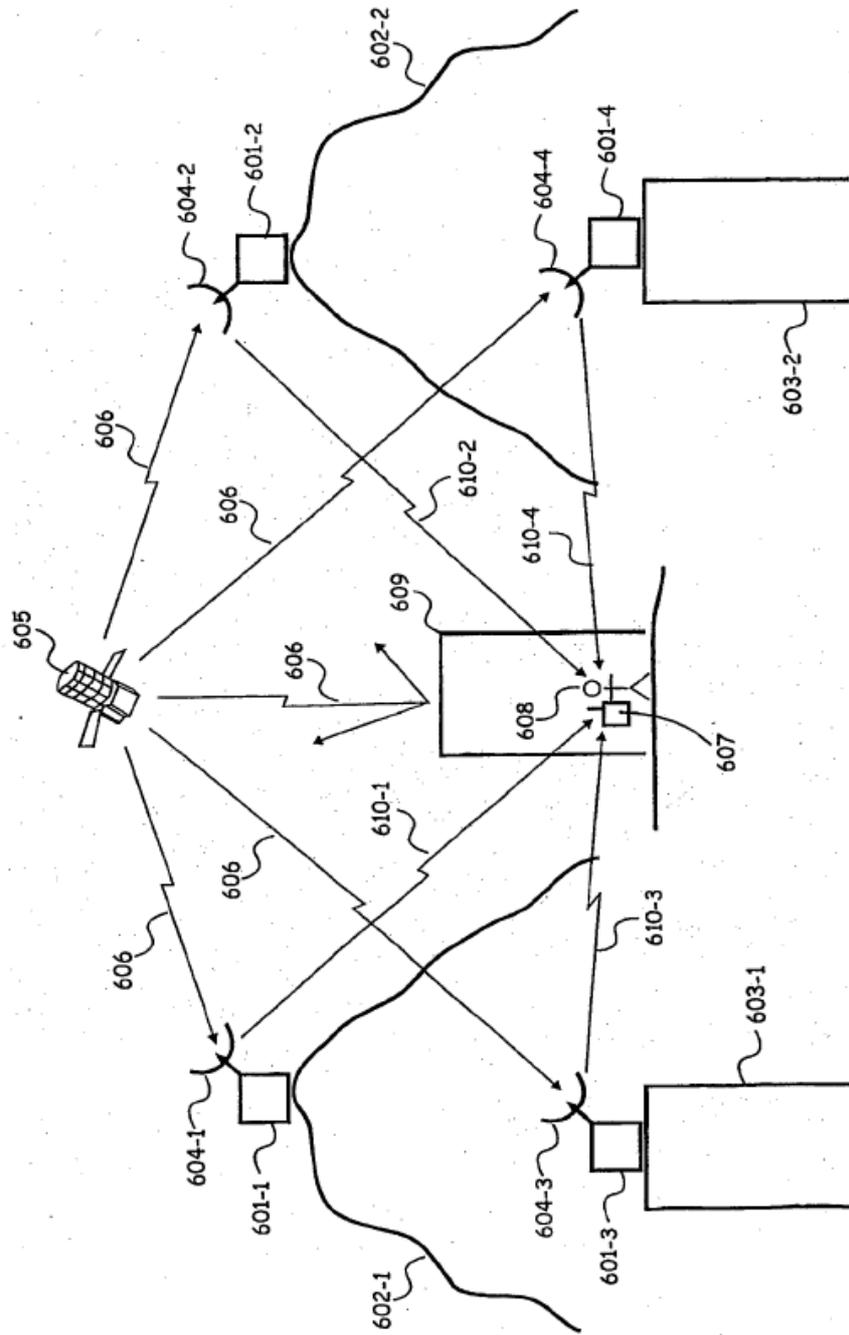


FIG 6

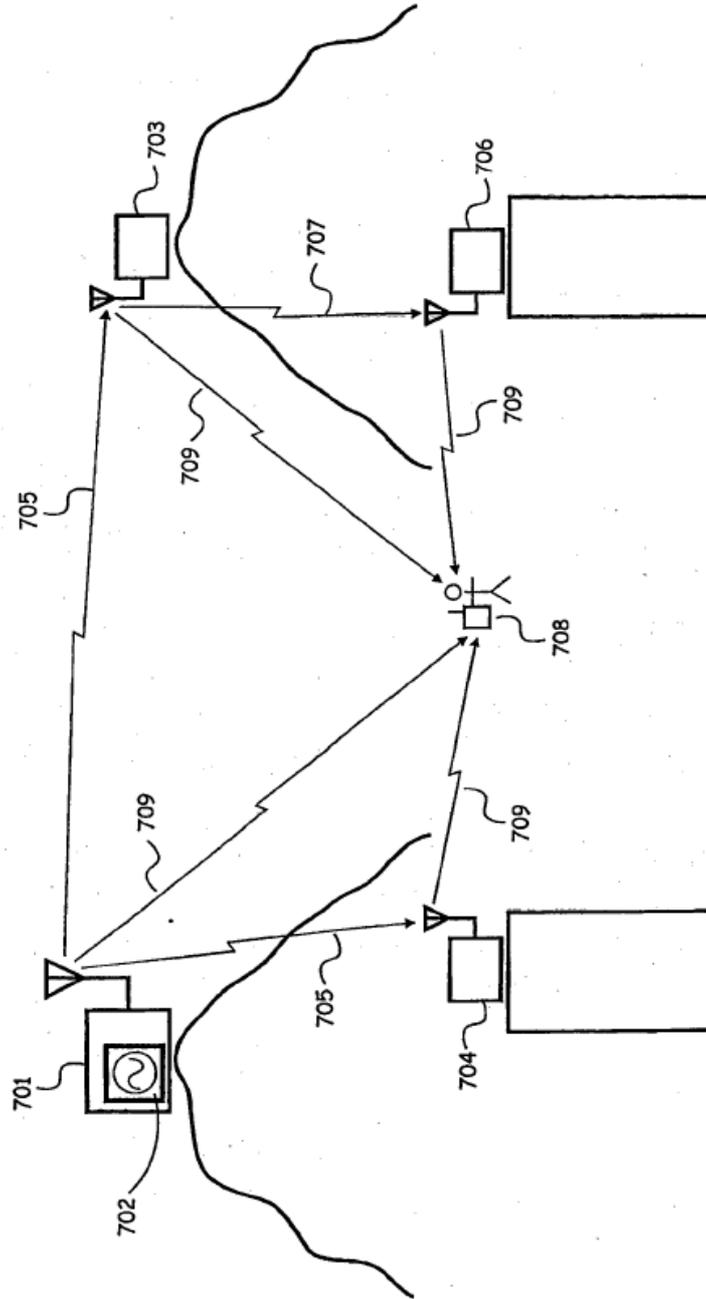


FIG 7

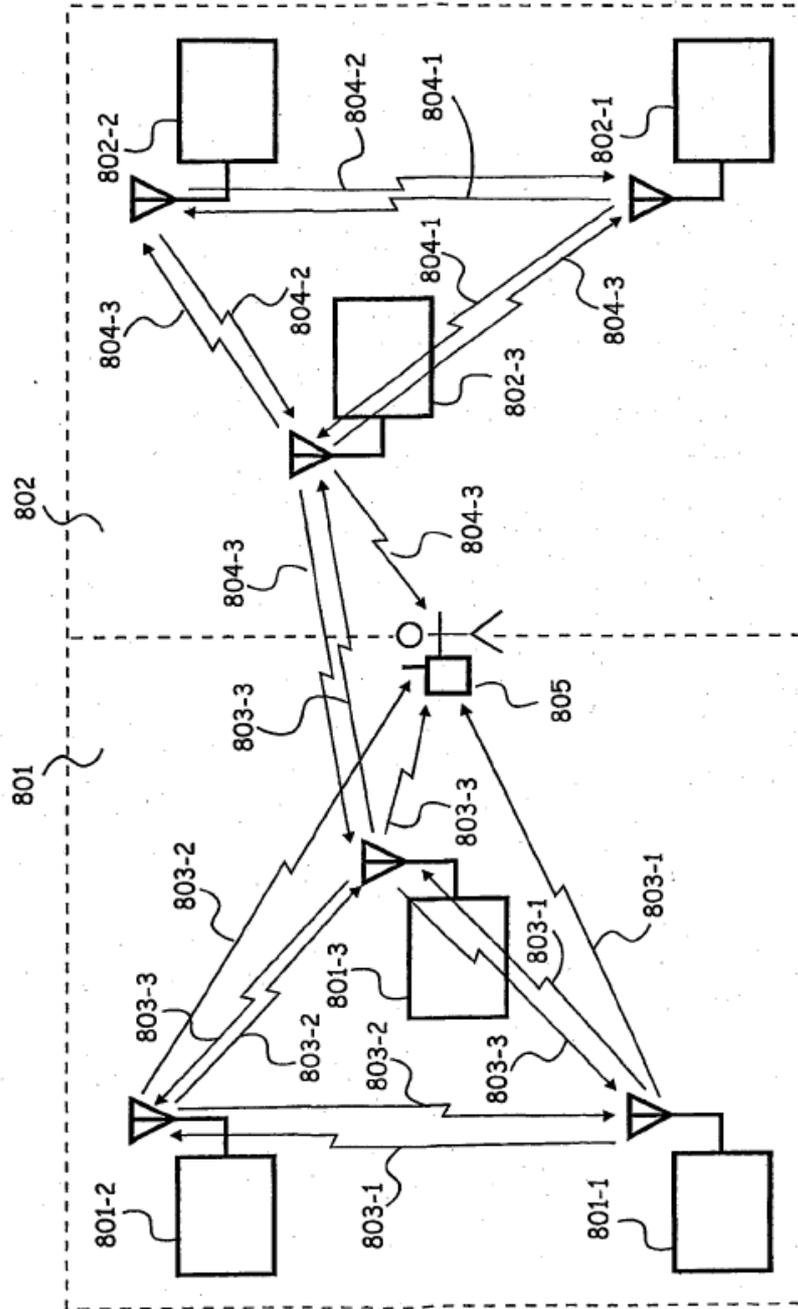


FIG 8

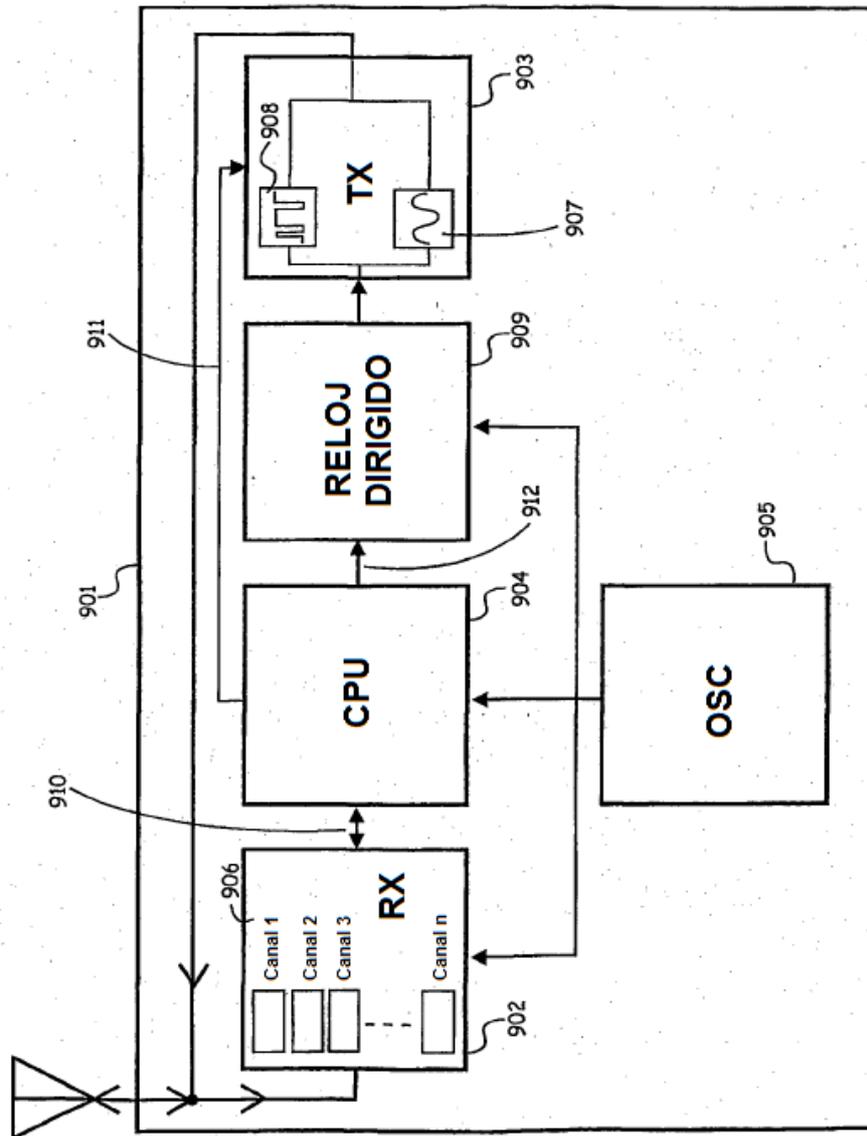


FIG 9