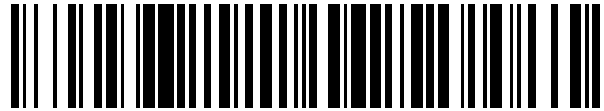


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 429 434**

51 Int. Cl.:

**G01S 7/40**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.11.2002 E 02771898 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2013 EP 1451606**

54 Título: **Método y dispositivo para la sincronización cronológica de una red de ubicación**

30 Prioridad:

**02.11.2001 AU PR863401**

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

**14.11.2013**

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:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 429 434 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).

**DESCRIPCION**

Método y dispositivo para la sincronización cronológica de una red de ubicación

## 5 CAMPO DEL INVENTO

10 El presente invención se refiere en general a sistemas y métodos para la generación de determinaciones de posición precisa para un aparato móvil. En particular, el presente invento se aplica a sistemas de determinación de posición de tiempo de llegada preciso. El presente invento no está limitado 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 DEL INVENTO

15 Es bien entendido en la técnica que la determinación de posición de tiempo-de-llegada preciso depende de la precisión de los relojes de transmisor utilizados. En su forma más rudimentaria, tres balizas transmisoras posicionadas en lugares conocidos y conectadas a un reloj común a través de tres cables de idéntica longitud será suficiente 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 a la necesidad de cables cronometrados con precisión distribuyendo señales de sincronización 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 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 RF a cada baliza, para su posterior retransmisión al equipo del usuario. Modernas tecnologías de posicionamiento por satélite, tales como el GPS, emplean esta técnica, en las que estándares de tiempo de cesio y rubidio se instalan en cada satélite GPS, con el Segmento de Control de Tierra GPS monitorea continuamente todos los satélites GPS y enlazan correcciones de reloj a cada satélite cada veinticuatro horas. Estas correcciones son luego retransmitidas a través de mensaje de navegación de cada satélite al equipo de usuario GPS, de modo que los algoritmos de posicionamiento en el equipo de usuario GPS puedan compensar el error del reloj de satélite. Con al menos cuatro satélites GPS a la vista, se obtiene una posición tridimensional en el equipo del usuario GPS utilizando 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.

35 A partir del documento WO 01/80 461 A1 se conoce un sistema de comunicación inalámbrica que comprende una pluralidad de estaciones base y un controlador de red de radio (Radio Network Controller, RNC). Para mantener la sincronización de las estaciones base, el RNC selecciona una estación de base master, cuyo reloj sirve como una referencia. Si los datos mantenidos en el RNC indican la desviación intolerable de una estación base de la norma, inicia una verificación, controlando una estación base adyacente o un dispositivo de usuario para intercambiar señales con la estación base en cuestión, y en caso necesario ajusta su reloj.

40 Los requisitos de sincronización para una red inalámbrica son relativamente relajados. Los retardos de tiempo de propagación de la señal se consideran sólo si las distancias dentro de las estaciones base adyacentes son amplios. En consecuencia, la red en cuestión no es capaz de proporcionar un posicionamiento exacta de un receptor itinerante. Además, la estructura de la red es jerárquica. Una única estación base no sincroniza automáticamente con una señal de referencia, pero está controlada por un RNC. La falta de un RNC dará lugar a la caída de una parte importante de la red.

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

55 En GPS basados 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 rango en base a la correlación de secuencias de código pseudoaleatorio (PRN) generado internamente con secuencias de códigos pseudoaleatorios recibidas desde cada satélite GPS. Los rangos medidos se denominan pseudodistancias ya que hay una diferencia de tiempo, o compensación, entre los relojes de los satélites y el reloj en el receptor GPS. Es necesario asegurarse de 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 la transmisión de secuencia de código pseudoaleatorio de un satélite y la recepción de dicha 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 son necesarias 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 posición, velocidad y tiempo (PVT) sin datos de corrección diferencial desde receptores de referencia. Por ello, se ha hecho 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 atómica precisa establecida la constelación GPS sólo es capaz de proporcionar a un receptor GPS 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 al atravesar bandas de partículas ionizadas en la ionosfera. El retardo troposférico es el retardo de tiempo experimentado por las ondas electromagnéticas cuando atraviesan 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 los componentes electrónicos internos de un receptor GPS. El multitrayecto es el retardo de la señal causado por los reflejos de señal localizados en las proximidades 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 utilizando una técnica conocida como "Corrección Diferencial". Un receptor de referencia colocado en una ubicación bien conocida calcula una pseudodistancia supuesta para cada señal de satélite que detecta. Éste luego 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 RF. El receptor GPS posteriormente añade 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 procedimiento se eliminan por completo los errores comunes al receptor de referencia y al receptor GPS. Fuentes de error no correlacionadas, tales como multitrayectoria y ruido del receptor permanecen en las pseudodistancias y subsecuentemente degradan la precisión de la posición. Precisiones de posición en el orden de varios metros son alcanzables con una corrección diferencial del GPS basada en código en entornos de baja multitrayectoria.

GPS diferencial basado en portadora convencional (posicionamiento relativo)

GPS diferenciales basados en portadora convencional (CDGPS) calculan la diferencia entre la ubicación de referencia y la ubicación del usuario utilizando las diferencias entre las fases portadoras de los satélites medidos en el receptor de referencia y el receptor del usuario. Un receptor de referencia CDGPS, instalado en una ubicación bien conocida, calcula mediciones de fase portadora simultáneas para todos los satélites a la vista, y luego transmite los datos de fase portadora al receptor del usuario a través de un enlace de datos RF. El receptor del 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 del usuario con respecto a la ubicación del receptor de referencia. Las mediciones de fase portadora son un conteo de ciclo de operación basado en el desplazamiento de frecuencia Doppler presente en las frecuencias portadoras de los satélites GPS. Cada época, este conteo de ciclos de ejecución (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 de la portadora durante una época es determinada integrando la compensación Doppler de portadora durante el intervalo de la época, de ahí el nombre de Fase de Portadora Integrada (ICP).

El receptor del 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 la resolución de ambigüedades enteras de fase portadora se dividen en tres grandes categorías: métodos de búsqueda, métodos de filtrado y métodos geométricos. Estos métodos tradicionales no dan una instantánea resolución de la ambigüedad de ciclo entero. Una técnica, conocida como "wide-laning", ha sido desarrollada para superar el problema de la ambigüedad de ciclo entero no instantánea. El wide-laning multiplica y filtra dos frecuencias portadoras (tradicionalmente 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. Por consiguiente, la resolución de los enteros se puede obtener mediante el uso de observaciones de pseudodistancia para determinar la ambigüedad de entero de las "pistas" más amplias incluidas por la señal de frecuencia de batido. Estas, a su vez, reducen en gran medida el volumen de enteros que se debe buscar para resolver la ambigüedad de entero.

Las principales limitaciones de los métodos CDGPS son en primer lugar, la integridad y latencia del enlace de datos RF y, en segundo lugar, la falta de determinación del tiempo en el receptor del usuario. El ancho de banda de datos del enlace de datos RF limita las tasas de actualización de datos diferenciales, causando latencia de datos y degradando la precisión de posición. Una mala recepción de datos diferenciales causada por una obstrucción física y multitrayectoria causa corrupción de datos, la cual degrada la exactitud de posición en el mejor de los casos, y en el peor resulta en el fallo total del enlace y la no actualización de la posición. El segundo inconveniente del CDGPS es la falta de determinación del tiempo. Una solución de posición de punto único convencional resuelve para las cuatro incógnitas de posición (x, y, z) y tiempo (t). CDGPS utiliza 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 del usuario. Por lo tanto, el receptor del 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 beneficiosa para muchas aplicaciones de usuario que involucran redes de ordenadores y sistemas de telecomunicaciones. La falta de determinación del tiempo es un problema importante asociado con los sistemas CDGPS de la técnica anterior.

#### Aumento de Pseudolito

Otro método utilizado para ayudar a determinar la posición GPS es el uso de sistemas de aumentación basados en tierra, tales como los pseudolitos. Los pseudolitos pueden ser incorporados en sistemas de GPS diferencial basados en portadora y de código convencional sin ningún requisito de infraestructura adicional. Se pueden utilizar como señales de medición adicionales, y también como enlaces de datos RF para enviar correcciones diferenciales al equipo del 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 utilizando al menos cuatro satélites GPS y pasa el tiempo determinado a un transmisor pseudolito co-situado. La exactitud de la base de tiempo GPS se ve limitada por las fuentes de error de 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 mediante el método de base de tiempo GPS, sin embargo esto se traduce en precisiones de posición sólo en el orden de decenas de metros. Esta precisión es muy poco para sistemas de navegación precisos.

#### GPS diferencial basado en portadora usando un pseudolito "Omni-Marcador"

Patente EE.UU. Número 5, 583.513 a Cohen, titulada "System and Method for Generating Precise Code-based and Carrier Phase Position Determinations" (Sistema y método para generar determinaciones de posición precisas basadas en código y fase portadora) describe un método de corrección diferencial mediante el cual un llamado pseudolito "omni-marcador" sirve como un canal para transmitir información a un receptor de posición para hacer correcciones de distancia diferenciales (Columna 6, líneas 43 a 46). El pseudolito omni-marcador puede ser descrito como un espejo metafórica, en donde 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 es exactamente coherente en fase con respecto a sus homólogos entrantes en las señales de GPS (Columna 6, líneas 28 a 32). Un receptor de posición situado en un avión en sobrevuelo 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 lo requieren los sistemas diferenciales de código convencional y basados en portadora. Sin embargo, un receptor de posición omni-marcador aún debe recibir señales de satélites GPS y 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, lo que hace al omni-marcador complejo y caro. Actualmente, esto requeriría hasta doce transmisiones individuales desde un solo 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.

#### Medidas de Distancia Diferenciales Utilizando Pseudolitos de "Transceptor Terrestre"

Patente de EE.UU. No. 6.121.928 a Sheynblat, titulado "Network of ground transmitters" (Red de transmisores terrestres), describe un método de corrección diferencial mediante el cual una red de pseudolitos llamados "transmisor terrestre" y "transceptor terrestre" sirven como canales para la transmisión de información a un receptor de posición para la determinación diferencial de la posición del usuario (col. 5, líneas 31 a 36). Sheynblat enseña el uso de corrección diferencial para eliminar el sesgo de reloj maestro (col. 5, 23 a 36) y sesgos de línea introducidos por el hardware del transceptor terrestre (col. 5, líneas 38 a 67 y col. 6, líneas 1 a 23). Las metodologías diferenciales y las formas de realización de Sheynblat incluyen: (i) un receptor de usuario que diferencia señales de transceptor terrestre con un señal de transmisor terrestre (col. 5, líneas 31 a 36 y reivindicación 2), (ii) un receptor de

usuario que diferencia múltiples señales de transmisor terrestre master con un transceptor terrestre (col. 6, líneas 25 a 67, col. 7, líneas 1 a 33), y (iii) un receptor de usuario que diferencia señales de transceptor terrestre, que incorporan señales previamente diferenciados con una señal de satélite (col. 7, líneas 34 a 67, col. 8, líneas 1 a 34). La patente de Sheynblat enseña un avance de metodologías diferenciales pero no enseña, muestra, o sugiere un sistema altamente deseable que produciría soluciones de posición de punto único en un receptor de posición itinerante desde una red de transceptores terrestres.

Los sistemas de la técnica anterior no permiten 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 limitaciones, es altamente deseable. El presente invento consigue este objetivo deseable sincronizando cronológicamente un sistema de transceptores (denominado en lo sucesivo como Dispositivos de Unidad de Posicionamiento), tal como se describe a continuación

#### OBJETO DEL INVENTO

Es un objeto del presente invento proporcionar un sistema de posicionamiento y un método para hacer determinaciones de posición de código y de fase portadora precisas sin necesidad de interconexiones físicas entre Dispositivos con Unidad de Posicionamiento.

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

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

Es además otro objeto del presente invento es 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.

Es además un objeto adicional del presente invento sincronizar cronológicamente Dispositivos de Unidad de Posicionamiento con una base de tiempo del sistema, la base de tiempo del sistema no necesariamente siendo de una precisión absoluta.

Sin embargo, es un objeto adicional del presente invento propagar una base de tiempo de referencia a través de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento distribuidos geográficamente.

Es además un objeto adicional del presente invento proporcionar un receptor de posición itinerante con pseudodistancias de fase de código cronológicamente sincrónicas, de tal manera que soluciones de posición de fase de código de punto único puedan ser determinadas sin ayuda de corrección diferencial.

Es además un objeto adicional del presente invento proporcionar un receptor de posición itinerante con pseudodistancias de fase portadora cronológicamente sincrónicas, de tal manera que una vez que las ambigüedades de ciclo entero sean resueltas, pueda ser determinada una solución de posición de fase de portadora de punto único sin ayuda de corrección diferencial.

Es además un objeto adicional del presente invento proporcionar un receptor de posición itinerante con información de transferencia de tiempo de red precisa.

#### RESUMEN DEL INVENTO

Los objetos precedentes del invento se consiguen mediante un sistema de posicionamiento que incluye un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento situado en una posición 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 Sistema de Aumentación 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 pseudo-aleatorio, 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 única. La señal de posicionamiento única tiene un componente de portadora cronológicamente sincronizado con uno o más de los

5 componentes de portadora de las señales de posicionamiento recibidas, un código de componente pseudo-aleatorio cronológicamente sincronizado con uno o más de los componentes de código pseudo-aleatorio 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 utilizar su señal de posicionamiento transmitida única como señal de posicionamiento de referencia.

10 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 del invento permite de este modo una capacidad única para propagar una base de tiempo extremadamente precisa a través de un área geográfica sustancial.

15 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 mediante mediciones de pseudodistancia para cada uno de los componentes de código pseudoaleatorio cronológicamente sincronizado 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 sincronizado cronológicamente permite a un receptor de posición itinerante la capacidad de calcular autónomamente soluciones precisas de posición de punto único tanto por portadora como basado en código, sin el requisito de corrección diferencial. Por otra parte, se niega la necesidad de precisión de tiempo absoluto dentro de la red (normalmente derivada de la técnica anterior por los estándares de tiempo atómico).

25 Los métodos descritos anteriormente en el que Dispositivos de Unidad de Posicionamiento se sincronizan cronológicamente con al menos un transmisor de referencia en sucesivo se denominarán "Bloqueo de Tiempo".

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

30 La Figura 1 es una representación gráfica de una realización de Bloqueo de Tiempo de acuerdo con el presente invento, incorporando un único transmisor de referencia transmitiendo a una pluralidad de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento, y un receptor de posición itinerante para determinar una solución de posición de punto único autónoma.

35 La Figura 2 es una representación gráfica de otra realización de Bloqueo de Tiempo de acuerdo con el presente invento, incorporando un único transmisor de referencia transmitiendo a un solo Dispositivo de Unidad de Posicionamiento.

40 La Figura 3 es una representación gráfica de otra realización de Bloqueo de Tiempo de acuerdo con el presente invento, incorporando un único transmisor de referencia transmitiendo a una pluralidad de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento.

45 La Figura 4 es una representación gráfica de otra realización de Bloqueo de Tiempo de acuerdo con el presente invento, incorporando un transmisor de referencia transmitiendo a través de un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento intermediario.

50 La Figura 5 es una representación gráfica de otra realización de Bloqueo de Tiempo de acuerdo con el presente invento, incorporando una pluralidad de transmisores de referencia transmitiendo a un solo Dispositivo de Unidad de Posicionamiento.

55 La Figura 6 es una representación gráfica de otra realización de Bloqueo de Tiempo de acuerdo con el presente invento, incorporando un transmisor de referencia de Sistema de Aumento de Área Amplia (WAAS) transmitiendo a cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento. Los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento posteriormente transmiten sus propias señales de posicionamiento únicas cronológicamente sincronizadas a un receptor de posición itinerante situado en un entorno ocluido de satélite.

60 La Figura 7 es una representación gráfica de otra realización de Bloqueo de Tiempo de acuerdo con el presente invento, incorporando un transmisor de referencia de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento que transmite a otros tres Dispositivos de Unidad de Posicionamiento. Los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento posteriormente transmiten sus propias señales de posicionamiento únicas cronológicamente sincronizadas a un receptor de posición itinerante.

La Figura 8 es una representación gráfica de otra realización de Bloqueo de Tiempo de acuerdo con el presente invento, incorporando 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 interredes al receptor de posición itinerante.

5 La Figura 9 es un diagrama de bloques de hardware del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento, de acuerdo con el presente invento.

#### VISIÓN GENERAL

10 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 de 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 única a todos los demás 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 el código autónomo y soluciones de posición de punto único de portadora sin necesidad de corrección diferencial. Además, el oscilador del transmisor de referencia no necesita la estabilidad inherente de los estándares de tiempo atómicos como lo requieren los sistemas de la técnica anterior, permitiendo de este modo el uso de un oscilador de cristal de bajo costo como base de tiempo de referencia para toda la red de ubicación.

25 Por lo tanto, tal como se detalla a continuación, un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento puede servir como un "canal" metafórico para la distribución cronológica de señales de posicionamiento sincronizadas a un receptor de posición itinerante. Esto permite que el receptor de posición itinerante calcule determinaciones de posición de punto único basado en código y en portadora, sin necesidad de conexiones físicas entre los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento, sin necesidad de estándares de tiempo atómicos o bases de tiempo GNSS, y sin necesidad de corrección diferencial.

#### 30 SISTEMA Y MÉTODO

La Figura 1 muestra una configuración para un Sistema de Posicionamiento que genera determinaciones de posición precisas utilizando cálculos de posición de punto único basado en código y en portadora. Una pluralidad de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 101-1 & 101-2 están posicionados en ubicaciones conocidas con respecto a un sistema de coordenadas de referencia y reciben respectivamente, al menos una transmisión de señal de referencia de posicionamiento 102 por al menos un transmisor de referencia 103, el cual está también situado en una posición conocida con respecto a un sistema de coordenadas de referencia. En respuesta a la señal de posicionamiento recibida de referencia 102 de los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 101-1 & 101-2 transmite una o más señales únicas de posicionamiento 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 únicas 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 basadas en código y en portadora desde la red de señales de posicionamiento sincronizadas cronológicamente.

#### 45 Bloqueo de Tiempo

50 Dispositivos de Unidad de Posicionamiento Bloqueados en Tiempo sincronizan con una base de tiempo cronológica común, la cual puede ser de valor arbitrario y tener varianza arbitraria. Por tanto, cualquier fuente de reloj simple y de bajo costo, tal como un oscilador de cristal, bastará como reloj de referencia en un transmisor de referencia. En la forma de realización preferida se usa un oscilador de cristal compensado por temperatura (TCXO) o mejor. Un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento adquiere por primera vez 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 toma en consideración el tiempo de retardo de propagación experimentado por la señal de posicionamiento de referencia mientras 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, con lo que la señal de posicionamiento generada internamente se alinea cronológicamente con el transmisor de referencia. Específicamente, Bloqueo de Tiempo se obtiene cuando la señal de posicionamiento generada internamente de un Dispositivo 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.

65

Una señal de posicionamiento de referencia es transmitida a través de una portadora de frecuencia de radio (RF) desde un transmisor de referencia. La señal de posicionamiento de referencia puede ser generada a partir de cualquier fuente de tiempo válida, lo cual puede incluir Dispositivos de Unidad de Posicionamiento, satélites Sistema de Aumento de Área Amplia (WAAS), satélites del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS), pseudolitos, o cualquier combinación de fuentes válidas. Haciendo referencia ahora a la Figura 2, un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 201 situado a una distancia conocida desde 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 pseudo-aleatorio único, y un componente de datos. El Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 201 incorpora un receptor de posición 204 y un transmisor co-situado 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-situado 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 pseudo-aleatorio 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-situado 205. Una diferencia en tiempo de transmisión es luego calculada entre la señal de posicionamiento de referencia recibida 203 y la señal de posicionamiento esclava recibida 206. La diferencia de tiempo de transmisión, tal como se utiliza en la realización preferida, se determina por:

(a) Comparación de las mediciones de la fase portadora integrada (ICP), calculada 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 aproximada de tiempo de transmisión.

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

(d) comparar las mediciones de fase de 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.

Para la sincronización de tiempo precisa de señal de posicionamiento esclava 206 a la base de tiempo del transmisor de referencia 202 debe tenerse 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 201 incorpora un reloj transmisor dirigido 210, el cual puede ser ajustado en frecuencia por el CPU del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 211. La corrección al reloj del transmisor dirigido 210 está determinada por el 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 compensado por el tiempo de vuelo de la señal de posicionamiento de referencia 209. Esto pone a la señal de posicionamiento esclava 206 en sincronización cronológica con la base de tiempo del transmisor de referencia 202.

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

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 utilizando los siguientes estados de control:

Estado 0: Restablecer  
Restablecer todo hardware



Estado 1: Adquirir Referencia

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

Estado 2: Bloqueo 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 es demodulado de su componente de datos de navegación por la CPU del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 211.

Estado 3: Sincronizar Esclavo

La CPU del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 211 espera para permitir la alineación de tiempo aproximada 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.

Estado 4: Inicializar Esclavo

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 la 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 secuencia PRN determinada a un canal receptor libre en el receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 204. El canal receptor es inicializado con el mismo desplazamiento de frecuencia y el valor de fase de código pseudoaleatorio que el 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

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

Estado 6: Bloqueo a Esclavo

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

Estado 7: Bloqueo de Frecuencia de Referencia / Esclava

Las mediciones de fase portadora integrada simultánea (ICP) para la señal de posicionamiento de referencia 203 y las señales de posicionamiento esclavas 206 son inicializadas (puesta a cero) y diferenciados 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 del 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 así el Bloqueo de Frecuencia. Alternativamente, el valor de desplazamiento de frecuencia de la señal de posicionamiento de referencia recibida, según lo medido por el receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 204, se puede alimentar directamente al transmisor de reloj dirigido del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 210 para crear así un llamado "Sistema de Seguimiento de Frecuencia" (FTS). El transmisor de reloj dirigido 210 simplemente emula el desplazamiento de frecuencia de la señal de posicionamiento de referencia entrante 203, manteniendo así 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.

Estado 8: Bloqueo de Código Referencia / Esclavo

Una vez que se logra el Estado 7 Bloqueo de Frecuencia Referencia / Esclavo la diferencia de tiempo entre la señal de posicionamiento de referencia 203 y la señal de posicionamiento esclava 206 puede medirse con precisión y elimina cualquier sesgo de tiempo. El Bloqueo de Código Referencia / Esclavo se consigue cuando el transmisor de reloj dirigido del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 210 es basculado la cantidad de tiempo requerida para colocar las señales de posicionamiento de referencia y esclava en alineación de código PRN. El valor de tiempo de vuelo 209 se utiliza para compensar la diferencia de tiempo de referencia-esclavo 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 transmisor de reloj dirigido del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 210. La corrección de reloj se consigue activando el Sistema de Seguimiento de Frecuencia (FTS), y aplicando un desplazamiento de

frecuencias adicional al reloj del transmisor dirigido 210 por un período de tiempo predeterminado. Este desplazamiento de frecuencia adicional permite que la señal de posicionamiento esclava 206 se mueva en el tiempo hasta que sea 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 activar. Alternativamente, se puede obtener Bloqueo de Código girando el generador de código PRN del transmisor del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 205 la cantidad requerida de fase de código (chips), mientras se mantiene el Bloqueo de Frecuencia

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.

Estado 9: Bloqueo de Fase Referencia / Esclavo

Una vez que se consiguen Estado 7 Bloqueo de Frecuencia Referencia / Esclavo y Estado 8 Bloqueo de Código Referencia / Esclavo, permanecen 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.

(1) Corrección de una ambigüedad de fase de 180 grados; Los datos son demodulados a partir de una señal de posicionamiento de código PRN utilizando un Bucle de Bloqueo de Fase especializado, 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 puede resolverse por referencia a una secuencia predeterminada de bits de datos, generalmente denominado 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, se hace evidente una diferencia de fase fija arbitraria entre los registros de fase de receptor de posición de la de Bloqueo de Frecuencia y señales de posicionamiento esclavas. 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 de Desplazamiento de Fase de Tiempo de Vuelo: Hay 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 fraccionario 214 calculado 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 Bloqueo de Código Referencia / Esclavo descrito anteriormente. Sin embargo, el componente fraccionario 214 es demasiado fino para ser corregido en el Estado 8 Bloqueo de Código Referencia / Esclavo, y por lo tanto debe ser corregido como un ajuste de fase portadora. El Sistema de Seguimiento de Frecuencia (FTS) está activado y el transmisor de reloj dirigido del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 210 está girado en 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 vuelva a activar. 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 Referencia / Esclavo Todo

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 ahora ya única y completamente sincronizada 215. La señal de posicionamiento única 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 estado de la técnica anterior.

Señales de posicionamiento únicas

En la realización preferida, cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento transmite una señal de posicionamiento única, que consiste en un componente de portadora, un componente de código pseudo-aleatorio, y un componente de datos de navegación. El componente de portadora es una onda sinusoidal de frecuencia de radio transmitida preferentemente en la banda ISM de 2,4 GHz, aunque el método del presente invento es igualmente aplicable a otras bandas de frecuencia. El componente de código de número pseudoaleatorio (PRN) es modulado sobre el componente de portadora, y se compone de una secuencia de código única que se puede distinguir entre otras secuencias de códigos pseudoaleatorios transmitidas por otros dispositivos en la misma frecuencia portadora. Esta técnica se conoce como Code Division Multiple Access (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 la red, ubicaciones del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento, información de "linaje de reloj de referencia" metafórica, y otros datos de red deseados.

#### Configuraciones Bloqueo de Tiempo

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

1. Un único transmisor de referencia transmite a un solo Dispositivo de Unidad de Posicionamiento.
2. Un único transmisor de referencia transmite a una pluralidad de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento.
3. Uno o más transmisores de referencia transmitiendo a través de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento intermediarios.
4. Una pluralidad de transmisores de referencia transmiten a uno o más Dispositivos de Unidad de Posicionamiento.
5. Sincronización de tiempo de posición puntual.

Un único transmisor de referencia transmite a un solo Dispositivo de Unidad de Posicionamiento

Un único transmisor de referencia se puede utilizar para transmitir una señal de posicionamiento de referencia a un único Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. La Figura 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 única 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 WAAS la señal del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento Bloqueado de Tiempo será sincrónica con el tiempo GPS a nivel de picosegundos, y por lo tanto puede ser utilizada por un receptor de posición como una fuente telemétrica precisa adicional para una solución GPS basada en código convencional.

Un único transmisor de referencia transmitiendo a una pluralidad de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento

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

La Figura 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 portadora, componente de código PRN, y componente de datos del transmisor de señal de posicionamiento de referencia 303.

Cada uno de los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento posteriormente transmite señales de posicionamiento únicas 305-1 & 305-2, que están cronológicamente sincronizadas con la base de tiempo del transmisor de referencia 302.

Uno o más transmisores de referencia transmitiendo a través de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento intermediarios

Uno o más transmisores de referencia sincronizados en tiempo se pueden utilizar 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 intermediarios. Cuando un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento intermediario declara Bloqueo de Tiempo, posteriores Dispositivos de Unidad de Posicionamiento pueden utilizar este Dispositivo de Unidad de Posicionamiento intermediario como su transmisor de referencia.

5 La Figura 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  
 10 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 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  
 15 señal de posicionamiento única 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 edificio 409,  
 posteriormente recibe señal de posicionamiento 405 desde el primer Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 402.  
 20 En respuesta a la señal de posicionamiento recibida 405 el segundo Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 406  
 determina el retardo de propagación de la 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 portadora, componente de código PRN, y componente de datos de la señal de posicionamiento del  
 25 primer Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 405. El segundo Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 406  
 posteriormente transmite una señal de posicionamiento única 408 que incorpora un componente de portadora,  
 componente de código PRN, y componente de datos. Esta señal de posicionamiento única 408 está  
 cronológicamente sincronizada a 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.  
 30

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

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

La Figura 5 muestra un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 501 situado en una ubicación conocida, y una  
 40 pluralidad de transmisores de referencia 502-1 & 502-2 con base de tiempo común, también situados en lugares  
 conocidos. 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  
 45 adecuada cronológicamente para sincronizar el componente de portadora, componente de código PRN único, y  
 componente de datos de la 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  
 50 posicionamiento única 505, que está sincronizada cronológicamente a 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 a una base de tiempo de la red sin  
 55 conocer la distancia geométrica (retardo de propagación de señal de posicionamiento de referencia) entre  
 transmisores de referencia y Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. Para esta realización de Bloqueo de  
 Tiempo, al menos cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento bloqueados en tiempo deberán estar a la vista.  
 El Dispositivo de Unidad de Posicionamiento, lo 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  
 60 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 el transmisor esclavo del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento puede utilizar  
 como base de tiempo de red precisa. En la realización preferida, el Dispositivo de Unidad de Posicionamiento utiliza  
 una solución portadora de punto único para determinar el tiempo exacto de la red al nivel de picosegundos, una  
 65 capacidad que está sustancialmente más allá de la capacidad de los sistemas de la técnica anterior.

Referencia WAAS

5 En la realización preferida, un transmisor de referencia es un Satélite Sistema de Aumento de Área Amplia (WAAS). Los satélites WAAS son satélites de comunicaciones geoestacionarios, que transmiten correcciones diferenciales GPS a los receptores GPS. Los satélites WAAS también transmiten una señal de posicionamiento única en la frecuencia de portadora GPS L1 de 1575,42 MHz. Esta señal de posicionamiento única se sincroniza con exactitud al tiempo GPS, con correcciones proporcionadas por UTC. Por lo tanto, un satélite WAAS hace un transmisor de referencia ideal, que es sincrónica con la base de tiempo estándar mundial UTC.

10 En la realización preferida, un receptor de posición de 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 1575,42 MHz. El Bloqueo de Tiempo entre frecuencias portadoras diferentes se inicia convirtiendo coherentemente en forma descendente la WAAS entrante y portadoras de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a una frecuencia de banda base común en el receptor de posición del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. Se lleva a cabo a continuación el Bloqueo de Tiempo, 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 sea impulsado 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 unidad central de procesamiento. Sesgos de línea y retardo de grupo se tienen en cuenta cuando se calcula Bloqueo de Tiempo entre frecuencias, debido a la disparidad de rutas de recepción de WAAS y frecuencias portadoras de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento antes de la conversión descendente.

15 Haciendo referencia ahora a la Figura 6, Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 601-1, 601-2, 601-3 & 601-4 se colocan en lugares conocidos con vista clara del cielo, y preferentemente en lugares elevados, tales como en la cumbre de colinas 602-1 & 602 - 2 y / o edificios altos 603-1 & 603-2. Si es necesario, 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 se prefieren pero no son esenciales para el método). La implementación de antenas direccionales en Dispositivos de Unidad de Posicionamiento ayuda a mitigar los trayectos múltiples y mejorar los ratios de señal recibida a ruido de la señal WAAS, lo que 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 así una red sincronizada UTC de precisión con una precisión de picosegundos. Un receptor de posición 607 en poder de 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 en 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 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 UTC con precisión. El presente invento por lo tanto también ofrece transferencia de tiempo UTC de precisión en regiones ocluidas por satélite. Por otra parte, 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 utilizadas para formar una solución de posición sobre-determinada, añadiendo integridad de posición a la posición calculada del peatón.

50 Referencia WAAS Intermediario

Dispositivos de Unidad de Posicionamiento colocados a plena vista del satélite WAAS también se pueden utilizar como señales de referencia intermediarias en otra forma de realización. Los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento que no son capaces de recibir señales de satélite WAAS pueden utilizar Dispositivos de Unidad de Posicionamiento intermediarios "backbone" como fuente de referencia de tiempo. Por lo tanto, UTC puede ser distribuido a través de la red sin que todos los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento estén a plena vista del satélite WAAS de referencia.

60 Referencia de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento

En el caso de que no haya un satélite WAAS disponible, 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. Haciendo referencia ahora a la Figura 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

lugares conocidos se Bloquean en Tiempo a la señal de posicionamiento de referencia 705 del primer Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. 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 única del segundo Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 707. Por lo tanto, el sistema permite una transferencia de precisa tiempo en cascada precisa a través de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento intermediarios. El receptor de posición 708 recibe señales de posicionamiento sincrónicas en tiempo 709 que son transmitidas por todos los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista 701, 703, 704 & 706 y posteriormente se calcula una solución de posición de punto único. Además, el tiempo calculado en el receptor de posición 708 será cronológicamente sincrónico 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 sólo se preocupa de la determinación de posición. Si el usuario desea la 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 haber disponible una señal de satélite WAAS, y la alineación a una base de tiempo global es necesaria para la red, es preferible que un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento de referencia sea dirigido a UTC por una base de tiempo GNSS. Una base de tiempo del GNSS requiere un receptor de posición, situado en una posición conocida, para calcular una solución de tiempo utilizando al menos un satélite GNSS. Precisiones de tiempo en el 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 utilizar 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 se encuentran dentro de una misma red autónoma pueden determinar posición, velocidad y tiempo (PVT) utilizando una solución de posición de punto único. El tiempo del receptor de posición se determina 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 inter-red. Receptores de posición que se encuentran en el límite de dos redes autónomas, y 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 la red. La ID de red mapea la interconectividad en tiempo de referencia de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento, de tal 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 que un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento o receptor de posición situados en el límite de dos redes autónomas determinen qué Dispositivos de Unidad de Posicionamiento se asocian a cada red, y por lo tanto cuáles 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 demás Dispositivos de Unidad de Posicionamiento y receptores de posición itinerantes a la vista.

Haciendo referencia ahora a la Figura 8 se han representado dos redes autónomas de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 801 & 802. Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 801-1, 801-2 y 801-3 están a la vista entre sí y se comunican a través de señales de posicionamiento 803-1, 803-2 y 803-3. Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 802-1, 802-2 y 802-3 están a la vista entre sí y se comunican a través de señales de posicionamiento 804-1, 804-2 y 804-3. Un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento situado cerca de la frontera 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 una red adyacente 802-3 y mide la diferencia de base de tiempo, o sesgo del 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 incorporadas en su señal de posicionamiento 803-3. Señales de posicionamiento desde sólo 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, pues todos los relojes en una red autónoma son coherentes en tiempo. Por otra parte, sólo un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 801-3 necesita medir una red adyacente, pues sus correcciones de reloj de red transmitidos que se envían en los datos de la 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.

5 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 señal de posicionamiento del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento de red adyacente 804-3. Con una  
 10 solución de posición de punto único calculada el reloj del receptor de posición itinerante 805 será coherente en el  
 tiempo con la base de tiempo de 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 red 802. El Dispositivos de Unidad de Posicionamiento de red  
 adyacente 802-3 transmite entonces las correcciones de reloj para los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento  
 801-1, 801-2, 801-3 de su red adyacente en sus datos de red dentro de su señal de posicionamiento 804-3, lo que  
 15 permite a los receptores de posición itinerantes 805 elegir entre bases de tiempo, si es necesario.

#### Bloqueo de Tiempo Frecuencia Múltiple

20 En la realización preferida, una pluralidad de señales de posicionamiento se transmiten en una pluralidad de  
 frecuencias desde cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. Receptores de posición interpretan  
 posteriormente la pluralidad de señales de posicionamiento para generar una llamada resolución de ambigüedad de  
 ciclo de portadora entero de Pista Amplia (AR). Señales portadoras RF experimentan un retardo de tiempo mientras  
 25 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 de la misma  
 ruta de transmisión experimentarán retardos de tiempo desiguales debido a las diferencias de frecuencia portadora,  
 y además experimentan retardos de tiempo variados causado por el cambio de temperatura de la electrónica del  
 transmisor. Esto hace que las señales de posicionamiento transmitidas no sean coherentes en fase. Señales de  
 30 posicionamiento no coherentes en fase inducirán a errores de distancia en el proceso de resolución de ambigüedad  
 de pista amplia (AR).

Un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento puede eliminar el problema de fase no coherente desde un transmisor  
 de referencia mediante la transmisión de una pluralidad de señales de posicionamiento de diferentes frecuencias,  
 que están individualmente bloqueadas en tiempo a las señales de posicionamiento de referencia entrantes  
 35 independientemente. Un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento incorpora una pluralidad de relojes de transmisor  
 dirigidos, 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 diversas en frecuencia, y también rastrea la pluralidad de señales de  
 posicionamiento esclavas diversas en frecuencia. El Dispositivo de Unidad de Posicionamiento Bloquea en Tiempo  
 40 cada señal de posicionamiento de referencia diversa en frecuencia a su respectiva señal de posicionamiento esclava  
 diversa en frecuencia, 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 diversas en frecuencia, las cuales son coherentes en tiempo con el retardo de grupo del  
 45 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 de entero de pista amplia (AR) de cada  
 Dispositivo de Unidad de Posicionamiento a la vista. El retardo de grupo del transmisor de referencia ha creado un  
 error de rango AR, que es común entre los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento Bloqueados en Tiempo. Por  
 lo tanto el mismo error de rango inducido por AR es evidente en cada pseudodistancia del Dispositivo de Unidad de  
 50 Posicionamiento. El receptor de posición interpreta este error de pseudodistancia común como un sesgo del reloj del  
 receptor y elimina el error en el cálculo de la posición de punto único.

#### Sistema de Coordenadas de Red

55 Un requisito previo para Bloqueo en Tiempo es el conocimiento de las posiciones de los Dispositivos de Unidad de  
 Posicionamiento con respecto a un sistema de coordenadas de referencia. Cualquier sistema de coordenadas válido  
 puede ser utilizado, pero en la realización preferida se utilizan Coordenadas Fijas Centradas en la Tierra (ECEF), el  
 cual es también el sistema de coordenadas utilizado por el GPS y WAAS. En la realización preferida, los Dispositivos  
 60 de Unidad de Posicionamiento se auto-encuestan desde GNSS, y/o WAAS, y/o otros Dispositivos de Unidad de  
 Posicionamiento para determinar coordenadas ECEF.

#### Frecuencia de Transmisión

65 En la realización preferida, los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento transmiten en la banda Industrial Scientific  
 Medical (ISM) no licenciada de 2,4 GHz a 2,48 GHz. La Banda ISM de 2,4 GHz permite la creación de redes de

Dispositivos de Unidad de Posicionamiento sin restricción regulatoria, y sin interferencias a los sistemas de navegación actuales, tales como el GPS. La banda ISM 2,4 GHz también permite ancho de banda de 83,5 MHz, el cual puede ser utilizado para el aumento de las tasas de chipping de señales de posicionamiento de espectro de dispersión de secuencia directa, o el uso de múltiples portadoras para una resolución de ambigüedad de ciclo entero de pista amplia.

#### DESCRIPCIÓN DE HARDWARE DE DISPOSITIVO DE UNIDAD DE POSICIONAMIENTO

En la realización preferida, un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento incorpora un receptor de posición, un transmisor, una unidad de procesamiento central (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 comprendiendo un componente de portadora, un componente de código PRN, y un componente de datos. El transmisor incorpora al menos un generador de portadora RF, al menos un generador de código PRN, y al menos un reloj dirigido. La CPU comprende medios para la interpretación de 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.

Haciendo referencia ahora a la Figura 9 se muestra un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 901 que incorpora un receptor de posición 902, un transmisor 903, una unidad central de procesamiento (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 de generador de portadora 907, uno o más de generador de código 908, y uno o más de reloj dirigido 909. La CPU 904 incluye medios para comunicación de la posición del receptor 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

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-situado. 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 del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento preferiblemente debe 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 transmitiendo en frecuencias de la banda L de microondas. Un receptor de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento rastrea, demodula, e interpreta señales de posicionamiento utilizando las mismas metodologías utilizadas 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 Dispositivo de Unidad de Posicionamiento

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 Milihertz, permitiendo así que el reloj del transmisor sea "esclavizado" precisamente a una señal de referencia entrante. El transmisor también incorpora al menos un generador de portadora de frecuencia de radio (RF), y al menos un generador de código de número pseudoaleatorio (PRN). El generador de portadora RF produce el componente de portadora, que es una onda de frecuencia de radio sinusoidal, transmitida preferentemente 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 pseudoaleatorias de código transmitidas en la misma frecuencia portadora. Una pluralidad de códigos se pueden generar en una pluralidad de frecuencias para producir lo que se llama "pista amplia", la cual permite que la ambigüedad de ciclo entero de portadora sea resuelta en un receptor de posición itinerante. En la forma de realización preferida transmisores de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento son pulsados en un esquema de División de Tiempo de Acceso Múltiple (TDMA), de tal 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 es también bien conocido en la técnica.

#### Unidad Central de Procesamiento de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento

La CPU del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento comprende:



- a) Medios para determinar la posición actual del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. La determinación de posición se puede lograr ya sea a través de auto-estudio o por medio de inicialización manual. El auto-estudio 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 la solución de posición de punto único tridimensional o, alternativamente, un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento puede estar a la vista de por lo 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 de código y de portadora para todos los satélites GNSS a la vista del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento. El Dispositivo de Unidad de Posicionamiento a continuación calcula una posición precisa con respecto al Dispositivo de Unidad de Posicionamiento de referencia.
- La inicialización manual se consigue colocando el Dispositivo de Unidad de Posicionamiento en una posición 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 de forma manual utilizando coordenadas conocidas con precisión, con posteriores Dispositivos de Unidad de Posicionamiento en auto-estudio 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.
- 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.
- 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.
- 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 el cual posteriormente es modulado en la portadora RF generada por el transmisor. Los datos de navegación incluyen información de hora-de-semana, ubicación del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento, y otros datos de la red tales como la ubicación y el estado de otros Dispositivos de Unidad de Posicionamiento y satélites GNSS.
- g) Medios para aplicar el desplazamiento de tiempo de vuelo calculado e inicializar el transmisor esclavo al tiempo aproximado y frecuencia de la red.
- 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 de frecuencias entre señales de referencia y posicionamiento esclava.
- La CPU mide la diferencia de fase portadora integrada instantánea (ICP) de señales de posicionamiento de referencia y esclava y aplica un bucle de control, conocido como un "Bucle de Bloqueo en 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.
- 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.
- k) Medios para girar 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 tal manera que la señal de posicionamiento esclava esté cronológicamente alineada con el tiempo de transmisor de referencia.
- l) Medios para declarar estado de Bloqueo en Tiempo.

Oscilador Común

5 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 utiliza para impulsar el receptor de posición, la  
 CPU, y el reloj de transmisor dirigido. Una base de tiempo local coherente permite el rastreo de frecuencia en bucle  
 abierto de la señal de posicionamiento de referencia recibida usando un denominado sistema de seguimiento de  
 10 frecuencia (FTS). Con FTS el desplazamiento de la frecuencia de la señal de posicionamiento de referencia recibida,  
 tal 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,  
 lo que elimina el término oscilador común y manteniendo el Bloqueo de Frecuencia Referencia / Esclavo entre las  
 15 señales de posicionamiento de referencia y esclava. FTS ayuda en la adquisición y ajuste de tiempo de la señal de  
 posicionamiento esclava.

15 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA MÓVIL

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  
 20 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  
 25 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 del tiempo GNSS a través de satélites WAAS, haciendo  
 coherentes en tiempo al 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  
 30 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), utilizando determinación de posición de punto  
 único. La determinación de posición de punto único se puede lograr mediante el uso de una solución de posición  
 GPS convencional, que es generalmente una forma de regresión de mínimos cuadrados que es bien conocida en la  
 técnica.

35 El receptor de posición itinerante incorpora preferentemente medios para determinar la ambigüedad de ciclo entero.  
 En la forma de realización preferida la ambigüedad de ciclo entero se resuelve utilizando técnicas de pista amplia.  
 Una vez que la ambigüedad de ciclo entero se resuelve, una pseudodistancia de fase portadora precisa se  
 determina a partir del 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 número  
 40 entero) más una cantidad de ciclo de portadora fraccional (componente fraccionario 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 de este modo una solución de posición de punto único que se forma a partir de las  
 pseudodistancias de portadora precisas sin necesidad de corrección diferencial.

45 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 utilizadas  
 en el diseño del receptor GPS convencional. El procesamiento y diseño del receptor GPS, así como una Resolución  
 de Ambigüedad de Pista Amplia, son bien conocidos en la técnica y no son temas descritos aquí.

50 Por supuesto se entiende de que mientras que lo anterior ha sido dado a modo de un ejemplo ilustrativo de este  
 invento, todas estas y otras modificaciones y variaciones del mismo, como sería evidente para las personas expertas  
 en la técnica, se consideran dentro del amplio alcance y ámbito de este invento tal como se expone en este  
 documento.

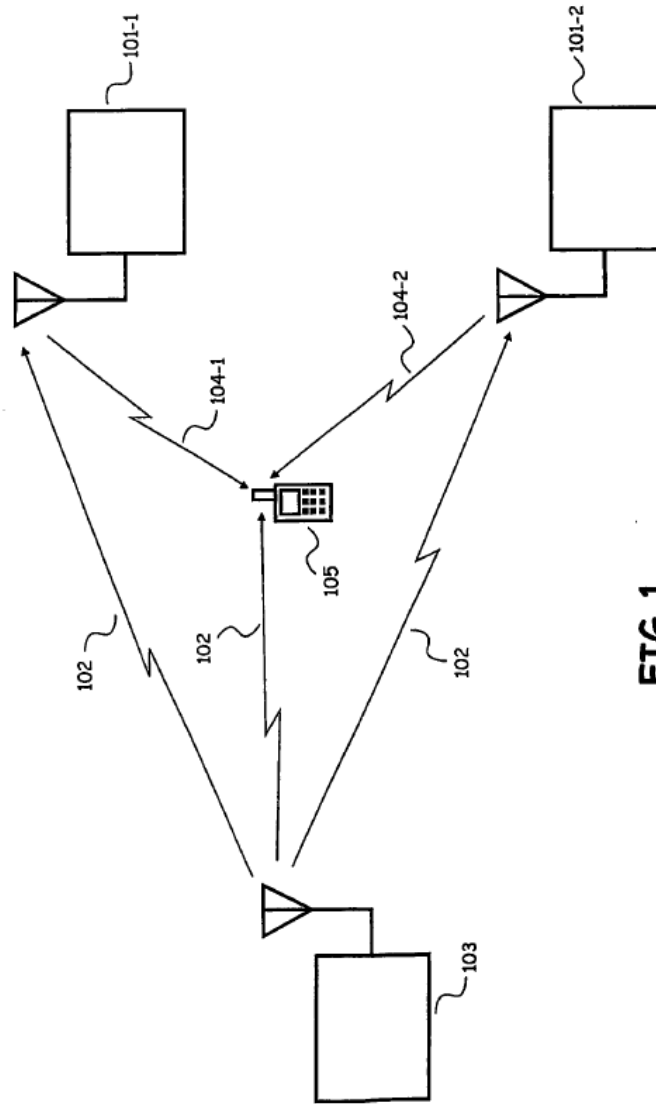
## REIVINDICACIONES

1. Un método para sincronizar cronológicamente, en un sistema para permitir la determinación de la posición de un receptor de posición itinerante (105), una señal de posicionamiento única (104-1, 104-2) generada por un dispositivo de unidad de posicionamiento (101-1, 101-2, 201) en una ubicación conocida a la base de tiempo de un transmisor de referencia (103, 202) que transmite al menos una señal de posicionamiento de referencia (102, 203), dicho transmisor de referencia (103, 202) estando en una ubicación conocida diferente de la ubicación conocida de dicho dispositivo de unidad de posicionamiento (101-1, 101-2, 201), dicho dispositivo de unidad de posicionamiento (201) comprendiendo un receptor (204) y un transmisor co-situado (205), y la señal de posicionamiento de referencia (102, 203) conteniendo información de temporización acerca de dicho transmisor de referencia (103, 202), comprendiendo el método las siguientes etapas de dicho dispositivo de unidad de posicionamiento (201):
- recibir dicha al menos una señal de posicionamiento de referencia (203) y extraer la información de temporización,
  - determinar un retardo de tiempo de propagación de una señal de posicionamiento de referencia entre el transmisor de referencia (202) y el dispositivo de unidad de posicionamiento (201) desde la ubicación conocida del dispositivo de unidad de posicionamiento (201) y la ubicación conocida del transmisor de referencia (202),
  - generar una señal de posicionamiento única (215) y transmitir la misma desde el transmisor co-situado del dispositivo de unidad de posicionamiento (205),
  - recibir la señal de posicionamiento única en el receptor del dispositivo de unidad de posicionamiento (204),
  - comparar la al menos una señal de posicionamiento de referencia recibida (203) y la señal de posicionamiento única (215) y deducir una diferencia de frecuencia,
  - ajustar la generación de la señal de posicionamiento única (215) de tal manera que se obtenga coherencia de frecuencia entre la señal de posicionamiento de referencia (203) y la señal de posicionamiento única (215),
  - comparar la al menos una señal de posicionamiento de referencia recibida (203) y la señal de posicionamiento única coherente de frecuencia (215) y deducir una diferencia de tiempo,
  - ajustar la generación de la señal de posicionamiento única coherente de frecuencia (215) de tal manera que se obtenga coherencia de tiempo entre la señal de posicionamiento única (215) y la señal de posicionamiento de referencia (203) transmitida por el transmisor de referencia (202), con el retardo de tiempo de propagación de la señal de posicionamiento de referencia compensado.
2. El método de la reivindicación 1, caracterizado en que la señal de posicionamiento de referencia (203) contiene información sobre la ubicación del transmisor de referencia (202), y la información sobre la ubicación del transmisor de referencia (202) se extrae de la señal de posicionamiento de referencia (203) por el dispositivo de unidad de posicionamiento (201).
3. El método de la reivindicación 1 o 2, caracterizado en que deducir la diferencia de frecuencia incluye la comparación de las mediciones de fase de portadora integrada determinadas a partir de los componentes de portadora de la al menos una señal de posicionamiento de referencia (203) y la señal de posicionamiento única (215).
4. El método de una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado en que deducir la diferencia de tiempo incluye la comparación de datos de navegación desde la al menos una señal de posicionamiento de referencia (203) y la señal de posicionamiento única coherente de frecuencia (215).
5. El método de una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado en que deducir la diferencia de tiempo incluye la comparación de las mediciones de pseudodistancia determinadas a partir de componentes de código pseudoaleatorio de la al menos una señal de posicionamiento de referencia (203) y la señal de posicionamiento única coherente de frecuencia (215) para determinar una diferencia de pseudodistancia de código pseudoaleatorio.
6. El método de una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado en que deducir la diferencia de tiempo incluye la comparación de mediciones de fase de portadora instantánea determinadas a partir de los componentes de portadora de la al menos una señal de posicionamiento de referencia (203) y la señal de posicionamiento única coherente de frecuencia (215) para determinar una diferencia de fase portadora instantánea.
7. El método de una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado en que la señal de posicionamiento única ajustada (405) se utiliza como una señal de posicionamiento de referencia por al menos un dispositivo de unidad de posicionamiento adicional (406).
8. El método de una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado en que al menos un transmisor de referencia es uno de un dispositivo de unidad de posicionamiento (701, 402), un satélite Sistema de Aumento de Área Amplia (WAAS) (605), un satélite del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS), o un pseudolito.
9. Un dispositivo de unidad de posicionamiento (201) para llevar a cabo el método de una de las reivindicaciones 1 a 8, con un receptor (204) para recibir al menos una señal de posicionamiento de referencia (203) transmitida por un transmisor de referencia (202) que contiene información de temporización sobre dicho transmisor

de referencia (202), y un transmisor co-situado (205) para la transmisión de la señal de posicionamiento única (215), comprendiendo además el dispositivo:

- 5 - medios para recibir dicha al menos una señal de posicionamiento de referencia (203) y extraer la información de temporización,
  - medios para determinar un retardo de tiempo de propagación de la señal de posicionamiento de referencia entre el transmisor de referencia (202) y el dispositivo de unidad de posicionamiento (201) desde la ubicación conocida del dispositivo de unidad de posicionamiento (201) y la ubicación conocida del transmisor de referencia (202),
  - 10 - medios para generar una señal de posicionamiento única (215) y transmitir la misma desde el transmisor co-situado del dispositivo de unidad de posicionamiento (205),
  - medios para recibir la señal de posicionamiento única (215) en el receptor del dispositivo de unidad de posicionamiento (204),
  - medios para comparar la al menos una señal de posicionamiento de referencia recibida (215) y la señal de posicionamiento única (203) y deducir una diferencia de frecuencia,
  - 15 - medios para ajustar la generación de la señal de posicionamiento única (215) de tal manera que se obtenga la coherencia de frecuencia entre la señal de posicionamiento de referencia (203) y la señal de posicionamiento única (215),
  - medios para comparar la al menos una señal de posicionamiento de referencia recibida (203) y la señal de posicionamiento única coherente de frecuencia (215) y deducir una diferencia de tiempo,
  - 20 - medios para ajustar la generación de la señal de posicionamiento única coherente de frecuencia (215) de tal manera que se obtenga coherencia de tiempo entre la señal de posicionamiento única (215) y la señal de posicionamiento de referencia (203) transmitida por el transmisor de referencia (202), con el retardo de tiempo de propagación de señal de posicionamiento de referencia compensado
- 25 10. El dispositivo de unidad de posicionamiento de la reivindicación 9, caracterizado en que la señal de posicionamiento de referencia (203) contiene información sobre la ubicación conocida del transmisor de referencia (202), y el dispositivo de unidad de posicionamiento (201) comprende medios para la extracción de la información sobre la ubicación del transmisor de referencia (202) de la señal de posicionamiento de referencia (203).
- 30 11. El dispositivo de unidad de posicionamiento de la reivindicación 9 o 10, caracterizado en que los medios para comparar la al menos una señal de posicionamiento de referencia recibida (203) y la señal de posicionamiento única (215) y deducir la diferencia de frecuencia incluyen medios para comparar las mediciones de fase de portadora integrada determinadas a partir de los componentes de portadora de la al menos una señal de posicionamiento de referencia (203) y la señal de posicionamiento única (215).
- 35 12. El dispositivo de unidad de posicionamiento de una de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado en que los medios para comparar la al menos una señal de posicionamiento de referencia recibida (203) y la señal de posicionamiento única coherente de frecuencia (215) y deducir la diferencia de tiempo incluyen medios para comparar los datos de navegación de la al menos una señal de posicionamiento de referencia (203) y la señal de posicionamiento única (215).
- 40 13. El dispositivo de unidad de posicionamiento de una de las reivindicaciones 9 a 12, caracterizado en que los medios para comparar la al menos una señal de posicionamiento de referencia recibida (203) y la señal de posicionamiento única coherente de frecuencia (215) y deducir la diferencia de tiempo incluyen medios para comparar mediciones de pseudodistancia determinadas a partir de componentes de código pseudoaleatorio de la al menos una señal de posicionamiento de referencia (203) y la señal de posicionamiento única (215) para determinar una diferencia de pseudodistancia de código pseudoaleatorio.
- 45 14. El dispositivo de unidad de posicionamiento de una de las reivindicaciones 9 a 13, caracterizado en que los medios para comparar la al menos una señal de posicionamiento de referencia recibida (203) y la señal de posicionamiento única coherente de frecuencia (215) y deducir la diferencia de tiempo incluyen medios para comparar mediciones de fase de portadora instantánea determinadas a partir de componentes de portadora de la al menos una señal de posicionamiento de referencia (203) y la señal de posicionamiento única (215) para determinar una diferencia de fase portadora instantánea.
- 50 15. El dispositivo de unidad de posicionamiento de una de las reivindicaciones 9 a 14, caracterizado en que está configurado para recibir y utilizar como una señal de posicionamiento de referencia (705, 606, 405) una señal transmitida por al menos uno de un dispositivo de unidad de posicionamiento (701, 402), una satélite de Sistema de Aumento de Área Amplia (WAAS) (605), satélite del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS), o un pseudolito.
- 55 60 16. El dispositivo de unidad de posicionamiento de una de las reivindicaciones 9 a 15, caracterizado en que está configurado para recibir como una señal de posicionamiento de referencia la señal de posicionamiento única ajustada (405) de al menos un dispositivo de unidad de posicionamiento adicional (402).
- 65

17. Un sistema que comprende una pluralidad de dispositivos de unidad de posicionamiento (101-1, 101-2) de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 16, cada una transmitiendo una señal de posicionamiento única (104-1, 104-2), caracterizado en que comprende además por lo menos un transmisor de referencia (103) en una ubicación conocida configurado para transmitir una señal de posicionamiento de referencia (102) y al menos un receptor de posición itinerante (105) configurado para recibir las señales de posicionamiento únicas (104-1, 104-2) transmitidas por los dispositivos de unidad de posicionamiento (101-1, 101-2) y calcular una solución de posición.
- 5 18. El sistema de la reivindicación 17, caracterizado en que las señales de posicionamiento únicas (104-1, 104-2) son coherentes en frecuencia con la señal de posicionamiento de referencia (102).
- 10 19. El sistema de la reivindicación 17 o 18, caracterizado en que las señales de posicionamiento únicas (104-1, 104-2) incluyen un componente de portadora, un componente de código pseudo-aleatorio y un componente de datos y el receptor de posición itinerante (105) determina una pseudodistancia de código pseudoaleatorio para cada una de las señales de posicionamiento únicas recibidas (104-1, 104-2).
- 15 20. El sistema de una de las reivindicaciones 17 a 19, caracterizado en que las señales de posicionamiento únicas (104-1, 104-2) incluyen un componente de portadora, un componente de código pseudo-aleatorio y un componente de datos, y el receptor de posición itinerante (105) determina una pseudodistancia de fase portadora para cada una de las señales de posicionamiento únicas recibidas (104-1, 104-2).
- 20 21. El sistema de una de las reivindicaciones 17 a 20, caracterizado en que el al menos un transmisor de referencia es uno de un dispositivo de unidad de posicionamiento (701, 402), un satélite Sistema de Aumento de Área Amplia (605), un satélite del sistema global de navegación por satélite, o un pseudolito.



**FIG 1**

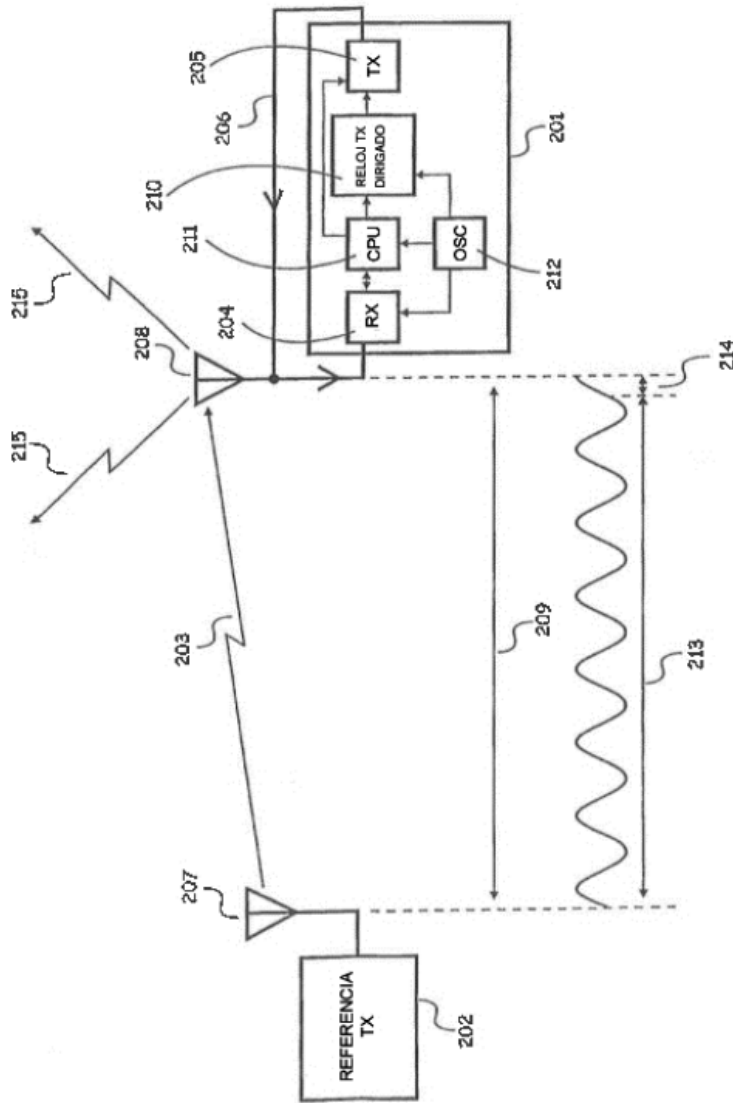
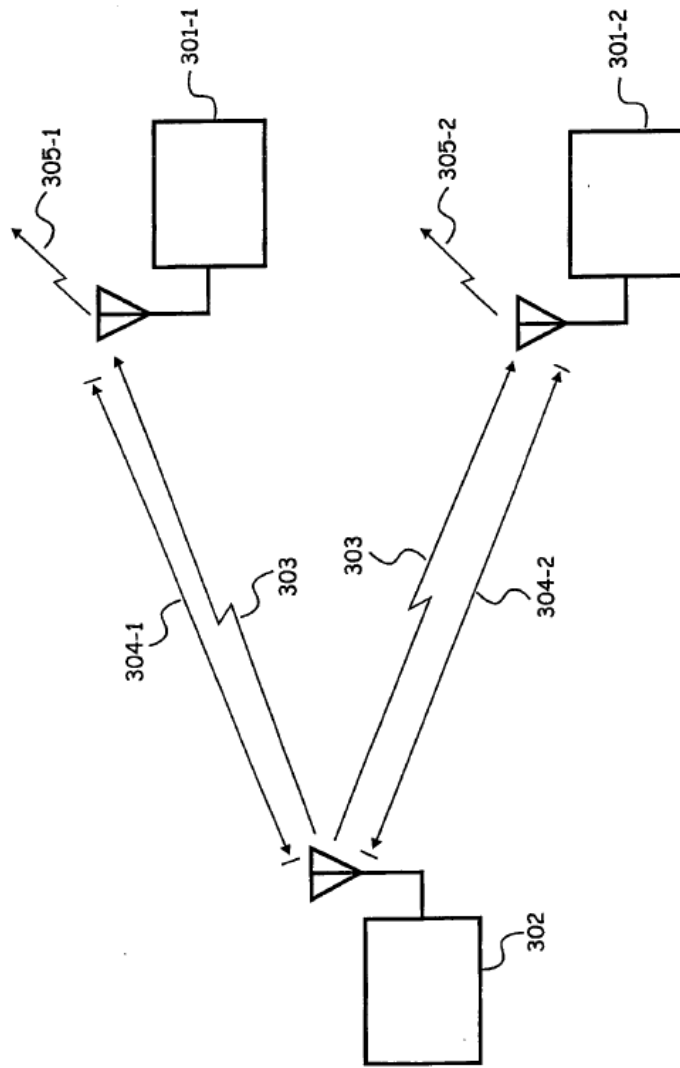


FIG 2



**FIG 3**



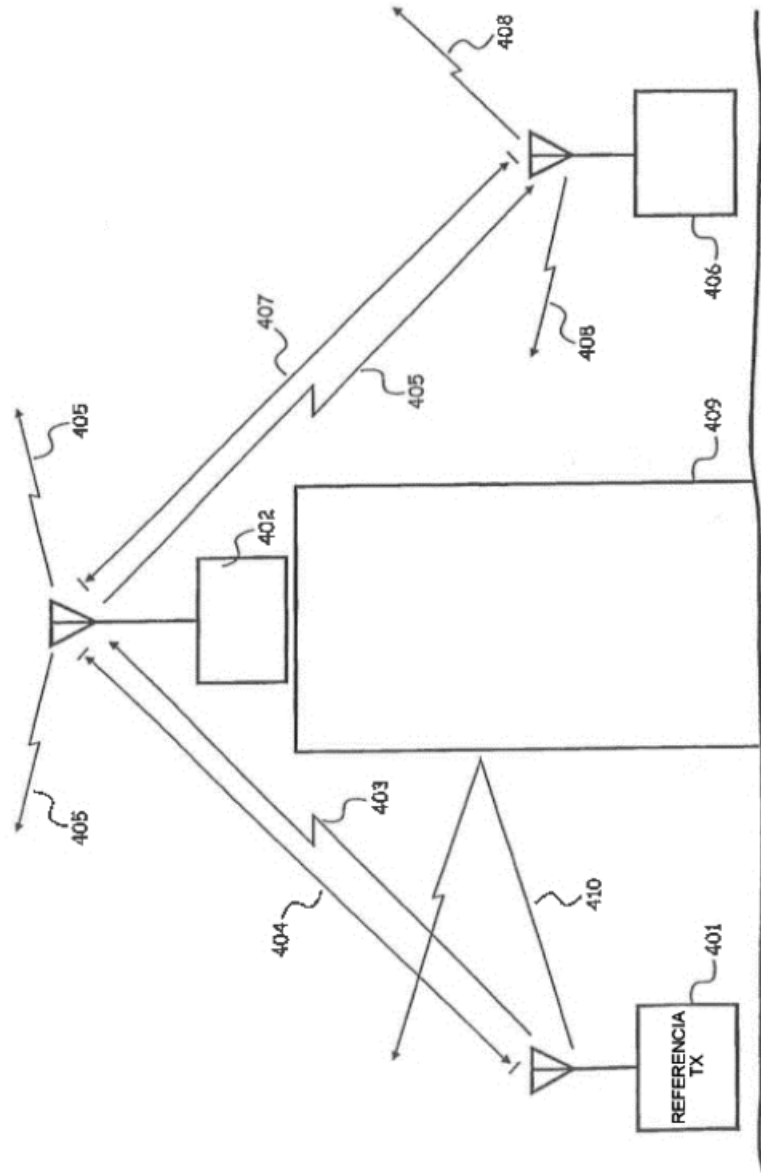
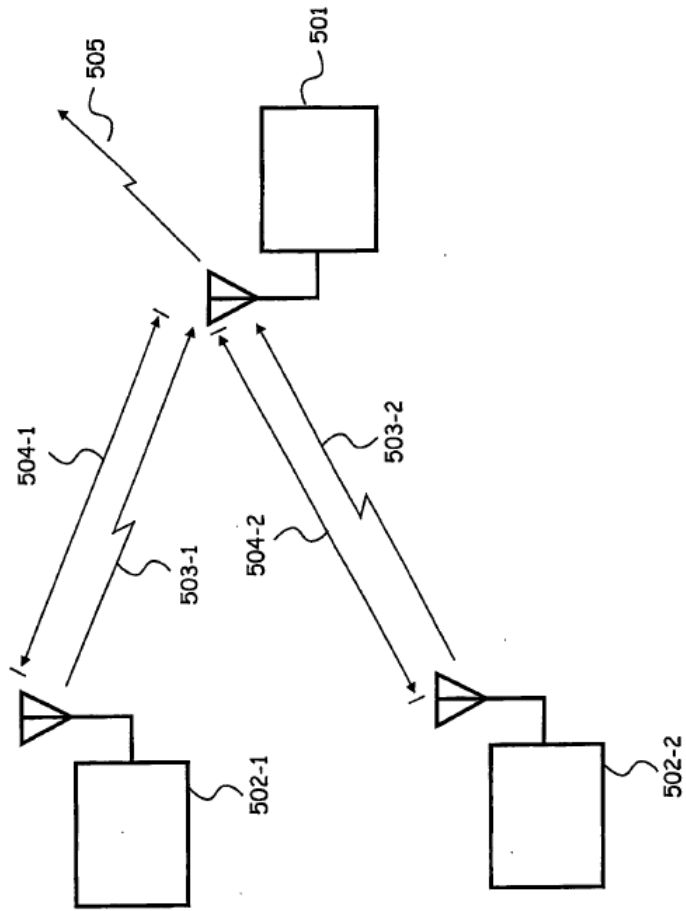


FIG 4



**FIG 5**

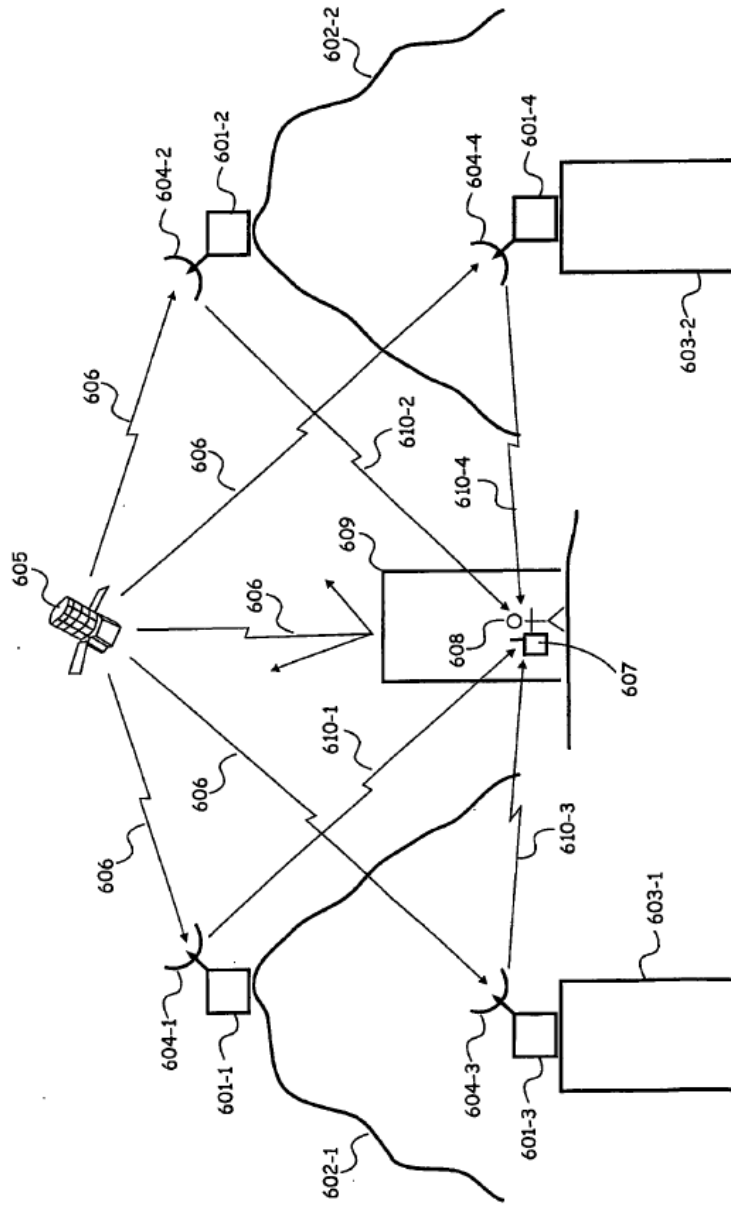
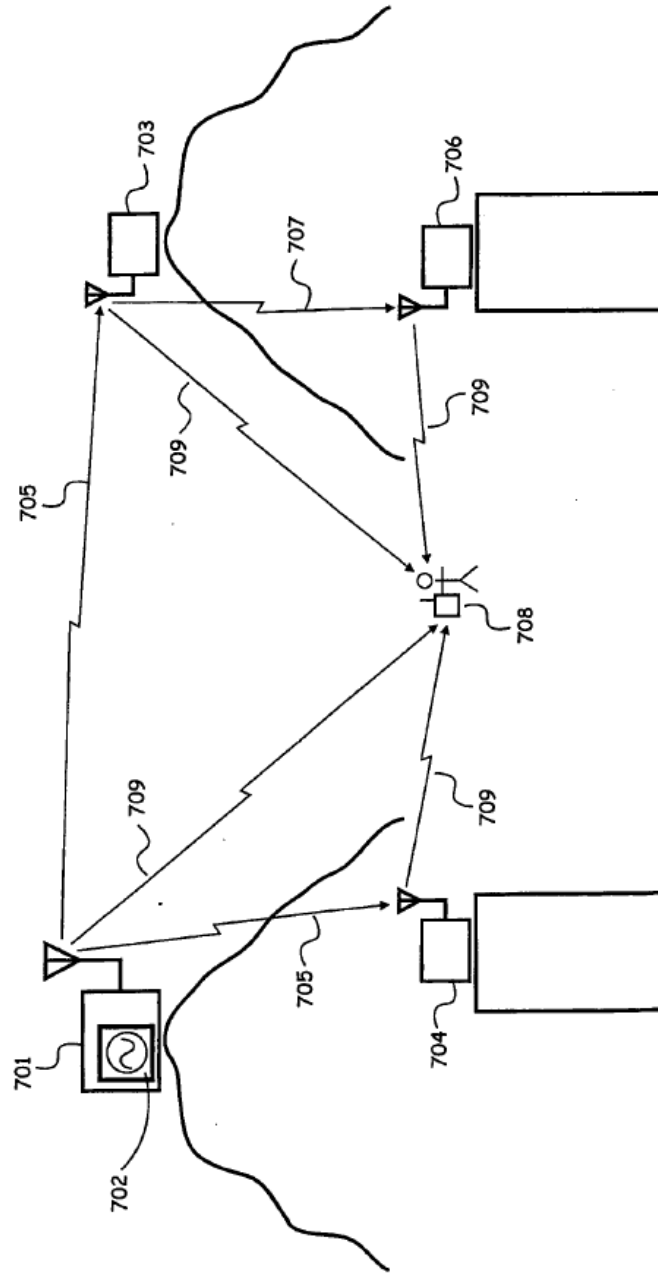


FIG 6



**FIG 7**

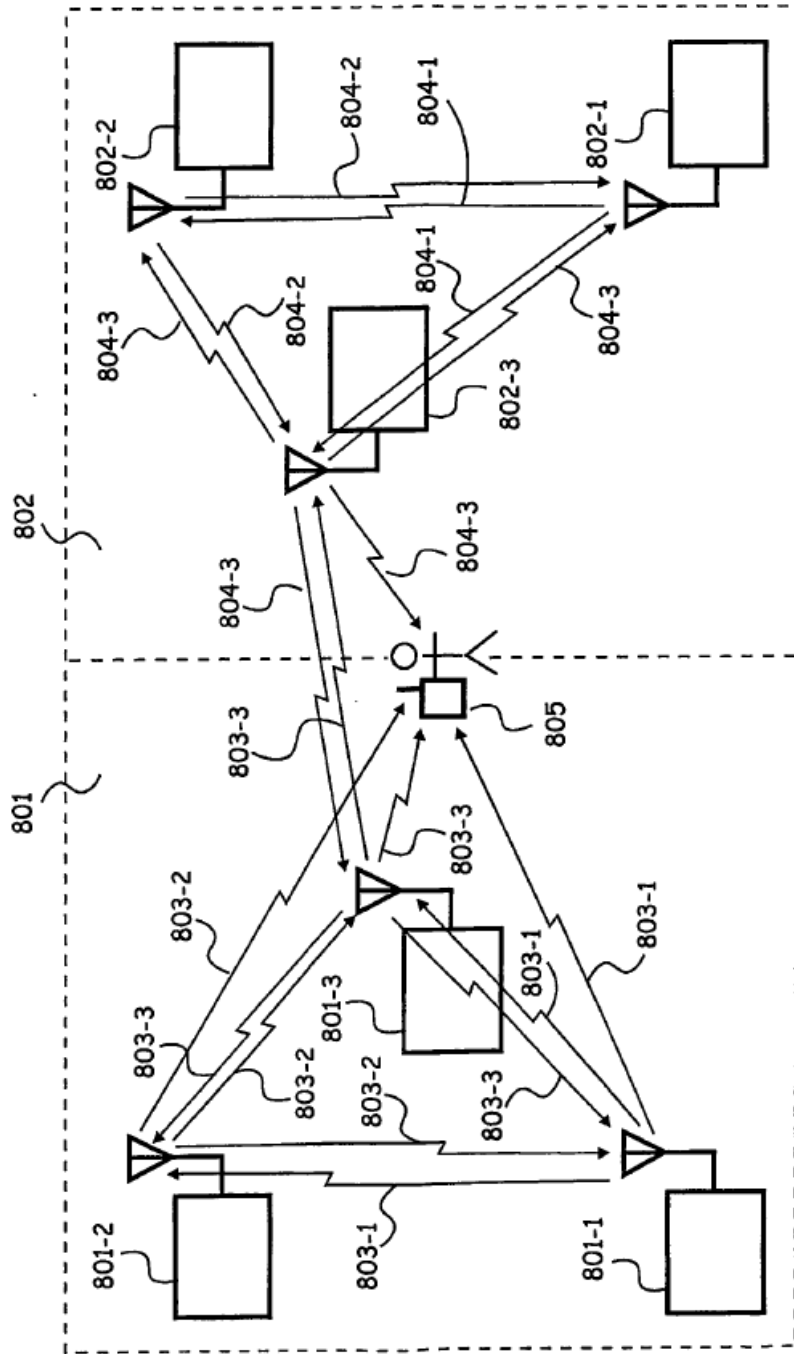


FIG 8

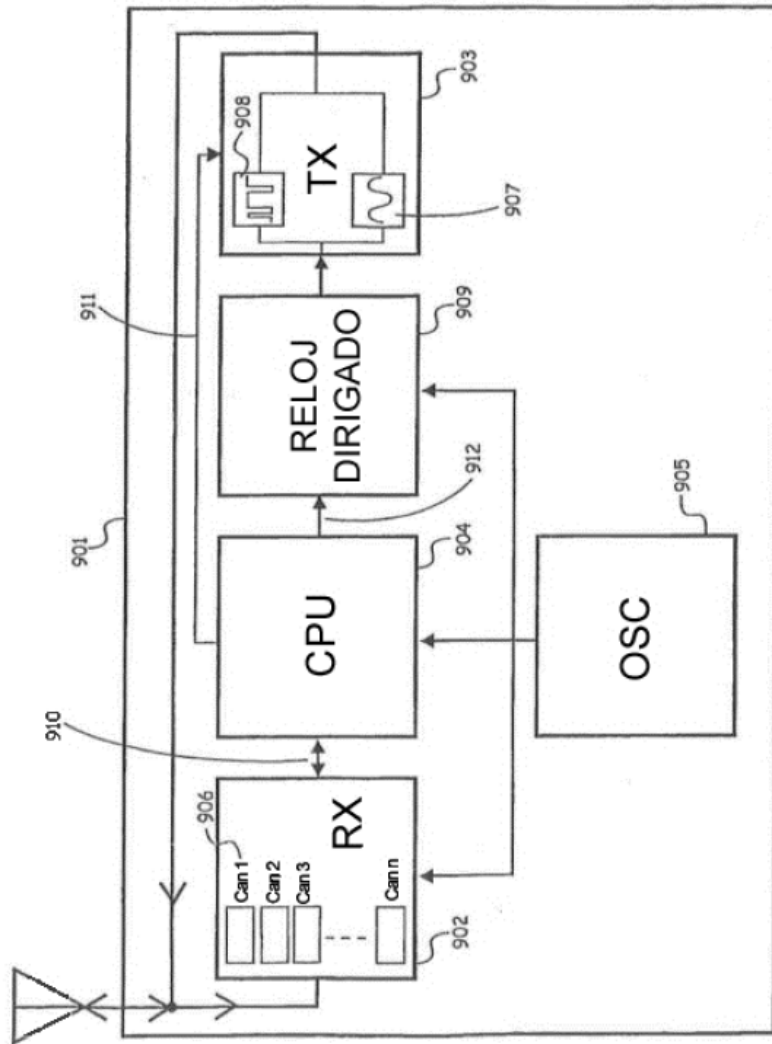


FIG 9