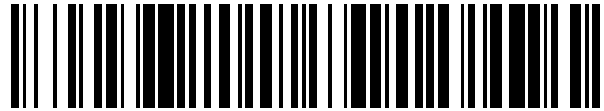


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 526 361**

51 Int. Cl.:

H04W 56/00 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.09.2009 E 09792725 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.11.2014 EP 2329669**

54 Título: **Procedimiento y aparato de sincronización de una estación base en un sistema de comunicaciones inalámbricas**

30 Prioridad:

19.09.2008 US 98360 P
17.11.2008 US 115465 P
17.09.2009 US 561844

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.01.2015

73 Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
International IP Administration 5775 Morehouse
Drive
San Diego, California 92121, US

72 Inventor/es:

PALANKI, RAVI;
AGASHE, PARAG A.;
GUPTA, VIKRAM;
GUPTA, RAJARSHI y
BHUSHAN, NAGA

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 526 361 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y aparato de sincronización de una estación base en un sistema de comunicaciones inalámbricas

Campo técnico

5 La presente divulgación versa, en general, acerca de sistemas de comunicaciones. Más específicamente, la presente divulgación versa acerca de la sincronización de una estación base en un sistema de comunicaciones inalámbricas.

Antecedentes

10 Los sistemas de comunicaciones inalámbricas se han convertido en un medio importante mediante el que muchas personas en todo el mundo han llegado a comunicarse. Un sistema de comunicaciones inalámbricas puede proporcionar una comunicación para un número de dispositivos móviles, cada uno de los cuales puede ser atendido por una estación base. Ejemplos de dispositivos móviles incluyen teléfonos móviles, agendas electrónicas (PDA), dispositivos portátiles, módems inalámbricos, ordenadores portátiles, ordenadores personales, etc.

15 A medida que se vuelve más popular la comunicación inalámbrica, existen nuevos retos para acomodar grandes volúmenes de llamadas y mantener una calidad de llamada de una forma rentable. Una forma de aumentar la eficacia es maximizar la tasa de transmisión de datos de transmisiones por parte de las estaciones base. Las estaciones base sincronizadas causan menos interferencia en estaciones base vecinas que las estaciones base asíncronas, permitiendo, de esta manera, tasas más elevadas de transmisión de datos. Por lo tanto, se pueden plasmar los beneficios mediante procedimientos y aparatos mejorados para sincronizar una estación base en un sistema de comunicaciones inalámbricas.

20 El documento EP-A-1148755 da a conocer un procedimiento para determinar la posición de una estación móvil en una red inalámbrica utilizando señales de posicionamiento recibidas de al menos tres estaciones base. Para evitar una interferencia procedente de una estación base que evita que el dispositivo móvil reciba señales de posicionamiento procedentes de otra estación base, se sincronizan las estaciones base, y cada estación base tiene un periodo durante el cual puede transmitir y un periodo durante el cual no puede transmitir. Los patrones para la transmisión y la no transmisión para cada una de las estaciones base en la red son los mismos, pero los ciclos están desfasados para distintas estaciones base, de forma que las estaciones base tengan distintos periodos de silencio.

Breve descripción de los dibujos

30 La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema de comunicaciones inalámbricas para sincronizar estaciones base;
 la Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra una pico estación base con un módulo de silencio;
 la Figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra un módulo basado en estratos que puede estar en una pico estación base;
 la Figura 4 es un diagrama de secuencias que ilustra un sistema de comunicaciones inalámbricas para sincronizar estaciones base utilizando intervalos contiguos de silencio;
 35 la Figura 4a es un diagrama de secuencias que ilustra un sistema de comunicaciones inalámbricas para sincronizar estaciones base utilizando intervalos no contiguos de silencio;
 la Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para silenciar una estación base síncrona;
 la Figura 6 ilustra bloques de medios más funciones correspondientes al procedimiento de la Figura 5;
 la Figura 7 es otro diagrama de secuencias que ilustra un sistema de comunicaciones inalámbricas para sincronizar estaciones base;
 40 la Figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para silenciar una estación base asíncrona;
 la Figura 9 ilustra bloques de medios más funciones correspondientes al procedimiento de la Figura 8;
 la Figura 10 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento 1000 para silenciar estaciones base interferentes;
 45 la Figura 11 ilustra bloques de medios más funciones correspondientes al procedimiento de la Figura 10; y
 la Figura 12 ilustra ciertos componentes que pueden estar incluidos en un dispositivo inalámbrico.

Descripción detallada

50 Se divulga un procedimiento de sincronización de un sistema de comunicaciones inalámbricas. Se determina una duración de silencio para una estación base en función de un tiempo requerido para que una estación base vecina obtenga o mantenga una sincronización. Se suspenden todas las transmisiones desde la estación base durante la duración del silencio.

55 La suspensión puede producirse periódicamente cada periodo de seguimiento en el sistema de comunicaciones inalámbricas. En una configuración, la estación base puede ser una estación base síncrona. La duración del silencio puede estar basada, además, en un nivel de estrato de la estación base síncrona que indica un número de estaciones base entre la estación base síncrona y un nodo fuente de hora global, incluyendo el nodo fuente de hora

5 global. La duración del silencio puede ser un lapso $n \cdot T$ en el que n es el nivel de estrato de la estación base síncrona y T es el tiempo requerido para que una estación base vecina obtenga o mantenga una sincronización. También se puede determinar una hora de inicio del silencio para la duración del silencio como un tiempo cuando un periodo de seguimiento para el sistema (P) de comunicaciones inalámbricas se divide uniformemente en una hora global de toda la red. Se puede recibir una hora global de toda la red procedente de la estación base vecina o de un nodo fuente de hora global.

10 En otra configuración, la estación base puede ser una estación base asíncrona. La duración del silencio puede estar basada, además, en un error máximo entre una hora global de toda la red y una hora estimada de toda la red, y un número total de niveles de estrato en el sistema de comunicaciones inalámbricas. Se puede determinar una hora de inicio del silencio para la duración del silencio en función de la hora estimada de toda la red y el error máximo entre la hora global de toda la red y la hora estimada de toda la red. Se puede recibir la hora estimada de toda la red utilizando un protocolo de enlace terrestre, tal como un protocolo de hora de red (NTP).

15 En otra configuración, se pueden recibir la duración del silencio y una hora de inicio del silencio para la duración del silencio en un mensaje de enlace terrestre procedente de la estación base vecina. La estación base puede ser una pico estación base, una femto estación base, o un eNodo B principal. Se pueden recibir múltiples señales de sincronización y se puede utilizar una señal de sincronización que proporciona un nivel mínimo de estrato. Si múltiples señales de sincronización proporcionan el mismo nivel de estrato, se puede utilizar la señal de sincronización con la relación señal/interferencia y ruido (SINR) más elevada. La duración del silencio puede ser contigua o no contigua.

20 También se da a conocer un aparato para sincronizar un sistema de comunicaciones inalámbricos. El aparato incluye un procesador y memoria en comunicación electrónica con el procesador. Las instrucciones ejecutables son almacenadas en la memoria. Se ejecutan instrucciones para determinar una duración de silencio para una estación base en función de un tiempo requerido para que una estación base vecina obtenga o mantenga una sincronización. También se ejecutan instrucciones para suspender todas las transmisiones procedentes de la estación base durante la duración del silencio.

25 También se da a conocer un aparato para sincronizar un sistema de comunicaciones inalámbricas. El aparato incluye medios para determinar una duración de silencio para una estación base en función de un tiempo requerido para que una estación base vecina obtenga o mantenga una sincronización. El aparato también incluye medios para suspender todas las transmisiones procedentes de la estación base durante la duración del silencio.

30 También se da a conocer un programa de programa de ordenador para proporcionar un soporte instrumental de múltiples regiones en un reproductor de audio que no soporta instrumentos de múltiples regiones. El producto de programa de ordenador comprende un medio legible por un ordenador que tiene instrucciones en el mismo. Las instrucciones incluyen código para determinar una duración del silencio para una estación base en función de un tiempo requerido para que una estación base vecina obtenga o mantenga una sincronización. Las instrucciones también incluyen código para suspender todas las transmisiones procedentes de la estación base durante la duración del silencio.

35 La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema 100 de comunicaciones inalámbricas para sincronizar las estaciones base 102, 104. El sistema 100 puede incluir una estación base síncrona 104 y una fuente 106 del sistema de posicionamiento global (GPS). La estación base síncrona 104 puede comunicarse con un controlador 118 de red de radio (también denominado controlador de estación base o función de control de paquetes). El controlador 118 de red de radio puede comunicarse con un centro 124 de conmutación móvil (MSC), un nodo servidor 120 de paquetes de datos (PDSN) o una función de interconexión de redes (IWF), una red pública 126 de conmutación telefónica (PSTN) (normalmente una compañía telefónica) y una red 122 de protocolo de Internet (IP) (normalmente Internet). El centro 124 de conmutación móvil puede ser responsable de la gestión de la comunicación entre un dispositivo de comunicaciones inalámbricas y la red pública 126 de conmutación telefónica mientras que el nodo servidor 120 de paquetes de datos puede ser responsable del encaminamiento de paquetes entre un dispositivo de comunicaciones inalámbricas y la red 122 de IP.

40 La sincronización entre estaciones base 104 en un sistema 100 de comunicaciones inalámbricas puede tener muchos beneficios tal como una gestión de interferencias o una capacidad virtual de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO). Tradicionalmente, se puede conseguir la sincronización del sistema 100 utilizando receptores 112 del sistema de posicionamiento global (GPS) colocados con estaciones base 102, 104, es decir, la estación base síncrona 104 puede incluir un receptor 112b de GPS. Sin embargo, puede que los receptores 112 de GPS y/o las señales 108 de GPS no estén siempre disponibles para fines de sincronización. Por ejemplo, los receptores 112 de GPS pueden no estar incluidos en una estación base 102, 104 debido a consideraciones del coste de la fabricación o a limitaciones del consumo de energía. Según se utiliza en la presente memoria, el término "síncrono" describe una estación base 102, 104 que es capaz de realizar un seguimiento de forma precisa de una referencia horaria utilizada en el sistema 100. En cambio, el término "asíncrono" describe una estación base 102, 104 que no es capaz de realizar un seguimiento de forma precisa una referencia horaria utilizada en el sistema 100. Además, una estación base 102, 104 puede incluir un receptor 112 de GPS, pero no tener una visión directa de la fuente 106 de

- GPS, por ejemplo, un satélite de GPS. En tales escenarios, se pueden utilizar estrategias alternativas de sincronización para sincronizar estaciones base. Un ejemplo es el despliegue heterogéneo de las tecnologías de evolución avanzada a largo plazo (LTE-A) o de banda ultraancho móvil avanzada (UMB-A). En algunas configuraciones, se pueden colocar pico estaciones base 102a-b además de las estaciones base normales 104 para aumentar el rendimiento de la red. Según se utiliza en la presente memoria, la expresión “pico” o “pico estación base” hace referencia a un dispositivo que es menor y menos potente que una estación base 104 y es capaz de comunicarse con dispositivos inalámbricos y con un sistema 100 de comunicaciones inalámbricas. De forma similar, los presentes sistemas y procedimientos también son aplicables a femto células, también conocidas como femto nodos, o eNodo B principal, o estaciones base de punto de acceso, haciendo referencia las expresiones “femto” o “femto estaciones base” a un dispositivo que es menor y menos potente que una estación base 104 y es capaz de comunicarse con dispositivos inalámbricos y con un sistema 100 de comunicaciones inalámbricas. En otras palabras, se pueden utilizar en la presente memoria los términos “pico” y “femto” de forma intercambiable. Las expresiones “macro” y “macro estación base” hacen referencia a una estación base tradicional 104 que es mayor y más potente que una pico estación base 102.
- En entornos ejemplares de red, cada femto estación base, también conocida como femto nodo, puede estar acoplada a una red de área amplia (por ejemplo, Internet) y a una red central de un proveedor de comunicaciones móviles por medio de un dispositivo de encaminamiento DSL, un módem de cable, un enlace inalámbrico u otro medio de conectividad. Cada femto nodo puede estar configurado para dar servicio a dispositivos inalámbricos asociados, tales como, por ejemplo, terminales de acceso o equipos de usuario y, opcionalmente, terminales ajenos de acceso. En otras palabras, puede restringirse el acceso a femto nodos, por lo que un terminal dado de acceso puede ser atendido por medio de un conjunto designado de femto nodo/s (por ejemplo, principales), pero puede no ser atendido por ningún femto nodo no designado (por ejemplo, el femto nodo del vecino). El propietario de un femto nodo puede abonarse a un servicio móvil, tal como, por ejemplo, un servicio móvil 3G, ofertado por la red central de un proveedor de comunicaciones móviles. Además, un terminal de acceso puede ser capaz de operar tanto en macroentornos como entornos de red de menor escala (por ejemplo, domésticos). En otras palabras, dependiendo de la ubicación actual del terminal de acceso, el terminal de acceso puede ser atendido por un nodo de acceso de una macrored móvil celular o por uno cualquiera de un conjunto de femto nodos (por ejemplo, los femto nodos y que residen en la correspondiente vivienda del usuario). Por ejemplo, cuando un abonado se encuentra fuera de su hogar, es atendido por una macroestación base estándar o un macronodo de acceso y cuando el abonado se encuentra en su hogar, es atendido por un femto nodo. Aquí, se debe apreciar que un femto nodo puede ser retrocompatible con terminales existentes de acceso.
- Se puede desplegar una femto estación base o un femto nodo en una única frecuencia o, de forma alternativa, en múltiples frecuencias. Dependiendo de la configuración particular, la única frecuencia o una o más de las múltiples frecuencias pueden solaparse con una o más frecuencias utilizadas por una macroestación base. En algunos aspectos, un terminal de acceso puede estar configurado para conectarse a un femto nodo preferente (por ejemplo, el femto nodo principal del terminal de acceso) siempre que sea posible tal conectividad. Por ejemplo, cuando el terminal de acceso se encuentra en una residencia del usuario, puede ser deseable que el terminal de acceso solo se comunique con el femto nodo principal.
- Un femto nodo puede estar restringido en algunos aspectos. Por ejemplo, un femto nodo dado solo puede proporcionar ciertos servicios a ciertos terminales de acceso. En despliegues con una denominada asociación restringida (o cerrada), un terminal dado de acceso solo puede ser atendido por la macrored móvil celular y un conjunto definido de femto nodos (por ejemplo, los femto nodos que residen en la correspondiente vivienda del usuario). En algunas implementaciones, un nodo puede ser restringido para que no proporcione, para al menos un nodo, al menos uno de: señalización, acceso de datos, registro, notificación o servicio.
- Con referencia de nuevo a la Figura 1, las pico estaciones base 102 pueden estar colocadas en el interior. Por lo tanto, una pico estación base 102a puede incluir un receptor 112a de GPS, pero ser incapaz de recibir una señal 108 de GPS. De forma alternativa, una pico estación base 102b puede no incluir un receptor 112 de GPS. Las pico estaciones base 102 sin GPS pueden utilizar una señal 110 de sincronización procedente de una estación base 104 de GPS o de una estación base derivada de GPS (es decir, aquellas que pueden realizar un seguimiento de la señal 110 de sincronización de la estación base de GPS), como referencia horaria. Las señales 110 de sincronización pueden ser inalámbricas o alámbricas, por ejemplo, una pico estación base 102a puede recibir una señal inalámbrica 110a de sincronización mientras que otra pico estación base 102b puede recibir una señal alámbrica 110b de sincronización. Se puede establecer una jerarquía de sincronización de múltiples niveles cuando las pico estaciones base 102 sin GPS pueden oír a la estación base 104 de GPS vecina o a las estaciones base derivadas de GPS.
- Sin embargo, la interferencia 114 de señales puede ser un factor limitante fundamental en un despliegue no planificado. La interferencia perjudicial 114 puede perjudicar a la capacidad de la pico estación base 102 que no tiene GPS para escuchar la señal deseada 110 de sincronización por vía aérea. Esto puede ser particularmente verdadero en despliegues heterogéneos en los que las pico estaciones base 102 pueden no tener una buena geometría, y podrían ocasionar interferencias en otras pico estaciones base vecinas 102. En otras palabras, dos pico estaciones base asíncronas 102 pueden interferir entre sí y evitar mutuamente su propia sincronización con la estación base síncrona 104, es decir, dos pico estaciones base asíncronas cercanas 102 pueden producir tanta

interferencia mutua 114 que ninguna de ellas reciba una buena relación señal/interferencia (SIR) en la señal 110 de sincronización procedente de la estación base síncrona 104. De forma similar, las señales 110 de sincronización en una pico estación base 102 pueden interferirse mutuamente, de forma que la pico estación base 102 no pueda utilizar ninguna de ellas.

5 Por lo tanto, las pico estaciones base 102 pueden incluir módulos 116a-b de silencio que pueden permitir que las pico estaciones base 102 consigan una sincronización utilizando un silencio coordinado en toda la red. De forma alternativa, o adicional, los módulos 116a-b de silencio pueden estar en una femto estación base, es decir, un eNodo B principal o un retransmisor. Aunque solo se ilustran los módulos 116 de silencio en las pico estaciones base 102, las macroestaciones base 104 también pueden utilizar las técnicas descritas en la presente memoria para conseguir
10 una sincronización. El módulo 116 de silencio puede operar utilizando información jerárquica o mensajes enviados desde otras estaciones base 102, 104.

Los presentes sistemas y procedimientos pueden ser utilizados por las estaciones base 102, 104 para adquirir inicialmente una referencia horaria (para esto se puede utilizar el procedimiento de referencia horaria asíncrona) al igual que para mantener esa referencia horaria (se puede utilizar el procedimiento síncrono para esto). Por ejemplo, los osciladores en pico estaciones base 102 y en femto estaciones base pueden no ser de alta calidad. Por lo tanto, las pico estaciones base 102 y las femto estaciones base pueden necesitar realizar un seguimiento periódico de
15 señales 110 de sincronización.

En una configuración, un módulo 116 de silencio puede utilizar información jerárquica para silenciar periódicamente estaciones base 102, 104 en función de su nivel de estrato en el sistema 100 y su estado de sincronización. Según se utiliza en la presente memoria, las expresiones “nivel de estrato” o “estrato” para una pico estación base 102 hacen referencia al número mínimo de nodos síncronos intermedios entre la pico estación base 102 y la fuente 106 de GPS, incluyendo el nodo fuente 106 de GPS. Por ejemplo, el nivel de estrato de las pico estaciones base
20 ilustradas 102 es de dos mientras que el nivel del estrato de la estación base síncrona ilustrada 104 es de uno. En función del nivel del estrato, las pico estaciones base 102 en el sistema puede permanecer en silencio durante un periodo de tiempo lo suficientemente largo como para permitir que se sincronicen las estaciones base 102, 104 con el mismo nivel de estrato, o uno inferior. En otras palabras, las pico estaciones base síncronas 102 con un nivel de estrato bajo pueden permanecer en silencio (es decir, abstenerse de transmitir cualquier dato), durante un periodo más breve de tiempo que las pico estaciones base síncronas 102 con un nivel de estrato elevado. Se pueden calcular y almacenar las duraciones para distintos niveles de estrato en aras de la eficiencia. Además, se pueden
25 definir listas de intervalos de silencio para cada nivel de estrato por medio de un estándar particular (por ejemplo, 3GPP), o pueden ser proporcionadas por una entidad de configuración. Los periodos de silencio pueden estar basados en una hora global real que actúa como una hora global en toda la red, por ejemplo, hora universal coordinada (UTC). Aunque se describen a continuación los presentes sistemas y procedimientos utilizando UTC, se puede utilizar cualquier estándar adecuado de hora global.

35 Sin embargo, una pico estación base asíncrona 102 puede no tener conocimiento de la hora global real, por ejemplo, no tiene un receptor 112 de GPS o no puede recibir la señal 108 de GPS por se encuentra en el interior. Por lo tanto, el módulo 116 de silencio puede utilizar una hora global estimada, o una hora estimada en toda la red, para determinar una hora de inicio del silencio y una duración del silencio, por ejemplo, utilizando un protocolo de hora de red (NTP). Dado que el módulo 116 de silencio puede depender de la hora global estimada cuando se silencian pico
40 estaciones base asíncronas 102, la duración del silencio puede ser mayor para pico estaciones base asíncronas 102 que para pico estaciones base síncronas 102.

En vez de un silencio periódico, el módulo 116 de silencio puede utilizar, de forma alternativa, una configuración basada en mensajes para silenciar las pico estaciones base interferentes 102. En una configuración basada en mensajes, el módulo 116 de silencio puede detectar pico estaciones base interferentes 102 y enviar un mensaje a
45 las pico estaciones base interferentes 102 solicitando que permanezcan en silencio durante un periodo predeterminado de tiempo. Durante el periodo de silencio, la estación base solicitante 102, 104 puede adquirir información de referencia horaria, por ejemplo, UTC.

La Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra una pico estación base 202 con un módulo 216 de silencio. La pico estación base 202 puede incluir un receptor 212 de GPS, aunque puede que sea incapaz de recibir una señal 108 de GPS. Si la pico estación base 202 no está sincronizada, ya sea por una señal 108 de GPS o por otra estación base síncrona 104, la pico estación base 202 puede provocar una interferencia con sus transmisiones. Por lo tanto, el módulo 216 de silencio puede determinar cuándo debería quedar en silencio la pico estación base 202 y controlar la circuitería 228 de transmisión, en consecuencia. En otras palabras, el módulo 216 de silencio puede enviar mensajes de control que suspenden todas las transmisiones procedentes de la pico estación base 202 en
50 función de un algoritmo basado en estratos o un algoritmo basado en mensajes.

Un módulo 230 basado en estratos puede determinar silencios periódicos para la pico estación base 202. Si la pico estación base 202 es síncrona, la pico estación base 202 puede tener una hora global real 250, por ejemplo, la hora universal coordinada (UTC) 250. La duración del silencio para una pico estación base síncrona 202 puede depender del nivel (n) 246 de estrato. El intervalo de silencio puede estar sincronizado para comenzar en una hora (t) 244 de

inicio, cuando se divide uniformemente un periodo (P) 242 de seguimiento la UTC 250, es decir, $UTC \bmod P = 0$. El periodo (P) 242 de seguimiento es la duración de tiempo entre eventos de sincronización, por ejemplo, 2 segundos. La duración (D) 248 del silencio para una pico estación base síncrona 202 en un estrato n 246 puede ser nT , siendo el tiempo (T) 238 de sincronización el tiempo requerido para conseguir la sincronización, es decir, $D = nT$.

5 Dado que una pico estación base asíncrona 202 puede no tener un acceso a la UTC 250, las pico estaciones base asíncronas 202 pueden determinar la hora (t) 244 de inicio del silencio periódico utilizando el protocolo de hora de red (NTP). Utilizando el NTP, la pico estación base 202 puede recibir una hora global estimada 249 procedente de un servidor de NTP utilizando una serie de mensajes de NTP. Entonces, la hora (t) 244 de inicio del intervalo de silencio puede depender de la precisión de su hora global estimada. Si E_{NTP} 236 es el error máximo entre la UTC y la hora global estimada 249, entonces la pico estación base asíncrona 202 puede permanecer en silencio durante una duración (D) 248 de $2 * E_{NTP} + S_{m\acute{a}x} * T$, en la que $S_{m\acute{a}x}$ 234 es el estrato máximo en el sistema 100 de comunicaciones inalámbricas y el tiempo (T) 238 de sincronización es el tiempo requerido para conseguir una sincronización. La hora (t) 244 de inicio para una pico estación base 202 puede darse cuando un periodo escalar (kP) de seguimiento se divide uniformemente en $(t + E_{NTP})$, (es decir, $(t + E_{NTP}) \bmod kP = 0$), siendo k 240 un escalar que es mayor o igual que 1. En otras palabras, una pico estación base asíncrona 202 puede estimar el tiempo síncrono (t') 251 de inicio al que $UTC \bmod P = 0$ utilizando la hora global estimada con el NTP 249 en vez de utilizando la UTC 250. Entonces, para responder al error inherente en la hora global estimada 249, la pico estación base asíncrona 202 puede silenciarse en E_{NTP} 236 antes y después de la hora estimada (t') 251 de inicio más $S_{m\acute{a}x} * T$.

20 Para pico estaciones base 202 que intentan sincronizarse por otra estación base 104 en el estrato n, el módulo 230 basado en estratos puede reducir el número de estaciones base interferentes 102, 104 al número de estaciones base 102, 104 con un nivel 246 de estrato inferior o igual que n, al igual que estaciones base asíncronas 104.

25 Tras la inicialización, la pico estación base asíncrona 202 puede no transmitir durante múltiples periodos de silencio e intentan una sincronización. Si no consigue una sincronización, puede utilizar una hora global estimada con NTP 249 para llevar a cabo el silenciamiento e intentar recibir la sincronización. El E_{NTP} 236 puede estar acotado por la mitad del tiempo de ida y vuelta de una medición de NTP, por ejemplo, si el tiempo de ida y vuelta a un servidor de NTP es de 100 milisegundos, el E_{NTP} 236 puede ser inferior o igual a 50 milisegundos.

30 Las pico estaciones base 202 que pueden recibir múltiples señales 110 de sincronización pueden utilizar la que les proporciona el menor nivel 246 de estrato. Si múltiples pico estaciones base 202 o macroestaciones base 104 proporcionan el mismo nivel 246 de estrato, entonces se puede escoger la que tiene la mayor relación señal/interferencia y ruido (SINR).

35 Como se ha expuesto anteriormente, las pico estaciones base 202 que no tienen acceso a una señal 108 de GPS pueden adquirir su referencia horaria de otras macroestaciones base 104 o pico estaciones base 202 que tienen un acceso de mayor estrato a la referencia horaria, es decir, un menor nivel 246 de estrato. Tal adquisición y tal seguimiento de la referencia horaria pueden estar sujetos a una interferencia 114 por las células colindantes. El silencio coordinado, según es utilizado por el módulo 230 basado en estratos, puede ser utilizado para reducir tal interferencia durante el seguimiento horario. Las pico estaciones base asíncronas 202 pueden no tener la hora global real, UTC 250 y, por lo tanto, pueden no saber con suficiente precisión cuándo quedar en silencio. En algunos casos, depender de la información de referencia horaria menos precisa para el silencio puede tener como resultado un silenciamiento conservador de las pico estaciones base asíncronas 202. Si las pico estaciones base asíncronas 202 continúan transmitiendo, las estaciones base anteriormente síncronas 102, 104 en torno a las mismas pueden ser incapaces de realizar un seguimiento de la hora a partir de su fuente respectiva, creando más estaciones base asíncronas 102, 104, etcétera. En otras palabras, una única pico estación base asíncrona 202 puede desincronizar a otras estaciones base 102, 104. Esto puede dar lugar a una reacción no controlada, en la que cada vez más estaciones base 102, 104 se vuelven asíncronas, provocando que aún más estaciones base 102, 104 pierdan la sincronización, lo que tiene como resultado ineficiencias.

45 Por lo tanto, además del módulo 230 basado en estratos, el módulo 216 de silencio puede utilizar, de forma alternativa, un módulo 232 basado en mensajes para silenciar las estaciones base interferentes 102, 104. Una pico estación base síncrona 202 puede detectar una interferencia procedente de una célula asíncrona interferente 254 durante el periodo de seguimiento horario utilizando un detector 252 de interferencias. La pico estación base 202 puede enviar, entonces, un mensaje 256 de enlace terrestre a la célula interferente 254, que solicite que la célula interferente 254 permanezca en silencio durante un cierto periodo de tiempo. La duración del silencio puede ser especificada en el mensaje 256 de enlace terrestre o predeterminada para todos los intervalos de silencio. Se puede especifica la hora de inicio para el intervalo de silencio en el mensaje 256 de enlace terrestre o en cuanto la estación base interferente 254 reciba el mensaje 256 de enlace terrestre. Esto puede permitir que la pico estación base solicitante 202 adquiera un seguimiento horario. Las pico estaciones base asíncronas 202 que no provocan una interferencia inaceptable en otras estaciones base síncronas 102, 104 pueden no recibir solicitudes para permanecer en silencio y, por lo tanto, pueden continuar con la transmisión. Esto puede evitar un silenciamiento periódico innecesario de todas las estaciones base 102, 104 durante periodos relativamente prolongados, mientras que al mismo tiempo se permite que las estaciones base síncronas 102, 104 mantengan la hora.

La Figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra un módulo 330 basado en estratos que puede estar en una pico estación base 102. La configuración ilustrada muestra una duración (D) 348 que está siendo calculada para una pico estación base asíncrona 102. En primer lugar, se puede multiplicar por 2 un error máx (E_{NTP}) 336. El error máx (E_{NTP}) 336 puede ser el error máx entre una hora global estimada con NTP 249 y una hora global real, por ejemplo, UTC 250. Se puede multiplicar un estrato máx ($S_{m\acute{a}x}$) por un tiempo (T) 338 de sincronización. El estrato máx ($S_{m\acute{a}x}$) 334 es el estrato máximo, o un número de capas jerárquicas, en el sistema 100 de comunicaciones inalámbricas y el tiempo (T) 338 de sincronización es el tiempo requerido para conseguir una sincronización en una pico estación base 102. Entonces, se puede calcular la duración (D) 348 como $D = 2 * E_{NTP} + S_{m\acute{a}x} * T$.

La Figura 4 es un diagrama 400 de secuencias que ilustra un sistema 100 de comunicaciones inalámbricas para sincronizar estaciones base 102, 104 utilizando intervalos contiguos de silencio. Específicamente, el diagrama 400 de secuencias ilustra un silenciamiento periódico para estaciones base síncronas 102, 104. El diagrama 400 de secuencias ilustra eventos de sincronización como una función de una hora global real (por ejemplo, UTC 450), en el que las flechas verticales continuas representan señales 410 de sincronización desde un nivel 446 de estrato a otro. Cada nivel (n) 446 de estrato puede incluir una o más pico estaciones base 102 o macroestaciones base 104. Se puede derivar el nivel (n) 446 de estrato de una pico estación base 202 del intervalo en el que recibe una señal 410 de sincronización. Por ejemplo, si las estaciones base 104 de estrato 1 se silencian en la subtrama 1 y las estaciones base 102 de estrato 2 se silencian en las subtramas 1 y 2, entonces, si una nueva estación base 104 ve una señal en la subtrama 2, entonces sabe que está obteniendo esa señal 410 de sincronización de una estación base 104 de estrato 1. Por lo tanto, la nueva estación base 104 es de estrato 2.

Las flechas verticales discontinuas representan tiempos síncronos (t) 444a-c de inicio en los que las pico estaciones base síncronas 102 pueden comenzar un intervalo de silencio y las barras horizontales representan la duración del intervalo de silencio, es decir, el número de subtramas en silencio para las estaciones base 102, 104 en cada estrato 446. Como se ilustra en la Figura 4, los intervalos de silencio pueden ser contiguos. Los tiempos síncronos (t) 444a-c de inicio pueden producirse cuando se divide un periodo (P) 442 de seguimiento uniformemente en la UTC 450, es decir, $UTC \bmod P = 0$. Por ejemplo, si P 442 es de dos segundos, un tiempo síncrono de inicio puede producirse cada dos segundos, en función de la UTC 450. La duración (D) 248 del intervalo de silencio puede depender del nivel (n) 446 de estrato. Por ejemplo, las pico estaciones base 102 en el nivel uno de estrato permanecen en silencio durante un periodo de tiempo (T) de sincronización, las pico estaciones base 102 en el nivel dos de estrato permanecen en silencio durante dos periodos de tiempo (T) de sincronización, las pico estaciones base 102 en el nivel tres de estrato permanecen en silencio durante tres periodos de tiempo (T) de sincronización. Asimismo, las pico estaciones base 102 en el nivel máximo de estrato, $S_{m\acute{a}x}$ 434, pueden permanecer en silencio durante $S_{m\acute{a}x}$ periodos de tiempo (T) de sincronización. Por lo tanto, cada estación base síncrona 102, 104 puede permanecer en silencio lo suficiente para que se sincronicen todas las estaciones base 102, 104 con un nivel inferior 446 de estrato.

La Figura 4a es un diagrama 401 de secuencias que ilustra un sistema 100 de comunicaciones inalámbricas para sincronizar las estaciones base 102, 104 utilizando intervalos no contiguos de silencio. La hora global real (por ejemplo, UTC 451)), los tiempos síncronos 445a-c de inicio, las señales 411 de sincronización, el periodo (P) 443 de seguimiento, el nivel 447 de estrato y $S_{m\acute{a}x}$ 435 ilustrados en la Figura 4a pueden operar de forma similar a la hora global real (por ejemplo, UTC 450), a los tiempos síncronos 444a-c de inicio, a las señales 410 de sincronización, al periodo (P) 442 de seguimiento, al nivel 446 de estrato, y a $S_{m\acute{a}x}$ 434 ilustrados en la Figura 4.

Sin embargo, los intervalos de silencio pueden ser no contiguos en la Figura 4a. Por ejemplo, si el periodo de tiempo (T) de sincronización es de 2 ms, las pico estaciones base síncronas 102 en el nivel (n) de estrato una puede quedar en silencio entre 3-4 ms y 7-8 ms, silenciándose, de esta manera, durante 2 ms en total. Las pico estaciones base síncronas 102 en el nivel dos (n) de estrato puede quedar en silencio entre 3-4 ms, 7-8 ms, 11-12 ms y 15-16 ms, silenciándose, de esta manera, durante 4 ms en total. Asimismo, las pico estaciones base 102 en el nivel máximo de estrato, $S_{m\acute{a}x}$ 435, puede permanecer en silencio durante los periodos equivalentes de tiempo (T) de sincronización $S_{m\acute{a}x}$, aunque el intervalo de silencio puede ser no contiguo.

La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento 500 para silenciar a una estación base síncrona 102, 104. Se puede llevar a cabo el procedimiento 500 por medio de un módulo 116 de silencio en una pico estación base 102 o una macroestación base 104. El módulo 116 de silencio puede recibir 564 una hora global real, por ejemplo, UTC 450. Se puede recibir 564 la UTC 450 procedente de una señal 108 de GPS o una señal 110 de sincronización procedente de otra estación base 102, 104. El módulo 116 de silencio puede determinar 566 una duración (D) 248 de silencio para una estación base síncrona 102 en función de un nivel 246 de estrato de la estación base 102 que indica un número de estaciones base 102, 104 entre la estación base síncrona 102, 104 y un nodo fuente 106 de GPS, por ejemplo, $D=nT$. El módulo 116 de silencio también puede determinar 568 un tiempo síncrono 444 de inicio del silencio en función de la hora global real 450 y de un periodo (P) 442 de seguimiento para el sistema 100 de comunicaciones inalámbricas, por ejemplo, los tiempos síncronos 444 de inicio del silencio pueden producirse cuando $UTC \bmod P = 0$. El módulo 116 de silencio también puede suspender periódicamente 570 todas las transmisiones procedentes de la estación base síncrona 102, 104 durante la duración (D) 248 de silencio comenzando en el tiempo síncrono 444 de inicio del silencio.

El procedimiento 500 de la Figura 5 descrito anteriormente puede llevarse a cabo mediante diversos componentes y/o módulos de soporte físico y/o de soporte lógico correspondientes a los bloques 600 de medios más funciones ilustrados en la Figura 6. En otras palabras, los bloques 564 a 570 ilustrados en la Figura 5 se corresponden con los bloques 664 a 670 de medios más funciones ilustrados en la Figura 6.

5 La Figura 7 es otro diagrama 700 de secuencias que ilustra un sistema 100 de comunicaciones inalámbricas para sincronizar estaciones base 102, 104. Sin embargo, el diagrama 700 de secuencias ilustra un silenciamiento periódico para estaciones base asíncronas 102, 104. El diagrama 700 de secuencias ilustra eventos de sincronización como una función de una hora global real (por ejemplo, UTC 750), en el que las flechas verticales continuas representan señales 710 de sincronización desde una estación base 102, 104 hasta otra. Como se ha expuesto anteriormente, las pico estaciones base asíncronas 102 puede que no sean capaces de recibir la UTC 750 por una variedad de razones. En tales configuraciones, la pico estación base 102 puede recibir una hora global estimada 249 utilizando un NTP. Como antes, las flechas verticales discontinuas representan tiempos síncronos (t) 744a-c de inicio en los que las pico estaciones base síncronas 102 pueden comenzar un intervalo de silencio y las barras horizontales representan la duración del intervalo de silencio.

15 Los tiempos síncronos (t) 744a-c de inicio pueden estar basados en la UTC 750. En cambio, los tiempos asíncronos 758a-b de inicio pueden estar basados en la hora global estimada con NTP 249. Por lo tanto, se puede tener en cuenta el error entre la hora global estimada con NTP 249 y la UTC 750 utilizando el error máximo, E_{NTP} 736. Específicamente, los tiempos asíncronos (t) 758a-b de inicio pueden producirse de forma que $\text{mod}(t + E_{NTP}, kP) = 0$, en la que k es un escalar que es mayor o igual que 1. En otras palabras, una pico estación base asíncrona A1 760a puede calcular un tiempo estimado (t') 751a de inicio utilizando una hora global estimada con NTP 249. Sin embargo, para tener en cuenta el error en la hora global estimada con NTP 249, se puede desplazar el tiempo asíncrono real 758a de inicio en E_{NTP} 736. De forma similar, una pico estación base asíncrona A2 760b puede calcular un tiempo estimado (t') 751b de inicio utilizando una hora global estimada con NTP 249. Sin embargo, para tener en cuenta el error en la hora global estimada con NTP 249, se puede desplazar el tiempo asíncrono real 758b de inicio en E_{NTP} 736. La duración del silencio para una pico estación base asíncrona 102 puede ser de $2 * E_{NTP} + S_{\text{máx}} * T$.

En una configuración, E_{NTP} 736 es mucho mayor que $S_{\text{máx}}$ 734, por lo que se puede requerir que una pico estación base asíncrona 102 permanezca en silencio mucho más tiempo que una pico estación base asíncrona 102. Por ejemplo, si T es de 2 milisegundos, un sistema 100 tiene 2 estratos, y E_{NTP} 736 es de 50 milisegundos, la duración máxima para un intervalo de silencio para una pico estación base síncrona 102 sería de 4 milisegundos mientras que la duración de un intervalo de silencio para una estación base asíncrona 102 sería de 104 milisegundos.

La Figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento 800 para silenciar una estación base asíncrona 102, 104. El procedimiento 800 puede llevarse a cabo por medio de un módulo 116 de silencio en una pico estación base 102 o una macroestación base 104. Dado que una estación base asíncrona 102, 104 puede no tener acceso a la hora global real, UTC 750, el módulo 116 de silencio puede recibir 872 una hora global estimada 249, por ejemplo, a través de NTP. Entonces, el módulo 116 de silencio puede determinar 874 una duración (D) 248 del silencio para una estación base asíncrona 102 en función de un error máx, E_{NTP} 736, entre una hora global real, UTC 750, y la hora global estimada con NTP 249. En una configuración, la duración (D) 248 para un intervalo asíncrono de referencia horaria es de $2 * E_{NTP} + S_{\text{máx}} * T$ en la que el estrato máx ($S_{\text{máx}}$) 234 es el estrato máximo, o capas jerárquicas, en el sistema 100 de comunicaciones inalámbricas y el tiempo (T) 238 de sincronización es el tiempo requerido para conseguir una sincronización en una estación base 102, 104. El módulo 116 de silencio también puede determinar 876 un tiempo asíncrono 758 de inicio del silencio en función del error máx, E_{NTP} 736, entre una hora global real, UTC 750, y la hora global estimada 249. En otras palabras, una estación base asíncrona 102, 104 puede estimar el tiempo síncrono (t') 751 de inicio en el que $\text{UTC mod } P = 0$ utiliza la hora global estimada con NTP 249 en vez de utilizar la UTC 750. Entonces, para tener en cuenta el error inherente en la hora global estimada con NTP 249, la estación base asíncrona 102, 104 puede quedar en silencio E_{NTP} 736 antes y después del tiempo estimado (t') 751 de inicio más $S_{\text{máx}} * T$. El módulo 116 de silencio también puede suspender periódicamente 878 todas las transmisiones desde la estación base asíncrona 102 durante la duración (D) 248 de silencio comenzando en el tiempo asíncrono 758 de inicio del silencio.

50 Se puede llevar a cabo el procedimiento 800 de la Figura 8 descrito anteriormente por medio de diversos componentes y/o módulos de soporte físico y/o de soporte lógico correspondientes a los bloques 900 de medios más funciones ilustrados en la Figura 9. En otras palabras, los bloques 872 a 878 ilustrados en la Figura 8 se corresponden con los bloques 972 a 978 de medios más funciones ilustrados en la Figura 9.

La Figura 10 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento 1000 para silenciar estaciones base interferentes 102, 104. El procedimiento 1000 puede llevarse a cabo mediante un módulo 232 basado en mensajes en un módulo 216 de silencio bien en una pico estación base 102 o bien en una macroestación base 104. El módulo 232 basado en mensajes puede determinar 1092 una o más estaciones base asíncronas 102, 104 que están causando interferencia durante un periodo de seguimiento horario. El módulo 232 basado en mensajes también puede transmitir 1094 un mensaje a las estaciones base asíncronas interferentes 102 que solicita que las estaciones base asíncronas interferentes 102, 104 no transmitan durante un periodo predeterminado de tiempo, por ejemplo, un

intervalo de silencio. La duración del intervalo de silencio puede ser el tiempo requerido para que se sincronice la estación base emisora 104 y puede estar incluida en un mensaje de enlace terrestre. La hora de inicio del silencio para el intervalo de silencio también puede ser enviada en el mensaje o puede producirse en cuanto la estación base interferente 102, 104 recibe el mensaje de enlace terrestre. El módulo 216 basado en mensajes también puede adquirir 1096 un seguimiento horario durante el periodo predeterminado de tiempo. Además, el mensaje de enlace terrestre puede incluir un error de estimación de NTP.

El procedimiento 1000 de la Figura 10 descrito anteriormente puede ser llevado a cabo por medio de diversos componentes y/o módulos de soporte físico y/o soporte lógico correspondientes a los bloques 1100 de medios más funciones ilustrados en la Figura 11. En otras palabras, los bloques 1092 a 1096 ilustrados en la Figura 10 se corresponden con los bloques 1192 a 1196 de medios más funciones ilustrados en la Figura 11.

La Figura 12 ilustra ciertos componentes que pueden estar incluidos en un dispositivo inalámbrico 1201. El dispositivo inalámbrico 1201 puede ser una pico estación base 102 o una macroestación base 104.

El dispositivo inalámbrico 1201 incluye un procesador 1203. El procesador 1203 puede ser un microprocesador de uso general de un único *chip* o de múltiples *chips* (por ejemplo, un ARM), un microprocesador de uso especial (por ejemplo, un procesador de señales digitales (DSP)), un microcontrolador, una matriz de puertas programables, etc. El procesador 1203 puede ser denominado unidad central de procesamiento (CPU). Aunque solo se muestra un único procesador 1203 en el dispositivo inalámbrico 1201 de la Figura 12, en una configuración alternativa, se podría utilizar una combinación de procesadores (por ejemplo, un ARM y un DSP).

El dispositivo inalámbrico 1201 también incluye memoria 1205. La memoria 1205 puede ser cualquier componente electrónico con capacidad para almacenar información electrónica. La memoria 1205 puede ser implementada como memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de solo lectura (ROM), un medio de almacenamiento de disco magnético, un medio de almacenamiento óptico, dispositivos de memoria *flash* en RAM, memoria interna incluida en el procesador, memoria EPROM, memoria EEPROM, registros, etcétera, incluyendo combinaciones de los mismos.

Los datos 1207 y las instrucciones 1209 pueden ser almacenados en la memoria 1205. Las instrucciones 1209 pueden ser ejecutables por el procesador 1203 para implementar los procedimientos dados a conocer en la presente memoria. La ejecución de las instrucciones 1209 puede implicar el uso de los datos 1207 almacenados en la memoria 1205. Cuando el procesador 1203 ejecuta las instrucciones, se pueden cargar diversas porciones de las instrucciones 1209a en el procesador 1203, y se pueden cargar diversos datos 1207a en el procesador 1203.

El dispositivo inalámbrico 1201 también puede incluir un transmisor 1211 y un receptor 1213 para permitir la transmisión y la recepción de señales entre el dispositivo inalámbrico 1201 y una ubicación remota. Se puede hacer referencia al transmisor 1211 y al receptor 1213 colectivamente como transceptor 1215. Puede haber acoplada eléctricamente una antena 1217 al transceptor 1215. El dispositivo inalámbrico 1201 también puede incluir (no mostrados) múltiples transmisores, múltiples receptores, múltiples transceptores y/o múltiples antenas.

Los diversos componentes del dispositivo inalámbrico 1201 pueden estar acoplados entre sí por medio de uno o más buses, que pueden incluir un bus de potencia, un bus de señales de control, un bus de señales de estado, un bus de datos, etc. En aras de la claridad, los diversos buses están ilustrados en la Figura 12 como un sistema de buses 1219.

En la anterior descripción, se han utilizado a veces números de referencia en conexión con diversos términos. Cuando se utiliza un término en conexión con un número de referencia, se pretende que haga referencia a un elemento específico que se muestra en una o más de las Figuras. Cuando se utiliza un término sin un número de referencia, se pretende que esto haga referencia, en general, al término sin limitación a ninguna Figura particular.

La expresión "que determina" abarca una amplia variedad de acciones y, por lo tanto, "que determina" puede incluir, que calcula, que computa, que procesa, que deriva, que investiga, que busca (por ejemplo, buscar en una tabla, en una base de datos o en otra estructura de datos), que comprueba y similares. Además, "que determina" puede incluir que recibe (por ejemplo, que recibe información), que accede (por ejemplo, que accede a datos en una memoria) y similares. Además, "que determina" puede incluir que resuelve, que selecciona, que escoge, que establece y similares.

La frase "basado en" no significa "basado únicamente en", a no ser que se especifique expresamente lo contrario. En otras palabras, la frase "basado en" describe tanto "basado únicamente en" como "basado al menos en".

Se debe interpretar que el término "procesador" abarca ampliamente un procesador de uso general, una unidad central de procesamiento (CPU), un microprocesador, un procesador de señales digitales (DSP), un controlador, un microcontrolador, una máquina de estado, etcétera. En algunas circunstancias, un "procesador" puede hacer referencia a un circuito integrado para aplicaciones específicas (ASIC), un dispositivo lógico programable (PLD), una matriz de puertas de campo programable (FPGA), etc. El término "procesador" puede hacer referencia a una combinación de dispositivos de procesamiento, por ejemplo, una combinación de un DSP y de un microprocesador,

una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo de DSP o cualquier otra configuración de ese tipo.

5 Se debe interpretar que el término “memoria” abarca ampliamente cualquier componente electrónico con capacidad para almacenar información electrónica. El término memoria puede hacer referencia a diversos tipos de medios legibles por un procesador tales como memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio no volátil (NVRAM), memoria de solo lectura programable (PROM), memoria de solo lectura programable y borrable (EPROM), PROM borrable eléctricamente (EEPROM), memoria *flash*, almacenamiento magnético u óptico de datos, registros, etc. Se dice que la memoria se encuentra en comunicación electrónica con un procesador si el procesador puede leer la información de la memoria, y/o escribir información en la misma. La memoria que es integral con un procesador se encuentra en comunicación electrónica con el procesador.

15 Se deben interpretar los términos “instrucciones” y “código” que incluyen ampliamente cualquier tipo de instrucción/es legibles por un ordenador. Por ejemplo, los términos “instrucciones” y “código” pueden hacer referencia a uno o más programas, rutinas, subrutinas, funciones, procedimientos, etc. “Instrucciones” y “código” pueden comprender una única instrucción legible por un ordenador o muchas instrucciones legibles por un ordenador.

20 Las funciones descritas en la presente memoria pueden ser almacenadas como una o más instrucciones en un medio legible por un ordenador. La expresión “medio legible por un ordenador” hace referencia a cualquier medio disponible al que se pueda acceder por medio de un ordenador. A modo de ejemplo, y no de limitación, un medio legible por un ordenador puede comprender RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM u otro almacenamiento de disco óptico, almacenamiento de disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que pueda ser utilizado para transportar o almacenar código de programa deseado en forma de instrucciones o de estructuras de datos y al que se puede acceder por medio de un ordenador. Según se utilizan en la presente memoria, la palabra disco incluye disco compacto (CD), disco láser, disco óptico, disco versátil digital (DVD), disquete y disco Blu-ray[®], representando estas designaciones expresiones en las que, en inglés, la palabra *disk* normalmente alude a la reproducción magnética de datos, mientras que la palabra *disc* alude a la reproducción óptica de datos con láseres.

30 También se pueden transmitir soporte lógico o instrucciones en un medio de transmisión. Por ejemplo, si se transmite el soporte lógico desde una página Web, un servidor u otra fuente remota utilizando un cable coaxial, un cable de fibra óptica, un par trenzado, una línea digital de abonado (DSL), o tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos, radio y microondas, entonces el cable coaxial, el cable de fibra óptica, el par trenzado, la DSL, o las tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos, radio y microondas están incluidos en la definición de medio de transmisión.

35 Los procedimientos dados a conocer en la presente memoria comprenden una o más etapas o acciones para conseguir el procedimiento descrito. Se pueden intercambiar entre sí las etapas y/o acciones del procedimiento sin alejarse del alcance de las reivindicaciones. En otras palabras, a no ser que se requiera un orden específico de etapas o de acciones para una operación apropiada del procedimiento que está siendo descrito, se puede modificar el orden y/o el uso de etapas y/o acciones específicas sin alejarse del alcance de las reivindicaciones.

40 Además, se debe apreciar que los módulos y/u otros medios apropiados para llevar a cabo los procedimientos y las técnicas descritos en la presente memoria, tales como los ilustrados en las Figuras 5, 8 y 10, pueden ser descargados y/u obtenidos de otra manera por un dispositivo. Por ejemplo, un dispositivo puede estar acoplado a un servidor para facilitar la transferencia de medios para llevar a cabo los procedimientos descritos en la presente memoria. De forma alternativa, se pueden proporcionar diversos procedimientos descritos en la presente memoria a través de un medio de almacenamiento (por ejemplo, memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de solo lectura (ROM), un medio físico de almacenamiento tal como un disco compacto (CD), o disquete, etc.), de forma que un dispositivo pueda obtener los diversos procedimientos tras el acoplamiento al dispositivo, o proporcionar el medio de almacenamiento al mismo. Además, se puede utilizar cualquier otra técnica adecuada para proporcionar los procedimientos y las técnicas descritos en la presente memoria a un dispositivo.

50 Se debe comprender que las reivindicaciones no están limitadas a la configuración precisa ni a los componentes ilustrados anteriormente. Se pueden realizar diversos cambios, modificaciones y variaciones en la disposición, en la operación y en los detalles de los sistemas, procedimientos y aparatos descritos en la presente documento sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de sincronización de estaciones base en un sistema de comunicaciones inalámbricas utilizando señales inalámbricas de sincronización, comprendiendo el procedimiento:
 - 5 determinar una duración de silencio para una estación base síncrona en función de un tiempo requerido para que una estación base vecina obtenga o mantenga una sincronización, en el que la duración de silencio se basa en un nivel de estrato de la estación base síncrona, en el que el nivel de estrato indica un número de estaciones base entre la estación base síncrona y un nodo fuente de hora global, incluyendo el nodo fuente de hora global; y
 - 10 suspender todas las transmisiones desde la estación base durante la duración de silencio para evitar una interferencia desde la estación base que puede evitar que la estación base vecina reciba las señales inalámbricas de sincronización.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la suspensión se produce periódicamente cada periodo de seguimiento en el sistema de comunicaciones inalámbricas.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la duración de silencio es un lapso $n \cdot T$ en el que n es el nivel de estrato de la estación base síncrona y T es el tiempo requerido para que una estación base vecina obtenga o mantenga una sincronización.
4. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende, además, recibir una hora global de toda la red procedente de la estación base vecina o un nodo fuente de hora global.
5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la estación base es una pico estación base, una femto estación base, o un eNodo B principal.
6. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende, además, recibir múltiples señales de sincronización y utilizar una señal de sincronización que proporciona un nivel mínimo de estrato.
7. El procedimiento de la reivindicación 6, que comprende, además, utilizar una señal de sincronización con la mayor relación señal/interferencia y ruido (SINR) si múltiples señales de sincronización proporcionan un mismo nivel de estrato.
8. Un aparato de sincronización de estaciones base en un sistema de comunicaciones inalámbricas que utiliza señales inalámbricas de sincronización, comprendiendo el aparato:
 - 30 un medio para determinar una duración de silencio para una estación base síncrona en función de un tiempo requerido para que una estación base vecina obtenga o mantenga una sincronización, en el que la duración de silencio se basa en un nivel de estrato de la estación base síncrona, en el que el nivel de estrato indica un número de estaciones base entre la estación base síncrona y un nodo fuente de hora global, incluyendo el nodo fuente de hora global; y
 - 35 un medio para suspender todas las transmisiones desde la estación base durante la duración de silencio para evitar que la estación base provoque una interferencia en la estación base vecina que puede evitar que la estación base vecina reciba las señales inalámbricas de sincronización.
9. El aparato de la reivindicación 8, en el que la suspensión se produce periódicamente cada periodo de seguimiento en el sistema de comunicaciones inalámbricas.
10. El aparato de la reivindicación 8, en el que la duración de silencio es un lapso $n \cdot T$ en el que n es el nivel de estrato de la estación base síncrona y T es el tiempo requerido para que una estación base vecina obtenga o mantenga una sincronización.
11. El aparato de la reivindicación 8, en el que la estación base es una pico estación base, una femto estación base o un eNodo B principal.
12. El aparato de la reivindicación 8, que comprende, además, un medio para recibir múltiples señales de sincronización y utilizar una señal de sincronización que proporciona un nivel mínimo de estrato.
- 45 13. Un producto de programa de ordenador para sincronizar un sistema de comunicaciones inalámbricas, comprendiendo el producto de programa de ordenador un medio legible por un ordenador que tiene instrucciones en el mismo, comprendiendo las instrucciones:
 - código para llevar a cabo el procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

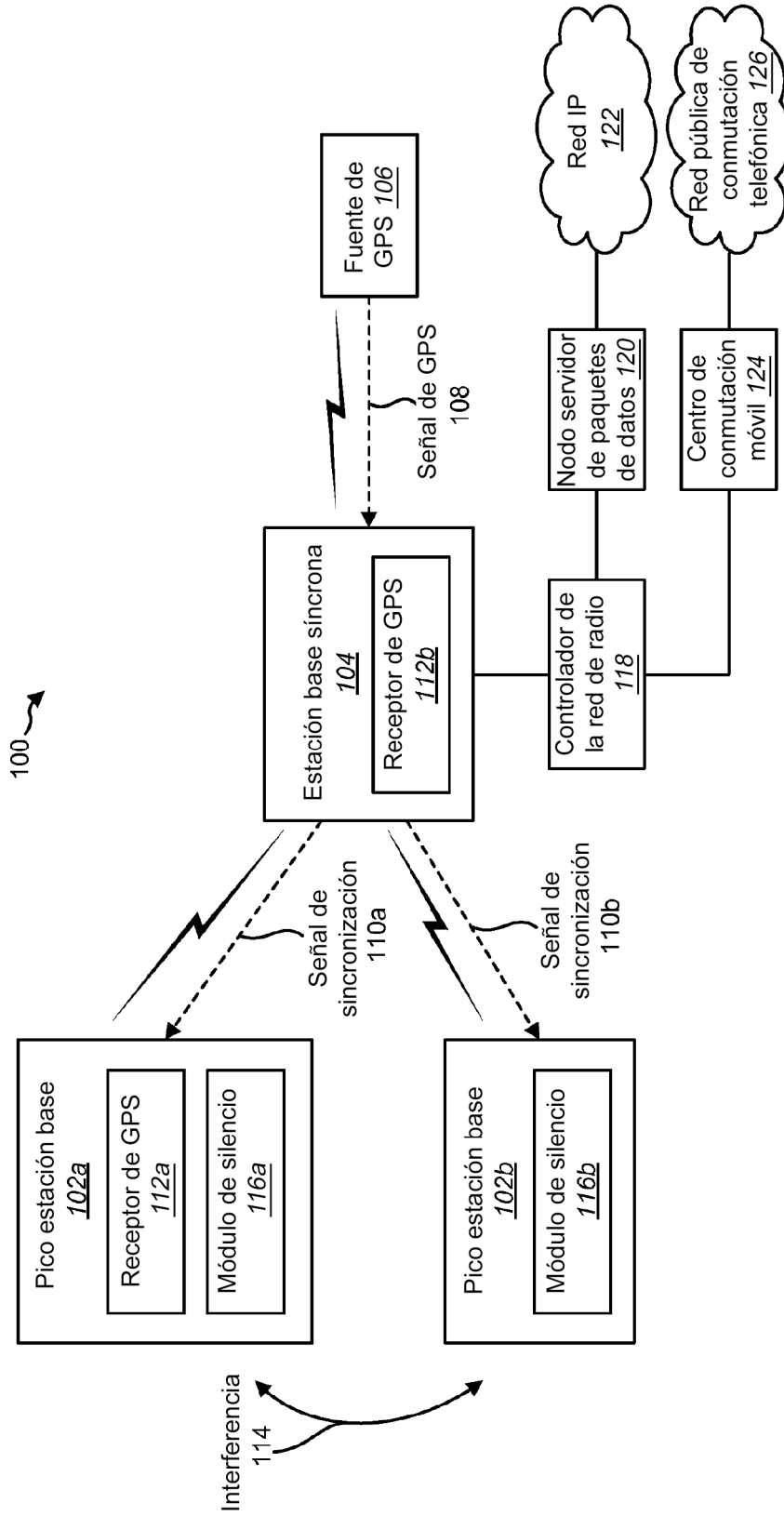


FIG. 1

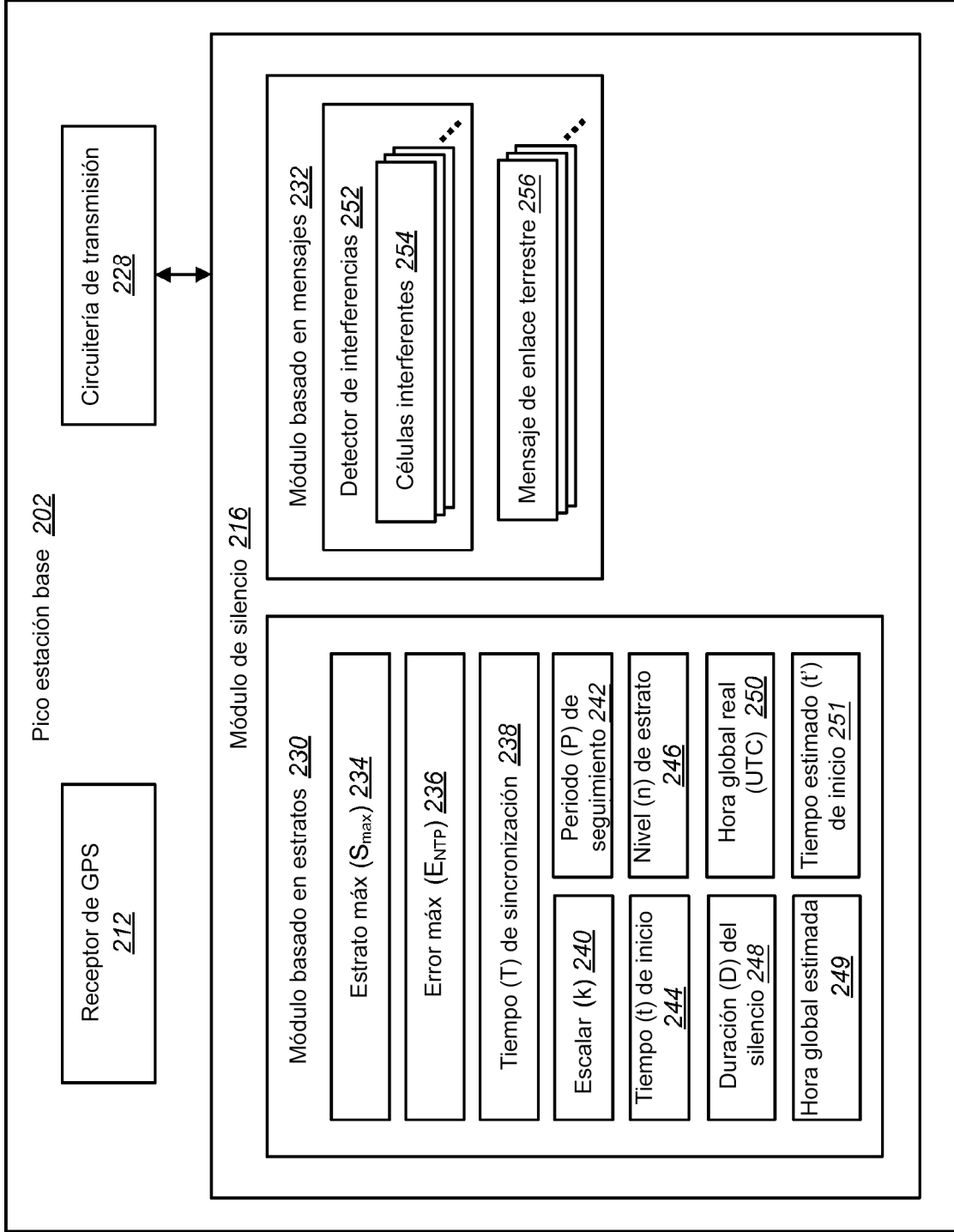


FIG. 2

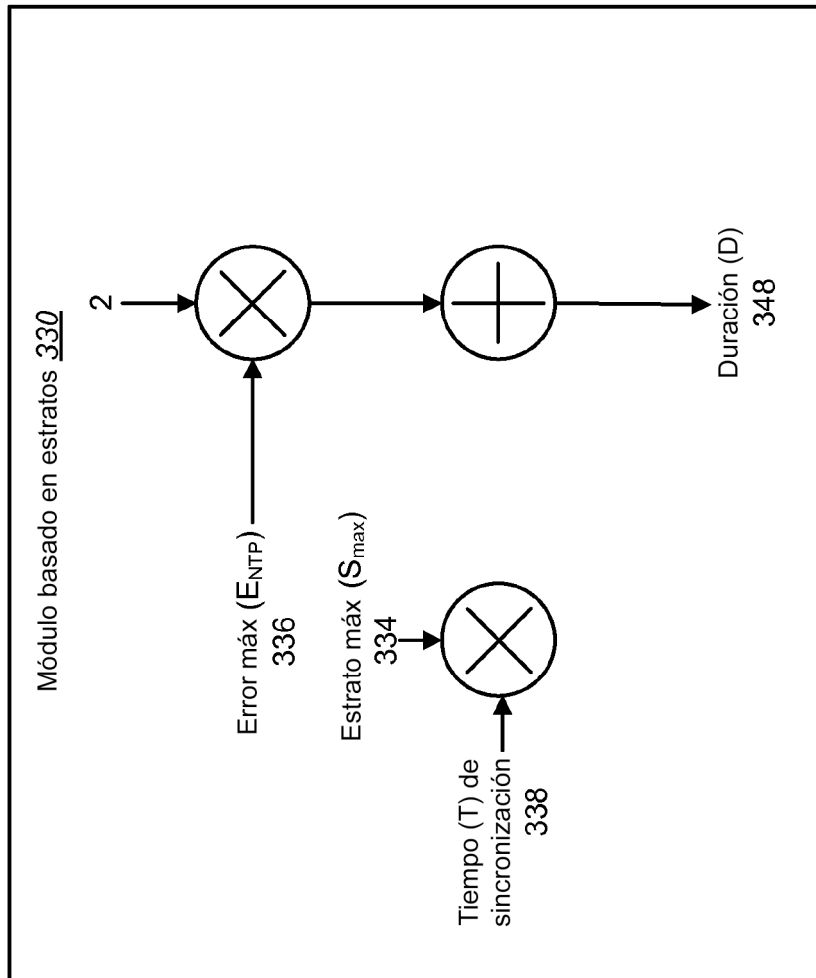


FIG. 3

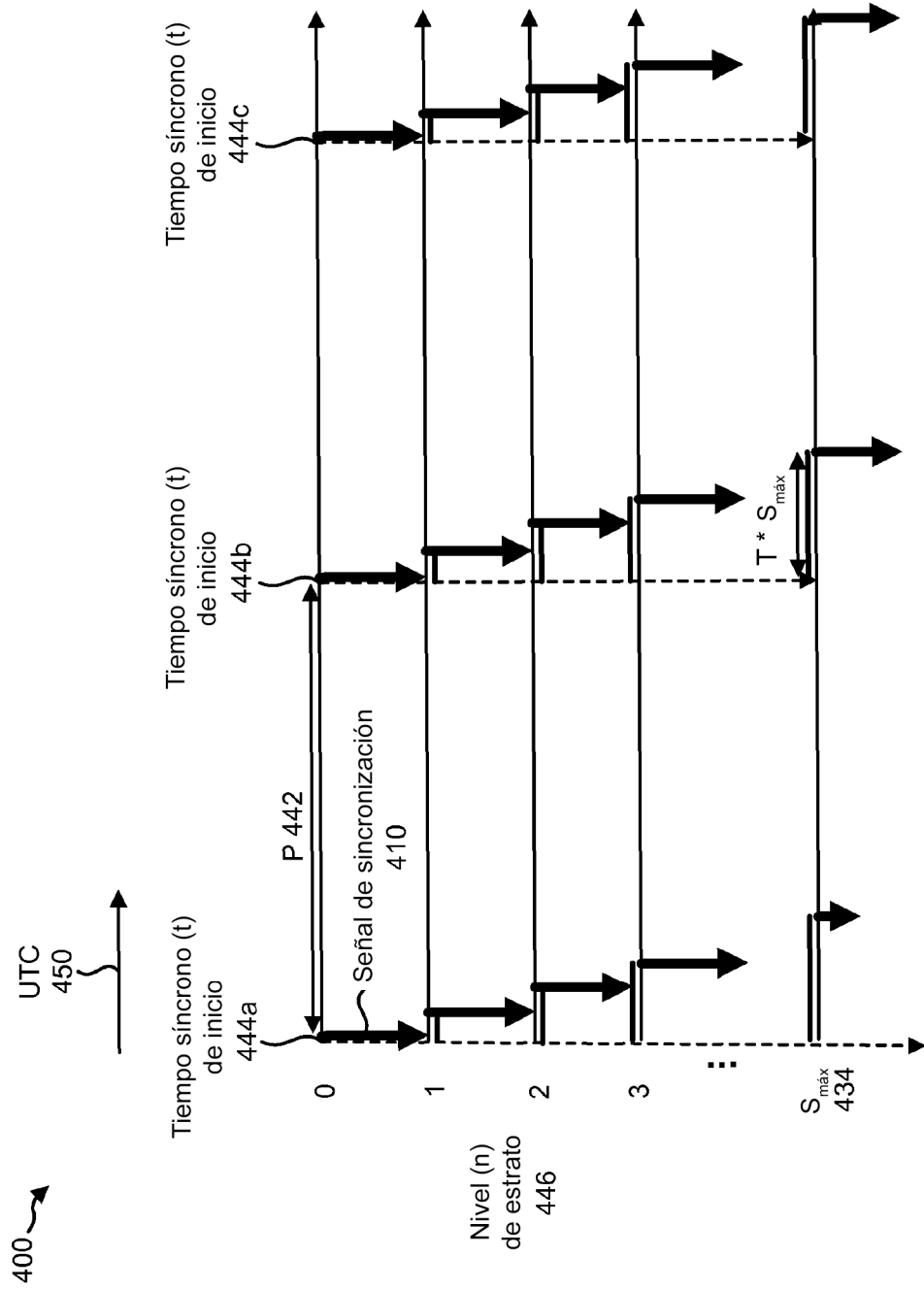


FIG. 4

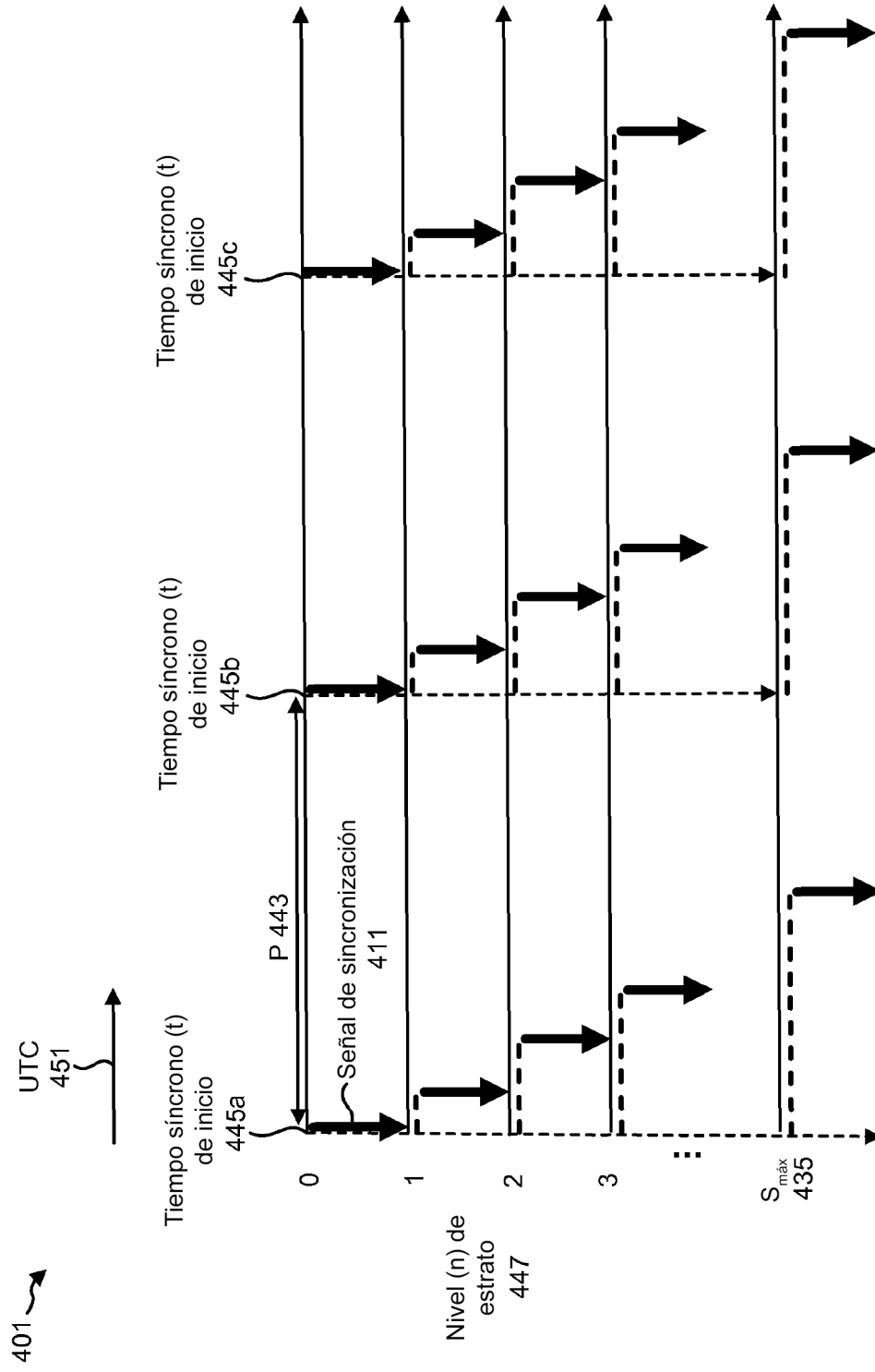


FIG. 4a

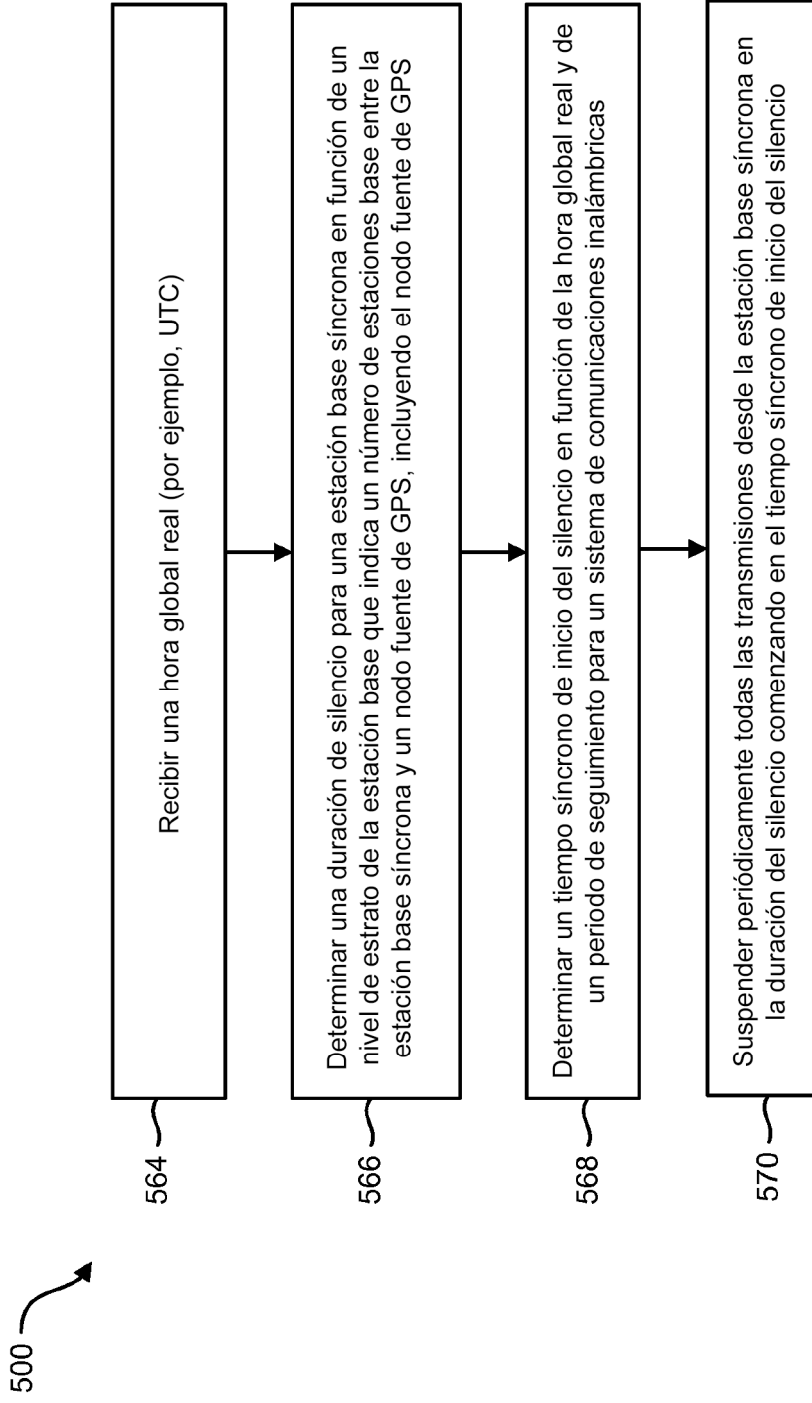


FIG. 5

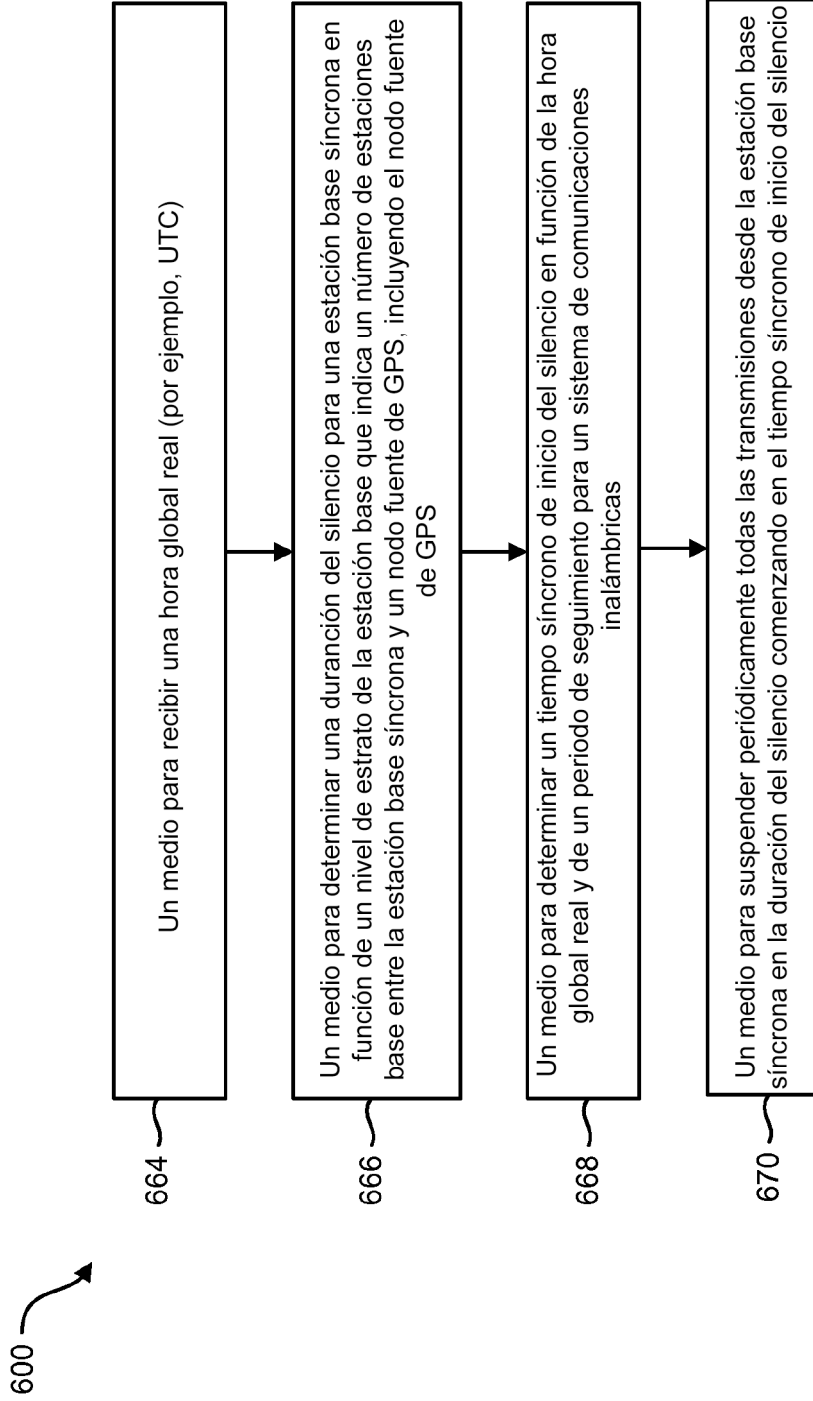


FIG. 6

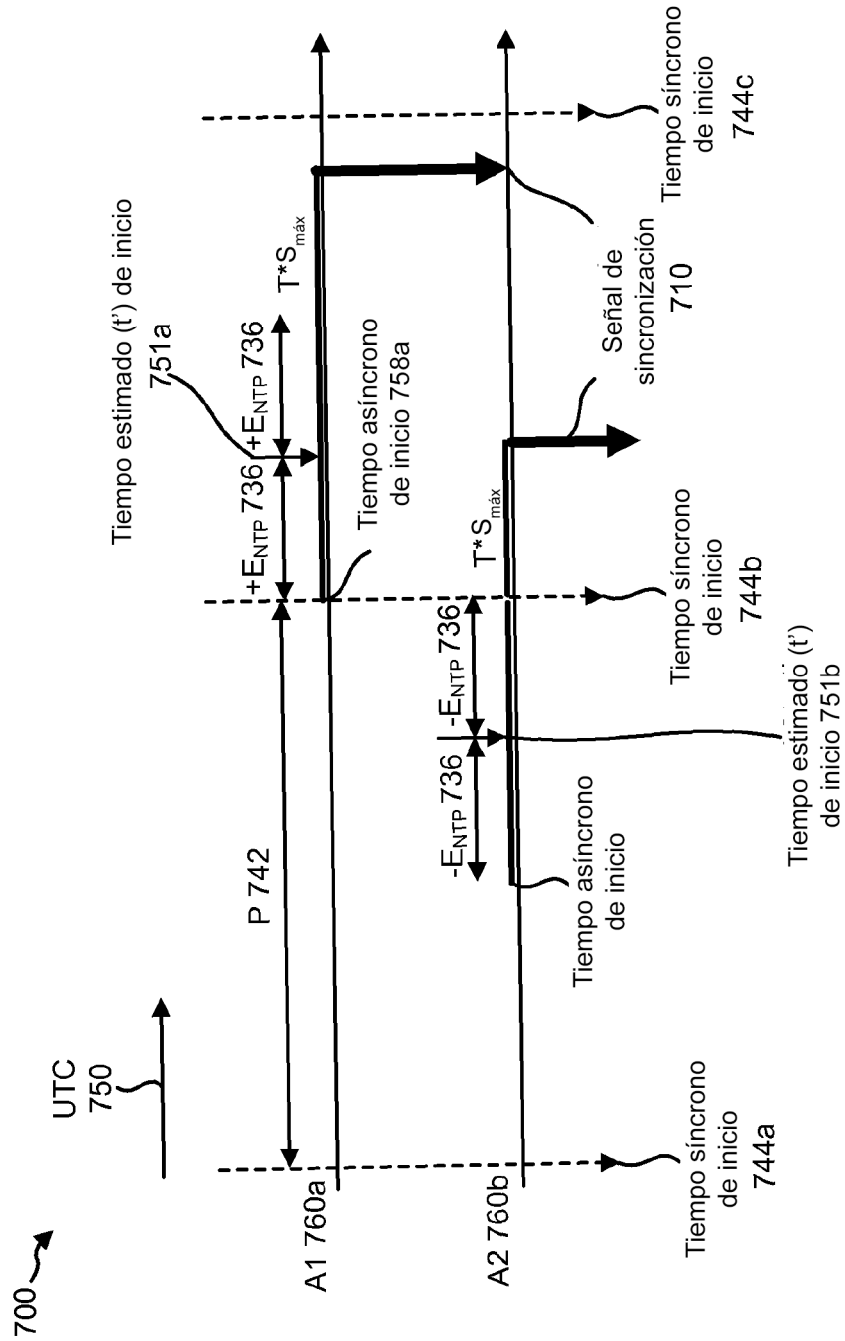


FIG. 7

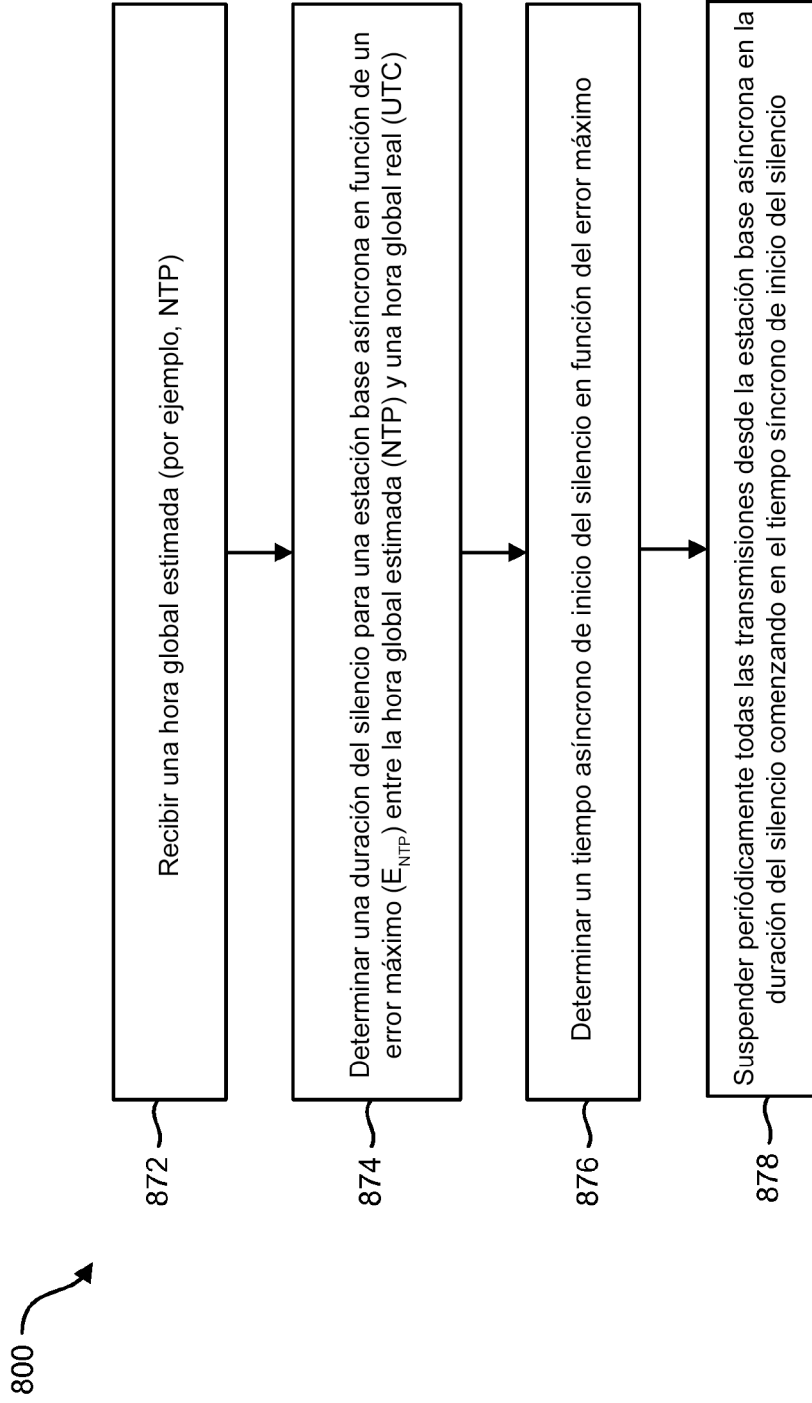


FIG. 8

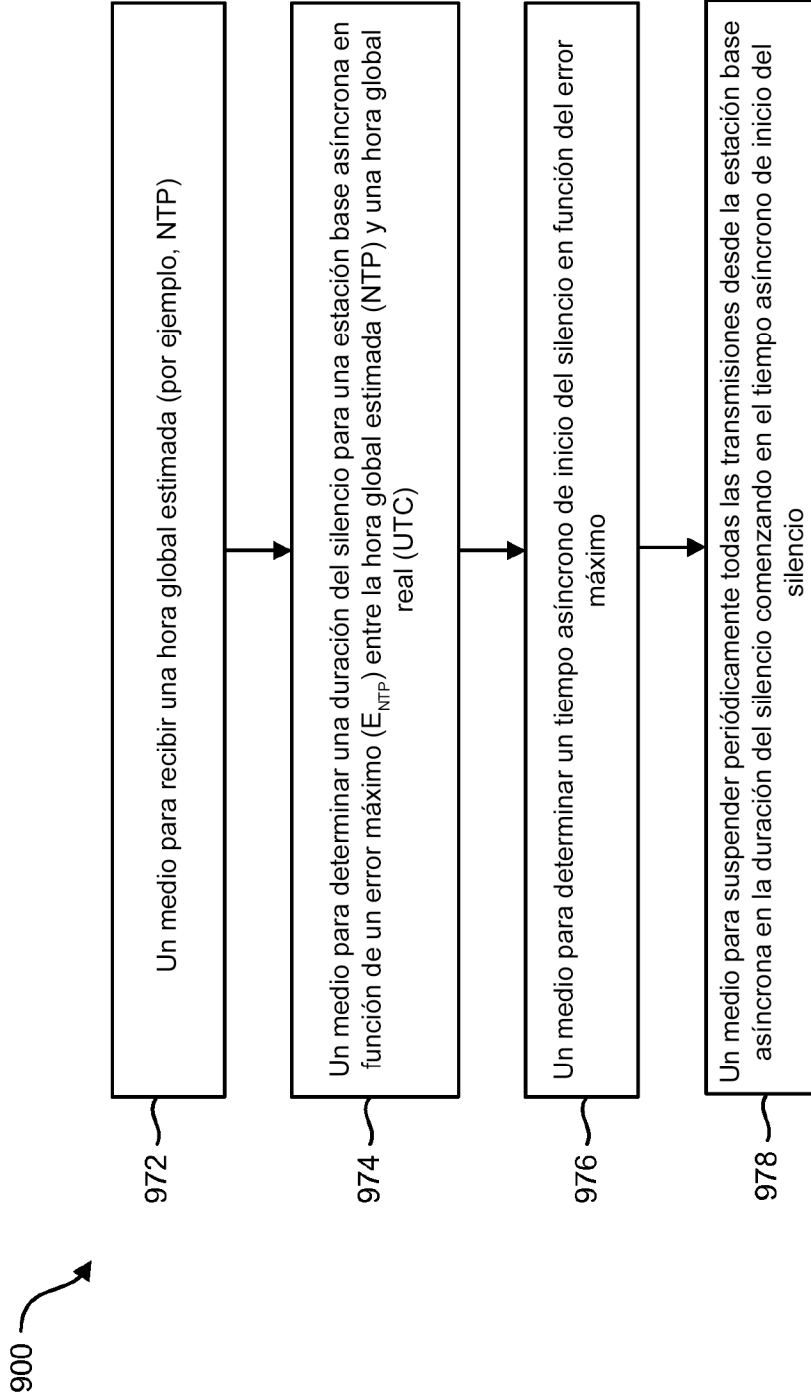


FIG. 9

1000 ↗

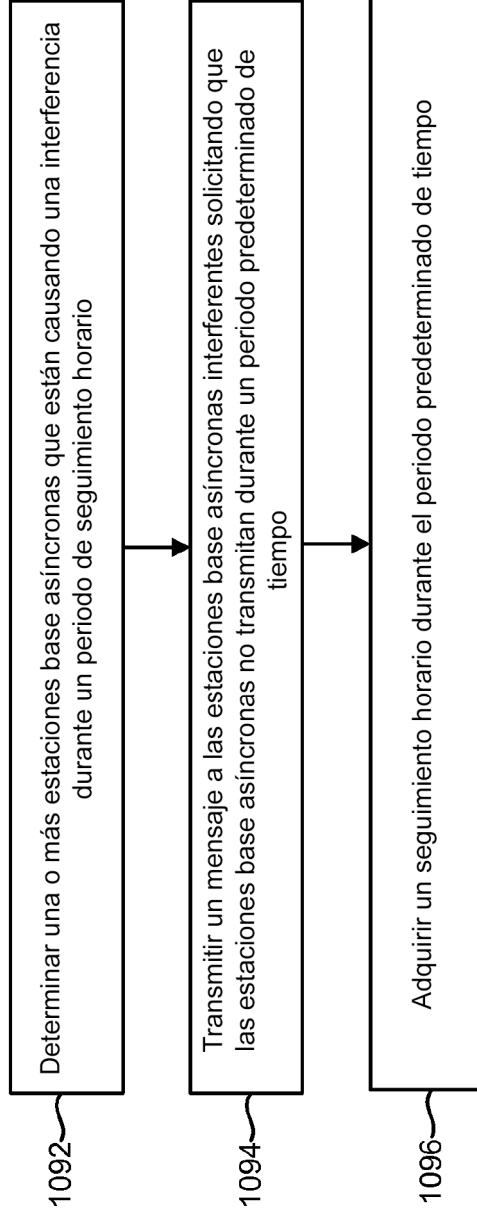


FIG. 10

1100 ↗

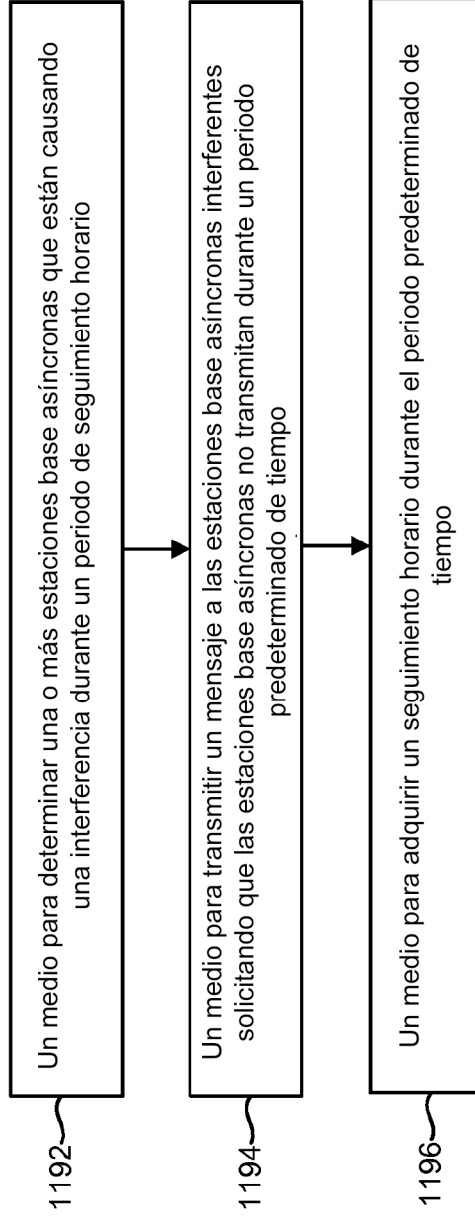


FIG. 11

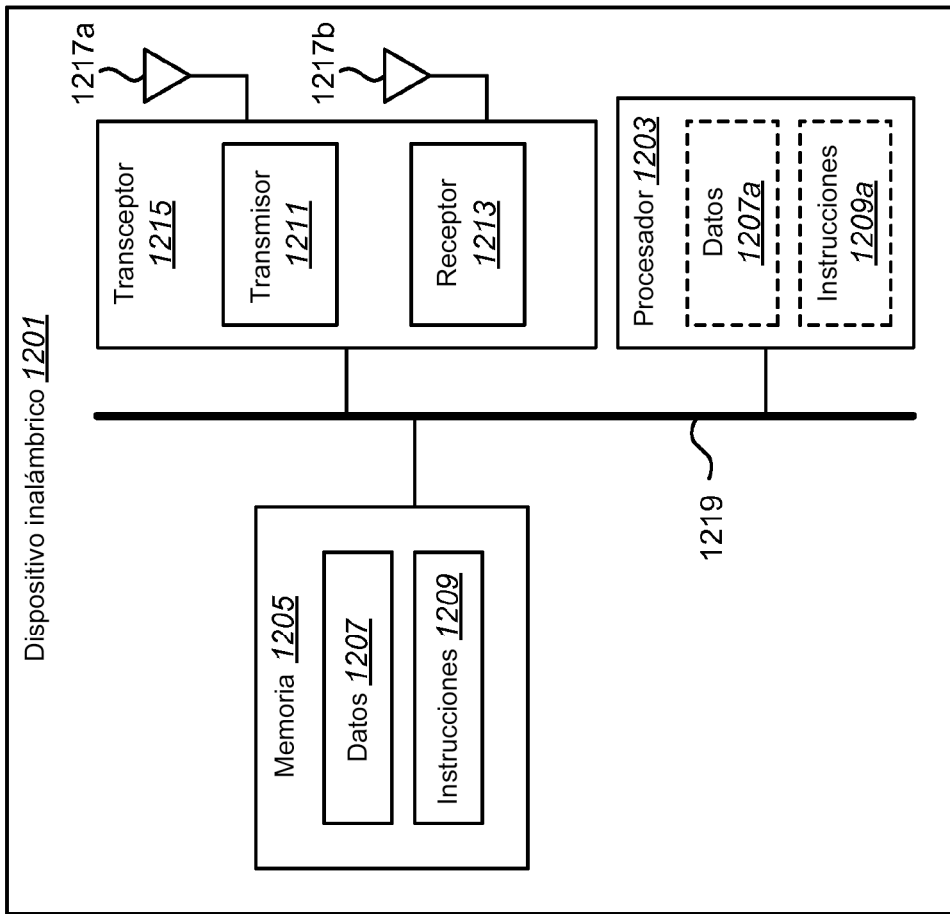


FIG. 12