

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 806**

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 14167754 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2019 EP 2765815**

54 Título: **Sincronización de una estación base en un sistema de comunicación inalámbrica**

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:  
**20.02.2020**

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)**  
**5775 Morehouse Drive**  
**San Diego, CA 92121, US**

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

**FORTEA LAGUNA, Juan José**

**ES 2 743 806 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**

Sincronización de una estación base en un sistema de comunicación inalámbrica

5 **CAMPO TÉCNICO**

[0001] La presente divulgación se refiere en general a sistemas de comunicación. Más concretamente, la presente divulgación se refiere a la sincronización de una estación base en un sistema de comunicación inalámbrica.

10 **ANTECEDENTES**

15 [0002] Los sistemas de comunicación inalámbrica se han convertido en medios importantes mediante los cuales se comunica la mayor parte de la gente en todo el mundo. Un sistema de comunicación inalámbrica puede proporcionar comunicación para un número de dispositivos móviles, cada uno de los cuales puede ser atendido por una estación base. Entre los ejemplos de dispositivos móviles se incluyen teléfonos celulares, asistentes digitales personales (PDA), dispositivos de mano, módems inalámbricos, ordenadores portátiles, ordenadores personales, etc.

20 [0003] A medida que la comunicación inalámbrica se vuelve más popular, existen nuevos desafíos para satisfacer grandes volúmenes de llamadas y mantener la calidad de las llamadas de forma rentable. Una forma de aumentar la eficacia es maximizar la velocidad de transferencia de datos de las transmisiones de las estaciones base. Las estaciones base sincronizadas provocan menos interferencia en las estaciones base vecinas que las estaciones base asíncronas, lo cual permite velocidades de transferencia de datos más altas. Por lo tanto, se pueden obtener beneficios mediante procedimientos y aparatos mejorados para sincronizar una estación base en un sistema de comunicación inalámbrica.

25 [0004] En el documento EP 1148755 A1 de Mitsubishi Electric Information Technology Center Europe BV, se describe un procedimiento para determinar la posición de una estación móvil en una red de telecomunicaciones móviles, con dicha red que incluye una pluralidad de estaciones base diseñadas para adoptar al menos por un lado un estado correspondiente a periodos de transmisión de señales útiles para determinar dicha posición, con dicha estación móvil, al recibir dichas señales útiles, realizando mediciones de cantidades de dichas señales útiles que son características para implementar un procedimiento de determinación de posición y, por otro lado, un estado correspondiente a los períodos de silencio durante los cuales no se transmite ninguna señal, caracterizado por que  
30  
35  
consiste en proporcionar medios de modo que dichos períodos de transmisión y dichos períodos de silencio estén dispuestos en ciclos que incluyen al menos un período de silencio, siendo el ciclo asignado a una estación base idéntico al ciclo asignado a cualquier estación base adyacente a ella, pero desplazado en el tiempo de ella.

40 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

[0005]

45 La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema de comunicación inalámbrica para sincronizar estaciones base;

la Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra una picoestación base con un módulo de silencio;

50 la Figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra un módulo basado en estratos que puede estar en una picoestación base;

la Figura 4 es un diagrama secuencial que ilustra un sistema de comunicación inalámbrica para sincronizar estaciones base utilizando intervalos de silencio contiguos;

55 la Figura 4a es un diagrama secuencial que ilustra un sistema de comunicación inalámbrica para sincronizar estaciones base utilizando intervalos de silencio no contiguos;

la Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para silenciar una estación base síncrona;

60 la Figura 6 ilustra bloques de medios más funciones correspondientes al procedimiento de la Figura 5;

la Figura 7 es otro diagrama secuencial que ilustra un sistema de comunicación inalámbrica para sincronizar estaciones base;

65 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 una estaciones base interferentes;

5 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 incluirse dentro de un dispositivo inalámbrico.

**DESCRIPCIÓN DETALLADA**

10

**[0006]** Se describe un procedimiento para sincronizar un sistema de comunicación inalámbrica. La duración del silencio para una estación base se determina a partir del tiempo requerido para que una estación base vecina obtenga o mantenga la sincronización. Todas las transmisiones desde la estación base se detienen durante la duración del silencio.

15

**[0007]** El cese puede ocurrir periódicamente cada período de seguimiento en el sistema de comunicación inalámbrica. 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 de origen de la temporización global, que incluye el nodo de origen de la temporización global. La duración del silencio puede ser de longitud  $n \cdot T$ , donde  $n$  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 la sincronización. El tiempo de inicio de silencio para la duración del silencio también se puede determinar como un momento en que un período de seguimiento para el sistema de comunicación inalámbrica ( $P$ ) se divide uniformemente en un tiempo global en toda la red. Se puede recibir un tiempo global de toda la red desde la estación base vecina o un nodo de origen de la temporización global.

25

**[0008]** 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 un tiempo global en toda la red y un tiempo estimado en toda la red, y un número total de niveles de estrato en el sistema de comunicación inalámbrica. El tiempo de inicio de silencio para la duración del silencio puede determinarse a partir del tiempo estimado en toda la red y el error máximo entre el tiempo global en toda la red y el tiempo estimado en toda la red. El tiempo estimado en toda la red se puede recibir mediante un protocolo de red de retorno, tal como el protocolo de tiempo de red (NTP).

30

**[0009]** En otra configuración, la duración del silencio y un tiempo de inicio de silencio para la duración del silencio pueden recibirse en un mensaje de red de retorno desde la estación base vecina. La estación base puede ser una picoestación base, una femtoestación base o un eNodoB doméstico. Se pueden recibir múltiples señales de sincronización y se puede usar una señal de sincronización que proporciona el nivel de estrato más pequeño. Si múltiples señales de sincronización proporcionan el mismo nivel de estrato, se puede usar la señal de sincronización con la mayor relación señal-ruido más interferencia (SINR). La duración de silencio puede ser contigua o no contigua.

35

40

**[0010]** También se divulga un aparato para sincronizar un sistema de comunicación inalámbrica. El aparato incluye un procesador y una memoria en comunicación electrónica con el procesador. Las instrucciones ejecutables se almacenan en la memoria. Las instrucciones son ejecutables para determinar una duración del silencio para una estación base a partir del tiempo requerido para que una estación base vecina obtenga o mantenga la sincronización. Las instrucciones también se pueden ejecutar para detener todas las transmisiones desde la estación base durante la duración del silencio.

45

**[0011]** También se divulga un aparato para sincronizar un sistema de comunicación inalámbrica. El aparato incluye medios para determinar una duración del silencio para una estación base a partir del tiempo requerido para que una estación base vecina obtenga o mantenga la sincronización. El aparato también incluye medios para detener todas las transmisiones desde la estación base durante la duración del silencio.

50

**[0012]** También se divulga un producto de programa informático que proporciona soporte instrumental de múltiples regiones en un reproductor de audio que no soporta instrumentos de múltiples regiones. El producto de programa informático comprende un medio legible por ordenador que tiene instrucciones en el mismo. Las instrucciones incluyen el código para determinar una duración del silencio para una estación base a partir del tiempo requerido para que una estación base vecina obtenga o mantenga la sincronización. Las instrucciones también incluyen el código para detener todas las transmisiones desde la estación base durante la duración del silencio.

55

60

**[0013]** La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema de comunicación inalámbrica 100 para sincronizar las estaciones base 102, 104. El sistema 100 puede incluir una estación base síncrona 104 y un origen 106 del Sistema de posicionamiento global (GPS). La estación base síncrona 104 puede comunicarse con un controlador de red de radio 118 (también denominado controlador de estación base o función de control de paquetes). El controlador de red de radio 118 puede comunicarse con un centro de conmutación móvil (MSC) 124,

65

un nodo de servicio de paquetes de datos (PDSN) 120 o una función de conexión a la red (IWF), una red telefónica pública conmutada (PSTN) 126 (típicamente una compañía telefónica), y una red de protocolo de Internet (IP) 122 (típicamente Internet). El centro de conmutación móvil 124 puede ser responsable de gestionar la comunicación entre un dispositivo de comunicación inalámbrica y la red telefónica pública conmutada 126, mientras que el nodo de servicio de paquetes de datos 120 puede ser responsable de enrutar paquetes entre un dispositivo de comunicación inalámbrica y la red IP 122.

**[0014]** La sincronización entre las estaciones base 104 en un sistema de comunicación inalámbrica 100 puede conllevar muchos beneficios, tales como la gestión de interferencias o la capacidad de entrada múltiple salida múltiple (MIMO) virtual. Tradicionalmente, la sincronización del sistema 100 se puede conseguir utilizando los receptores 112 del Sistema de posicionamiento global (GPS) colocados con las estaciones base 102, 104, es decir, la estación base síncrona 104 puede incluir un receptor del GPS 112b. Sin embargo, los receptores del GPS 112 y/o las señales del GPS 108 pueden no estar siempre disponibles con fines de sincronización. Por ejemplo, los receptores del GPS 112 pueden no estar incluidos en una estación base 102, 104 debido a consideraciones de costes de fabricación o limitaciones en el consumo de energía. Tal como se usa en el presente documento, el término "síncrono" describe una estación base 102, 104 que es capaz de hacer seguimiento con exactitud de una referencia de temporización utilizada en el sistema 100. A la inversa, el término "asíncrono" describe una estación base 102, 104 que no es capaz de hacer seguimiento con exactitud de una referencia de temporización utilizada en el sistema 100. Por otra parte, una estación base 102, 104 puede incluir un receptor del GPS 112, pero carece de línea de visión con el origen del GPS 106, por ejemplo, un satélite del GPS. En dichos escenarios, se pueden usar estrategias de sincronización alternativas para sincronizar estaciones base. Un ejemplo es la implementación heterogénea en evolución a largo plazo avanzada (LTE-A) o banda ancha ultramóvil avanzada (UMB-A). En algunas configuraciones, pueden colocarse picoestaciones base 102a-b además de las estaciones base normales 104 para mejorar el rendimiento de la red. Tal como se usa en el presente documento, el término "pico" o "picoestación base" se refiere a un dispositivo que es más pequeño y menos potente que una estación base 104 y es capaz de comunicarse con dispositivos inalámbricos y un sistema de comunicación inalámbrica 100. De manera similar, los sistemas y procedimientos actuales también son aplicables a las femtocélulas, también conocidas como femtonodos, eNodosB domésticos, o estaciones base de punto de acceso, donde el término "femto" o "femtoestación base" se refiere a un dispositivo que es más pequeño y menos potente que una estación base 104 y capaz de comunicarse con dispositivos inalámbricos y un sistema de comunicación inalámbrica 100. En otras palabras, los términos "pico" y "femto" se pueden usar indistintamente en el presente documento. El término "macro" o "macroestación base" se refiere a una estación base tradicional 104 que es más grande y más potente que una picoestación base 102.

**[0015]** En entornos de red a modo de ejemplo, cada femtoestación base, también conocida como femtonodo, se puede acoplar a una red de área amplia (por ejemplo, Internet) y una red central de operador móvil a través de un enrutador DSL, un cable módem, un enlace inalámbrico u otros medios de conectividad. Cada femtonodo puede configurarse para atender a dispositivos inalámbricos asociados, tales como, por ejemplo, terminales de acceso o equipo de usuario y, opcionalmente, terminales de acceso foráneo. En otras palabras, el acceso a los femtonodos se puede restringir, por lo que un terminal de acceso dado puede ser atendido desde un conjunto de femtonodos designados (por ejemplo, domésticos) pero no puede ser atendido desde ningún femtonodo no designado (por ejemplo, un femtonodo de un vecino). El titular de un femtonodo puede abonarse a un servicio móvil tal como, por ejemplo, un servicio móvil 3G ofrecido a través de la red central de operador móvil. Además, un terminal de acceso puede ser capaz de funcionar tanto en macroentornos como en entornos de red a menor escala (por ejemplo, residenciales). Dicho de otro modo, en función de la ubicación actual del terminal de acceso, el terminal de acceso podrá ser atendido por un nodo de acceso de una red móvil de una macrocélula o por cualquiera de un conjunto de femtonodos (por ejemplo, los femtonodos y que residen dentro de un domicilio de usuario correspondiente). Por ejemplo, cuando un abonado está fuera de casa, es atendido desde una macroestación base estándar o macronodo de acceso y cuando el abonado está en casa, es atendido desde un femtonodo. En este caso, debe tenerse en cuenta que un femtonodo puede ser compatible hacia atrás con terminales de acceso existentes.

**[0016]** Una femtoestación base o un femtonodo puede implementarse en una única frecuencia o, en su defecto, en múltiples frecuencias. En función de la configuración particular, la única frecuencia, o una o más de las múltiples frecuencias, pueden solaparse con una o más frecuencias usadas por una macroestación base. En algunos aspectos, un terminal de acceso puede estar configurado para conectarse a un femtonodo preferido (por ejemplo, el femtonodo doméstico del terminal de acceso) siempre que dicha conectividad sea posible. Por ejemplo, siempre que el terminal de acceso esté dentro del domicilio del usuario, puede desearse que el terminal de acceso se comunique únicamente con el femtonodo doméstico.

**[0017]** Un femtonodo puede estar limitado en algunos aspectos. Por ejemplo, un femtonodo dado puede proporcionar solamente ciertos servicios a determinados terminales de acceso. En implementaciones con la denominada asociación restringida (o cerrada), un terminal de acceso dado puede ser atendido solamente desde la red móvil de una macrocélula y un conjunto definido de femtonodos (por ejemplo, los femtonodos que residen dentro del domicilio de usuario correspondiente). En algunas implementaciones, un nodo puede estar limitado a no proporcionar, para al menos un nodo, al menos uno entre: señalización, acceso a datos, registro, radiolocalización o servicio.

**[0018]** En relación con la Figura 1, las picoestaciones base 102 pueden colocarse en interiores. Por lo tanto, una picoestación base 102a puede incluir un receptor del GPS 112a, pero no puede recibir una señal del GPS 108. De forma alternativa, una picoestación base 102b puede no incluir un receptor del GPS 112. Las picoestaciones base no GPS 102 pueden usar una señal de sincronización 110 de una estación base GPS 104 o una estación base GPS derivada (es decir, aquellas capaces de hacer seguimiento de la señal de sincronización 110 de la estación base GPS), para su temporización. Las señales de sincronización 110 pueden ser inalámbricas o cableadas, por ejemplo, una picoestación base 102a puede recibir una señal de sincronización inalámbrica 110a, mientras que otra picoestación base 102b puede recibir una señal de sincronización cableada 110b. Se puede establecer una jerarquía de sincronización de múltiples niveles cuando las picoestaciones base no GPS 102 pueden escuchar la estación base GPS vecina 104 o las estaciones base GPS derivadas.

**[0019]** Sin embargo, la interferencia de señal 114 puede ser un factor limitante importante en una implementación no planificada. La interferencia perjudicial 114 puede dificultar la capacidad de la picoestación base no GPS 102 de escuchar la señal de sincronización 110 deseada por el aire. Esto puede ser particularmente cierto en implementaciones heterogéneas donde las picoestaciones base 102 pueden no tener una buena geometría, y podrían atascar otras picoestaciones base adyacentes 102. En otras palabras, dos picoestaciones base asíncronas 102 pueden interferir entre sí e impedir que se sincronicen entre sí con la estación base síncrona 104, es decir, dos picoestaciones base asíncronas cercanas 102 pueden producir tanta interferencia 114 entre sí que ninguna de ellas reciba una buena relación señal/interferencia (SIR) en la señal de sincronización 110 desde la estación base síncrona 104. De manera similar, las señales de sincronización 110 en una picoestación base 102 pueden interferir entre sí de manera que la picoestación base 102 no pueda usar ninguna de ellas.

**[0020]** Por lo tanto, las picoestaciones base 102 pueden incluir módulos de silencio 116a-b que pueden permitir que las picoestaciones base 102 consigan la sincronización mediante el uso de un silencio coordinado en toda la red. De forma alternativa, o además de, los módulos de silencio 116a-b pueden estar en una femtoestación base, es decir, un eNodoB doméstico o un relé. Mientras que los módulos de silencio 116 se ilustran solo en las picoestaciones base 102, las macroestaciones base 104 también pueden usar las técnicas descritas en el presente documento para conseguir la sincronización. El módulo de silencio 116 puede funcionar usando información jerárquica o mensajes enviados desde otras estaciones base 102, 104.

**[0021]** Los sistemas y procedimientos actuales pueden ser utilizados por las estaciones base 102, 104 para adquirir inicialmente la temporización (el procedimiento de temporización asíncrona se puede usar para esto), así como para mantener esa temporización (el procedimiento síncrono se puede usar para esto). Por ejemplo, los osciladores en las picoestaciones base 102 y las femtoestaciones base pueden no ser de alta calidad. Por lo tanto, las picoestaciones base 102 y las femtoestaciones base pueden necesitar hacer seguimiento periódicamente de las señales de sincronización 110.

**[0022]** En una configuración, un módulo de silencio 116 puede usar información jerárquica para silenciar periódicamente las estaciones base 102, 104 a partir de su nivel de estrato dentro del sistema 100 y su estado de sincronización. Tal como se usa en el presente documento, el término "nivel de estrato" o "estrato" para una picoestación base 102 se refiere al número más pequeño de nodos síncronos intermedios entre la picoestación base 102 y la fuente del GPS 106, incluido el nodo de origen del GPS 106. Por ejemplo, el nivel de estrato de las picoestaciones base ilustradas 102 es dos, mientras que el nivel de estrato de la estación base síncrona ilustrada 104 es uno. Según el nivel de estrato, las picoestaciones base 102 dentro del sistema pueden permanecer en silencio durante un período de tiempo suficiente para permitir que las estaciones base 102, 104 con el mismo nivel de estrato o inferior se sincronicen. En otras palabras, las picoestaciones base síncronas 102 con un nivel de estrato bajo pueden permanecer en silencio (es decir, abstenerse de transmitir datos) durante un período de tiempo más corto que las picoestaciones base síncronas 102 con un nivel de estrato alto. Las duraciones para diferentes niveles de estrato se pueden calcular y almacenar para mejorar la eficacia. Además, las listas de intervalos de silencio para cada nivel de estrato pueden definirse según un estándar particular (por ejemplo, 3GPP) o proporcionarse por una entidad de configuración. Los períodos de silencio pueden estar basados en un tiempo global real que actúa como un tiempo global en toda la red, por ejemplo, el tiempo universal coordinado (UTC). Si bien los sistemas y procedimientos actuales a continuación se describen usando el UTC, se puede usar cualquier estándar de tiempo global adecuado.

**[0023]** Sin embargo, es posible que una picoestación base asíncrona 102 no tenga conocimiento del tiempo global real, por ejemplo, no tenga un receptor del GPS 112 o no pueda recibir la señal del GPS 108 porque está en interiores. Por lo tanto, el módulo de silencio 116 puede usar un tiempo global estimado, o un tiempo estimado en toda la red, para determinar un tiempo de inicio de silencio y una duración del silencio, por ejemplo, utilizando el protocolo de tiempo de red (NTP). Puesto que el módulo de silencio 116 puede depender del tiempo global estimado al silenciar las picoestaciones base asíncronas 102, la duración del silencio puede ser mayor para las picoestaciones base asíncronas 102 que para las picoestaciones base síncronas 102.

**[0024]** En lugar de un silencio periódico, el módulo de silencio 116 puede usar de forma alternativa una configuración basada en mensajes para silenciar las picoestaciones base interferentes 102. En una configuración

basada en mensajes, el módulo de silencio 116 puede detectar picoestaciones base interferencias 102 y enviar un mensaje a las picoestaciones base interferentes 102 solicitándoles que permanezcan en silencio por un período de tiempo predeterminado. Durante el período de silencio, la estación base solicitante 102, 104 puede adquirir información de temporización, por ejemplo, UTC.

5

**[0025]** La Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra una picoestación base 202 con un módulo de silencio 216. La picoestación base 202 puede incluir un receptor del GPS 212, aunque puede no ser capaz de recibir una señal del GPS 108. Si la picoestación base 202 no está sincronizada, ya sea desde una señal del GPS 108 o desde otra estación base síncrona 104, la picoestación base 202 puede provocar interferencia con sus transmisiones. Por lo tanto, el módulo de silencio 216 puede determinar cuándo la picoestación base 202 debe ser silenciosa y controlar la circuitería de transmisión 228 en consecuencia. En otras palabras, el módulo de silencio 216 puede enviar mensajes de control que detienen todas las transmisiones desde la picoestación base 202 a partir de un algoritmo basado en estratos o un algoritmo basado mensajes.

10

**[0026]** Un módulo basado en estratos 230 puede determinar silencios periódicos para la picoestación base 202. Si la picoestación base 202 es síncrona, la picoestación base 202 puede tener un tiempo global real 250, por ejemplo, el tiempo universal coordinado (UTC) 250. La duración del silencio para una picoestación base síncrona 202 puede depender del nivel de estrato (n) 246. El intervalo de silencio se puede sincronizar para comenzar en el tiempo de inicio (t) 244, cuando un período de seguimiento (P) 242 se divide uniformemente en UTC 250, es decir,  $UTC \bmod P = 0$ . El período de seguimiento (P) 242 es la longitud de tiempo entre los eventos de sincronización, por ejemplo, 2 segundos. La duración del silencio (D) 248 para una picoestación base síncrona 202 en un estrato n 246 puede ser  $nT$ , donde el tiempo de sincronización (T) 238 es el tiempo requerido para conseguir la sincronización, es decir,  $D = nT$ .

15

20

**[0027]** Como una picoestación base asíncrona 202 puede no tener acceso al UTC 250, las picoestaciones base asíncronas 202 pueden determinar el tiempo de inicio del silencio periódico (t) 244 utilizando el protocolo de tiempo de red (NTP). Mediante el NTP, la picoestación base 202 puede recibir un tiempo global estimado 249 de un servidor NTP usando una serie de mensajes NTP. Posteriormente, el tiempo de inicio (t) 244 del intervalo de silencio puede depender de la exactitud de su tiempo global estimado. Si  $E_{NTP}$  236 es el error máximo entre el UTC y el tiempo global estimado 249, entonces la picoestación base asíncrona 202 puede permanecer en silencio por una duración (D) 248 de  $2 * E_{NTP} + S_{m\acute{a}x} * T$ , donde  $S_{m\acute{a}x}$  234 es el estrato máximo en el sistema de comunicación inalámbrica 100 y el tiempo de sincronización (T) 238 es el tiempo requerido para conseguir la sincronización. El tiempo de inicio (t) 244 para una picoestación base asíncrona 202 puede producirse cuando un período de seguimiento escalado (kP) se divide uniformemente en  $(t + E_{NTP})$ , (es decir,  $(t + E_{NTP}) \bmod kP = 0$ ), donde k 240 es un escalador que es mayor o igual que 1. En otras palabras, una picoestación base asíncrona 202 puede estimar el tiempo de inicio síncrono (t') 251 en el que  $UTC \bmod P = 0$  utilizando el tiempo global estimado del NTP 249 en lugar de usar el UTC 250. Posteriormente, para contabilizar el error inherente en el tiempo global estimado 249, la picoestación base asíncrona 202 puede ser silenciada  $E_{NTP}$  236 antes y después del tiempo de inicio estimado (t') 251 más  $S_{m\acute{a}x} * T$ .

25

30

35

40

**[0028]** En cuanto a las picoestaciones base 202 que intentan sincronizar desde otra estación base 104 en el estrato n, el módulo basado en estratos 230 puede reducir el número de estaciones base interferentes 102, 104 al número de estaciones base 102, 104 con un nivel de estrato 246 menor que o igual a n así como las estaciones base asíncronas 104.

45

**[0029]** Tras la inicialización, la picoestación base asíncrona 202 puede no transmitir durante múltiples períodos de silencio e intentar la sincronización. Si no consigue la sincronización, puede usar un tiempo global estimado del NTP 249 para realizar el silencio e intentar recibir la sincronización.  $E_{NTP}$  236 puede estar limitado 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,  $E_{NTP}$  236 puede ser inferior o igual a 50 milisegundos.

50

**[0030]** Las picoestaciones base 202 que pueden recibir múltiples señales de sincronización 110 pueden usar la que les proporciona el nivel de estrato más pequeño 246. Si múltiples picoestaciones base 202 o macroestaciones base 104 proporcionan el mismo nivel de estrato 246, se puede elegir la que tenga la mayor relación señal-ruido más interferencia (SINR).

55

**[0031]** Como se ha analizado anteriormente, las picoestaciones base 202 que no tienen acceso a una señal del GPS 108 pueden adquirir su temporización desde otras macroestaciones base 104 o picoestaciones base 202 que tienen un acceso de estrato más alto a la temporización, es decir, nivel de estrato más bajo 246. Dicha adquisición de tiempo y seguimiento pueden estar sujetos a interferencia 114 por las células circundantes. El silencio coordinado, tal como lo usa el módulo basado en estratos 230, puede usarse para reducir dicha interferencia durante el seguimiento del tiempo. Las picoestaciones base asíncronas 202 pueden no tener el tiempo global real, UTC 250 y, por lo tanto, pueden no saber con suficiente exactitud cuándo estar en silencio. En algunos casos, confiar en una información de temporización menos exacta para el silencio puede dar como resultado un silenciamiento conservador de las picoestaciones base asíncronas 202. Si las picoestaciones base asíncronas 202 continúan transmitiendo, las estaciones base síncronas 102, 104 anteriormente síncronas alrededor de ellas

60

65

pueden ser incapaces de hacer un seguimiento del tiempo desde su origen respectivo, creando más estaciones base 102, 104 asíncronas, etc., y así sucesivamente. En otras palabras, una sola picoestación base asíncrona 202 puede desincronizar otras estaciones base 102, 104. Esto puede provocar una reacción no controlada, donde más y más estaciones base 102, 104 se vuelven asíncronas, haciendo que más estaciones base 102, 104 pierdan la sincronización, lo cual da como resultado ineficacias.

**[0032]** Por lo tanto, además del módulo basado en estratos 230, el módulo de silencio 216 puede usar de forma alternativa un módulo basado en mensajes 232 para silenciar las estaciones base interferentes 102, 104. Una picoestación base síncrona 202 puede detectar interferencia desde una célula asíncrona interferente 254 durante el período de tiempo de seguimiento utilizando un detector de interferencias 252. La picoestación base 202 puede enviar un mensaje de red de retorno 256 a la célula interferente 254, solicitando que la célula interferente 254 permanezca en silencio durante un cierto período de tiempo. La duración del silencio puede especificarse en el mensaje de red de retorno 256 o estar predeterminada para todos los intervalos de silencio. El tiempo de inicio del intervalo de silencio puede especificarse en el mensaje de red de retorno 256 o tan pronto como la estación base interferente 254 recibe el mensaje de red de retorno 256. Esto puede permitir que la picoestación base solicitante 202 adquiera un tiempo de seguimiento. Las picoestaciones base asíncronas 202 que no causan una interferencia inaceptable con otras estaciones base síncronas 102, 104 pueden no recibir solicitudes para ser silenciosas y, por lo tanto, pueden continuar la transmisión. Esto puede evitar el silenciamiento periódico innecesario de todas las estaciones base asíncronas 102, 104 durante períodos relativamente largos, mientras que al mismo tiempo permite que las estaciones base síncronas 102, 104 mantengan la temporización.

**[0033]** La Figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra un módulo basado en estratos 330 que puede estar en una picoestación base 102. La configuración ilustrada muestra una duración (D) 348 que se calcula para una picoestación base asíncrona 102. Primero, un error máximo ( $E_{NTP}$ ) 336 se puede multiplicar por 2. El error máximo ( $E_{NTP}$ ) 336 puede ser el error máximo entre un tiempo global estimado del NTP 249 y un tiempo global real, por ejemplo, UTC 250. Un estrato máximo ( $S_{m\acute{a}x}$ ) 334 se puede multiplicar por un tiempo de sincronización (T) 338. El estrato máximo ( $S_{m\acute{a}x}$ ) 334 es el estrato máximo, o número de capas jerárquicas, en el sistema de comunicación inalámbrica 100 y el tiempo de sincronización (T) 338 es el tiempo requerido para conseguir la sincronización dentro de una picoestación base 102. La duración (D) 348 se puede calcular como  $D = 2 * E_{NTP} + S_{m\acute{a}x} * T$ .

**[0034]** La Figura 4 es un diagrama secuencial 400 que ilustra un sistema de comunicación inalámbrica 100 para sincronizar las estaciones base 102, 104 utilizando intervalos de silencio contiguos. Concretamente, el diagrama secuencial 400 ilustra el silenciamiento periódico para las estaciones base síncronas 102, 104. El diagrama secuencial 400 ilustra los eventos de sincronización en función de un tiempo global real (por ejemplo, UTC 450), donde las flechas verticales sólidas representan señales de sincronización 410 desde un nivel de estrato 446 a otro. Cada nivel de estrato (n) 446 puede incluir una o más picoestaciones base 102 o macroestaciones base 104. El nivel de estrato (n) 446 de una picoestación base 202 puede obtenerse a partir del intervalo en el que recibe una señal de sincronización 410. Por ejemplo, si las estaciones base 104 del estrato 1 se silencian en la subtrama 1 y las estaciones base 102 del estrato 2 se silencian en las subtramas 1 y 2, entonces si una nueva estación base 104 ve una señal en la subtrama 2, sabe que está obteniendo esa señal de sincronización 410 desde una estación base 104 del estrato 1. Por lo tanto, la nueva estación base 104 es el estrato 2.

**[0035]** Las flechas verticales discontinuas representan los tiempos de inicio síncronos (t) 444a-c en las que las picoestaciones 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 silenciosas para las estaciones base 102, 104 en cada estrato 446. Según se ilustra en la Figura 4, los intervalos de silencio pueden ser contiguos. Los tiempos de inicio síncronos (t) 444a-c pueden producirse cuando un período de seguimiento (P) 442 se divide uniformemente en el UTC 450, es decir,  $UTC \bmod P = 0$ . Por ejemplo, si P 442 es de dos segundos, puede producirse un tiempo de inicio síncrono cada dos segundos, a partir del UTC 450. La duración (D) 248 del intervalo de silencio puede depender del nivel de estrato (n) 446. Por ejemplo, las picoestaciones base 102 en el nivel de estrato uno permanecen en silencio durante un período de tiempo de sincronización (T), las picoestaciones base 102 en el nivel de estrato dos permanecen en silencio durante dos períodos de tiempo de sincronización (T), las picoestaciones base 102 en el nivel de estrato tres permanecen silenciosas durante tres períodos de tiempo de sincronización (T). Del mismo modo, las picoestaciones base 102 en el nivel de estrato máximo,  $S_{m\acute{a}x}$  434, pueden permanecer en silencio durante los períodos de tiempo de sincronización (T)  $S_{m\acute{a}x}$ . Por lo tanto, cada estación base síncrona 102, 104 puede permanecer en silencio el tiempo suficiente para que todas las estaciones base 102, 104 con un nivel de estrato inferior 446 se sincronicen.

**[0036]** La Figura 4a es un diagrama secuencial 401 que ilustra un sistema de comunicación inalámbrica 100 para sincronizar las estaciones base 102, 104 utilizando intervalos de silencio no contiguos. La hora global real (por ejemplo, UTC 451), los tiempos de inicio síncronos 445a-c, las señales de sincronización 411, el período de seguimiento (P) 443, el nivel de estrato 447 y el  $S_{m\acute{a}x}$  435 ilustrados en la Figura 4a pueden funcionar de manera similar al hora global real, (por ejemplo, UTC 450), tiempos de inicio síncronos 444a-c, señales de sincronización 410, período de seguimiento (P) 442, nivel de estrato 446 y  $S_{m\acute{a}x}$  434 ilustrados en la Figura 4.

**[0037]** Sin embargo, los intervalos de silencio pueden no ser contiguos en la Figura 4a. Por ejemplo, si el período de tiempo de sincronización (T) es de 2 ms, las picoestaciones base síncronas 102 en el nivel de estrato (n) se pueden silenciar entre 3-4 ms y 7-8 ms, por lo que se silenciará durante un total de 2 ms. Las picoestaciones base síncronas 102 en el nivel de estrato (n) dos pueden permanecer en silencio entre 3-4 ms, 7-8 ms, 11-12 ms y 15-16 ms, por lo que se silencia un total de 4 ms. Del mismo modo, las picoestaciones base 102 en el nivel de estrato máximo,  $S_{m\acute{a}x}$  435, pueden permanecer en silencio durante los períodos de tiempo de sincronización (T)  $S_{m\acute{a}x}$  equivalentes, aunque el intervalo de silencio puede no ser contiguo.

**[0038]** La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento 500 para silenciar una estación base síncrona 102, 104. El procedimiento 500 puede ser realizado por un módulo de silencio 116 en una picoestación base 102 o una macroestación base 104. El módulo de silencio 116 puede recibir 564 un tiempo global real, por ejemplo, UTC 450. El UTC 450 puede recibirse 564 de una señal del GPS 108 o una señal de sincronización 110 desde otra estación base 102, 104. El módulo de silencio 116 puede determinar 566 una duración del silencio (D) 248 para una estación base síncrona 102 a partir de un nivel de estrato 246 de la estación base 102 que indica un número de estaciones base 102, 104 entre la estación base síncrona 102, 104 y un nodo de origen del GPS 106, por ejemplo,  $D=nT$ . El módulo de silencio 116 también puede determinar 568 un tiempo de inicio de silencio síncrono 444 a partir del tiempo global real 450 y un período de seguimiento (P) 442 para el sistema de comunicación inalámbrica 100, por ejemplo, los tiempos de inicio de silencio síncrono 444 pueden producirse cuando el  $UTC \text{ mod } P = 0$ . El módulo de silencio 116 también puede detener periódicamente 570 todas las transmisiones desde la estación base síncrona 102, 104 durante la duración del silencio (D) 248 que comienza en el tiempo de inicio de silencio síncrono 444.

**[0039]** El procedimiento 500 de la Figura 5, descrito anteriormente, puede realizarse mediante diversos componentes y/o módulos de hardware y/o software, correspondientes a los bloques de medios más función 600 ilustrados en la Figura 6. En otras palabras, los bloques 564 a 570 ilustrados en la Figura 5 corresponden a los bloques de medios más función 664 a 670 ilustrados en la Figura 6.

**[0040]** La Figura 7 es otro diagrama secuencial 700 que ilustra un sistema de comunicación inalámbrica 100 para sincronizar las estaciones base 102, 104. Sin embargo, el diagrama secuencial 700 ilustra el silenciamiento periódico de las estaciones base asíncronas 102, 104. El diagrama secuencial 700 ilustra los eventos de sincronización en función de un tiempo global real (por ejemplo, UTC 750) donde las flechas verticales sólidas representan las señales de sincronización 710 de una estación base 102, 104 a otra. Como se ha analizado anteriormente, las picoestaciones base asíncronas 102 pueden no ser capaces de recibir el UTC 750 por una variedad de razones. En dichas configuraciones, la picoestación base 102 puede recibir un tiempo global estimado 249 mediante el NTP. Como antes, las flechas verticales discontinuas representan los tiempos de inicio síncronos (t) 744a-c en los que las picoestaciones base síncronas 102 pueden comenzar un intervalo de silencio y las barras horizontales representan la duración del intervalo de silencio.

**[0041]** Los tiempos de inicio síncronos (t) 744a-c pueden estar basados en el UTC 750. Por el contrario, los tiempos de inicio asíncronos 758a-b pueden estar basados en el tiempo global estimado del NTP 249. Por lo tanto, el error entre el tiempo global estimado del NTP 249 y el UTC 750 se puede contabilizar utilizando el error máximo,  $E_{NTP}$  736. Concretamente, los tiempos de inicio asíncronos (t) 758a-b pueden producirse de manera que  $\text{mod}(t + E_{NTP}, kP) = 0$ , donde k es un escalar que es mayor o igual que 1. En otras palabras, una picoestación base asíncrona A1 760a puede calcular un tiempo de inicio estimado (t') 751a utilizando un tiempo global estimado del NTP 249. Sin embargo, para contabilizar el error en el tiempo global estimado del NTP 249, el tiempo de inicio asíncrono real 758a puede compensarse con  $E_{NTP}$  736. De manera similar, una picoestación base asíncrona A2 760b puede calcular un tiempo de inicio estimado (t') 751b utilizando un tiempo global estimado del NTP 249. Sin embargo, para contabilizar el error en el tiempo global estimado del NTP 249, el tiempo de inicio asíncrono real 758b puede compensarse con  $E_{NTP}$  736. La duración del silencio para una picoestación base asíncrona 102 puede ser  $2 * E_{NTP} + S_{m\acute{a}x} * T$ .

**[0042]** En una configuración,  $E_{NTP}$  736 es mucho más grande que  $S_{m\acute{a}x}$  734, por lo que puede requerirse que una picoestación base asíncrona 102 sea silenciosa durante mucho más tiempo que una picoestación base síncrona 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 de un intervalo de silencio para una picoestación 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.

**[0043]** 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 ser realizado por un módulo de silencio 116 en una picoestación base 102 o una macroestación base 104. Dado que una estación base asíncrona 102, 104 puede no tener acceso al tiempo global real, UTC 750, el módulo de silencio 116 puede recibir 872 un tiempo global estimado 249, por ejemplo, a través de NTP. El módulo de silencio 116 puede entonces determinar 874 una duración del silencio (D) 248 para una estación base asíncrona 102 a partir de un error máximo,  $E_{NTP}$  736, entre un tiempo global real, UTC 750 y el tiempo global estimado NTP 249. En una configuración, la duración (D) 248 para un intervalo de tiempo asíncrono es  $2 * E_{NTP} + S_{m\acute{a}x} * T$  donde el estrato máximo ( $S_{m\acute{a}x}$ ) 234 es el estrato máximo, o capas jerárquicas, en

el sistema de comunicación inalámbrica 100 y el tiempo de sincronización (T) 238 es el tiempo requerido para conseguir la sincronización dentro de una estación base 102, 104. El módulo de silencio 116 también puede determinar 876 un tiempo de inicio de silencio asíncrono 758 a partir del error máximo,  $E_{NTP}$  736, entre un tiempo global real, UTC 750 y el tiempo global estimado 249. En otras palabras, una estación base asíncrona 102, 104 puede estimar el tiempo de inicio síncrono ( $t'$ ) 751 en el que  $UTC \bmod P = 0$  utilizando el tiempo global estimado del NTP 249 en lugar de usar el UTC 750. Posteriormente, para contabilizar el error inherente en el tiempo global estimado del NTP 249, la estación base asíncrona 102, 104 puede ser silenciada  $E_{NTP}$  736 antes y después del tiempo de inicio estimado ( $t'$ ) 751 más  $S_{m\acute{a}x} \cdot T$ . El módulo de silencio 116 también puede detener periódicamente 878 todas las transmisiones desde la estación base asíncrona 102 durante la duración del silencio (D) 248 que comienza en el tiempo de inicio de silencio asíncrono 758.

**[0044]** El procedimiento 800 de la Figura 8, descrito anteriormente, puede realizarse mediante diversos componentes y/o módulos de hardware y/o software, correspondientes a los bloques de medios más función 900 ilustrados en la Figura 9. En otras palabras, los bloques 872 a 878 ilustrados en la Figura 8 corresponden a los bloques de medios más función 972 a 978 ilustrados en la Figura 9.

**[0045]** La Figura 10 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento 1000 para silenciar las estaciones base interferentes 102, 104. El procedimiento 1000 puede ser realizado por un módulo basado en mensajes 232 en un módulo de silencio 216 ya sea en una picoestación base 102 o una macroestación base 104. El módulo basado en mensajes 232 puede determinar 1092 una o más estaciones base asíncronas 102, 104 que causan interferencia durante un período de tiempo de seguimiento. El módulo basado en mensajes 232 también puede transmitir un mensaje 1094 a las estaciones base asíncronas interferentes 102 que solicitan que las estaciones base asíncronas interferentes 102, 104 no transmitan durante un período de tiempo predeterminado, por ejemplo, un intervalo de silencio. La duración del intervalo de silencio puede ser el tiempo requerido para que la estación base de envío 104 se sincronice y pueda incluirse en un mensaje de red de retorno. El tiempo de inicio de silencio para el intervalo de silencio también puede enviarse en el mensaje o puede producirse tan pronto como la estación base interferente 102, 104 recibe el mensaje de red de retorno. El módulo basado en mensajes 216 también puede adquirir 1096 un tiempo de seguimiento durante el período de tiempo predeterminado. Además, el mensaje de red de retorno puede incluir un error de estimación del NTP.

**[0046]** El procedimiento 1000 de la Figura 10, descrito anteriormente, puede realizarse mediante diversos componentes y/o módulos de hardware y/o software, correspondientes a los bloques de medios más función 1100 ilustrados en la Figura 11. En otras palabras, los bloques 1092 a 1096 ilustrados en la Figura 10 corresponden a los bloques de medios más función 1192 a 1196 ilustrados en la Figura 11.

**[0047]** La Figura 12 ilustra ciertos componentes que pueden incluirse dentro de un dispositivo inalámbrico 1201. El dispositivo inalámbrico 1201 puede ser una picoestación base 102 o una macroestación base 104.

**[0048]** El dispositivo inalámbrico 1201 incluye un procesador 1203. El procesador 1203 puede ser un microprocesador de propósito general con un único chip o varios chips (por ejemplo, una ARM), un microprocesador de propósito especial (por ejemplo, un procesador digital de señales (DSP)), un microcontrolador, una matriz de puertas programables, etc. El procesador 1203 puede denominarse una unidad de procesamiento centralizada (CPU). Aunque únicamente se muestra un único procesador 1203 en el dispositivo inalámbrico 1201 de la Figura 12, en una configuración alternativa podría usarse una combinación de procesadores (por ejemplo, un ARM y DSP).

**[0049]** El dispositivo inalámbrico 1201 incluye también una memoria 1205. La memoria 1205 puede ser cualquier componente electrónico capaz de almacenar información electrónica. La memoria 1205 puede realizarse como una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), medios de almacenamiento en disco magnético, medios de almacenamiento ópticos, dispositivos de memoria flash en RAM, una memoria integrada incluida con el procesador, una memoria EPROM, una memoria EEPROM, registros, y así sucesivamente, incluidas combinaciones de los mismos.

**[0050]** Los datos 1207 e instrucciones 1209 pueden almacenarse en la memoria 1205. Las instrucciones 1209 pueden ser ejecutables mediante el procesador 1203 para implementar los procedimientos divulgados en el presente documento. La ejecución de las instrucciones 1209 puede implicar el uso de los datos 1207 que están almacenados en la memoria 1205. Cuando el procesador 1203 ejecuta las instrucciones 1207, pueden cargarse diversas porciones de las instrucciones 1209a en el procesador 1203, y pueden cargarse diversas piezas de datos 1207a en el procesador 1203.

**[0051]** El dispositivo inalámbrico 1201 también puede incluir un transmisor 1211 y un receptor 1213 para permitir una transmisión y una recepción de señales entre el dispositivo inalámbrico 1201 y una ubicación remota. El transmisor 1211 y el receptor 1213 pueden denominarse colectivamente transceptor 1215. Una antena 1217 puede acoplarse eléctricamente al transceptor 1215. El dispositivo inalámbrico 1201 puede incluir (no se muestran) también múltiples transmisores, múltiples receptores, múltiples transceptores y/o múltiples antenas.

**[0052]** Los diversos componentes del dispositivo inalámbrico 1201 pueden acoplarse entre sí mediante uno o más buses, que pueden incluir un bus de alimentación, 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 se ilustran en la Figura 12 como un sistema de bus 1219.

**[0053]** En la descripción anterior, los números de referencia se han usado a veces en relación con diversos términos. Cuando un término se usa en relación con un número de referencia, significa que refiere a un elemento específico que se muestra en una o más de las figuras. Cuando un término se usa sin número de referencia, significa que se refiere en general al término sin limitación a ninguna Figura en particular.

**[0054]** El término "determinar" engloba una amplia variedad de acciones y, por lo tanto, "determinar" puede incluir calcular, computar, procesar, obtener, investigar, consultar (por ejemplo, consultar una tabla, una base de datos u otra estructura de datos), verificar y similares. Además, "determinar" puede incluir recibir (por ejemplo, recibir información), acceder, (por ejemplo, acceder a datos de una memoria) y similares. Asimismo, "determinar" puede incluir resolver, seleccionar, elegir, establecer y similares.

**[0055]** La expresión "a partir de" no significa "únicamente a partir de", a menos que se especifique expresamente lo contrario. Dicho de otro modo, la expresión "a partir de" describe tanto "únicamente a partir de" como "al menos a partir de".

**[0056]** El término "procesador" debería interpretarse en un sentido amplio para englobar un procesador de propósito general, una unidad de procesamiento centralizada (CPU), un microprocesador, un procesador digital de señales (DSP), un controlador, un microcontrolador, una máquina de estados, y así sucesivamente. En algunas circunstancias, un "procesador" puede referirse a un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), un dispositivo lógico programable (PLD), una matriz de puertas programables por campo (FPGA), etc. El término "procesador" puede referirse a una combinación de dispositivos de procesamiento, por ejemplo, una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores conjuntamente con un núcleo DSP o cualquier otra configuración de este tipo.

**[0057]** El término "memoria" debería interpretarse en un sentido amplio para englobar cualquier componente electrónico capaz de almacenar información electrónica. El término memoria puede referirse a diversos tipos de medios legibles por el 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 de datos magnéticos u ópticos, registros, etc. Se dice que la memoria está en comunicación electrónica con un procesador si el procesador puede leer información de, y/o escribir información en, la memoria. La memoria que es parte integral de un procesador está en comunicación electrónica con el procesador.

**[0058]** Los términos "instrucciones" y "código" deberían interpretarse en un sentido amplio para incluir cualquier tipo de sentencia(s) legible(s) por ordenador. Por ejemplo, los términos "instrucciones" y "código" pueden referirse a uno o más programas, rutinas, subrutinas, funciones, procedimientos, etc. "Instrucciones" y "código" pueden comprender una única sentencia legible por ordenador o muchas sentencias legibles por ordenador.

**[0059]** Las funciones pueden almacenarse como una o más instrucciones en un medio legible por ordenador. La expresión "medio legible por ordenador" se refiere a cualquier medio disponible al que se puede acceder mediante un ordenador. A modo de ejemplo, y no de limitación, un medio legible por ordenador puede comprender RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM u otro medio de almacenamiento de disco óptico, de almacenamiento de disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético o cualquier otro medio que pueda usarse para transportar o almacenar el código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos y al que pueda accederse mediante un ordenador. Los discos, tal como se usan en el presente documento, incluyen el disco compacto (CD), el disco de láser, el disco óptico, el disco versátil digital (DVD), el disco flexible y el disco Blu-ray®, donde algunos discos normalmente reproducen datos de manera magnética, mientras que otros discos reproducen los datos de manera óptica con láser.

**[0060]** El software o las instrucciones pueden transmitirse también por un medio de transmisión. Por ejemplo, si el software se transmite desde un sitio web, un servidor u otra fuente remota, usando 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, se incluyen en la definición de medio de transmisión.

**[0061]** Los procedimientos divulgados en el presente documento comprenden una o más etapas o acciones para conseguir el procedimiento descrito. Las etapas y/o acciones de procedimiento se pueden intercambiar entre sí sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. En otras palabras, a menos que se requiera un orden específico de etapas o acciones para un funcionamiento adecuado del procedimiento que se describe, el orden y/o el uso de las etapas y/o acciones específicas puede modificarse sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

5 **[0062]** Además, debe tenerse en cuenta que un dispositivo puede descargar y/u obtener de alguna manera los  
módulos y/u otros medios adecuados para realizar los procedimientos y las técnicas descritos en el presente  
documento, tales como los ilustrados en las figuras 5, 8 y 10. Por ejemplo, un dispositivo puede estar acoplado a  
un servidor para facilitar la transferencia de medios para realizar los procedimientos descritos en el presente  
documento. De forma alternativa, diversos procedimientos descritos en el presente documento pueden  
proporcionarse mediante un medio de almacenamiento (por ejemplo, memoria de acceso aleatorio (RAM),  
memoria de solo lectura (ROM), un medio de almacenamiento físico tal como un disco compacto (CD) o un disco  
flexible, etc.), de manera que un dispositivo pueda obtener los diversos procedimientos tras acoplarse o  
10 proporcionar al dispositivo los medios de almacenamiento. Además, se puede utilizar cualquier otra técnica  
adecuada para proporcionar a un dispositivo los procedimientos y las técnicas descritos en el presente documento.

15 **[0063]** Se ha de entender que las reivindicaciones no están limitadas a la configuración y a los componentes  
exactos ilustrados anteriormente. Pueden realizarse diversas modificaciones, cambios y variantes en la  
disposición, el funcionamiento y los detalles de los sistemas, procedimientos y aparatos descritos en el presente  
documento sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para sincronizar un sistema de comunicación inalámbrica, que comprende:
  - 5           determinar un nivel de estrato (246) de una estación base síncrona (102, 104), con el nivel de estrato correspondiente al número más pequeño de estaciones base, incluido un nodo de origen de la temporización global y cero o más estaciones base intermedias entre la estación base síncrona y el nodo de origen de la temporización global; y
  - 10          supervisar las señales de al menos una de una estación base vecina o el nodo de origen de la temporización global durante una duración del silencio (248) determinada a partir del nivel de estrato;
  - recibir un tiempo global en toda la red (450) desde al menos una estación base vecina o el nodo de origen de la temporización global durante la duración del silencio.
  - 15          2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la longitud de la duración del silencio se basa en el nivel de estrato de la estación base síncrona.
  3. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que la longitud del tiempo es de longitud  $n \cdot T$ , donde  $n$  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 la sincronización.
  - 20          4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la estación base síncrona es una picoestación base, una femtoestación base o un eNodoB doméstico.
  - 25          5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que determinar el nivel de estrato comprende recibir una o más señales de sincronización y usar una señal de sincronización que proporciona un nivel de estrato más pequeño.
  - 30          6. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que la señal de sincronización usada tiene la mayor relación señal-ruido más interferencia, SINR, si una pluralidad de una o más señales de sincronización proporcionan un mismo nivel de estrato.
  7. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la duración del silencio comprende una pluralidad de duraciones durante las cuales la estación base detiene todas las transmisiones.
  - 35          8. Un aparato para sincronizar un sistema de comunicación inalámbrica, que comprende:
    - 40           medios para determinar un nivel de estrato de una estación base síncrona, con el nivel de estrato correspondiente al número más pequeño de estaciones base, incluido un nodo de origen de la temporización global y cero o más estaciones base intermedias entre la estación base síncrona y el nodo de origen de la temporización global;
    - 45           medios para supervisar las señales de al menos una de una estación base vecina o el nodo de origen de la temporización global durante una duración del silencio determinada a partir del nivel de estrato; y
    - medios para recibir un tiempo global de toda la red desde al menos uno de una estación base vecina o el nodo de origen de la temporización global durante la duración del silencio.
    - 50          9. El aparato de la reivindicación 8, en el que la longitud de la duración del silencio se basa en el nivel de estrato de la estación base síncrona.
    10. El aparato de la reivindicación 9, en el que la longitud del tiempo es de longitud  $n \cdot T$ , donde  $n$  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 la sincronización.
    - 55          11. El aparato de la reivindicación 8, en el que la estación base síncrona es una picoestación base, una femtoestación base o un eNodoB doméstico.
    - 60          12. El aparato de la reivindicación 8, en el que determinar el nivel de estrato comprende recibir una o más señales de sincronización y usar una señal de sincronización que proporciona un nivel de estrato más pequeño.
    - 65          13. El aparato de la reivindicación 12, en el que la señal de sincronización usada tiene la mayor relación señal-ruido más interferencia, SINR, si una pluralidad de una o más señales de sincronización proporcionan un mismo nivel de estrato.

14. El aparato de la reivindicación 8, en el que la duración del silencio comprende una pluralidad de duraciones durante las cuales la estación base detiene todas las transmisiones.
- 5
15. Un producto de programa informático almacenado en un medio legible por ordenador y que comprende código para hacer que un ordenador realice cualquiera de los procedimientos de las reivindicaciones 1 a 7.

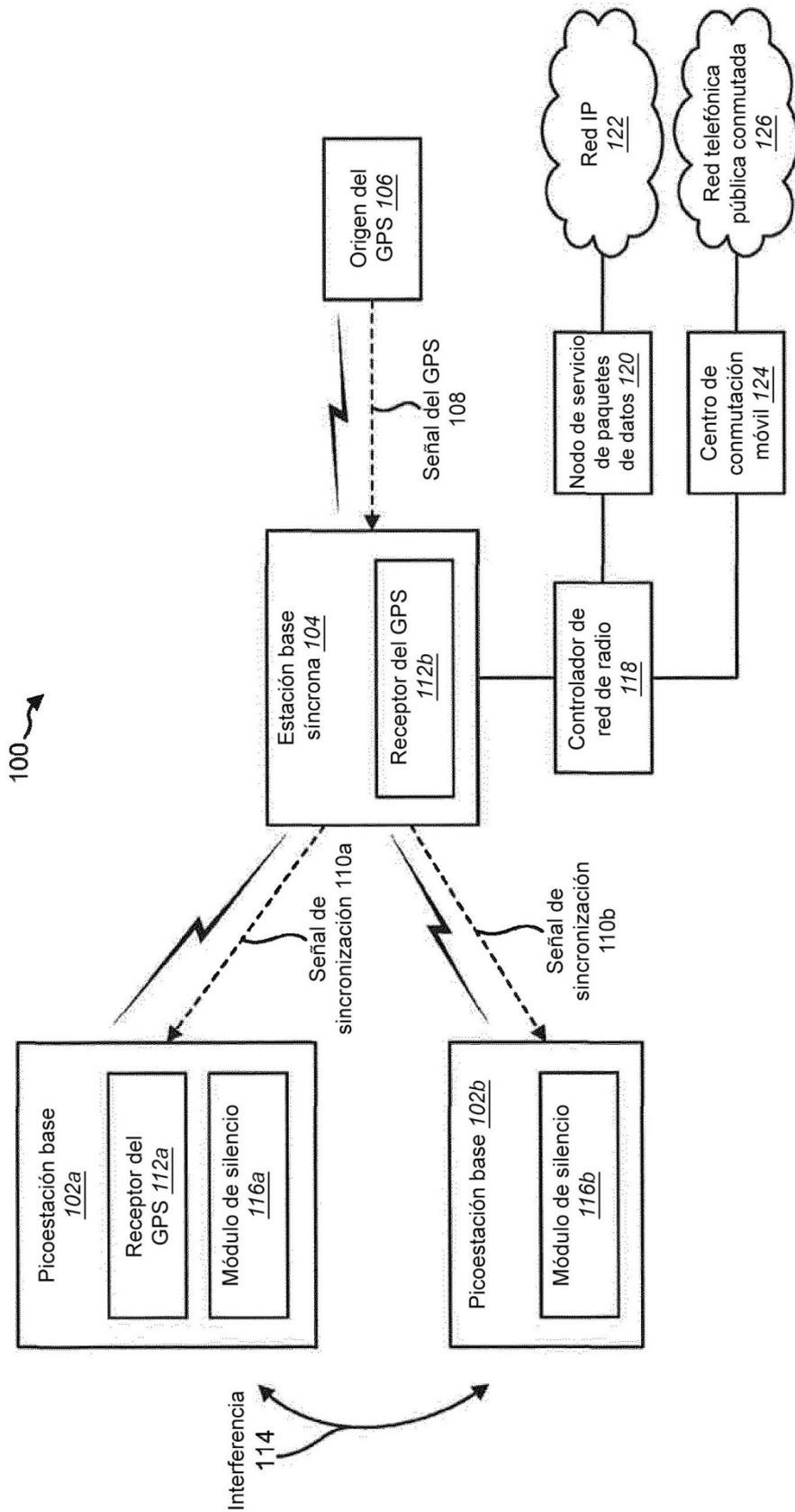
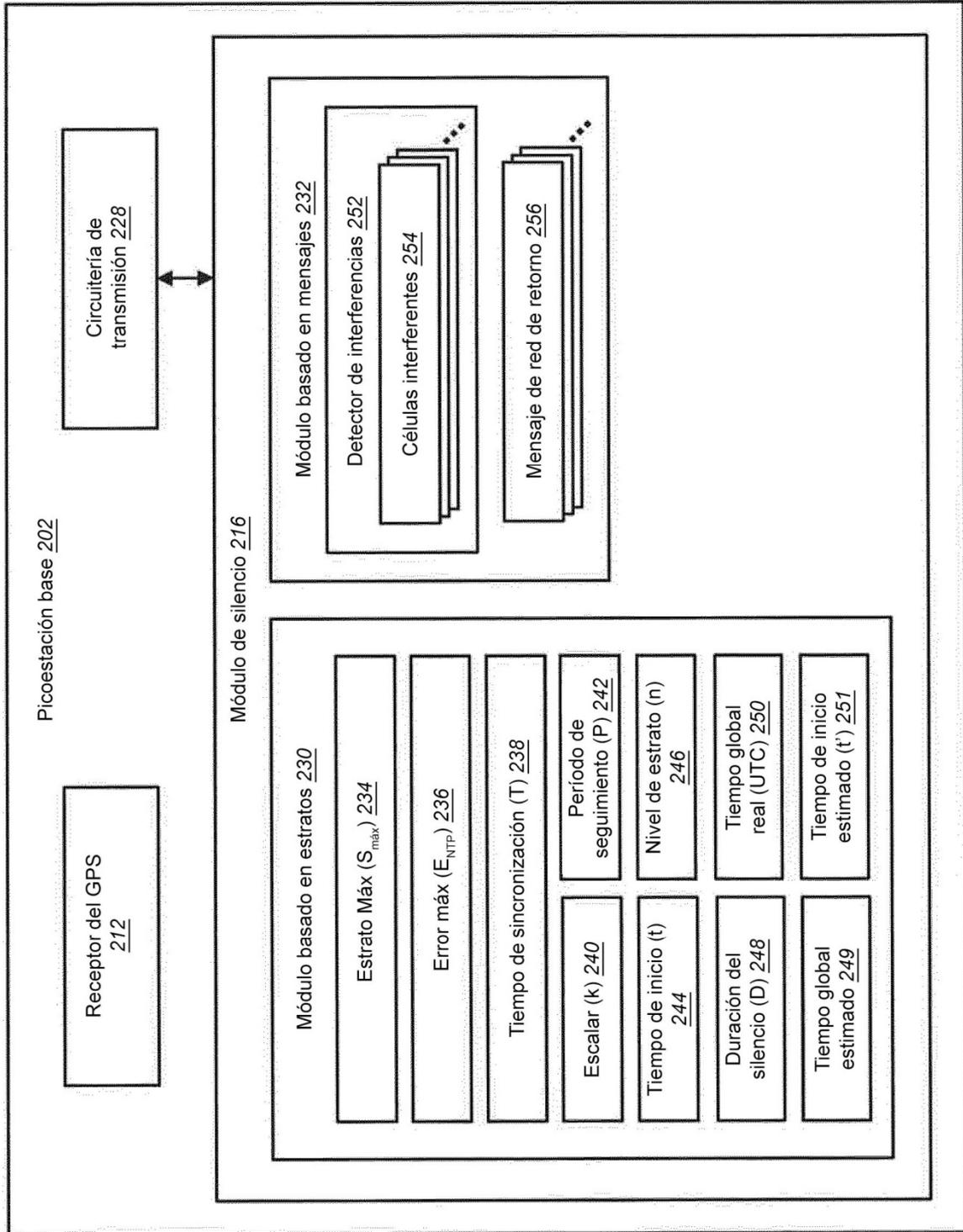
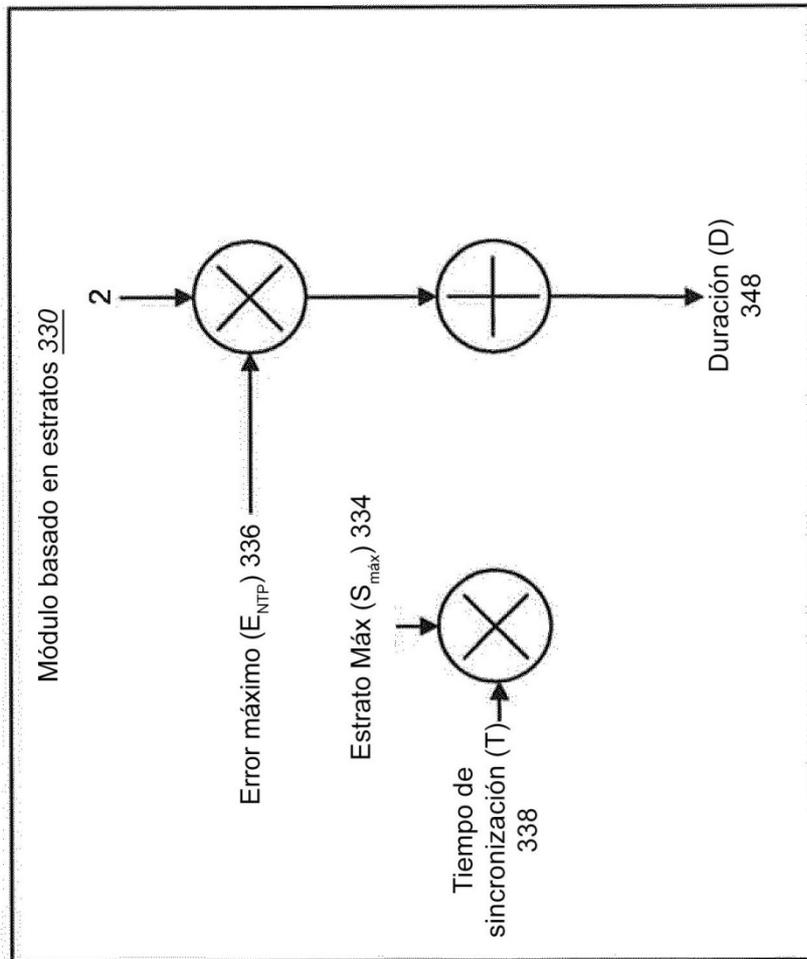


FIG. 1



**FIG. 2**



**FIG. 3**

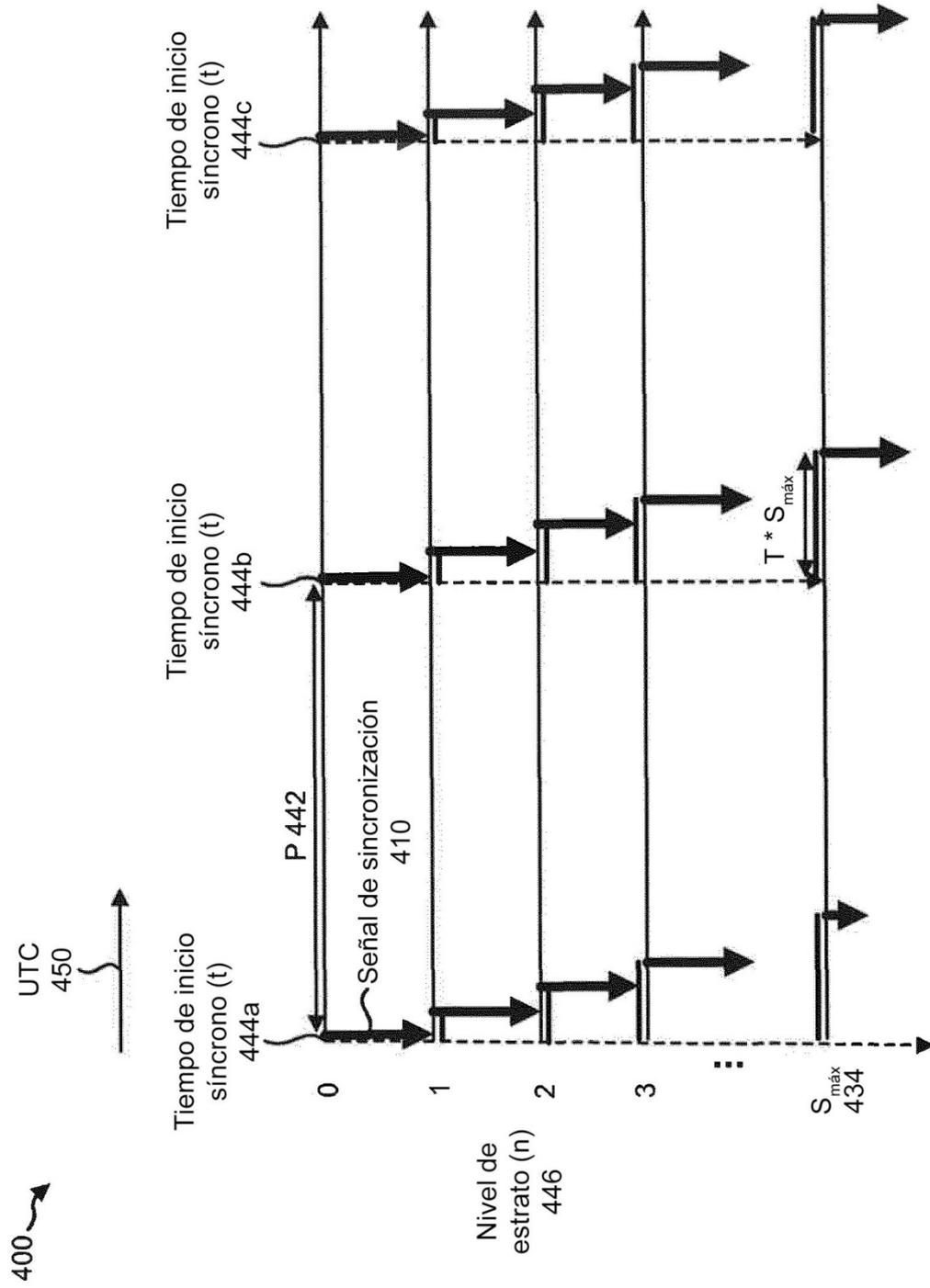


FIG. 4

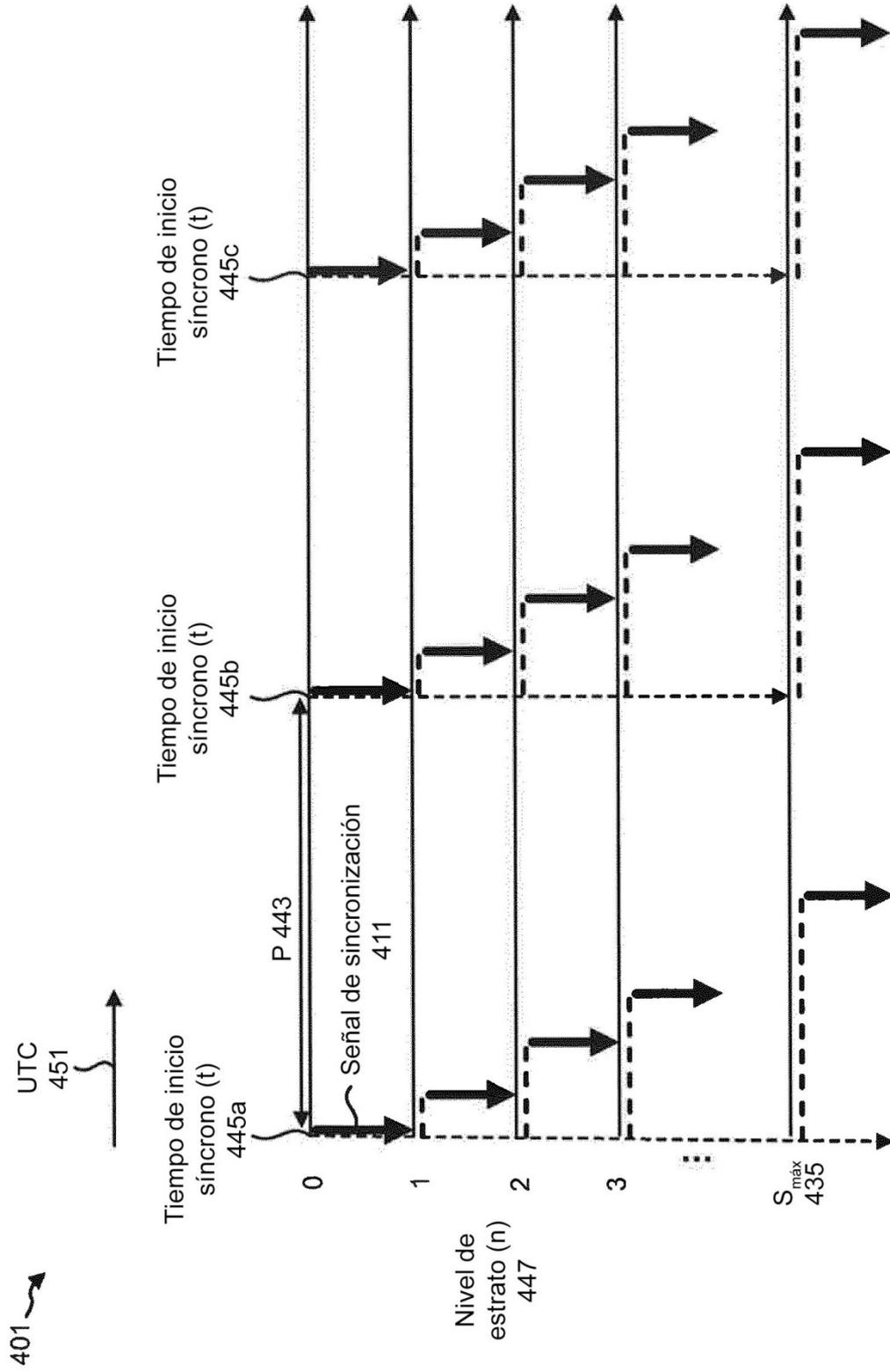
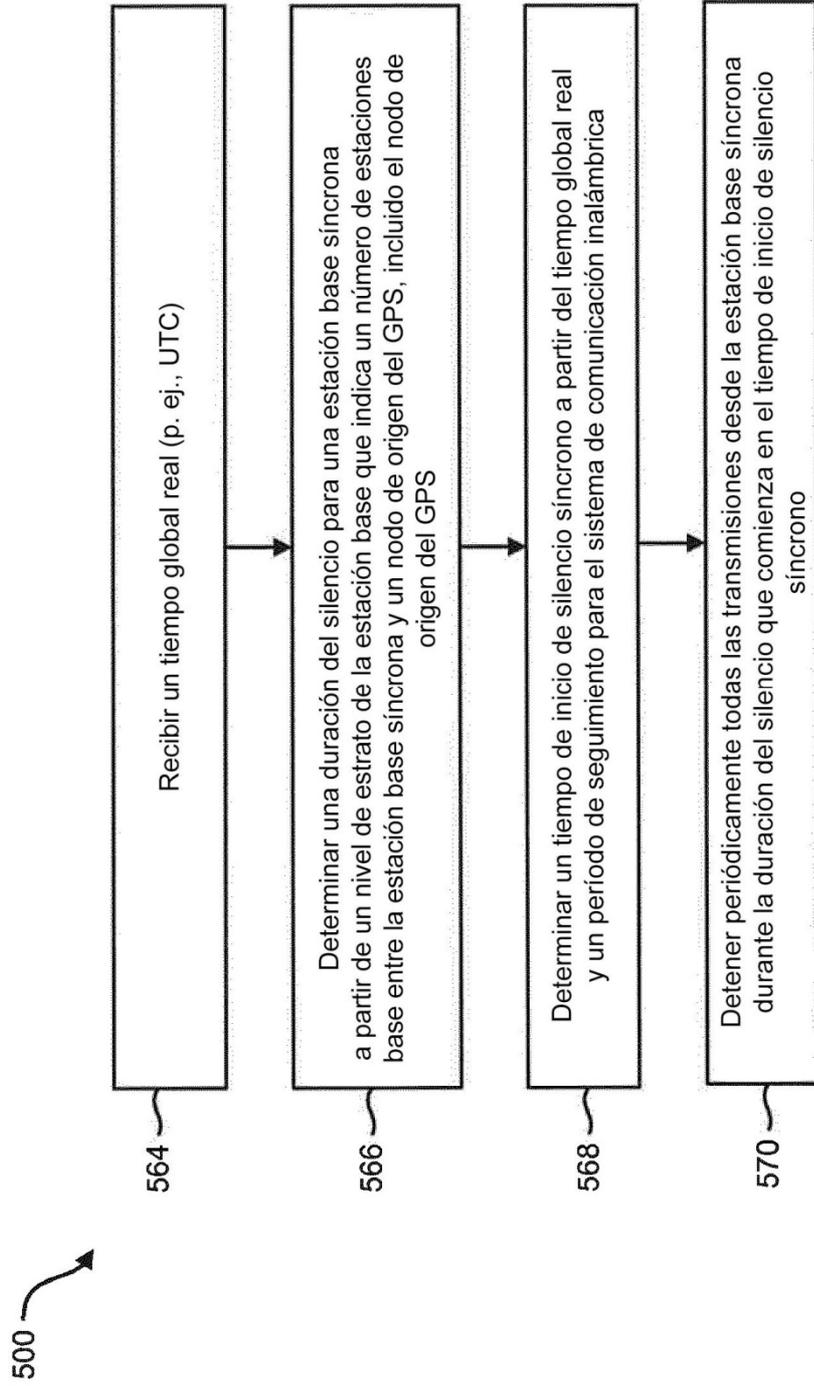
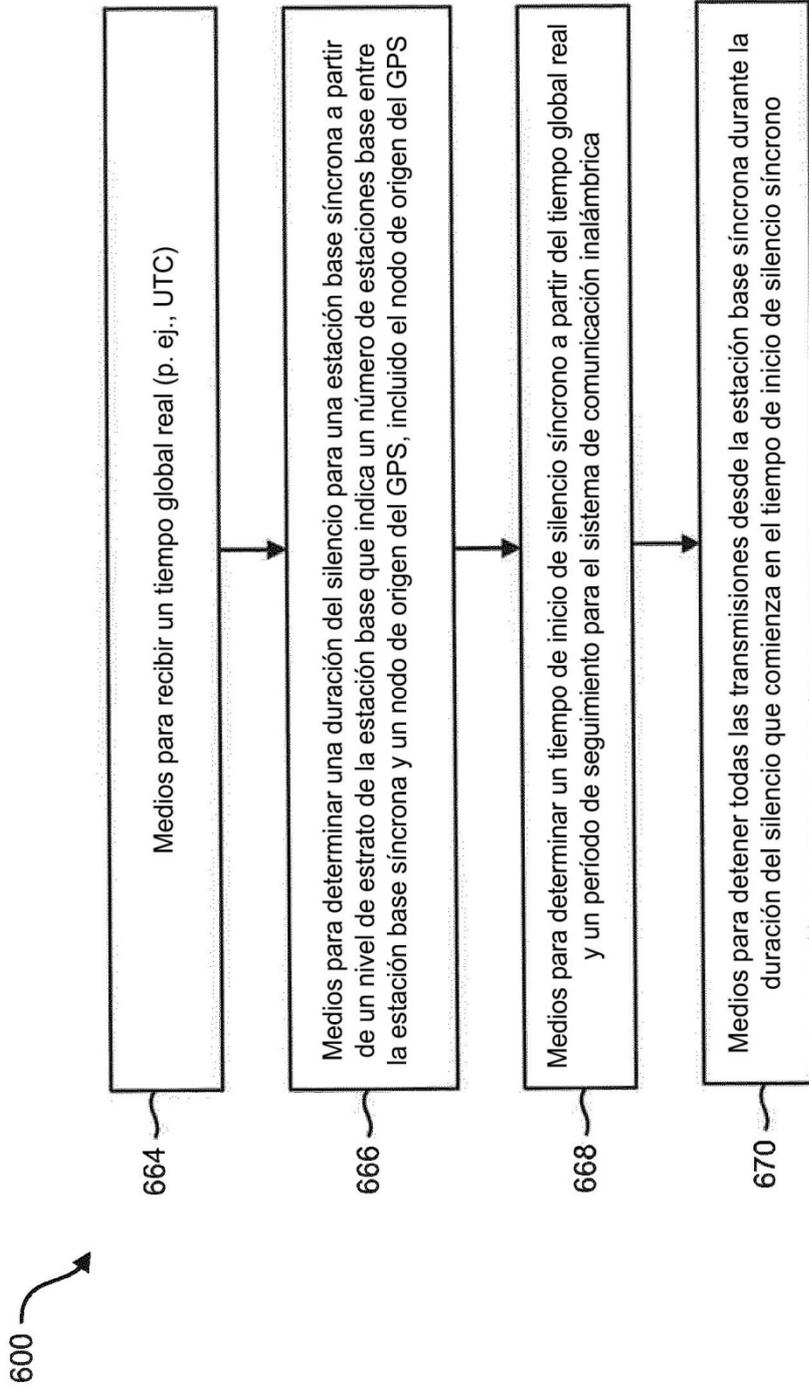


FIG. 4a



**FIG. 5**



**FIG. 6**

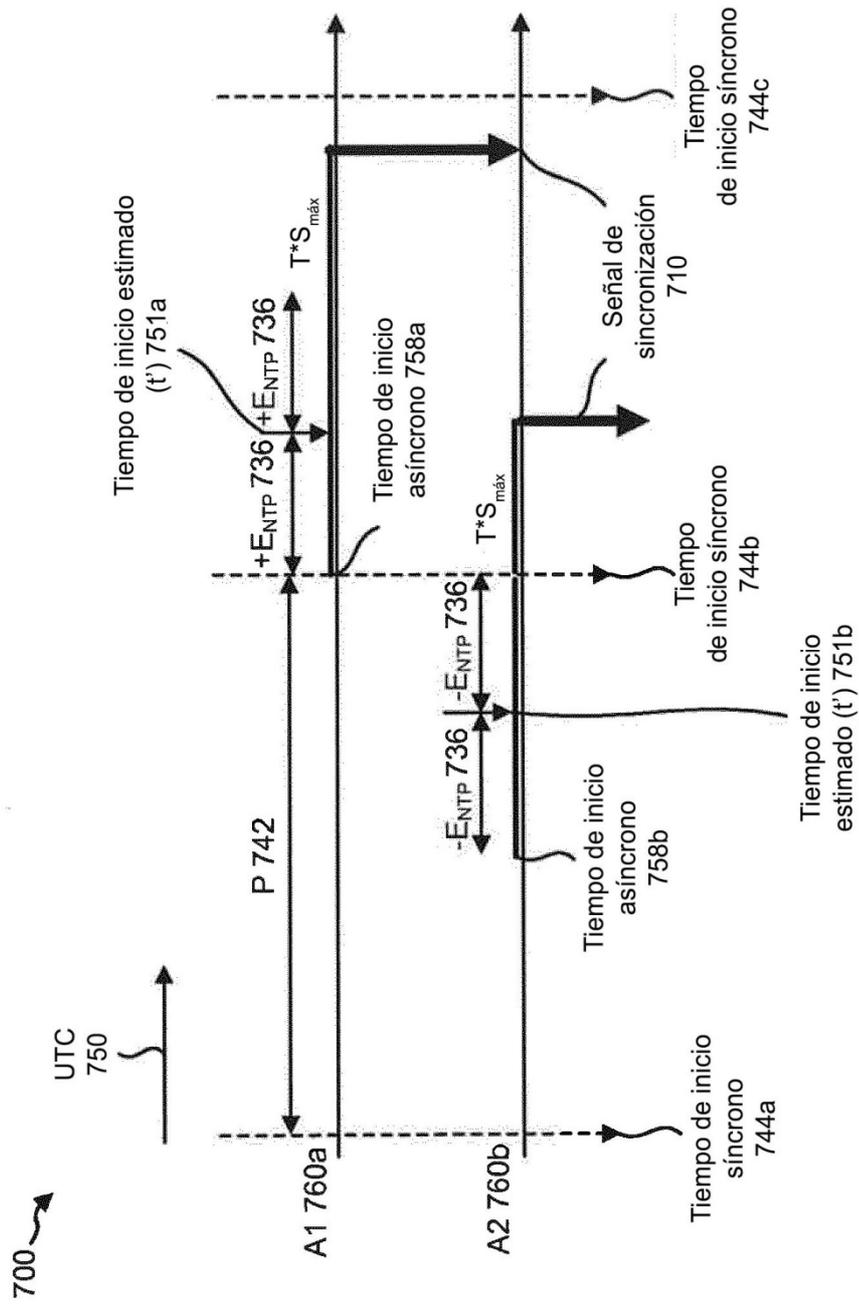
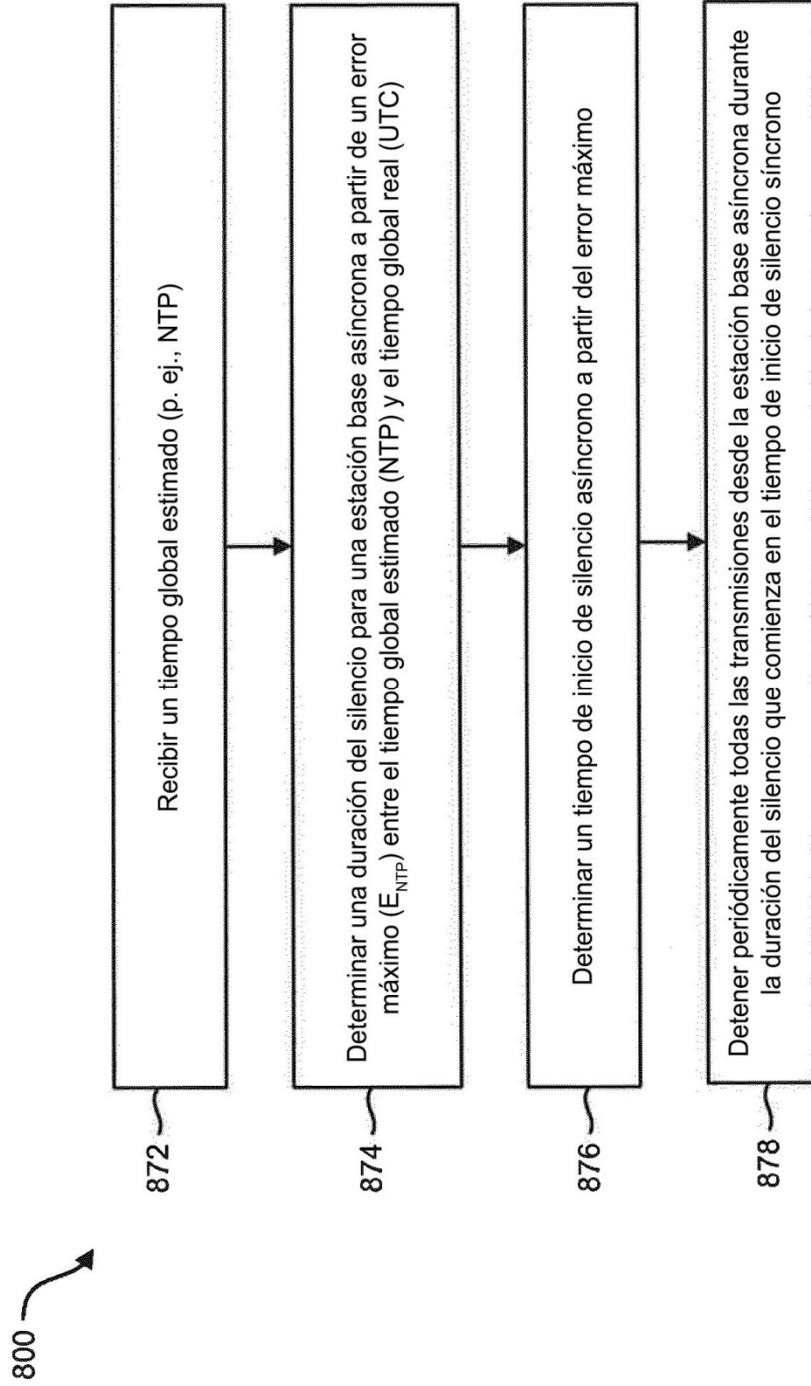
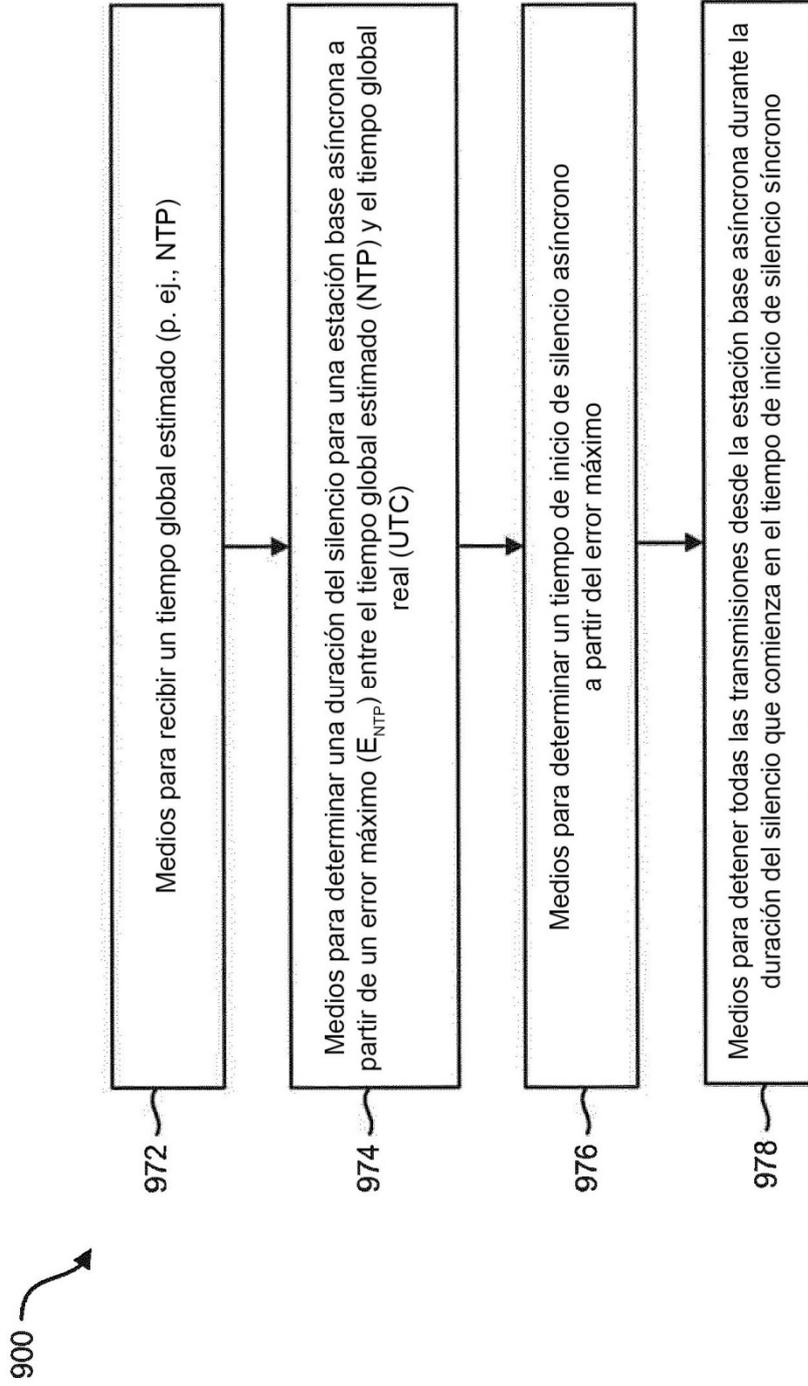


FIG. 7

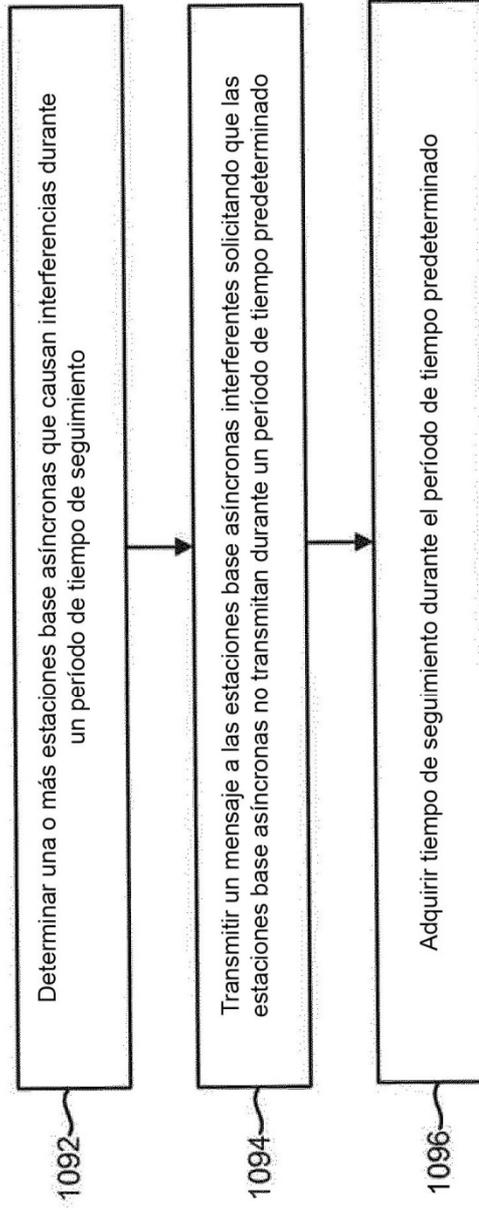


**FIG. 8**



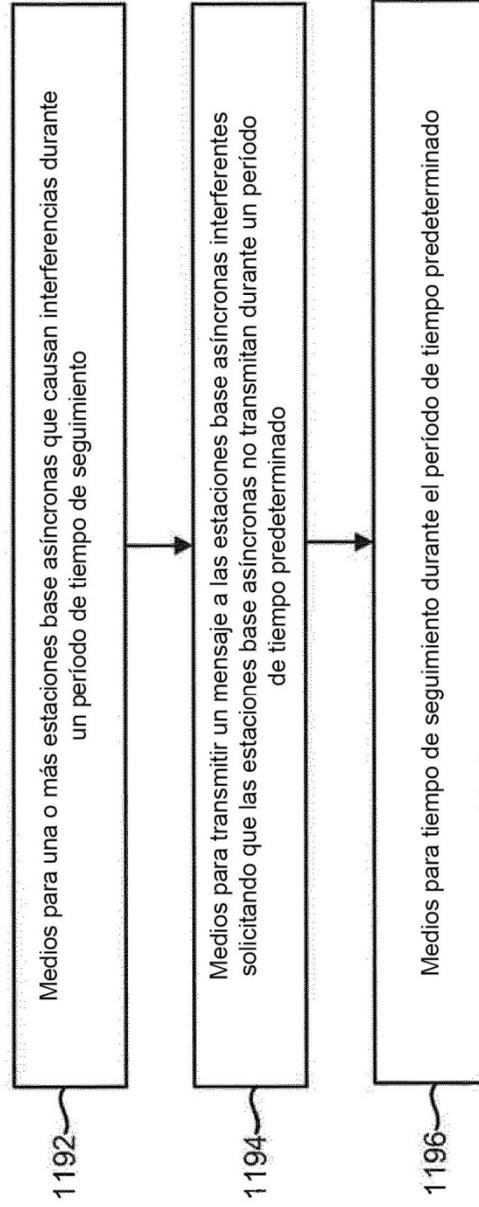
**FIG. 9**

1000 ↗

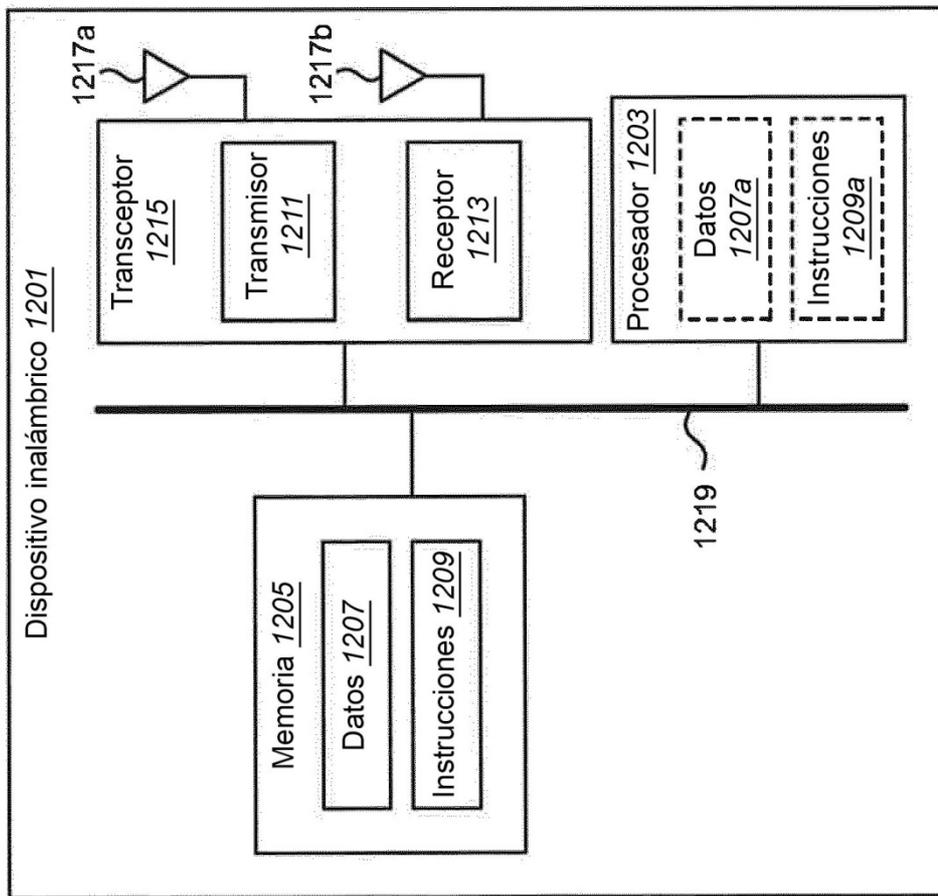


**FIG. 10**

1100 ↗



**FIG. 11**



**FIG. 12**