

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 503 568**

51 Int. Cl.:

H04W 56/00 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2011** **E 11187341 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.08.2014** **EP 2587872**

54 Título: **Sincronización de los nodos en una red**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.10.2014

73 Titular/es:

ITRON, INC. (100.0%)
2111 N. Molter Road
Liberty Lake, WA 99019, US

72 Inventor/es:

MAINAUD, BASTIEN;
NGUYEN, VIET HUNG;
MONIER, FABRICE y
BARTIER, JEROME

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 503 568 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 los nodos en una red

5 Antecedentes de la invención

Una red mallada puede incluir varios nodos, cada uno en comunicación con uno o más otros nodos en la red. Cada nodo incluye un equipo de radio, normalmente capaz de transmisión y recepción. En algunas redes, a modo de ejemplo, la comunicación puede utilizar señales de radiofrecuencia (RF) dispersas a través de una pluralidad de 10 "canales", con cada canal definido a través de una gama de frecuencias particular.

Es posible que un solo canal pueda proporcionar mejor recepción que otro canal. En consecuencia, puede ser conveniente, para nodos en la red, sintonizar secuencialmente un canal después de otro. Lo que antecede puede describirse como "salto operativo de canal" y puede realizarse según un plan de tiempos. Debido al plan de tiempos, 15 la sincronización entre nodos es muy importante.

Una solución clásica para la sincronización implica la difusión de una trama de baliza que contiene una marca temporal. Los nodos que escuchan la baliza sincronizarán sus relojes. Sin embargo, la solución clásica utiliza considerables recursos de redes puesto que, a modo de ejemplo, los nodos denominados nodos 'hoja' propagarán 20 (esto es, redifundirán) la baliza a pesar del hecho de que no tengan nodos hijos. A modo de ejemplo, el documento US 2004/0005902 A1 describe un sistema y método para la sincronización de relojes de baja calidad en una red inalámbrica. El sistema calcula los valores de la deriva del reloj y del retardo de propagación para sincronizar un reloj del cliente a un reloj de referencia.

25 Sumario de la invención

Aspectos de la invención, objeto de reivindicación, se definen en las reivindicaciones independientes adjuntas. Características opcionales se establecen en las reivindicaciones independientes.

30 Breve descripción de los dibujos

La descripción detallada se describe con referencia a los dibujos adjuntos. En los dibujos, los dígitos más a la izquierda de un número de referencia identifica la Figura en la que aparece primero el número de referencia. Los mismos números se utilizan a través de todos los dibujos para la referencia de características y componentes 35 similares. Además, las Figuras están previstas para ilustrar conceptos generales y no para indicar elementos requeridos y/o necesarios.

La Figura 1 es un diagrama que ilustra, a modo de ejemplo, una parte de una red, que incluye una pluralidad de nodos, enrutadores celulares y un servidor de reloj. 40

La Figura 2 es un diagrama que ilustra, a modo de ejemplo, un nodo, que incluye un equipo de radio y una unidad de procesamiento.

La Figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra, a modo de ejemplo, un método mediante el que los relojes en nodos pueden sincronizarse en una red. 45

La Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra, a modo de ejemplo, un método mediante el cual un nodo padre puede proporcionar una baliza a un nodo hijo.

La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra, a modo de ejemplo, un método mediante el cual un nodo puede determinar que es un nodo de hoja. 50

La Figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra, a modo de ejemplo, un método mediante el cual se puede ajustar un periodo de tiempo de sincronización. 55

Descripción detallada de la invención

A continuación se describen técnicas para la sincronización de relojes en nodos en una red según la presente invención. A modo de ejemplo, un nodo define, y luego temporiza o mide, un periodo de tiempo de sincronización. Durante el periodo de tiempo de sincronización, el nodo puede escuchar una baliza, que puede transmitirse a través de un canal de control. En ese caso, el nodo puede reinicializar su reloj, utilizando un indicador de tiempo encontrado en la baliza. Sin embargo, si el nodo está ocupado efectuando la transferencia de datos en un canal distinto del canal de control, puede no recibir una baliza transmitida a través del canal de control. Si el nodo no escucha una baliza antes del final del periodo de tiempo de sincronización, el nodo puede enviar una demanda de baliza a uno o más de sus nodos padres. En respuesta, los nodos padres difundirán una baliza, que puede oírse por 65 el nodo y otros nodos en la proximidad del nodo padre. A la recepción, el nodo, y todos los demás nodos que

reciben la baliza, obtendrán un indicador de tiempo desde la baliza y actualizarán sus relojes. Una vez que se actualice el reloj, se iniciará otro periodo de tiempo de sincronización y se repetirá el ciclo. En consecuencia, el reloj del nodo se sincroniza con relojes de otros nodos, lo que permite una pluralidad de nodos para el canal tengan saltos operativos al unísono.

5 En otra realización, a modo de ejemplo, un nodo puede determinar si es un nodo de hoja. Si es un nodo de hoja, esta información puede utilizarse en una o más capas de protocolos de red. En una realización, a modo de ejemplo, una función de clasificación de hojas establece un temporizador para un periodo de tiempo que indica una hoja. Si no se recibe ninguna demanda de baliza por el nodo dentro del periodo de tiempo, en tal caso, el nodo puede determinar que no tiene ningún nodo hijo y por lo tanto, es un nodo de hoja.

10 En otra puesta en práctica, a modo de ejemplo, el periodo de tiempo de sincronización puede ajustarse para uno o más nodos. A modo de ejemplo, un periodo de tiempo de sincronización de un nodo hoja puede ajustarse para ser ligeramente más largo que un periodo de tiempo de sincronización de un nodo padre del nodo hoja. El periodo de tiempo de sincronización más corto del nodo padre puede dar lugar a la transmisión de una demanda de baliza por el nodo padre y una difusión de la baliza resultante al nodo padre. El nodo hoja puede recibir la misma baliza que el nodo padre, antes de que termine su periodo de tiempo de sincronización y por lo tanto, está libre de la necesidad de enviar una demanda de baliza. Lo que antecede reduce el tráfico de red bajo algunas configuraciones de red.

15 La siguiente descripción incluye varias secciones. Cada sección está prevista para no ser limitadora. Más en particular, esta descripción completa está prevista para ilustrar componentes que puedan utilizarse para sincronizar relojes en nodos en una red, pero no componentes que sean necesariamente requeridos. La descripción comienza con una sección titulada "Red a modo de ejemplo", que describe un entorno operativo que puede poner en práctica las técnicas aquí escritas. Esta sección ilustra y describe una red, a modo de ejemplo, de una arquitectura de alto nivel. A continuación, una sección titulada "Nodo a modo de ejemplo" ilustra y describe una realización, a modo de ejemplo, de componentes, funcionalidad y/o técnicas que pueden incluirse en un nodo. Una sección adicional, titulada "Procesos a modo de ejemplo", ilustra y describe técnicas que pueden utilizarse en la operación de una red y/o nodo. Las secciones tituladas "Procesos de sincronización a modo de ejemplo", "Procesos de identificación de hoja a modo de ejemplo" y "Procesos de ajuste del periodo de tiempo de sincronización a modo de ejemplo" proporcionan, a modos de ejemplos, varias posibles operaciones de nodos y de redes. Por último, la descripción finaliza con una breve conclusión.

20 Esta breve introducción, incluyendo los epígrafes de las secciones y los sumarios correspondientes, se proporciona para la conveniencia del lector y no está prevista para describir y/o limitar el alcance de protección de las reivindicaciones o cualquier sección de esta descripción de la patente. En consecuencia, las "técnicas" aquí descritas pueden referirse a dispositivos, sistemas, métodos y/o instrucciones legibles por ordenador que se permitan por el contexto anterior y a través de todo el documento.

40 Red a modo de ejemplo

La Figura 1 es un diagrama que ilustra una vista de alto nivel de una red 100 y se proporciona como un entorno operativo, a modo de ejemplo, en el que puede realizarse la sincronización de relojes de nodos en una red. La red 100 puede ser inalámbrica por su propia naturaleza y puede incluir señales de comunicación de radiofrecuencia (RF). La red 100 está prevista para proporcionar una puesta en práctica específica y para ilustrar conceptos generales, pero no está prevista para indicar elementos requeridos y/o necesarios. A modo de ejemplo, la red 100 incluye una pluralidad de nodos. Los nodos pueden incluir medidores de servicios públicos, tales como contadores que miden el consumo de electricidad, gas natural y/o agua. Los nodos pueden incluir, de forma adicional o alternativa, enrutadores celulares, transformadores, puntos extremos, conexiones a Internet, servidores y otros elementos de red. Además, aunque lo que se describe tenga aplicación en las redes de distribución inteligente y de infraestructuras de medición avanzadas (AMI), los conceptos son también aplicables en redes de comunicaciones más generales.

A modo de ejemplo, la red 100 puede incluir un servidor de reloj 102 que proporcionar una señal de reloj a dispositivos en la red. El servidor de reloj 102 puede obtener información temporal desde cualquier fuente deseada, tal como el sistema de posicionamiento global (GPS) o difusiones de radio a una frecuencia de 60 kHz (Estados Unidos o Reino Unido), 77.5 kHz (Alemania / Europa), 40 o 60 kHz (Japón) y/o 68.5 kHz (China). El servidor de reloj 102 puede comunicarse con dispositivos en la red por medio de una red de área amplia (WAN) 104 o una estructura alternativa que proporciona una conectividad de red cableada o inalámbrica. Uno o más enrutadores celulares 106, 108 pueden utilizarse para proporcionar una conectividad inalámbrica a un servidor distante (no ilustrado). El servidor distante puede estar situado en una oficina corporativa, instalación de cálculo informático u otro emplazamiento. Cada enrutador celular 106, 108 está asociado con una célula 110, 112 (ilustrada dentro de un perímetro que la define). En cada célula, un número de nodos pueden definir una red de tipo "malla". Los nodos en la red mallada obtienen y transmiten datos (p.e., en su capacidad como medidores de servicios públicos u otros dispositivos de comunicaciones de redes) y sirven también como enrutadores para otros nodos. En particular, la red mallada en cada zona 110, 112 incluye una pluralidad de nodos que colaboran para propagar los datos a través de la red. En la realización, a modo de ejemplo, de la Figura 1, las redes malladas en las células 110, 112 pueden

incluir, cada una de ellas, una pluralidad de nodos, que propagan colectivamente datos a los enrutadores celulares 106, 108 para la transmisión a un servidor distante, tal como en un extremo de cabecera u oficina central.

Uno o más nodos 114 pueden estar situados en cada red mallada. Los nodos pueden ser cualquier tipo de dispositivo de red, algunos de los cuales pueden tener también otra funcionalidad. A modo de ejemplo, los nodos 114 pueden incluir contadores de consumo de servicios públicos, tales como contadores de electricidad, gas y/o agua. De forma adicional o alternativa, uno o más nodos pueden funcionar también como transformadores, subestaciones, dispositivos antirrobo o cualesquiera otros dispositivos presentes en una red de distribución eléctrica inteligente.

Cada nodo 114 puede configurarse para una comunicación bidireccional con uno o más otros nodos. En la realización, a modo de ejemplo, ilustrada en la Figura 1, la comunicación es por medio de uno o más enlaces de radiofrecuencia (RF) inalámbricos 116. Los enlaces de radiofrecuencia RF 116 permiten a cada nodo comunicarse con al menos otro nodo en la red mallada.

La mayor parte de los nodos en la red mallada de cada célula 110, 112 pueden ser un nodo padre y un nodo hijo. A modo de ejemplo, el nodo 118 es un nodo hijo con respecto al nodo 120 y es un nodo padre con respecto al nodo 122. En general, los nodos padres están más próximos a los enrutadores celulares 106, 108, mientras que los nodos hijos están más alejados de los enrutadores celulares. Conviene señalar que esta información, tal como datos de consumo de contadores de servicios públicos, se suele propagar desde los nodos a los enrutadores celulares, que transmiten la información a la oficina central, instalación de cálculo y/o un servidor.

Un nodo hoja 124 es un nodo hijo que no es tampoco un nodo padre. De este modo, un nodo hoja 124 tiene un nodo padre 126 pero ningún nodo hijo. La identificación de nodos hojas es importante en algunas operaciones y en diferentes capas de protocolo de redes. En una realización, a modo de ejemplo, un nodo hoja 124 no necesita proporcionar una baliza que contenga un indicador de tiempo para la actualización del reloj, puesto que no existen nodos flujo abajo (nodos más alejados, o con más saltos operativos, desde el enrutador celular) que requieran dicha baliza. En consecuencia, la identificación de un nodo como un nodo hoja reducirá el tráfico de red, impidiendo dichas balizas.

Si un nodo, a modo de ejemplo, el nodo 128 en la Figura 1, experimenta una interferencia en recepción o está ocupado en un canal distinto a un canal de control cuando se transmite una baliza, puede dejar de oír la baliza y no obtener el indicador de tiempo en la baliza. En consecuencia, a la conclusión de un periodo de tiempo de sincronización, el nodo 128 puede enviar una demanda de baliza 130 a un nodo padre 132. En respuesta, el nodo padre 132 puede dar respuesta con una baliza 134. La baliza puede generarse a partir de la información que incluye la entrada desde un reloj en el nodo padre 132.

Nodo a modo de ejemplo

La Figura 2 es un diagrama que ilustra, a modo de ejemplo, un nodo 200. A modo de ejemplo, el nodo 200 puede ponerse en práctica como cualquiera de una diversidad de dispositivos de cálculo convencionales y dispositivos de infraestructura de medición avanzada (AMI) tales como, a modo de ejemplo, contadores de servicios públicos inteligentes (p.e., contadores de electricidad, gas y/o agua equipados para comunicaciones bidireccionales), sensores (p.e., sensores de temperatura, estaciones meteorológicas, sensores de frecuencias, etc.), dispositivos de control, reguladores, enrutadores, servidores, relés, conmutadores, válvulas o sus combinaciones. A modo de ejemplo concreto, los nodos pueden comprender enrutadores de redes, a veces referidos como un "enrutador de rejilla de distribución inteligente", dispuestos en una estación de enrutadores celulares (p.e., en la parte superior de un poste para transmisión de servicios públicos).

En la ilustración, a modo de ejemplo, de la Figura 2, el nodo 200 puede incluir un equipo de radio 202 y una unidad de procesamiento 204 en comunicación a través de un bus 206. A modo de otro ejemplo, el equipo de radio 202 incluye una antena 208 que proporciona entrada a un extremo frontal de radiofrecuencia (RF) 210. El extremo frontal de RF 210 puede proporcionar funciones de transmisión y de recepción. El extremo frontal de RF 210 puede incluir componentes de hardware y/o analógicos de alta frecuencia que proporcionan una funcionalidad tal como ajuste y atenuación de las señales proporcionadas por la antena 208 y obtenidas desde nodos en la red. A modo de salida, el extremo frontal de RF 210 puede proporcionar datos que suelen estar en la forma de una señal de banda base analógica o digitalizada enviada a un procesador de banda base 212. Un caso particular, que no debe interpretarse como un caso típico y/o limitativo, la salida de extremo frontal de RF 210 puede incluir un flujo de 'unos' y 'ceros' que representen datos y/o paquetes.

La totalidad o parte del procesador de banda base 212 puede configurarse como un equipo de radio definido por software (SW). A modo de ejemplo, el procesador de banda base 212 proporciona una funcionalidad de selección de canales y/o frecuencias para el equipo de radio 202. El equipo de radio definido por software puede incluir componentes que podrían, de forma alternativa, ponerse en práctica utilizando componentes analógicos. A modo de ejemplo, el equipo de radio definido por SW puede incluir mezcladores, filtros, amplificadores, moduladores y/o demoduladores, detectores, etc., puestos en práctica en un programa informático ejecutado por un procesador o

circuito integrado específico de la aplicación (ASIC) u otro dispositivo de cálculo informático incorporado. El equipo de radio definido por software puede utilizar un procesador 214 y definirse por software o almacenarse en memoria 216. En consecuencia, puede establecerse un equilibrio entre la funcionalidad realizada por el extremo frontal de RF 210 y la funcionalidad realizada por el procesador de banda base 212, que puede incluir un equipo de radio definido por software.

La unidad de procesamiento 204 puede incluir uno o más procesadores 214 en comunicación con uno o más dispositivos de memoria 216. Un reloj 218 puede configurarse para mantener la hora del día. El reloj puede configurarse también para proporcionar uno o más temporizadores de conteo ascendente o de conteo descendente. Dichos temporizadores pueden utilizarse para temporizar un periodo de tiempo de sincronización, un periodo de indicación de hoja operativa, periodos utilizados en saltos operativos de frecuencias y/o similares.

Una función de salto operativo de frecuencia 220 puede configurarse para su comunicación con el procesador de banda base 212 y el reloj 218. A modo de ejemplo, la función de saltos operativos de frecuencia 220 está configurada para obtener información temporal y/o ajustar los temporizadores de saltos operativos de frecuencias en el reloj. Dicha información temporal y/o temporizadores indicarán a la función de salto operativo de frecuencia 220 cuándo “saltar” o sintonizar un canal o frecuencia diferente. Además, la función de salto operativo de frecuencia 220 puede configurarse para dirigir el equipo de radio definido por software SW u otro en construcción en el procesador de banda base 212 para realizar los cambios de frecuencia reales. En consecuencia, la función de salto operativo de frecuencia 220 es capaz de desplazarse repetidamente entre frecuencias acordadas, en tiempos también acordados y comunicarse con otros nodos durante periodos acordados de tiempo y en protocolos también acordados.

Una función de sincronización 222 está configurada para sincronizar el reloj 218 con al menos otro reloj. En una realización, a modo de ejemplo, la función de sincronización 222 sincroniza el reloj 218 del nodo 200 con el reloj o servidor de tiempos 102 (véase Figura 1). La sincronización puede realizarse de forma directa o indirecta, tal como a través de una cadena de nodos. Puesto que otros nodos en la red 100 (véase Figura 1) se sincronizan también para el servidor de reloj 102, los relojes de una pluralidad de nodos en la red están sincronizados. Esto es conveniente al menos porque la función de saltos operativos de frecuencia 220 es capaz de obtener información temporal correcta y a su debido tiempo, saltar o sintonizar una frecuencia deseada.

En funcionamiento, la función de sincronización 222 puede establecer o definir un periodo de tiempo de sincronización, que puede temporizarse por el reloj de una manera de conteo ascendente o conteo descendente. Si, durante el periodo de tiempo de sincronización, se recibe una baliza, un indicador de tiempo desde la baliza puede utilizarse para reinicializar y/o corregir la hora del día indicada por el reloj. En consecuencia, la deriva del cristal y/o otros factores que contribuyen a la inexactitud del reloj pueden ser objeto de corrección. Sin embargo, si el periodo de tiempo de sincronización finaliza sin la recepción de una baliza, la función de sincronización 222 puede activar una función de demanda de baliza 224, que demanda que un nodo padre del nodo 200 envíe una baliza al nodo 200. A la recepción de dicha baliza, el reloj se corrige de forma similar.

Si el nodo 200 es un nodo padre (esto es, no es un nodo “hoja”), puede recibir demandas de balizas desde uno o más de sus nodos hijos. En consecuencia, una función de envío de baliza 226 está configurada para la lectura del reloj 218 y para construir una baliza con información de indicador de tiempo adecuada. La baliza puede configurarse como un paquete que tiene la información de indicador de tiempo, que luego se difunde al nodo hijo que efectuó la demanda de la baliza. Además, la difusión puede recibirse por otros nodos en la proximidad del nodo 200.

Una función de clasificación de hojas 228 está configurada para determinar si el nodo 200 es un nodo “hoja”. Un nodo hoja es un nodo que no tiene ningún nodo hijo asociado. Varias funciones realizadas por varias capas de protocolos requieren y/o se benefician del conocimiento de si un nodo es un nodo ‘hoja’. A modo de ejemplo, una determinación de que un nodo es un nodo hoja permite que el nodo se abstenga de enviar balizas con indicadores de tiempo, puesto que otros nodos están mejor servidos obteniendo sus balizas desde sus nodos padres.

En funcionamiento, la función de clasificación de nodos hoja 228 puede utilizar el reloj para temporizar un periodo de tiempo de indicación de hoja. Este periodo de tiempo puede seleccionarse de modo que, si a la conclusión del periodo, el nodo ha recibido una demanda de baliza, en tal caso, es probable que el nodo sea realmente un nodo hoja. Es decir, puesto que el nodo dejó de recibir una demanda de baliza y puesto que dichas demandas están dirigidas en nodos padres, es probable que el nodo no sea un nodo padre y por lo tanto, sea un nodo hoja.

En una realización, a modo de ejemplo, una función de ajuste del periodo de tiempo de sincronización 230 puede incluirse en la unidad de procesamiento 204. En algunas aplicaciones, a modo de ejemplo, el tráfico de la red puede reducirse algo si diferentes nodos tienen periodos de tiempo de sincronización de longitud diferente. El periodo de tiempo de sincronización es el periodo de tiempo después del cual, si no se ha recibido una baliza, debe enviarse una demanda de baliza. La función de ajuste del periodo de tiempo de sincronización 230 puede modificar el periodo de tiempo de sincronización del nodo. A modo de ejemplo, si el nodo es conocido que es un nodo ‘hoja’, puede ser deseable una ligera extensión del periodo de tiempo de sincronización. Debido a esta ligera extensión, el nodo padre del nodo hoja puede alcanzar el final de su periodo de tiempo de sincronización y enviar una demanda de baliza,

antes de la terminación del periodo de tiempo de sincronización del nodo 'hoja'. La baliza resultante, que puede oírse por el nodo padre y por el nodo hoja puede llegar antes de la terminación del periodo de tiempo de sincronización del nodo hoja. En consecuencia, el periodo de tiempo de sincronización ligeramente más largo del nodo 'hoja' puede dar lugar a menos demandas de balizas, menos balizas y en general, menos tráfico de red.

5 Procesos a modo de ejemplo

Los procesos, a modo de ejemplo, ilustrados en las Figuras 3 a 6 pueden entenderse, en parte, haciendo referencia a las configuraciones de las Figuras 1 a 2. Sin embargo, las Figuras 3 a 6 contienen una aplicabilidad general y no están limitadas por otras figuras de dibujos y/o descripción anterior.

15 Cada proceso aquí descrito se ilustra como un conjunto de actos, bloques u operaciones en un gráfico de flujo lógico, que representan una secuencia de operaciones que pueden poner en práctica en hardware, software o una de sus combinaciones. Los procesos pueden incluir almacenar, en una memoria comunicativamente acoplada a un procesador, instrucciones ejecutables por ordenador para realizar un método, tal como un método de sincronización de relojes en nodos en una red y luego, ejecutar las instrucciones en el procesador.

20 En el contexto de software, las operaciones representan instrucciones ejecutables por ordenador memorizadas en uno o más soportes legibles por ordenador o medios de almacenamiento legibles por ordenador que, cuando se ejecutan por uno o más procesadores, realizan las operaciones previstas. Dichos medios legibles por ordenador, procesadores e instrucciones legibles por ordenador pueden situarse en un sistema (p.e., nodo 200 ilustrado en la Figura 2) según un diseño deseado o puesta en práctica prevista. La memoria 216, ilustrada en la Figura 2, es representativa de medios legibles por ordenador por ordenador en general, tanto extraíbles como extraíbles y de cualquier tecnología. En consecuencia, las operaciones indicadas representan acciones, tales como las descritas en las Figuras 3 a 6 y se toman bajo control de uno o más procesadores configurados con instrucciones ejecutables para realizar las acciones indicadas. En general, las instrucciones ejecutables por ordenador incluyen rutinas, programas, objetos, componentes, estructuras de datos y similares que realizan funciones particulares o ponen en práctica tipos de datos abstractos particulares. El orden en el que se describen las operaciones no está previsto para interpretarse como una limitación y cualquier número de las operaciones descritas pueden combinarse en cualquier orden y/o en paralelo para poner en práctica el proceso. La descripción anterior puede aplicarse a otros procesos aquí descritos.

35 Los medios legibles por ordenador por ordenador incluyen medios volátiles y no volátiles, extraíbles y no extraíbles, puestos en práctica en cualquier método o tecnología para memorización de información, tales como instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programas u otros datos. Los medios legibles por ordenador incluyen, sin limitación, memorias RAM, ROM, EEPROM, memoria instantánea u otra tecnología de memorias, CD-ROM, discos digitales versátiles (DVD) u otro medio de almacenamiento óptico, casetes magnéticas, cintas magnéticas, memoria de disco magnético u otros dispositivos de memoria magnéticos o cualquier otro medio no de transmisión que pueda utilizarse para memorizar información para acceso por medio de un dispositivo informático. Cualquiera de dichos medios legibles por ordenador puede ser parte del sistema 200. Además. Los medios legibles por ordenador pueden incluir instrucciones ejecutables por ordenador que, cuando se ejecutan por los procesadores 214, realizan varias funciones y/o operaciones aquí descritas.

45 Además, para los fines aquí descritos, un medio legible por ordenador puede incluir la totalidad o parte de un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC) u otro dispositivo de hardware. Dicho dispositivo de hardware puede configurarse para incluir otra funcionalidad, incluyendo las funciones realizadas en los nodos de sincronización en una red. En consecuencia, en dicho circuito integrado, uno o más procesadores están configurados con instrucciones ejecutables, que pueden definirse por lógica, transistores u otros componentes o por una memoria incorporada.

50 Por el contrario, los medios de comunicaciones pueden incluir una señal de datos modulada u otra señal o medio transitorio. Según aquí se define, el medio legible por ordenador no incluye los medios de comunicaciones y/o ondas portadoras o señales de datos.

55 Procesos de sincronización a modo de ejemplo

La Figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso 300, a modo de ejemplo, mediante el que pueden sincronizarse los relojes de nodos en una red. A modo de ejemplo, el proceso 300 puede realizarse por un nodo u otro dispositivo en una red o en un entorno de red. Los procesos pueden incluir la transmisión de una demanda de baliza y la recepción de una baliza, que puede incluir un indicador de tiempo. Dicha baliza puede ser difundida por un nodo padre, un enrutador celular o un servidor de tiempos.

65 Los procesos pueden determinar si una baliza, utilizada para actualizar y de este modo, sincronizar el reloj de un nodo en una red, ha sido recibida durante un periodo de tiempo de sincronización. En algunos casos, un nodo no recibirá una baliza debido a interferencias de radio y/o comunicación de uso intensivo de tiempo en canales que no sean el canal de control. Si no se recibe una baliza, en tal caso, una demanda de baliza puede enviarse a un nodo

padre del nodo y una baliza se difunde en respuesta. A la recepción de la baliza, sea o no solicitada por una demanda de baliza, un indicador de tiempo desde la baliza se utiliza para ajustar y de este modo, sincronizar el reloj en el nodo. En consecuencia, el reloj del nodo está sincronizado con respecto a los relojes de otros nodos. Esto es conveniente en operaciones de redes, tal como saltos operativos de frecuencias, en donde los nodos sintonizan una secuencia particular de frecuencias o canales en momentos particulares.

La Figura 3 ilustra que en funcionamiento 302, se temporiza un periodo de tiempo de sincronización. A modo de ejemplo, el reloj del nodo se utiliza para el conteo ascendente o el conteo descendente para, de este modo, temporizar o medir un periodo de tiempo de sincronización. El periodo de tiempo de sincronización puede ser un periodo de tiempo en el margen de 1 a 2 horas. Sin embargo, las salidas significativas desde este margen pueden utilizarse como el periodo de tiempo de sincronización.

En funcionamiento 304, se realiza una determinación de si fue recibida una baliza antes del final del periodo de tiempo de sincronización. En un entorno de red de RF, es común para un nodo de tipo "escucha casual" una difusión de baliza por otro nodo en la proximidad general. Dicha baliza puede haber sido enviada en respuesta a una demanda de baliza de un nodo adicional. En consecuencia, una baliza demandada por un nodo demandante y difundida por un nodo remitente puede oírse por una pluralidad de nodos en la proximidad del nodo de envío. En consecuencia, la determinación de si se recibió una baliza antes del final del periodo de tiempo de sincronización puede relacionarse con si un nodo en la proximidad del nodo transmitió una baliza, quizás demandada por otro nodo, durante el periodo de tiempo de sincronización. En la puesta en práctica, a modo de ejemplo, ilustrada en la Figura 2, la función de sincronización 222 puede utilizar el reloj 218 para realizar la operación 304. De este modo, la función de sincronización 222 puede vigilar la baliza entrante y coordinarse con el reloj para realizar la determinación de si la baliza llegó antes del final del periodo de tiempo de sincronización.

En funcionamiento 306, si se recibió una baliza durante el periodo de tiempo de sincronización, el periodo de tiempo de sincronización puede reiniciarse a la recepción de la baliza recibida o a la corrección del reloj utilizando información procedente de la baliza. Es decir, la temporización del periodo de tiempo de sincronización se inicia de nuevo, aún cuando no estuviera terminado el periodo de tiempo de sincronización inicial. De este modo, el periodo de tiempo de sincronización puede ser una medida del tiempo que ha transcurrido desde que fue recibida una baliza. De modo similar, el periodo de tiempo de sincronización puede ser una alarma establecida para indicar cuando ha transcurrido un periodo de tiempo prescrito desde que se recibió una última baliza. En la ilustración, a modo de ejemplo, de la Figura 2, la función de sincronización 222 puede reiniciar el periodo de tiempo de sincronización a la recepción de la baliza. El periodo de tiempo de sincronización puede medirse mediante la operación de temporizadores asociados con el reloj 218.

En funcionamiento 308, a la recepción de la baliza, un reloj en el nodo se actualiza en función del indicador de tiempo contenido en la baliza. De este modo, el indicador de tiempo en la baliza puede proporcionar una corrección al reloj, que puede haber sufrido una ligera discrepancia respecto al tiempo real debido a deriva del cristal u otros factores. En la ilustración de la Figura 2, a modo de ejemplo, la función de sincronización 222 puede utilizar el indicador de tiempo en la baliza para ajustar la hora del reloj 218.

En funcionamiento 310, en el caso de que no se recibiera una baliza antes de la terminación del periodo de tiempo de sincronización puede enviarse una demanda de baliza. Como una etapa en el envío de la demanda de baliza, puede determinarse desde qué nodo padre se han obtenido más balizas por el nodo. De este modo, si un nodo tiene más de un nodo padre, puede ser de utilidad enviar la demanda de baliza al nodo desde el que se suele recibir una baliza. Esta operación puede reducir el tráfico de la red evitando la transmisión de demandas de balizas que estén dirigidas a nodos que sea menos probable que cumplan o cuyas balizas sean menos probables que sean recibidas. En la ilustración, a modo de ejemplo, de la Figura 2, la función de demanda de balizas 224 puede configurarse para determinar un nodo padre adecuado al que enviar la demanda de baliza, posiblemente teniendo en cuenta qué nodo padre ha predeterminado históricamente la mayoría de las balizas. A modo de ejemplo, si un nodo padre frecuentemente o normalmente proporciona balizas que son sobre-escuchadas antes de la terminación del periodo de tiempo de sincronización, en tal caso, la demanda de baliza puede dirigirse a ese nodo padre.

En funcionamiento 312, se envía una demanda de baliza, iniciada por la falta de escucha de una baliza durante el periodo de tiempo de sincronización. A modo de ejemplo, la demanda de baliza puede enviarse a un nodo padre conocido del nodo. En una alternativa, a modo de ejemplo, la demanda de baliza puede difundirse en una manera más general, tal como a cualquier nodo disponible. En funcionamiento 314, a modo de ejemplo, una red de RF se utiliza para enviar la demanda de baliza. En un entorno de red alternativo, la demanda de baliza podría enviarse, como alternativa, a través de una red cableada u otra red. En funcionamiento 316, a modo de otro ejemplo, un canal de control (esto es, una grama de frecuencias designada como un canal de control) puede utilizarse para enviar la demanda de baliza y/o para recibir la baliza.

En funcionamiento 318, se recibe una baliza en respuesta a la demanda de baliza. La baliza puede incluir un indicador de tiempo, que puede utilizarse para actualizar un tiempo indicado por el reloj. En consecuencia, el reloj se llega a sincronizar con otros relojes en otros nodos de la red. En la ilustración, a modo de ejemplo, de la Figura 2, la

función de sincronización 222, o una función alternativa, puede actualizar el reloj 218 en respuesta a la recepción de la baliza.

5 En funcionamiento 320, el periodo de tiempo de sincronización se reinicia a la recepción de la baliza y/o a la actualización del reloj. En la ilustración, a modo de ejemplo, de la Figura 2, el funcionamiento de sincronización 222 puede reiniciar el periodo de tiempo de sincronización en respuesta a la recepción de la baliza y/o actualización del reloj 218.

10 En funcionamiento 308, a la recepción de la baliza, se puede actualizar el reloj. La actualización del reloj puede realizarse por la función de sincronización 222 o una función similar. La actualización del reloj puede iniciar una reiniciación del periodo de tiempo de sincronización, sino se reinició anteriormente a la recepción de la baliza.

15 En funcionamiento 322, el nodo puede seguir realizando funciones que requieren un conocimiento exacto del tiempo, tal como un salto operativo de canal. El salto operativo de canal (p.e., cambios secuencias en las frecuencias sintonizadas en una manera temporizada) puede realizarse en función del reloj actualizado. En consecuencia, los nodos con relojes actualizados y/o sincronizados son capaces de sintonizar frecuencias en una manera sincronizada.

20 La Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso 400, a modo de ejemplo, mediante el que puede servirse una demanda de baliza. En consecuencia, mientras que la Figura 3 describió una realización, a modo de ejemplo, en la que un nodo hijo podría obtener una baliza, la Figura 4 describe, a modo de ejemplo, una realización en la que un nodo padre puede proporcionar dicha baliza.

25 La Figura 4 ilustra que en funcionamiento 402 se recibe una demanda de baliza en el nodo padre. La demanda de baliza puede haberse enviado por un nodo hijo del nodo padre. En la ilustración, a modo de ejemplo, de la Figura 1, el nodo 118 puede recibir una demanda de baliza desde su nodo hijo 122.

30 En funcionamiento 404, una baliza está configurada para la transmisión al nodo hijo, normalmente incluyendo un indicador de tiempo o estructura de datos que indica un tiempo actual. El indicador de tiempo puede basarse en el reloj del nodo que recibe la demanda de baliza.

En funcionamiento 406, el nodo padre envía la baliza al nodo hijo. Puesto que la transmisión de la baliza puede realizarse por RF, todos los nodos en la proximidad del nodo padre pueden recibir, de forma oportuna, la baliza.

35 Procesos de identificación de nodos 'hoja' a modo de ejemplo

40 La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso 500, a modo de ejemplo, en el que un nodo puede determinar si es un nodo 'hoja'. Un nodo 'hoja' es un nodo que no es un nodo padre. El conocimiento de que un nodo es un nodo 'hoja' es de utilidad en la sincronización de la red. Por cuanto que los nodos 'hoja' pueden configurarse para abstenerse de difundir balizas y de este modo, reducir el tráfico de red. Además, el conocimiento de que un nodo es un nodo 'hoja', puede ser conveniente en la operación de varias capas de protocolos de redes. A modo de ejemplo, un nodo puede determinar que es un nodo 'hoja' si, durante un periodo de tiempo suficiente, no recibe una demanda de baliza. Puesto que los nodos padres reciben demandas de balizas y los nodos 'hoja' no tienen nodos hijos, la falta de recibir una demanda de baliza es característica de un nodo 'hoja'. En consecuencia, el hecho de no haber recibido una demanda de baliza en el transcurso del tiempo, es indicativo de que el nodo puede llegar a ser progresivamente más cierto que sea un nodo 'hoja'.

50 La Figura 5 ilustra que en funcionamiento 502 se establece un temporizador o se reinicia para un periodo de tiempo de indicación de nodo 'hoja'. El periodo de tiempo de indicación de nodo 'hoja' puede seleccionarse para proporcionar una certidumbre deseada de que el nodo es realmente un nodo 'hoja'. Un periodo de tiempo más largo proporciona mayor certidumbre, mientras que un periodo de tiempo más corto puede proporcionar las ventajas del conocimiento de estado del nodo 'hoja' con mayor prontitud. Un equilibrio de los factores de competencia puede ajustarse para adaptar la aplicación y el tiempo establecido. En la ilustración, a modo de ejemplo, de la Figura 2, la función de clasificación de nodo 'hoja' 228 puede utilizarse por un nodo para determinar si se trata de un nodo 'hoja'.

55 En funcionamiento 504, se determina si se ha recibido una demanda de baliza durante el periodo de tiempo de indicación de nodo 'hoja'. En funcionamiento 506, un nodo puede clasificarse a sí mismo y/o ser clasificado como un nodo 'hoja' o no, dependiendo de si se recibió una demanda de baliza durante el periodo de tiempo de indicación de nodo 'hoja'. La falta de recibir una demanda de baliza indica que el nodo sea probablemente un nodo 'hoja'. En funcionamiento 508, si el nodo ha sido encontrado como siendo un nodo 'hoja', se impide la transmisión de una baliza. En consecuencia, se preserva el ancho de banda de la red.

60 Procesos de ajuste del periodo de tiempo de sincronización a modo de ejemplo

65 La Figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra, a modo de ejemplo, un proceso 600 mediante el que se puede ajustar el periodo de tiempo de sincronización en uno o más nodos en la red. El periodo de tiempo de sincronización

es el periodo de tiempo durante el cual un nodo está a la espera de oír una baliza. Si, después de transcurrir el periodo de tiempo de sincronización, el nodo no había escuchado una baliza, entonces el nodo enviará una demanda de baliza a un nodo padre. En una puesta en práctica, a modo de ejemplo, el periodo de tiempo de sincronización puede ser diferente para distintos nodos. La longitud del periodo de tiempo de sincronización puede basarse en una posición del nodo dentro de la red mallada. Como alternativa o de forma adicional, el periodo de tiempo de sincronización puede basarse, al menos en parte, en la aleatorización, de modo que diferentes nodos tengan diferentes periodos de tiempo de sincronización. En funcionamiento, un periodo de tiempo de sincronización ligeramente más largo, para un nodo 'hoja', puede significar que será más probable escuchar una baliza prevista para su nodo padre antes de la terminación del periodo de tiempo de sincronización. En tal circunstancia, el nodo 'hoja' será más raro que transmita una demanda de baliza, con lo que se reduce el tráfico de la red. En consecuencia, la Figura 6 ilustra factores que, de forma individual y en combinación, pueden utilizarse para ajustar un periodo de tiempo de sincronización de un nodo y para reducir ventajosamente el tráfico de la red. En la ilustración, a modo de ejemplo, de la Figura 2, la función de ajuste del periodo de tiempo de sincronización 230 puede utilizarse para ajustar un periodo de tiempo de sincronización de un nodo.

La Figura 6 ilustra que en funcionamiento 602, se ajusta un periodo de tiempo de sincronización, en parte, como una función de un número de demandas de balizas recibidas y/o enviadas en el transcurso del tiempo. En esta operación, a modo de ejemplo, un gran número de demandas de balizas puede indicar que el nodo es un nodo padre para varios otros nodos. Las demandas de balizas que recibe desde sus nodos hijos utilizan el ancho de banda de la red. Este ancho de banda puede reducirse, en algunos casos, acortando el periodo de tiempo de sincronización del nodo. Lo que antecede puede hacer que el nodo demande una baliza antes de que lo hiciera de otro modo. La baliza resultante puede oírse por uno o más de los nodos hijos, con lo que se impide que envíen una demanda de baliza.

En funcionamiento 604, el periodo de tiempo de sincronización del nodo puede ajustarse para ser más corto que un periodo de tiempo de sincronización de un nodo hijo del nodo. De una manera similar a la anteriormente descrita, un nodo padre con un periodo de tiempo de sincronización más corto puede realizar una demanda de baliza, que dé lugar a que una baliza se escuche por la baliza y su nodo hijo. De este modo el nodo hijo no envía una demanda de baliza y se conserva el ancho de banda de la red.

En funcionamiento 606, el nodo puede establecer su periodo de tiempo de sincronización para ser más corto si se reciben más demandas de balizas que las que se envían o más largo si se envían más demandas de balizas que las que se reciben. En consecuencia, ambos nodos padre e hijo pueden intentar ajustar sus periodos de tiempo de sincronización para reducir el número de demandas de balizas y por lo tanto, la magnitud del tráfico de la red.

En funcionamiento 608, el periodo de tiempo de sincronización para nodos de flujo ascendente (nodos más próximos a, o con menos saltos operativos desde, el enrutador celular) se establece para ser más corto que los nodos de flujo abajo (nodos más alejados de, o con más saltos operativos desde, el enrutador celular). En particular, un nodo de flujo descendente (tal como un nodo 'hoja') puede configurarse con un periodo de tiempo de sincronización ligeramente más largo. Esto proporciona a dicho nodo 'hoja' un periodo de tiempo ligeramente más largo para escuchar una baliza, tal como una baliza dirigida a su nodo padre. Puesto que el nodo flujo abajo escuchó una baliza, no enviará una demanda de baliza, por lo que se reduce el tráfico de la red.

En funcionamiento 610, el periodo de tiempo de sincronización del nodo puede establecerse sobre la base de al menos, en parte, una aleatorización.

En otras formas de realización, se da a conocer un método de funcionamiento de un nodo, que comprende:

temporizar un periodo de tiempo, indicador de nodo 'hoja', en un reloj;

escuchar una demanda de baliza durante el periodo de tiempo de indicación de nodo 'hoja', incluyendo esa escucha la recepción de señales de radiofrecuencia (RF) en un canal de control definido en una red mallada;

la determinación de si se ha recibido una demanda de baliza desde un nodo hijo del nodo, durante el periodo de tiempo de indicación de nodo 'hoja' y

clasificar el nodo como un nodo 'hoja' si el nodo no ha recibido una demanda de baliza dentro del periodo de tiempo de indicación de nodo 'hoja'.

De forma opcional, el método comprende, además:

temporizar un periodo de tiempo de sincronización en el reloj; si se recibe una demanda antes de la terminación del periodo de tiempo de sincronización se reinicia entonces, el periodo de tiempo de sincronización;

si no se recibe una baliza antes de la terminación del periodo de tiempo de sincronización, entonces:

enviar una demanda de baliza;

recibir una baliza en respuesta a la demanda de baliza y

5 reiniciar el periodo de tiempo de sincronización;

actualizando el reloj en función de un indicador de tiempo dentro de la baliza recibida.

De forma opcional, el método comprende, además:

10

recibir una segunda demanda de baliza desde un segundo nodo;

configurar una segunda baliza con un indicador de tiempo basado en el reloj y

15 enviar la segunda baliza al segundo nodo.

De forma opcional, el método comprende, además:

20

ajustar una duración del periodo de tiempo de sincronización del nodo para ser más larga que los periodos de tiempo de sincronización de nodos con menos saltos operativos desde el enrutador celular o para ser más corto que los periodos de tiempo de sincronización de nodos más alejados del enrutador celular.

De modo opcional, el método en donde una duración del periodo de tiempo de sincronización del nodo se ajustar para reducir el tráfico de la red.

25

Estas características y otras características opciones de esta forma de realización pueden ser también características de otras formas de realización.

REIVINDICACIONES

1. Un método de funcionamiento de un nodo (114, 118, 120, 122, 124, 126, 128,132, 200) que comprende:
- 5 el ajuste de una duración de un periodo de tiempo de sincronización en un reloj (218) del nodo, en donde una duración del periodo de tiempo de sincronización se establece al menos en parte como una función de:
- un número de demandas de balizas (130) recibidas durante un periodo de tiempo y un número de demandas de balizas (130) enviadas durante el curso del periodo de tiempo;
- 10 la escucha de una baliza (134) durante el periodo de tiempo de sincronización, incluyendo esa escucha la recepción de señales de radiofrecuencia (RF) en un canal de control definido en una red mallada;
- 15 el envío de una demanda de baliza (130), a la conclusión del periodo de tiempo de sincronización y cuando no se ha recibido ninguna baliza (134), el envío incluyendo la transmisión de RF a través del canal de control de un paquete dirigido a un nodo padre del nodo;
- la recepción de una baliza (134) procedente del nodo padre, en respuesta a la demanda de baliza (130), proporcionando la baliza un indicador de tiempo;
- 20 la actualización del reloj (218) del nodo según el indicador de tiempo y
- la reiniciación del periodo de tiempo de sincronización.
- 25 2. El método según la reivindicación 1, que comprende, además, clasificar el nodo como un nodo 'hoja' (124) si el nodo no ha recibido una demanda de baliza (130) en un periodo de tiempo que indica un nodo 'hoja' medido por el reloj (218).
3. El método según la reivindicación 1 que comprende, además:
- 30 el ajuste de una duración de un periodo de tiempo que indica un nodo 'hoja' en un reloj;
- la escucha de una demanda de baliza (130) durante el periodo de tiempo de indicación de nodo 'hoja', incluyendo esa escucha la recepción de señales de radiofrecuencia (RF) a través del canal de control definido en una red mallada;
- 35 la determinación de si una demanda de baliza (130) se ha recibido desde un nodo hijo del nodo, durante el periodo de tiempo de indicación de un nodo 'hoja' y
- 40 la clasificación del nodo como un nodo hoja (124) si el nodo no ha recibido una demanda de baliza (130) dentro del periodo de tiempo de indicación de un nodo 'hoja'.
4. El método según la reivindicación 1 que comprende, además:
- 45 la recepción de una demanda de baliza (130) procedente de un segundo nodo;
- la configuración de una segunda baliza con un segundo indicador de tiempo sobre la base del reloj del nodo y
- 50 el envío de la segunda baliza al segundo nodo.
5. El método según la reivindicación 1, en donde el envío de la demanda de baliza (130) comprende:
- la determinación de un nodo a partir del cual se han obtenido más balizas y
- 55 el envío de la demanda de baliza (130) al nodo determinado.
6. El método según la reivindicación 1, en donde una duración del periodo de tiempo de sincronización del nodo se ajusta sobre la base de una posición del nodo dentro de la red mallada.
- 60 7. El método según la reivindicación 1 o la reivindicación 6, en donde una duración del periodo de tiempo de sincronización del nodo está basada en parte en una aleatorización.
8. El método según la reivindicación 1 que comprende, además:
- 65 cuando se recibe una baliza (134) antes de la expiración del periodo de tiempo de sincronización, la reiniciación del periodo de tiempo de sincronización.

9. El método según la reivindicación 1, que comprende, además:

el ajuste de una duración del periodo de tiempo de sincronización del nodo sobre la base, en parte, de un número de saltos operativos desde el enrutador celular (106, 108).

10. El método según la reivindicación 9 que comprende, además:

el ajuste de una duración del periodo de tiempo de sincronización del nodo para ser más corto que los periodos de tiempo de sincronización de nodos que estén más alejados del enrutador celular (106, 108) que el propio nodo.

11. El método según la reivindicación 9 o la reivindicación 10 que comprende, además:

el ajuste de una duración del periodo de tiempo de sincronización del nodo para ser más largo que los periodos de tiempo de sincronización de nodos que estén más próximos al enrutador celular (106, 108) que el propio nodo.

12. Un nodo (200) que comprende:

un procesador (214),

una memoria (216), en comunicación con el procesador;

un reloj (218), en comunicación con el procesador;

una función de sincronización (222), definida en la memoria (216) y ejecutable por el procesador (214), estando la función de sincronización configurada para medir un periodo de tiempo de sincronización utilizando el reloj (218),

una función de demanda de baliza (224), definida en la memoria (216) y ejecutable por el procesador (214), estando la función de demanda de baliza configurada para:

generar una demanda de baliza en respuesta a una conclusión del periodo de tiempo de sincronización sin recepción de una baliza, en donde el reloj está configurado para actualizarse en función de un indicador de tiempo en una baliza que se recibe en respuesta a la demanda de baliza y

acortar el periodo de tiempo de sincronización en respuesta a un número de demandas de baliza recibidas por el nodo que sea mayor que un número de demandas de balizas que se envía por el nodo en un mismo periodo de tiempo o

alargar el periodo de tiempo de sincronización en respuesta a un número de demandas de balizas que se reciben por el nodo siendo más pequeño que un número de demandas de balizas que se envían por el nodo.

13. El nodo (200) según la reivindicación 12, que comprende, además:

una función de clasificación de nodo 'hoja' (228), definida en la memoria (216) y ejecutable por el procesador (214) y configurada para

medir un periodo de tiempo de indicación de nodo 'hoja' utilizando el reloj (218);

determinar si una demanda de baliza llegó al nodo durante el periodo de tiempo de indicación de nodo 'hoja' y

clasificar el nodo como un nodo padre o un nodo 'hoja' sobre la base de la determinación.

14. El nodo (200) según la reivindicación 12, en donde una duración del periodo de tiempo de sincronización del nodo está basada, en parte, en una aleatorización.

15. El nodo (200) según la reivindicación 12 que comprende, además:

un equipo de radio (202), en comunicación con el procesador (214) y configurado para:

enviar demandas de balizas en respuesta a la función de demanda de baliza;

recibir balizas en respuesta a las demandas de balizas y

realizar una función de salto operativo de frecuencia.

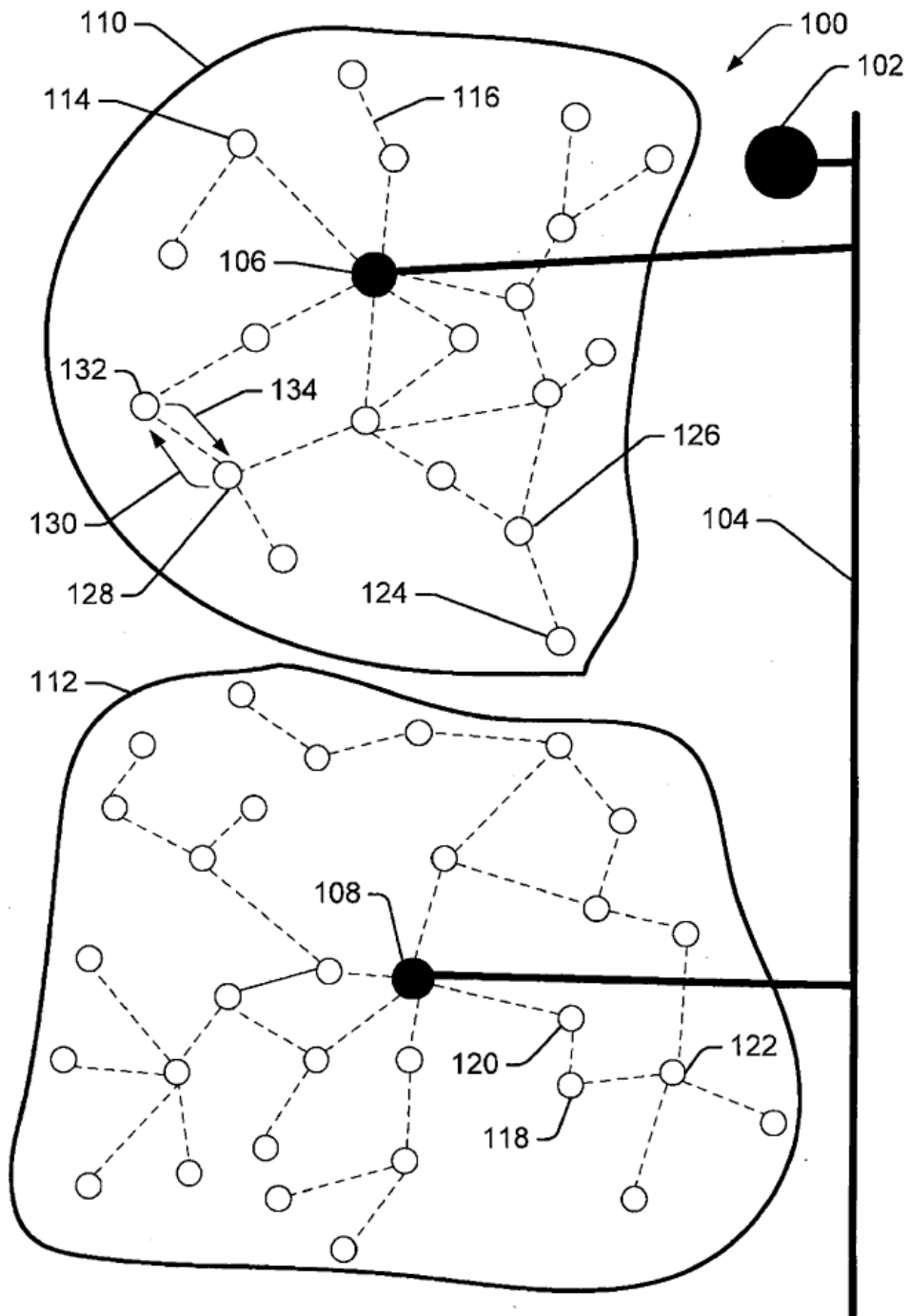


FIG. 1

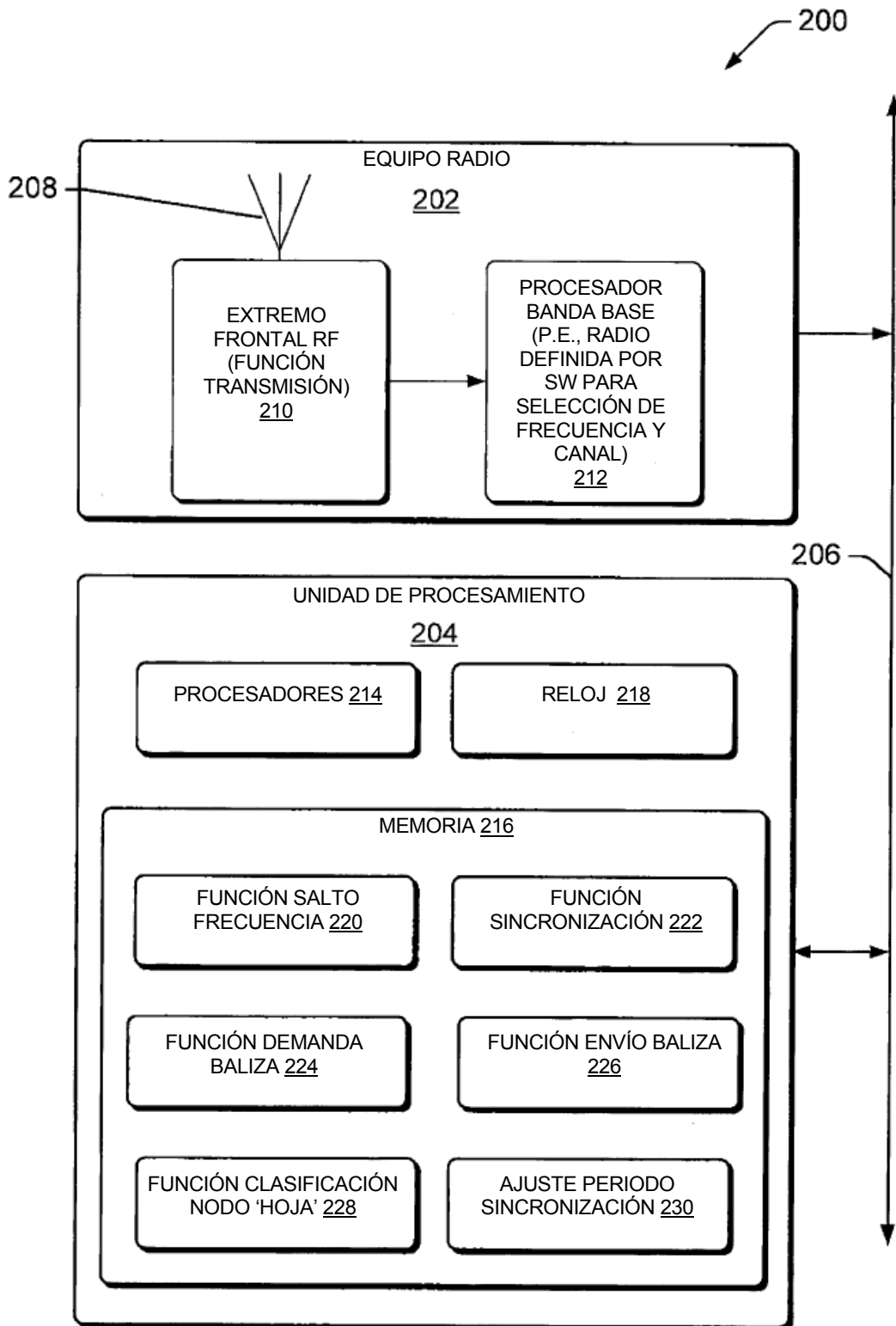


FIG. 2

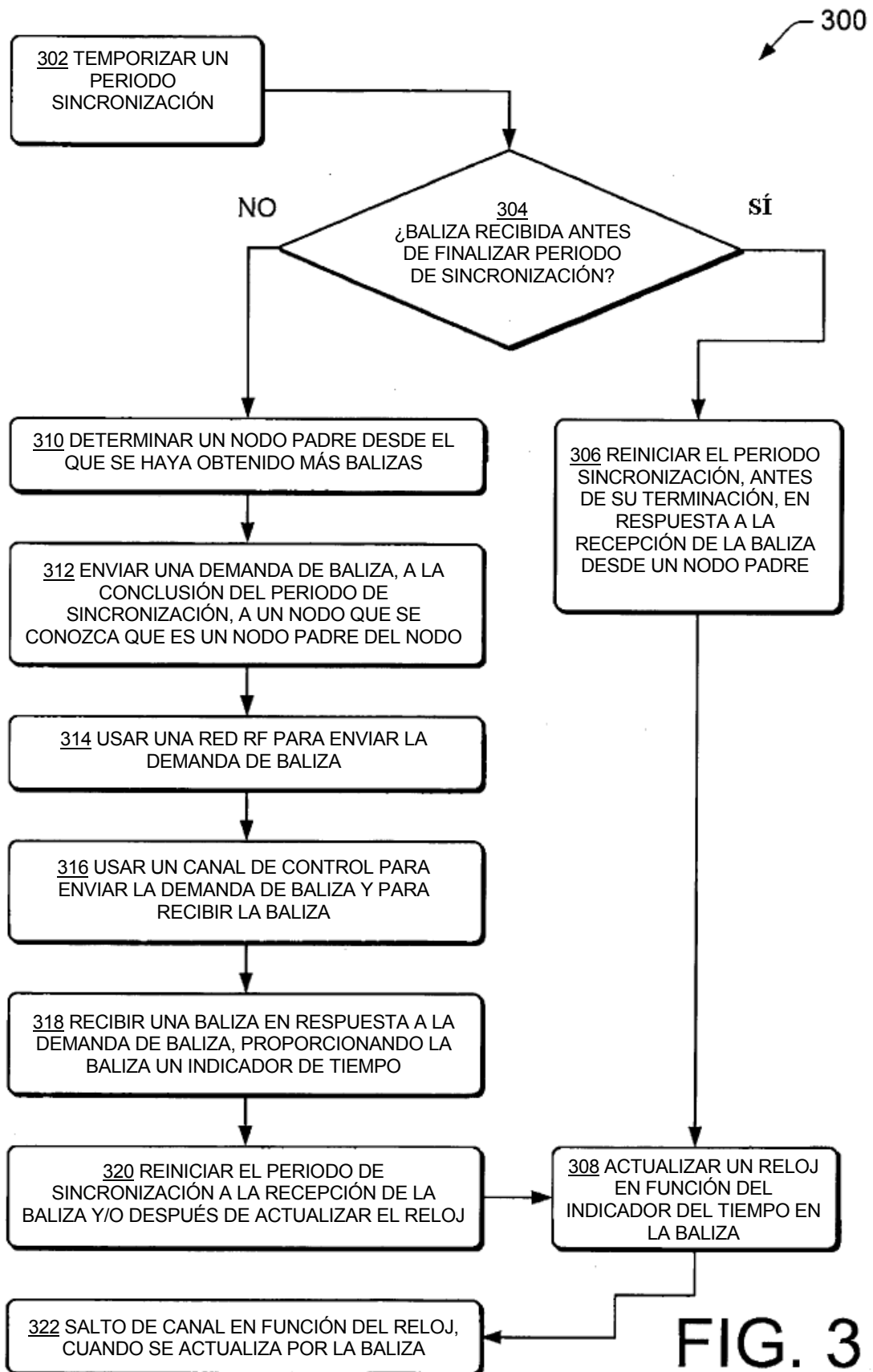
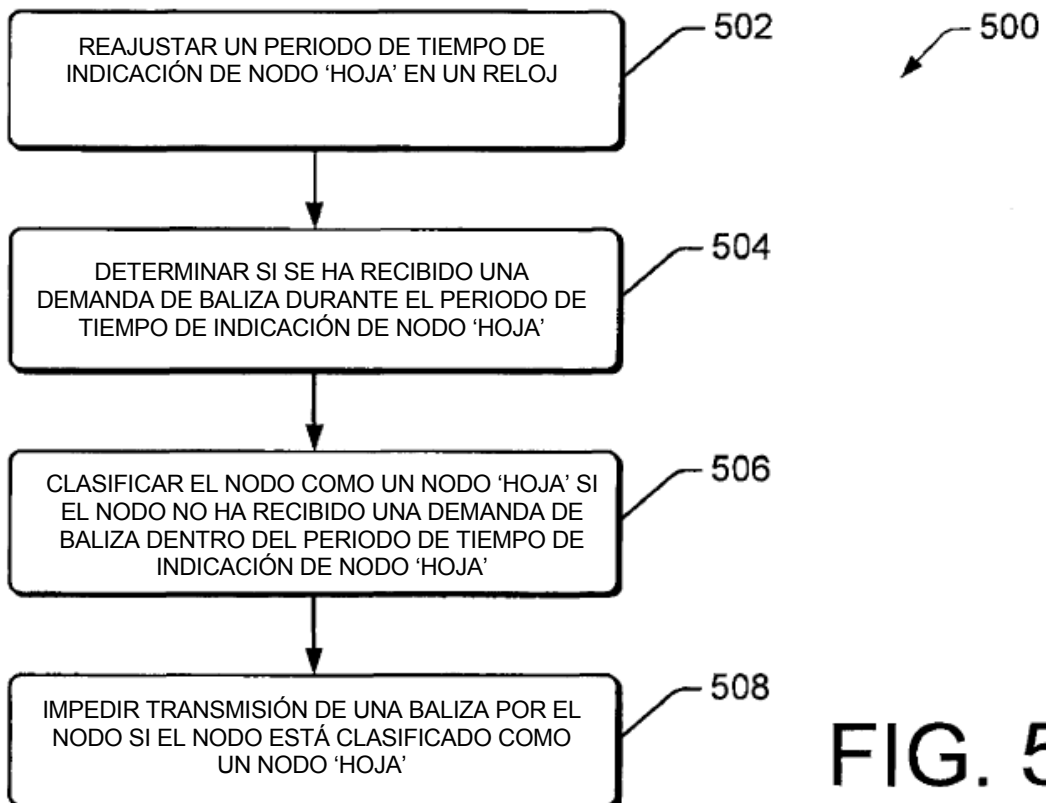
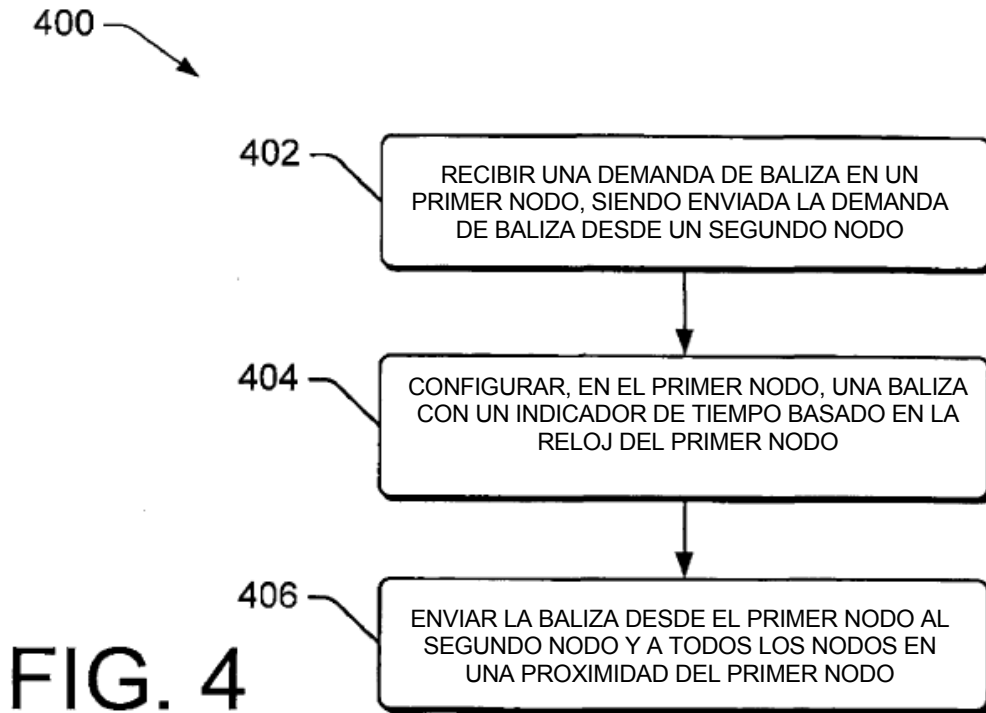


FIG. 3



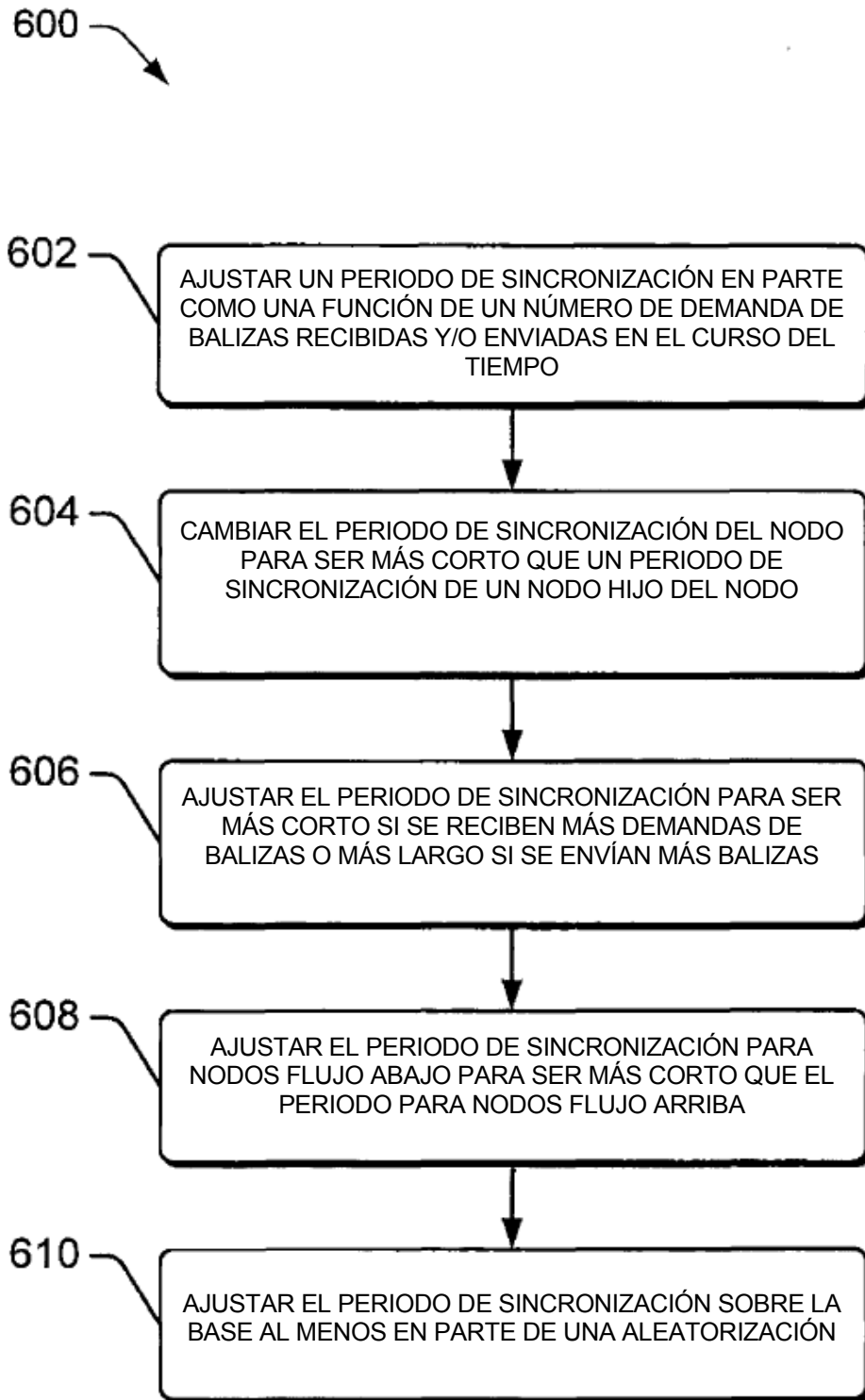


FIG. 6