

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 664 829**

51 Int. Cl.:

H04W 74/02 (2009.01)

H04W 74/08 (2009.01)

H04W 74/00 (2009.01)

H04W 84/18 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.04.2012** **E 12164151 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2018** **EP 2651171**

54 Título: **Protocolo de acceso híbrido para nodos de red**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.04.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

NGUYEN, VIET HUNG y
MAINAUD, BASTIEN

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 664 829 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

Protocolo de acceso híbrido para nodos de red

5 Antecedentes

Las redes de comunicación, como las redes de malla, se utilizan para conectar una variedad de dispositivos diferentes. Por ejemplo, las redes de malla se han empleado en la industria de los servicios públicos para conectar contadores de servicios públicos, relés celulares, transformadores y/u otros nodos. Los nodos en la red de malla generalmente pueden recibir datos de nodos vecinos y retransmitir o propagar mensajes a otros nodos vecinos.

El documento US 2008/0101308A1 describe un sistema en una red de área local inalámbrica, que comprende información de franja; un contador para contar números de franja; y un controlador de acceso operativo para monitorizar un medio inalámbrico e iniciar la transmisión de un cuadro MAC durante una franja actual basado en un protocolo de acceso inalámbrico distribuido, en un número de franja actual correspondiente a la franja actual contado por el contador y en la información de la franja.

El documento EP2282599A1 describe un método para acceder a un canal de comunicación compartido para una red de comunicación (1) formada por una pluralidad de nodos (2), que incluye un procedimiento de establecimiento de la red y un procedimiento operativo.

El documento WO 03/085891 describe un método para controlar el acceso a los medios en una red de comunicaciones inalámbricas en los nodos de comunicaciones que monitorizan el medio compartido para evitar colisiones. De acuerdo con la invención, un nodo de comunicaciones que desea enviar monitoriza el medio e inicia la transmisión de un paquete de datos solo cuando el medio permanece libre al menos durante una franja de espacio-tiempo entre cuadros. Con este fin, la longitud de la franja espacio-tiempo entre cuadros se selecciona de forma variable para diferentes aplicaciones y/o usuarios a fin de lograr una priorización del acceso a los medios. La invención proporciona que el esquema de prolongación de la franja de tiempo de supresión para resolver colisiones se selecciona de forma variable para diferentes aplicaciones y/o usuarios con el fin de lograr una priorización de acceso a los medios.

El documento EP 1667480 describe un método inalámbrico de comunicación por paquete para transmitir una pluralidad de paquetes inalámbricos simultáneamente utilizando múltiples canales inalámbricos determinados para hacer la detección de portadora inactiva, un canal inalámbrico determinado como inactivo y MIMO, o el canal inalámbrico múltiple y el MIMO, se establece un canal obligatorio que siempre se usa para la transmisión. Los paquetes inalámbricos se transmiten utilizando el o los canales inalámbricos, incluido el canal obligatorio, solo cuando el canal obligatorio está inactivo. Es decir, en el caso de transmitir una pluralidad de paquetes inalámbricos simultáneamente, la transmisión se lleva a cabo utilizando los canales inalámbricos que incluyen el canal obligatorio, y la transmisión no se realiza cuando el canal obligatorio no está inactivo.

Una red de malla puede incluir una pluralidad de nodos, muchos de los cuales pueden incluir datos de producción de software para la transmisión. Muchos de los nodos también pueden tener dispositivos asociados, incluidos sensores, contadores, etc., que pueden recopilar datos. Colectivamente, los nodos pueden generar una cantidad considerable de datos para ser enviados aguas arriba a un nodo raíz para su transmisión a una oficina central.

Las redes y los sistemas existentes crean cuellos de botella en los nodos cercanos al nodo raíz, lo que provoca demoras en la transmisión y problemas de calidad del servicio. Varios enfoques que se han utilizado para manejar las comunicaciones incluyen el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) y el acceso múltiple por detección de portadora con protocolos de prevención de colisión (CSMA/CA). Sin embargo, hay inconvenientes asociados con cada uno de estos protocolos existentes. Por ejemplo, aunque el protocolo TDMA es conocido por su capacidad de proporcionar rendimiento garantizado y retardo limitado bajo una gran carga de red, el TDMA es ineficiente en cargas de red bajas y medianas. El protocolo CSMA/CA, por otro lado, es generalmente más eficiente bajo cargas de red bajas y medianas, pero no asegura que cada nodo tenga la oportunidad de transmitir datos durante periodos de gran carga de red.

Por lo tanto, los protocolos existentes no proporcionan una forma efectiva de manejar transmisiones dentro de una red de malla inalámbrica sujeta a cargas de red variables.

60 Resumen

En un aspecto, se proporciona un método como se define en la reivindicación 1. En un segundo aspecto, se proporciona un dispositivo informático de red como se define en la reivindicación 10. En un tercer aspecto, se proporciona un medio legible por ordenador como se define en la reivindicación 16.

Breve descripción de los dibujos

La descripción detallada se establece con referencia a las figuras adjuntas. En las figuras, los dígitos más a la izquierda de un número de referencia identifican la figura en la que aparece primero el número de referencia. El uso de los mismos números de referencia en diferentes figuras indica elementos similares o idénticos.

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de una arquitectura de ejemplo de una red de malla inalámbrica multicanal en la que los vecinos de un salto de un nodo raíz pueden manejar con eficacia las transmisiones en condiciones de carga de red variables.

La FIG. 2 es un diagrama esquemático que muestra detalles adicionales de un nodo de ejemplo de la arquitectura de la FIG. 1.

Las FIGS. 3A-3C son diagramas esquemáticos que ilustran tres ejemplos de información de prioridad identificando una o más franjas de tiempo y especificando cuál de los vecinos de un salto del nodo raíz tiene prioridad de comunicación relativa a otros vecinos de un salto del nodo raíz durante cada franja de tiempo.

Las FIGS. 4A y 4B son diagramas esquemáticos que muestran ejemplos de cómo pueden transmitirse datos durante la franja 2 y la franja 3, respectivamente, definidos en la información de prioridad de la FIG. 3A.

La FIG.5 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ejemplo realizado al menos en parte por un nodo raíz para implementar un protocolo de acceso híbrido.

La FIG. 6 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ejemplo realizado al menos en parte por un vecino de un salto de un nodo raíz para implementar un protocolo de acceso híbrido.

Descripción detallada

Sinopsis

Como se discutió anteriormente, las métricas existentes no proporcionan una forma efectiva de manejar las transmisiones dentro de una red de malla inalámbrica que experimenta cargas de red variables. Por ejemplo, el protocolo de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) garantiza que cada nodo siempre tenga una oportunidad de comunicarse reservando franjas de tiempo dedicadas para cada nodo, durante el cual otros nodos no pueden comunicarse a través del canal de comunicación. El protocolo TDMA garantiza que cada nodo tenga una oportunidad de comunicarse durante períodos de alta carga de red. Sin embargo, bajo cargas de red bajas y medianas, el protocolo TDMA es ineficiente dado que ciertos nodos pueden no tener la necesidad de comunicarse durante su franja de tiempo dedicada y, por lo tanto, la franja de tiempo puede desperdiciarse. El protocolo CSMA/CA, por otro lado, generalmente es más eficiente bajo cargas de red bajas y medianas, pero no asegura que cada nodo tenga la oportunidad de transmitir datos durante períodos de gran carga de red. Por lo tanto, los protocolos existentes no son bien adecuados para la transmisión de datos en redes de malla que experimentan cargas de red variables.

Esta aplicación describe un protocolo de acceso híbrido (HAP) que controla el acceso de los nodos de una red a un medio de comunicación, tal como un canal de comunicación de radiofrecuencia. El HAP garantiza que cada nodo tendrá una oportunidad de comunicar sus datos, mientras permite que otros nodos se comuniquen en caso de que un nodo de prioridad no tenga datos para transmitir. Típicamente, el HAP puede implementarse en la subcapa de control de acceso a medios (MAC) de nodos que se comunican directamente con el nodo raíz (es decir, vecinos de un salto del nodo raíz). Sin embargo, en algunos casos, el HAP puede ser empleado por otros nodos de la red.

En un ejemplo, el HAP divide el tiempo en un canal de comunicación en múltiples franjas de tiempo. Cada franja de tiempo tiene asignado un número único por el nodo raíz. Cuando un nodo se asocia con el nodo raíz, el nodo raíz asignará una o más de las franjas de tiempo al nuevo nodo. El nuevo nodo se convertirá en el "propietario" de sus franjas de tiempo asignadas y tendrá prioridad de comunicación durante las franjas de tiempo asignadas. En comparación con otros nodos, un propietario de franja de tiempo estará autorizado para utilizar un espaciamiento entre cuadros más corto (IFS) y/o ventanas de contención más cortas, lo que aumenta su posibilidad de acceder al canal de comunicación. Si su propietario no utiliza una franja de tiempo, otros nodos pueden usarla para la transmisión, evitando así el problema del desperdicio de ancho de banda en los protocolos TDMA clásicos, en los que una franja TDMA está estrictamente reservada para un nodo único incluso si el nodo no tiene que transmitir nada actualmente. De esta manera, el HAP permite que los nodos manejen de manera eficiente las comunicaciones durante una amplia gama de cargas de red.

El HAP se describe en el contexto de una red de malla de utilidad multicanal que incluye una pluralidad de nodos. Los nodos de la red de malla de utilidad pueden incluir, por ejemplo, contadores de servicios públicos inteligentes (por ejemplo, contadores de electricidad, gas y agua), sensores (por ejemplo, sensores de temperatura, estaciones meteorológicas, sensores de frecuencia, etc.), dispositivos de control, transformadores, enrutadores, servidores,

relés (por ejemplo, relés celulares), interruptores, válvulas y otros dispositivos de red. Si bien el HAP se describe en el contexto de una red de malla de servicios públicos, las técnicas pueden ser adicional o alternativamente aplicables a otras redes y/u otras aplicaciones. Como tal, en otras implementaciones, los nodos pueden incluir cualquier dispositivo acoplado a una red de comunicación y capaz de enviar y/o recibir datos.

A continuación, se describen implementaciones y realizaciones múltiples y variadas, comenzando con una descripción de una "arquitectura de ejemplo" utilizable para implementar un esquema de HAP. A continuación, una sección titulada "nodo de ejemplo" describe detalles de un nodo de ejemplo utilizable para implementar el HAP descrito aquí. A continuación, la aplicación describe ejemplos de "información de prioridad" que pueden ser enviados por un nodo raíz y/o recibidos por un vecino de un salto de un nodo raíz, y "Escenarios de transmisión de ejemplo" que pueden implementarse usando un HAP. A continuación, la aplicación describe "Métodos de ejemplo para gestionar la transmisión utilizando el protocolo de acceso híbrido". Finalmente, la aplicación concluye con una breve Conclusión. Esta visión general y las siguientes secciones, que incluyen los títulos de las secciones, son meras implementaciones y realizaciones ilustrativas y no deberían interpretarse como que limitan el alcance de las reivindicaciones.

Arquitectura de ejemplo

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de una arquitectura de ejemplo 100 de una red de malla inalámbrica multicanal en la que pueden transmitirse datos según un protocolo de acceso híbrido (HAP). La arquitectura 100 incluye una pluralidad de nodos 102A, 102B, 102C, ... 102N (referidos colectivamente como nodos 102) acoplados comunicativamente entre sí a través de rutas de comunicación directa o "enlaces". En este ejemplo, N representa una cantidad de nodos en un área de enrutamiento autónomo (ARA), como una red de área amplia (WAN), red de área metropolitana (MAN), red de área local (LAN), red de área vecina (NAN), red de área personal (PAN), o similar. El ARA puede formar parte de una red de infraestructura de medición avanzada (AMI) más grande.

El término "enlace" se refiere a una ruta de comunicación directa entre dos nodos (sin pasar o propagarse por otro nodo). Como se usa en el presente documento, el término "enlace" incluye rutas de comunicación inalámbricas (por ejemplo, radiofrecuencia) y cableadas (por ejemplo, comunicación de línea de alimentación, Ethernet, etc.). Sin embargo, algunos conceptos descritos en este documento pueden ser específicos de las comunicaciones inalámbricas. En el contexto de trayectos de comunicación de radiofrecuencia inalámbrica (RF), cada enlace puede representar una pluralidad de canales a lo largo de los cuales un nodo puede transmitir o recibir datos. Cada uno de la pluralidad de canales puede definirse por un rango de frecuencia que es igual o diferente para cada uno de la pluralidad de canales. La pluralidad de canales puede comprender un canal de control y múltiples canales de datos. En algunos casos, el canal de control se utiliza para comunicar uno o más mensajes entre nodos para especificar uno de los canales de datos que se utilizarán para transferir datos. En general, las transmisiones en el canal de control son más cortas en relación con las transmisiones en los canales de datos.

Cada uno de los nodos 102 puede implementarse como cualquiera de una variedad de dispositivos informáticos convencionales tales como, por ejemplo, contadores de servicios públicos inteligentes (por ejemplo, contadores de electricidad, gas y agua), sensores (por ejemplo, sensores de temperatura, estaciones meteorológicas, sensores de frecuencia, etc.), dispositivos de control, transformadores, enrutadores, servidores, relés (por ejemplo, relés celulares), interruptores, válvulas, combinaciones de los anteriores, o cualquier dispositivo acoplable a una red de comunicación y capaz de enviar y/o recibir datos.

En este ejemplo, los nodos 102 también están configurados para comunicarse con una oficina central 104 a través de un dispositivo de borde o "nodo raíz" (por ejemplo, Relé celular, enrutador celular, enrutador de borde, etc.), que sirve como punto de conexión de la ARA a una o más redes de retorno 106, como Internet. En el ejemplo ilustrado de ejemplo, el nodo 102A sirve como un nodo raíz del ARA para retransmitir comunicaciones desde los otros nodos 102B- 102N del ARA hacia y desde la oficina central 104 a través de la red o redes 106.

En el ejemplo ilustrado, los nodos 102B, 102C y 102D comparten un enlace de comunicación directa con el nodo raíz 102A y, por lo tanto, se denominan vecinos de un salto del nodo raíz 102A. Los vecinos de un salto del nodo raíz 102A emplean el HAP para asegurar que cada vecino de un salto tenga una oportunidad durante su franja de tiempo de prioridad respectiva para comunicarse con el nodo raíz 102A en el canal de control, incluso durante periodos de gran carga de red. Durante periodos de carga de red media o baja, el HAP permite que otros vecinos de un salto del nodo raíz se comuniquen con el nodo raíz en el canal de control si el propietario de la franja de prioridad no tiene actualmente datos para transmitir. Mientras que el HAP se describe como utilizable para controlar el acceso al canal de control, en algunos casos el HAP puede ser aplicable para controlar el acceso a canales distintos del canal de control (por ejemplo, canales de datos).

El nodo 102B es representativo de cada uno de los nodos 102 e incluye una radio 108 y una unidad de procesamiento 110. La radio 108 comprende un transceptor de radiofrecuencia (RF) configurado para transmitir y/o recibir señales de RF a través de uno o más de una pluralidad de canales/frecuencias. En algunas implementaciones, cada uno de los nodos 102 incluye una única radio 108 configurada para enviar y recibir datos en múltiples canales diferentes, tales como el canal de control y múltiples canales de datos de cada enlace de

comunicación. La radio 108 también puede configurarse para implementar una pluralidad de diferentes técnicas de modulación, tasas de datos, protocolos, intensidades de señal y/o niveles de potencia. Adicional o alternativamente, cada uno de los nodos puede configurarse para comunicación por cable. A modo de ejemplo y no de limitación, las comunicaciones por cable pueden incluir comunicaciones de línea de potencia (PLC) u otras tecnologías de red de comunicación por cable, tales como Ethernet. La arquitectura 100 puede representar una red heterogénea de nodos, en la que los nodos 102 pueden incluir diferentes tipos de nodos (por ejemplo, contadores inteligentes, relés celulares, sensores, etc.), diferentes generaciones o modelos de nodos, y/o nodos que de otro modo son capaces de transmitir en diferentes canales y usar diferentes técnicas de modulación, velocidades de datos, protocolos, intensidades de señal y/o niveles de potencia.

La unidad de procesamiento 110 puede incluir uno o más procesadores 112 acoplados comunicativamente a la memoria 114. La memoria 114 puede estar configurada para almacenar uno o más módulos de software y/o firmware, que son ejecutables en los procesadores 112 para implementar varias funciones. Aunque los módulos se describen aquí como ejecutables de software y/o firmware en un procesador, en otras realizaciones, cualquiera o todos los módulos pueden implementarse en todo o en parte por hardware (por ejemplo, como ASIC, una unidad de procesamiento especializada, etc.) para ejecutar las funciones descritas.

En la realización de la FIG. 1, la memoria 114 incluye un módulo 116 de Control de Acceso a Medios (MAC) para manejar las transmisiones entre los vecinos de un salto de los nodos 102 del ARA. El módulo MAC 116 incluye lógica para implementar un protocolo aguas arriba 118 y un protocolo aguas abajo 120. El protocolo aguas arriba 118 define cómo los nodos 102 deberían transmitir las comunicaciones en sentido aguas arriba destinadas al nodo raíz u otro elemento primario del nodo 102. El protocolo aguas abajo 120 define cómo los nodos 102 deberían transmitir comunicaciones aguas abajo destinadas a un elemento secundario del nodo 102. A modo de ejemplo y no de limitación, los protocolos aguas arriba que pueden ser utilizados por los nodos 102 de la red incluyen HAP, protocolo TDMA, protocolo CSMA/CA u otros protocolos MAC convencionales. Los diferentes nodos pueden emplear los mismos o diferentes protocolos MAC aguas arriba y/o aguas abajo. Por ejemplo, los vecinos de un salto del nodo raíz 102 A pueden emplear un protocolo MAC aguas arriba diferente que otros nodos en la red. En un ejemplo específico, los vecinos de un salto del nodo raíz 102A pueden emplear el protocolo HAP aguas arriba, mientras que los nodos distintos de los vecinos de un salto del nodo raíz (por ejemplo, los nodos siguientes 102E, 102F, 102G, 102H, ...102N) pueden emplear CSMA/CA como protocolo en sentido ascendente. En dicho ejemplo, todos los nodos en la red pueden usar un mismo protocolo en sentido descendente (por ejemplo, protocolo CSMA/CA). Los detalles adicionales de cómo el módulo MAC 116 puede manejar las comunicaciones se proporcionan a continuación en la discusión de las FIGS. 3A-3C y las FIGS. 4A y 4B.

La memoria 114 puede comprender medios legibles por ordenador y puede tomar la forma de memoria volátil, tal como memoria de acceso aleatorio (RAM) y/o memoria no volátil, tal como memoria de solo lectura (ROM) o memoria RAM flash. Los medios legibles por ordenador incluyen medios volátiles y no volátiles, extraíbles y no extraíbles implementados en cualquier método o tecnología para el almacenamiento de información, como instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos para su ejecución por uno o más procesadores de un dispositivo informático. Ejemplos de medios legibles por ordenador incluyen, pero no se limitan a, memoria de cambio de fase (PRAM), memoria de acceso aleatorio estática (SRAM), memoria de acceso aleatorio dinámica (DRAM), otros tipos de memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de solo lectura (ROM), memoria de solo lectura programable y borrable eléctricamente (EEPROM), memoria flash u otra tecnología de memoria, memoria de solo lectura de disco compacto (CD-ROM), discos versátiles digitales (DVD) u otro almacenamiento óptico, casetes magnéticos, cinta magnética, dispositivos de almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio de no transmisión que pueda usarse para almacenar información para el acceso de un dispositivo informático. Como se define aquí, los medios legibles por ordenador no incluyen medios de comunicación, tales como señales de datos modulados y ondas portadoras.

La(s) red(es) 106, mientras tanto, representa una red de retorno, que puede comprender una red inalámbrica o por cable, o una combinación de estas. La(s) red(es) 106 puede ser una colección de redes individuales interconectadas entre sí y que funcionan como una única red grande (por ejemplo, Internet o una intranet). Además, las redes individuales pueden ser redes inalámbricas o por cable, o una combinación de estas.

La oficina central 104 puede implementarse por uno o más dispositivos informáticos, tales como servidores, ordenadores personales, ordenadores portátiles, etc. El uno o más dispositivos informáticos pueden estar equipados con uno o más procesadores conectados de forma comunicativa a la memoria. En algunos ejemplos, la oficina central 104 incluye un sistema de gestión de datos de medidor centralizado que realiza el procesamiento, análisis, almacenamiento y/o gestión de los datos recibidos de uno o más de los nodos 102. Por ejemplo, la oficina central 104 puede procesar, analizar, almacenar y/o gestionar datos obtenidos a partir de un contador, sensor, dispositivo de control, enrutador, regulador, servidor, relé, conmutador, válvula y/u otros nodos inteligentes de servicios públicos. Aunque el ejemplo de la FIG. 1 ilustra la oficina central 104 en una única ubicación, en algunos ejemplos la oficina central puede distribuirse entre múltiples ubicaciones y/o puede eliminarse por completo (por ejemplo, en el caso de una plataforma informática distribuida altamente descentralizada).

Nodo de ejemplo

La FIG. 2 es un diagrama esquemático que muestra detalles adicionales del nodo de ejemplo 102B de la FIG. 1. En este ejemplo, la radio 108 incluye una antena 200 acoplada a un extremo frontal de RF 202 y un procesador de banda de base 204. El extremo frontal 202 de RF puede proporcionar funciones de transmisión y/o recepción. El extremo frontal RF 202 puede incluir componentes analógicos y/o de hardware de alta frecuencia que proporcionan funcionalidad, tal como sintonización y/o atenuación de señales proporcionadas por la antena y obtenidas a partir de uno o más de los nodos 102. El extremo frontal de RF 202 puede proporcionar una señal al procesador 204 de banda de base.

En un ejemplo, todo o parte del procesador 204 de banda base puede configurarse como una radio definida por software (SW). En un ejemplo, el procesador 204 de banda base proporciona funcionalidad de selección de frecuencia y/o canal a la radio 108. Por ejemplo, la radio definida por SW puede incluir mezcladores, filtros, amplificadores, moduladores y/o demoduladores, detectores, etc., implementados en software ejecutado por un procesador o circuito integrado específico de aplicación (ASIC) u otro dispositivo informático integrado. La radio definida por SW puede utilizar procesador(es) 112 y software definido o almacenado en la memoria 114. Alternativamente, la radio 108 puede implementarse al menos en parte utilizando componentes analógicos.

La unidad de procesamiento 110 también puede incluir un reloj 206 configurado para mantener un tiempo. El reloj 206 también se puede configurar para proporcionar uno o más temporizadores de conteo hacia adelante o de conteo hacia atrás. Dichos temporizadores pueden usarse en salto de frecuencia entre múltiples canales de comunicación. El reloj 206 también se puede usar para regular los tiempos durante los cuales el nodo debe esperar para transmitir (por ejemplo, IFS y ventanas de contención).

Un módulo 208 de salto de frecuencia puede configurarse para comunicarse con el procesador 204 de banda base y el reloj 206. En un ejemplo, el módulo de salto de frecuencia 208 está configurado para obtener información de tiempo y/o establecer temporizadores de salto de frecuencia en el reloj 206. Tal información de tiempo y/o temporizadores indicará al módulo de salto de frecuencia 208 cuándo "saltar" o sintonizar un canal o frecuencia diferente. Adicionalmente, el módulo 208 de salto de frecuencia puede configurarse para dirigir la radio definida por SW u otro componente de la radio 108 para realizar los cambios de frecuencia reales. Por consiguiente, el módulo 208 de salto de frecuencia puede desplazarse repetidamente entre frecuencias acordadas, en momentos acordados y comunicarse con otro(s) nodo(s) durante períodos de tiempo acordados y en protocolos acordados.

En algunas implementaciones (por ejemplo, cuando el nodo es un contador de servicios públicos), la memoria 114 también puede incluir un módulo de metrología 210 configurado para recopilar datos de consumo de uno o más recursos (por ejemplo, electricidad, agua, gas natural, etc.), que luego puede transmitirse a uno o más nodos 102 para su eventual propagación a la oficina central 104 u otro destino.

Como se discutió anteriormente, la memoria 114 también incluye el módulo MAC 116. El módulo MAC 116 incluye lógica para implementar el protocolo corriente arriba 118 y el protocolo corriente abajo 120 para manejar comunicaciones dirigidas hacia arriba y hacia abajo nodos vecinos, respectivamente. En el caso de nodos que usan HAP como el protocolo en sentido ascendente, el módulo MAC 116 puede manejar las comunicaciones según la información de prioridad recibida desde el nodo raíz. La información de prioridad puede identificar una o más franjas de tiempo, y especificar cuál de los vecinos de un salto del nodo raíz tiene prioridad de comunicación relativa a otros vecinos de un salto del nodo raíz durante cada franja de tiempo. Como se indicó anteriormente, el vecino de un salto del nodo raíz que tiene prioridad o propiedad de una franja de tiempo está autorizado para utilizar un espaciado entre cuadros más corto (IFS) y/o una ventana de contención más corta que otros vecinos de un salto del nodo raíz. Los ajustes 212 de IFS y los ajustes de ventana de contención 214 pueden almacenarse en la memoria 114 en uno o más archivos de configuración o almacenes de datos, y pueden indicar los ajustes de IFS y ventana de contención que cada nodo está autorizado a usar durante cada franja de tiempo. Por lo tanto, los ajustes de IFS 212 y los ajustes de ventana de contención 214 para cada vecino de un salto del nodo raíz definen la prioridad relativa del vecino de un salto respectivo con respecto a otros vecinos de un salto durante cada franja de tiempo.

Información de prioridad de ejemplo

Las Figs. 3A-3C ilustran tres ejemplos diferentes de información de prioridad que pueden usarse para implementar un HAP ascendente. En los tres ejemplos, la información de prioridad define uno o más franjas de tiempo, y especifica qué vecino de un salto del nodo raíz tiene prioridad de comunicación relativa a otros vecinos de un salto del nodo raíz durante cada franja de tiempo.

La FIG. 3A ilustra un ejemplo de información de prioridad 300A, en el que la disponibilidad temporal (T_0-T_M) de un canal de control se divide en M franjas de tiempo uniformes. M representa un tiempo futuro que puede ser fijo (por ejemplo, 1 hora, 1 día, un mes, etc.) o puede ser indefinido (es decir, aplicar la información de prioridad a perpetuidad hasta que se modifique). En este ejemplo, las franjas de tiempo son de longitud uniforme y se distribuyen de manera uniforme entre los nodos vecinos de un salto de un nodo raíz. Por ejemplo, en el ejemplo de la FIG. 1, el nodo 102B tiene prioridad durante una primera franja de tiempo (Franja 1), el nodo 102C recibe prioridad

durante una segunda franja de tiempo (Franja 2), el nodo 102D recibe prioridad durante una tercer franja de tiempo (Franja 3), y así sucesivamente. De esta forma, cada vecino de un salto 102B-102D del nodo raíz 102A tiene la misma oportunidad de comunicarse con el nodo raíz 102A en el canal de control.

5 La FIG. 3B ilustra otro ejemplo de información de prioridad 300B, en el que la disponibilidad temporal (T_0-T_M) de un canal de control se divide de nuevo en M franjas de tiempo uniformes. Sin embargo, en este ejemplo, en lugar de asignar las franjas de tiempo de manera uniforme entre los nodos vecinos de un solo nodo de un nodo raíz, las franjas de tiempo se asignan de manera desigual entre los nodos vecinos de un solo nodo raíz del nodo raíz. Por ejemplo, a los nodos que tienen un mayor número de nodos secundarios se les pueden asignar más franjas de tiempo (o un porcentaje mayor de franjas de tiempo) que los nodos con menos nodos secundarios. En ese caso, las franjas pueden o no estar asignadas a los nodos vecinos de un salto en proporción a la cantidad de nodos secundarios que cada uno tiene. Con referencia de nuevo a la FIG. 1, el nodo 102B tiene dos nodos secundarios, el nodo 102C tiene dos nodos secundarios, y el nodo 102D tiene un nodo secundario. En el ejemplo de la FIG. 3B, las franjas de tiempo se asignan a vecinos de un salto del nodo raíz en una porción al número relativo de nodos secundarios que cada uno tiene. Por consiguiente, los nodos 102B y 102C tienen prioridad en dos franjas de tiempo para cada franja de tiempo asignada al nodo 102D. Es decir, el nodo 102B tiene prioridad en las dos primeras franjas de tiempo (Franjas 1 y 2), el nodo 102C tiene prioridad en las siguientes dos franjas de tiempo (Franjas 3 y 4), el nodo 102D tiene prioridad en la siguiente franja de tiempo (Franja 5), y así sucesivamente. En otras realizaciones, pueden asignarse franjas de tiempo uniformes entre vecinos de un salto del nodo raíz basándose en una o más características adicionales (por ejemplo, los nodos que históricamente han recibido tráfico de red mayor pueden tener asignadas más franjas de tiempo o un mayor porcentaje de franjas de tiempo, que los nodos que históricamente han recibido relativamente menos tráfico de red, etc.).

La FIG. 3C ilustra un ejemplo de información de prioridad 300C, en el que la disponibilidad temporal (T_0-T_M) de un canal de control se divide de nuevo en M franjas de tiempo. Sin embargo, en este ejemplo, las franjas de tiempo no son uniformes. Es decir, las franjas de tiempo son de diferentes longitudes. Por ejemplo, las franjas de tiempo pueden crearse para tener longitudes proporcionales a las características relativas de los vecinos de un salto del nodo raíz (por ejemplo, el número de nodos secundarios de los respectivos vecinos de un salto del nodo raíz, el tráfico relativo de los vecinos de un salto del nodo raíz, etc.). En el ejemplo de la FIG. 3C, al nodo 102D se le asignan las franjas de tiempo más pequeñas (Franjas 3, etc.) porque tiene el menor número de nodos secundarios y también porque tiene la menor cantidad de tráfico de red. Al nodo 102B se le asigna franjas de tiempo algo mayores (franjas 1, 5, etc.) que el nodo 102D porque tiene más nodos secundarios que el nodo 102D, pero franjas de tiempo más pequeñas que el nodo 102C porque el nodo 102B recibe menos tráfico de red que el nodo 102C. El nodo 102C tiene asignadas las franjas de tiempo más grandes (franjas 2, 6, etc.) en este ejemplo porque el nodo 102C tiene la mayoría de los nodos secundarios y, estando situados centralmente en la red, tiende a recibir más tráfico de red que los nodos 102B y 102D. También vale la pena señalar en esta figura el hecho de que no todas las franjas de tiempo necesitan especificar un nodo prioritario. Algunas franjas (por ejemplo, Franja 4) pueden configurarse de manera que todos los nodos tengan la misma prioridad relativa. En ese caso, el IFS y las ventanas de contención de los nodos se pueden establecer en base a uno o más protocolos MAC convencionales, se pueden establecer de forma aleatoria, etc.

Las Figs. 3A-3C son meramente ilustrativas de los tipos de información de prioridad que pueden usarse para implementar un HAP, y otros tipos de información de prioridad pueden usarse adicional o alternativamente.

45 Escenarios de transmisión de ejemplo

Las Figs. 4A y 4B ilustran ejemplos de escenarios de transmisión de datos durante las franjas 2 y 3, respectivamente, de la información de prioridad 300A utilizables para manejar comunicaciones según el HAP. En las Figs. 4A y 4B, "Datos", que pueden representar paquetes, cuadros u otras unidades de datos de protocolo (PDU), están representados por bloques blancos sólidos, los espacios entre cuadros (IFS) están representados por punteado, y las ventanas de contención están representadas por sombreado.

La FIG. 4A corresponde a la franja de tiempo 2, en el que el nodo 102C es el nodo prioritario, lo que significa que tiene una ventana IFS y/o de contención más corta, y por lo tanto puede acceder al canal de control antes que los otros vecinos de un salto de la raíz nodo. En este ejemplo, tanto el IFS como la ventana de contención del nodo de prioridad son más cortos que los otros vecinos de un salto del nodo raíz. Sin embargo, en otros ejemplos, el IFS y la ventana de contención del nodo de prioridad no necesitan ser ambos más cortos que los otros vecinos de un salto del nodo raíz.

60 En el momento T_1 , el nodo 102B está en proceso de transmisión de un paquete, trama u otra PDU. En el tiempo T_{1A} , el nodo 102B completa la transmisión de datos y los nodos 102B, 102C y 102D esperan el período IFS especificado en sus configuraciones de IFS respectivas (por ejemplo, las configuraciones IFS 212). Tras la conclusión de su IFS respectivo, cada uno de los nodos 102B, 102C y 102D espera entonces el período de sus respectivas ventanas de contención especificadas en sus configuraciones de ventana de contención respectivas (por ejemplo, las configuraciones de ventana de contención 214). Debido a que el nodo 102C es el nodo de prioridad en esta franja, el IFS del nodo 102C y la ventana de contención transcurren primero. Al tener datos para transmitir, el nodo 102C

comienza a transmitir sus datos en el canal de control. Los datos pueden representar cualquier tipo de datos que el nodo 102C desee enviar al nodo raíz, tales como datos de consumo de recursos (por ejemplo., Datos de consumo de agua, electricidad o gas de uno o más contadores inteligentes de servicios públicos), indicadores de violación que indiquen posibles violaciones con uno o más nodos, o similares.

5 En el momento T_{1B} , el nodo 102C completa la transmisión de datos y el proceso descrito en las repeticiones T_{1A} . Es decir, los nodos 102B, 102C y 102D esperan el período IFS especificado en sus respectivas configuraciones IFS. Tras la conclusión de su IFS respectivo, cada uno de los nodos 102B, 102C y 102D luego espera el período de sus respectivas ventanas de contención. Debido a que el nodo 102C sigue siendo el nodo de prioridad en esta franja, el IFS del nodo 102C y la ventana de contención transcurren primero. En el ejemplo de la FIG. 4A, el nodo 102C todavía tiene datos adicionales para transmitir, por lo que el nodo 102C comienza a transmitir sus datos en el canal de control.

15 En el momento T_{1C} , el nodo 102C completa la transmisión de datos y los nodos 102B, 102C y 102D esperan el período de IFS especificado en sus respectivas configuraciones de IFS. Tras la conclusión de su IFS respectivo, cada uno de los nodos 102B, 102C y 102D luego espera el período de sus respectivas ventanas de contención. Debido a que el nodo 102C sigue siendo el nodo de prioridad en esta franja, el IFS del nodo 102C y la ventana de contención transcurren primero. Sin embargo, en el tiempo T_{1C} , el nodo 102C no tiene datos adicionales para transmitir, por lo que el nodo que tiene la siguiente ventana IFS/de contención más corta (nodo 102B en este ejemplo) tiene la oportunidad de transmitir aunque no sea el nodo prioritario en esta franja de tiempo.

25 La FIG.4B corresponde a la franja de tiempo 3, en el que el nodo 102D es el nodo de prioridad, lo que significa que tiene una ventana IFS y/o de contención más corta y, por lo tanto, puede acceder al canal de control antes que los demás vecinos de un salto del nodo raíz. De nuevo en este ejemplo, tanto el IFS como la ventana de contención del nodo de prioridad son más cortos que los otros vecinos de un salto del nodo raíz. Sin embargo, en otros ejemplos, el IFS y la ventana de contención del nodo de prioridad no necesitan ser ambos más cortos que los otros vecinos de un salto del nodo raíz.

30 En el momento T_2 , el nodo 102B está en proceso de transmisión de un paquete, cuadro u otra PDU. En el instante T_{2A} , el nodo 102B completa la transmisión de datos y los nodos 102B, 102C y 102D esperan el período IFS especificado en sus respectivas configuraciones IFS. Tras la conclusión de su IFS respectivo, cada uno de los nodos 102B, 102C y 102D espera el período de sus respectivas ventanas de contención especificadas en sus respectivas configuraciones de ventana de contención. Como el nodo 102D es el nodo de prioridad en esta franja, el IFS del nodo 102D y la ventana de contención transcurren primero. Al tener datos para transmitir, el nodo 102D comienza a transmitir sus datos en el canal de control.

40 En el momento T_{2B} , el nodo 102D completa la transmisión de datos y el proceso descrito en T_{2A} se repite. Es decir, los nodos 102B, 102C y 102D esperan el período IFS especificado en sus respectivas configuraciones IFS. Tras la conclusión de su IFS respectivo, cada uno de los nodos 102B, 102C y 102D luego espera el período de sus respectivas ventanas de contención. Debido a que el nodo 102D sigue siendo el nodo de prioridad en esta franja, el IFS del nodo 102D y la ventana de contención transcurren primero. Sin embargo, en el tiempo T_{2B} , el nodo 102D no tiene datos adicionales para transmitir, por lo que el nodo que tiene la siguiente ventana IFS/de contención más corta (nodo 102B en este ejemplo) tiene la oportunidad de transmitir, aunque no sea el nodo prioritario en esta franja de tiempo. Al tener datos para transmitir, en el momento T_{2B} , el nodo 102B comienza a transmitir sus datos en el canal de control.

50 En el momento T_{1C} , el nodo 102B completa la transmisión de datos y los nodos 102B, 102C y 102D esperan el período de IFS especificado en sus respectivas configuraciones de IFS. Tras la conclusión de su IFS respectivo, cada uno de los nodos 102B, 102C y 102D luego espera el período de sus respectivas ventanas de contención. Debido a que el nodo 102D sigue siendo el nodo de prioridad en esta franja, el IFS del nodo 102D y la ventana de contención transcurren primero. Sin embargo, en el tiempo T_{1C} , el nodo 102C no tiene datos adicionales para transmitir, por lo que el nodo que tiene la siguiente ventana IFS/de contención más corta (nodo 102B en este ejemplo) tiene la oportunidad de transmitir. Sin embargo, en este ejemplo, el nodo 102B tampoco tiene datos para transmitir, por lo que el nodo que tiene la siguiente ventana más corta de IFS/de contención (nodo 102C en este ejemplo) tiene la oportunidad de transmitir. Teniendo datos para transmitir, en el tiempo T_{2C} , el nodo 102C comienza a transmitir sus datos en el canal de control.

60 Las FIGS. 4A y 4B ilustran dos ejemplos de cómo el HAP evita el problema del desperdicio de ancho de banda en los protocolos TDMA clásicos, en los que una franja TDMA está estrictamente reservada para un nodo único, incluso si el nodo no tiene actualmente nada que transmitir.

Métodos de ejemplo de gestión de transmisión usando protocolo de acceso híbrido

65 Las FIGS. 5 y 6 ilustran métodos de ejemplo que pueden usarse para implementar un protocolo de acceso híbrido. La FIG.5 es un diagrama de flujo que ilustra en general las operaciones realizadas por un nodo raíz, mientras que la FIG. 6 es un diagrama de flujo que generalmente ilustra las operaciones realizadas por un vecino de un salto del

nodo raíz. Los métodos descritos con respecto a las FIGS. 5 y 6 pueden implementarse por separado o en concierto por diferentes nodos de una red.

5 La FIG. 5 ilustra un método de ejemplo 500 realizado al menos en parte por un nodo raíz de una red en malla. El método 500 se describe con referencia a la arquitectura de ejemplo 100 de la FIG. 1 por conveniencia. Sin embargo, el método 500 no está limitado al uso con la arquitectura de ejemplo 100 de la FIG. 1 y puede implementarse utilizando otras arquitecturas y dispositivos.

10 El método 500 comienza en el bloque 502, con un nodo raíz que transmite información de prioridad a uno o más vecinos de un salto del nodo raíz. En el ejemplo de la FIG. 1, el nodo raíz 102A puede transmitir la información de prioridad a los nodos 102B, 102C y/o 102D vecinos de un salto. En el ejemplo ilustrado, la información de prioridad transmitida por el nodo raíz a los vecinos de un salto incluye una lista de franjas de tiempo de comunicación, y una indicación de una o más franjas de tiempo de comunicación durante el cual cada vecino de un salto del nodo raíz tiene prioridad de comunicación relativa a otros vecinos de un salto del nodo raíz. Por ejemplo, el nodo raíz puede transmitir información de prioridad tal como información de prioridad 300A, 300B o 300C, mostrada en la FIG. 3, por ejemplo. En algunas implementaciones, la información de prioridad también puede incluir una instrucción al nodo vecino de un salto para establecer una ventana de contención y/o un IFS de los vecinos de un salto que tienen prioridad de comunicación durante cada franja de tiempo de comunicación para ser más cortos que los de otros vecinos de un salto durante la franja de tiempo de comunicación respectiva. Es decir, la instrucción puede incluir datos y/o código ejecutable utilizable para indicar a los vecinos de un salto que sus ventanas de contención, IFS o ambos sean más cortas que los otros vecinos de un salto durante las franjas de tiempo en los que se designan como teniendo prioridad de comunicación. En otras implementaciones, la información de prioridad puede incluir datos adicionales o alternativos y/o puede incluir formatos diferentes a los descritos anteriormente. Por ejemplo, en lugar de una lista de franjas de tiempo, la información de prioridad puede incluir una tabla de franjas de tiempo, un archivo de franjas de tiempo o puede incluir información de prioridad de un franja de tiempo individual a la vez (es decir, en un franja de tiempo individual por base de franja de tiempo).

30 Como se discutió anteriormente, y como se muestra en las Figs. 3A-3C, la información de prioridad puede definir franjas de tiempo que son todas de la misma duración o igual (por ejemplo, como se muestra en las figuras 3A y 3B), o algunas o todas las franjas de tiempo pueden ser de duraciones desiguales (por ejemplo, como se muestra en la figura 3C). En el último caso, la lista de franjas de tiempo de comunicación puede incluir al menos una franja de tiempo de comunicación que tiene una primera duración y al menos una franja de tiempo que tiene una segunda duración, que es diferente de la primera duración. Además, las franjas de tiempo pueden asignarse por igual entre vecinos de un salto del nodo raíz (por ejemplo, como se muestra en la FIG. 3A), o de forma desigual (por ejemplo, como se muestra en la FIG. 3B). Las asignaciones de ejemplos de franjas de tiempo mostradas en las FIGS. 3A-3C son solo tres ejemplos, y las franjas de tiempo pueden asignarse de acuerdo con esta divulgación en otras numerosas configuraciones.

40 Después de transmitir la información de prioridad a uno o más de sus vecinos de un salto, el nodo raíz puede, en el bloque 504, recibir una transmisión desde un primer vecino de un salto del nodo raíz durante una franja de tiempo cuando el primer nodo tiene prioridad de comunicación y tiene información para transmitir al nodo raíz. Un ejemplo de esto se muestra en el tiempo T_{2A} en la FIG. 4B, cuando el nodo de prioridad 102D transmite datos al nodo raíz 102A durante la franja 3, una franja en la que el nodo 102D tiene prioridad de comunicación. Posteriormente, en el bloque 506, el nodo raíz puede recibir una transmisión desde un segundo vecino de un salto del nodo raíz durante la franja de tiempo cuando el primer nodo tiene prioridad de comunicación, pero no tiene información para transmitir al nodo raíz. Un ejemplo de esto se muestra en T_{2B} en la FIG. 4B, cuando se permite que el nodo 102B transmita datos al nodo raíz 102A durante la franja 3, una franja en la que el nodo 102B no tiene prioridad de comunicación. Más bien, en ese ejemplo, el nodo de prioridad, el nodo 102D no tiene datos para transmitir en ese momento, por lo que un nodo que tiene una siguiente ventana IFS y/o de contención más corta y que actualmente tiene datos para transmitir tiene la oportunidad de transmitir durante la franja de tiempo. De esta forma, las franjas de tiempo no se desperdician al dedicarse a nodos que actualmente no tienen datos para transmitir, como es el caso en ciertos esquemas MAC convencionales, tales como TDMA.

55 La FIG. 6 ilustra un método de ejemplo 600 de implementación de un protocolo de acceso híbrido por un vecino de un salto de un nodo raíz de una red en malla. Por ejemplo, el método 600 puede corresponder a operaciones realizadas por un vecino de un salto que recibe la información de prioridad transmitida por el nodo raíz en el bloque 502 de la FIG. 5. El método 600 se describe con referencia a la arquitectura de ejemplo 100 de la FIG. 1 por conveniencia. Sin embargo, el método 600 no está limitado al uso con la arquitectura de ejemplo 100 de la FIG. 1 y puede implementarse utilizando otras arquitecturas y dispositivos.

60 El método 600 comienza en el bloque 602, con un nodo vecino de un salto (por ejemplo, nodo 102B, 102C o 102D) de un nodo raíz (por ejemplo, nodo 102A) que recibe información de prioridad del nodo raíz. La información de prioridad puede incluir una lista de franjas de tiempo de comunicación, indicación de una o más franjas de tiempo de comunicación durante los cuales el vecino de un salto del nodo raíz tiene prioridad de comunicación relativa a otros vecinos de un salto del nodo raíz, y/o una instrucción para establecer una ventana de contención y/o un IFS del vecino de un salto del nodo raíz para que sea más corta que las de los otros vecinos de un salto del nodo raíz

durante la(s) franja(s) de tiempo de comunicación cuando el vecino de un salto del nodo raíz tiene prioridad de comunicación. Las FIGS. 3A-3C ilustran tres ejemplos no limitativos de información de prioridad que puede recibir el nodo vecino de un salto.

5 En diversas implementaciones, las franjas de tiempo de comunicación en la lista de franjas de comunicación pueden ser de la misma duración o de una o más duraciones diferentes (por ejemplo, al menos un franja de tiempo de comunicación que tiene una primera duración y al menos un franja de tiempo que tiene una segunda duración, que es diferente de la primera duración). En algunas implementaciones, la información de prioridad puede asignar a cada vecino de un salto del nodo raíz un número igual de franjas de tiempo durante las cuales el vecino respectivo tiene prioridad con respecto a otros vecinos de un salto del nodo raíz. En otras implementaciones, a uno o más vecinos de un salto del nodo raíz se les puede asignar un mayor número de franjas de tiempo, durante los cuales uno o más vecinos de un salto tienen prioridad en relación con otros vecinos de un salto del nodo raíz, que el otro vecino de un salto del nodo raíz.

10 15 En el bloque 604, basado al menos en parte en la información de prioridad recibida, el vecino de un salto establece su ventana de contención y/o IFS para que sea más corta que las de otros vecinos de un salto del nodo raíz durante la(s) franja(s) de tiempo de comunicación(es) cuando el vecino de una un salto del nodo raíz tiene prioridad de comunicación.

20 En el bloque 606, el vecino de un salto determina si tiene información para transmitir al nodo raíz. Si el vecino de un salto no tiene actualmente datos para transmitir al nodo raíz, en el bloque 608, el vecino de un salto le permite a uno o más de los otros vecinos de un salto del nodo raíz (es decir, vecinos no prioritarios) a comunicarse con el nodo raíz durante la(s) franja(s) de tiempo, incluso cuando el vecino de un salto tenga prioridad de comunicación. Si, en el bloque 606, el vecino de un salto determina que tiene información para transmitir al nodo raíz, en el bloque 610, el vecino de un salto espera un período de tiempo predeterminado antes de transmitir la información al nodo raíz. El período de tiempo predeterminado se basa, al menos en parte, en la información de prioridad recibida del nodo raíz. Por ejemplo, el vecino de un salto puede esperar su configuración de IFS (por ejemplo, almacenada en las configuraciones de IFS 212) y/o su configuración de ventana de contención (por ejemplo, almacenada en las configuraciones 214 de la ventana de contención).

25 30 Mientras se espera el período de tiempo predeterminado, en el bloque 612, el vecino de un salto puede escuchar en un canal de control de la red para transmisiones por otros vecinos de un salto durante el período de tiempo predeterminado. Si, en el bloque 614, el vecino de un salto escucha una transmisión de otro nodo, el vecino de un salto esperará hasta que finalice la transmisión por el otro nodo y luego regresará al bloque 610 para esperar que transcurra su ventana IFS y/o de contención.

35 Si, en el bloque 614, el vecino de un salto no escucha las transmisiones de ningún otro nodo durante el período de tiempo predeterminado, en el bloque 616, el vecino de un salto transmitirá su información al nodo raíz en respuesta a la expiración del periodo predeterminado de tiempo sin escuchar las transmisiones de otros nodos, incluidos otros vecinos de un salto. Después de la transmisión de los datos, el método vuelve al bloque 606 para determinar si el vecino de un salto tiene información adicional para transmitir al nodo raíz, en cuyo punto el método sigue las mismas operaciones descritas anteriormente en el bloque 606.

40 45 Los métodos 500 y 600 se ilustran como colecciones de bloques y/o flechas en diagramas de flujo lógicos que representan una secuencia de operaciones que pueden implementarse en hardware, software, firmware o una combinación de estos. El orden en que se describen los bloques no pretende ser interpretado como una limitación, y cualquier cantidad de operaciones descritas se puede combinar en cualquier orden para implementar el método, o métodos alternativos. Adicionalmente, las operaciones individuales pueden omitirse del método sin apartarse del espíritu y alcance del tema descrito en este documento. En el contexto del software, los bloques representan instrucciones del ordenador que, cuando son ejecutadas por uno o más procesadores, realizan las operaciones citadas. En el contexto del hardware, los bloques pueden representar uno o más circuitos (por ejemplo, circuitos integrados específicos de la aplicación-ASICs) configurados para ejecutar las operaciones enumeradas.

55 Conclusión

Aunque la solicitud describe realizaciones que tienen características estructurales y/o actos metodológicos específicos, debe entenderse que las reivindicaciones no están necesariamente limitadas a las características o actos específicos descritos. Por el contrario, las características y actos específicos son meramente ilustrativas de algunas realizaciones que caen dentro del alcance de las reivindicaciones de la solicitud.

60

REIVINDICACIONES

1. Un método realizado por un nodo (102B, 102C, 102D) vecino de un salto de un nodo (102A) raíz de una red, comprendiendo el método:
- 5 recibir información de prioridad del nodo (102A) raíz , la información de prioridad que incluye:
- una lista de franjas de tiempo de comunicación correspondientes a un canal de comunicación; e indicación de una o más de las franjas de tiempo de comunicación durante las cuales el vecino (102B, 102C, 102D) de un salto del nodo (102A) raíz tiene prioridad de comunicación con respecto a uno o más vecinos (102B, 102C, 102D) de otro salto del nodo (102A) raíz ;
- 10 establecer una ventana de contención y/o un espaciado entre cuadros del vecino (102B, 102C, 102D) del nodo (102A) de un solo salto raíz basado al menos en parte en la información de prioridad recibida desde el nodo (102A) raíz ; y
- 15 durante una franja de tiempo de comunicación:
- esperando un período predeterminado de tiempo sea antes de transmitir información al nodo (102A) raíz , donde esperar el período de tiempo predeterminado comprende esperar el espaciado entre cuadros y/o la ventana de contención;
- 20 escuchar en un canal de control para transmisiones por otros nodos durante el período de tiempo predeterminado; y
- 25 transmitir información en respuesta a ambos: expiración del período de tiempo predeterminado y no escuchar transmisiones por otros nodos durante el período de tiempo predeterminado.
2. El método de la reivindicación 1, que comprende además establecer una ventana de contención y/o un espaciado entre cuadros del vecino (102B, 102C, 102D) de un solo salto del nodo (102A) raíz para que sea más corto que los de uno o más de otros vecinos (102B, 102C, 102D) de un salto del nodo (102A) raíz durante la franja de tiempo de comunicación indicada.
- 30 3. El método de la reivindicación 1, en el que las franjas de tiempo de comunicación en la lista de franjas de tiempo de comunicación son de la misma duración.
- 35 4. Método según la reivindicación 1, en el que las franjas de tiempo de comunicación en la lista de franjas de tiempo de comunicación incluyen al menos una franja de tiempo de comunicación que tiene una primera duración y al menos una franja de tiempo que tiene una segunda duración, que es diferente de la primera duración.
- 40 5. Método según la reivindicación 1, en el que cada vecino (102B, 102C, 102D) de un salto del nodo (102A) raíz tiene un número igual franjas de tiempo durante el cual el vecino (102B, 102C, 102D) de un salto respectivo tiene prioridad con relación a otros vecinos (102B, 102C, 102D) de un salto del nodo (102A) raíz .
- 45 6. El método de la reivindicación 1, en el que el vecino (102B, 102C, 102D) de un salto del nodo (102A) raíz tiene un mayor número de franjas de tiempo, durante el cual tiene prioridad con respecto a otros vecinos (102B, 102C, 102D) de un salto del nodo (102A) raíz , que los otros vecinos (102B, 102C, 102D) de un salto del nodo (102A) raíz .
- 50 7. El método de la reivindicación 1, que comprende además mantener la prioridad de comunicación con respecto al canal de comunicación a lo largo de la franja de tiempo indicada independientemente de si uno o más de los otros vecinos (102B, 102C, 102D) de un salto del nodo (102A) raíz se han comunicado con el nodo (102A) raíz a través del canal de comunicación durante la franja de tiempo indicada.
- 55 8. El método de la reivindicación 1, que comprende además transmitir información al nodo (102A) raíz a través del canal de comunicación durante la franja de tiempo indicada después de que uno o más de los otros vecinos (102B, 102C, 102D) de un salto del nodo (102A) raíz se ha comunicado con el nodo (102A) raíz a través del canal de comunicación durante la franja de tiempo indicada.
- 60 9. El método de la reivindicación 1, en el que el vecino (102B, 102C, 102D) de un salto del nodo (102A) raíz está configurado para permitir el uno o más de otros vecinos (102B, 102C, 102D) de un salto del nodo (102A) raíz para comunicarse con el nodo (102A) raíz a través del canal de comunicación durante el intervalo de tiempo indicado cuando el vecino (102B, 102C, 102D) de un salto del nodo (102A) raíz no tiene información para transmitir a el nodo raíz.

10. Un dispositivo informático de red de una red de comunicación que comprende:
- uno o más procesadores (112);
- 5 memoria (114) acoplada comunicativamente a uno o más procesadores (112);
- un módulo (116) de control de acceso a medios (MAC) almacenado en la memoria (114) y ejecutable por uno o más procesadores (112) para controlar la transmisión de comunicaciones entre el dispositivo informático de red y uno o más nodos de la red de comunicación, el módulo MAC (116) que comprende:
- 10 un protocolo aguas arriba (118), recibido como información de prioridad desde un nodo raíz de la red de comunicación, que define cómo se van a transmitir las comunicaciones desde el dispositivo informático de red a un nodo aguas arriba de la red de comunicación, el protocolo aguas arriba (118) que incluye:
- 15 una lista de franjas de tiempo de comunicación; y una indicación de uno o más de las franjas de tiempo de comunicación durante los cuales el dispositivo informático de red tiene prioridad de comunicación con relación a otros vecinos de un salto del nodo aguas arriba; ajustes de ventana de contención y/o configuraciones de espaciado entre cuadros almacenados en la memoria,
- 20 donde el módulo MAC está configurado además para ajustar los ajustes de la ventana de contención y/o los ajustes de espaciado entre cuadros del dispositivo informático de red para que sean más cortos que los de los otros vecinos de un salto del nodo aguas arriba durante la(s) franja(s) de tiempo de comunicación cuando el dispositivo informático de red tiene prioridad de comunicación;
- 25 en el que el dispositivo de red está configurado para, durante una franja de tiempo de comunicación:
- esperar un período de tiempo predeterminado antes de transmitir la información al nodo (102A) raíz , donde esperar el período de tiempo predeterminado comprende esperar el espaciado entre cuadros y/o la ventana de contención;
- 30 escuchar en un canal de control para las transmisiones de otros nodos durante el período de tiempo predeterminado; y transmitir información durante una franja de tiempo indicado en respuesta a ambos: expiración del período de tiempo predeterminado y no escuchar transmisiones por otros nodos durante el período de tiempo predeterminado.
- 35 11. El dispositivo informático de red de la reivindicación 10, en el que el módulo MAC está configurado además para:
- determinar que el dispositivo informático de red no tiene más información para transmitir al nodo aguas arriba; y
- 40 permitir que uno de los otros vecinos de un salto del nodo aguas arriba se comunique con el nodo aguas arriba durante la(s) franja(s) de tiempo cuando el dispositivo informático de red tiene prioridad de comunicación.
- 45 12. El dispositivo informático de red de la reivindicación 10, que comprende además:
- una radio multicanal capaz de enviar y recibir comunicaciones en múltiples canales diferentes; y
- 45 un módulo de salto de frecuencia configurado para conmutar entre los múltiples canales diferentes de acuerdo con un patrón de salto de frecuencia predefinido de la red de comunicación multicanal.
- 50 13. Dispositivo informático de red según la reivindicación 10, que comprende además un módulo de metrología almacenado en la memoria y ejecutable por uno o más procesadores para recopilar datos de consumo de recursos, los datos de consumo de recursos que comprenden datos de consumo de electricidad, datos de consumo de agua y/o datos de consumo de gas natural.
- 55 14. Dispositivo informático de red según la reivindicación 10, en el que el nodo aguas arriba del dispositivo informático de red comprende un nodo raíz de la red de comunicación, y el protocolo aguas arriba (118) define cómo deben transmitirse las comunicaciones desde el dispositivo informático de red al nodo raíz de la red de comunicación.
- 60 15. El dispositivo informático de red de la reivindicación 10, que comprende, además:
- 60 un protocolo en sentido aguas abajo (120), que es diferente del protocolo aguas arriba (118), y que define cómo deben transmitirse las comunicaciones desde el dispositivo informático de red a los nodos aguas abajo de la red de comunicación.
- 65 16. Un medio legible por ordenador que comprende instrucciones ejecutables informáticas que, cuando son ejecutadas por un procesador de un nodo vecino de un salto de un nodo raíz, realizan el método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

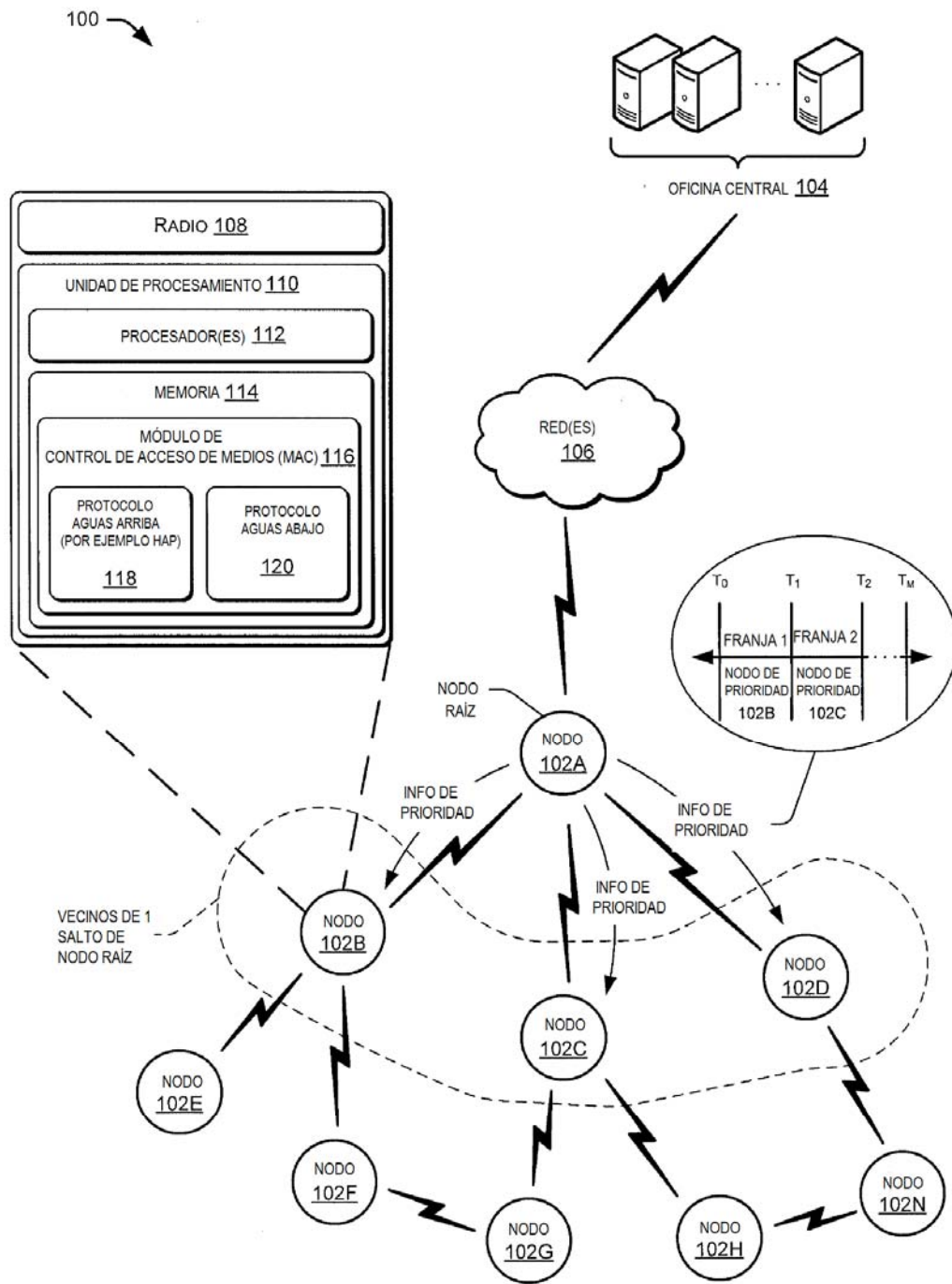


FIG. 1

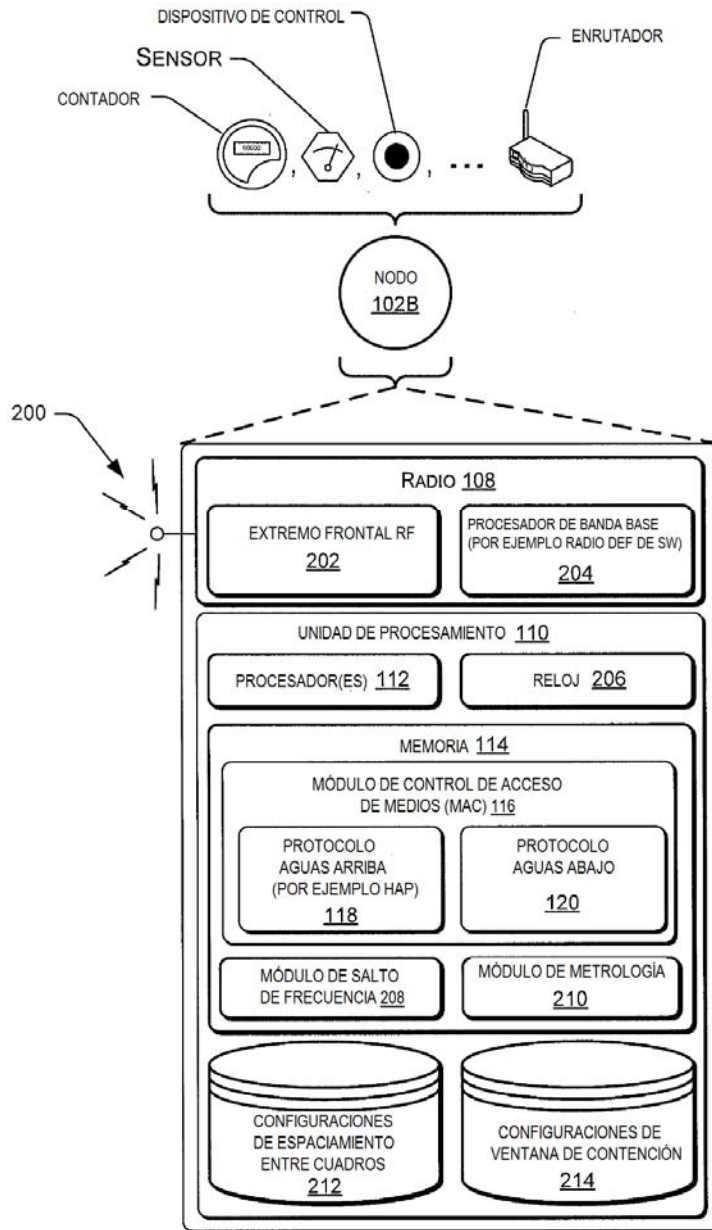


FIG. 2

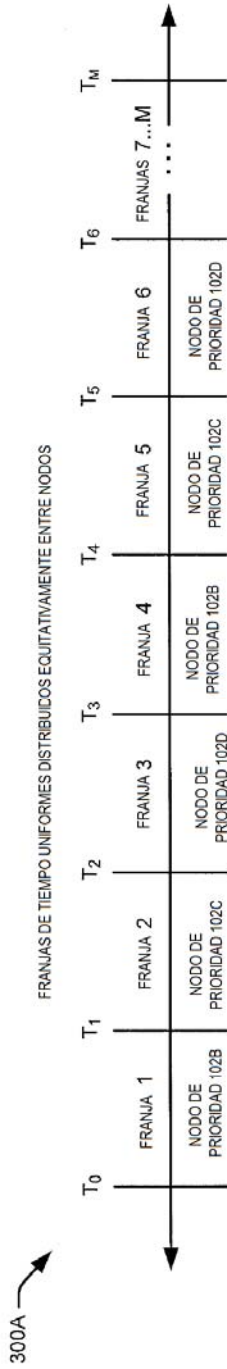


FIG. 3A

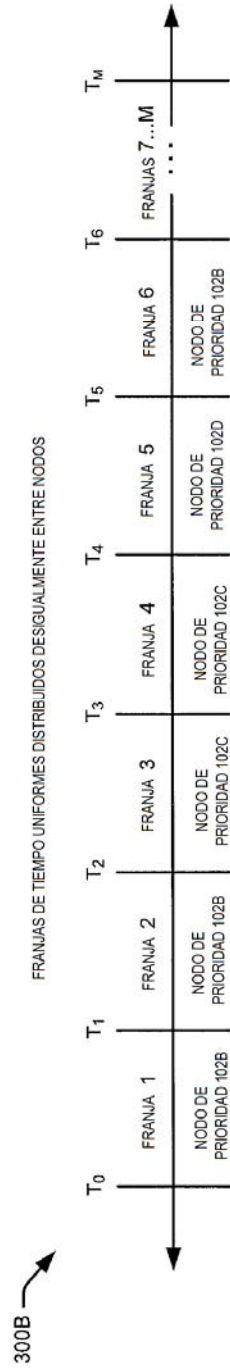


FIG. 3B

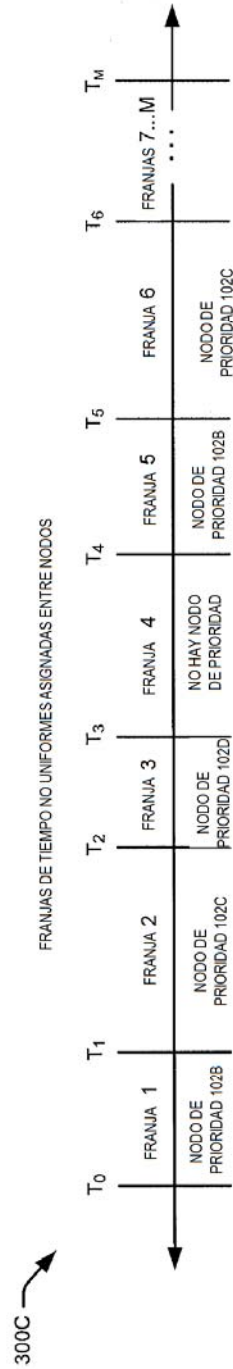


FIG. 3C

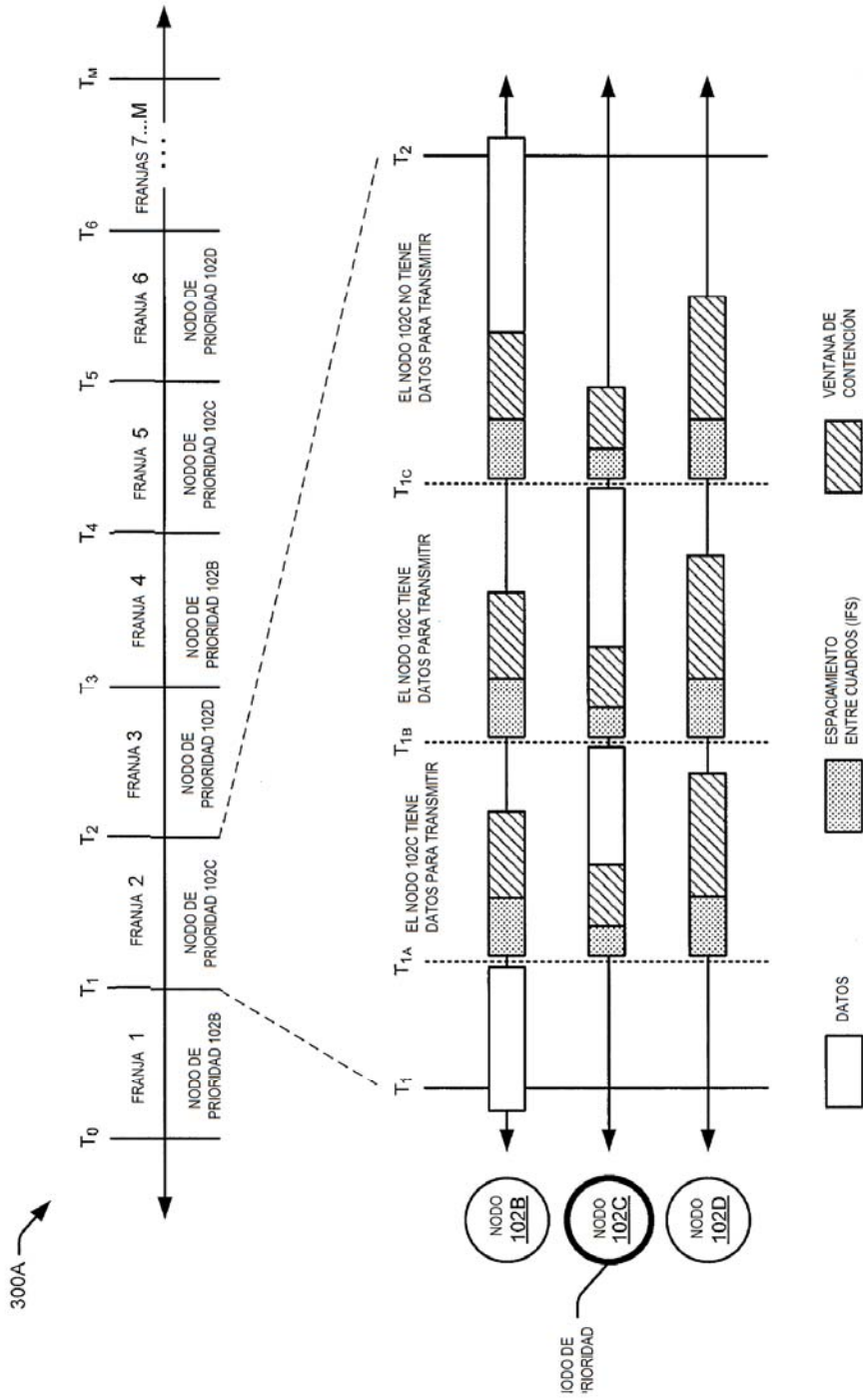


FIG. 4A

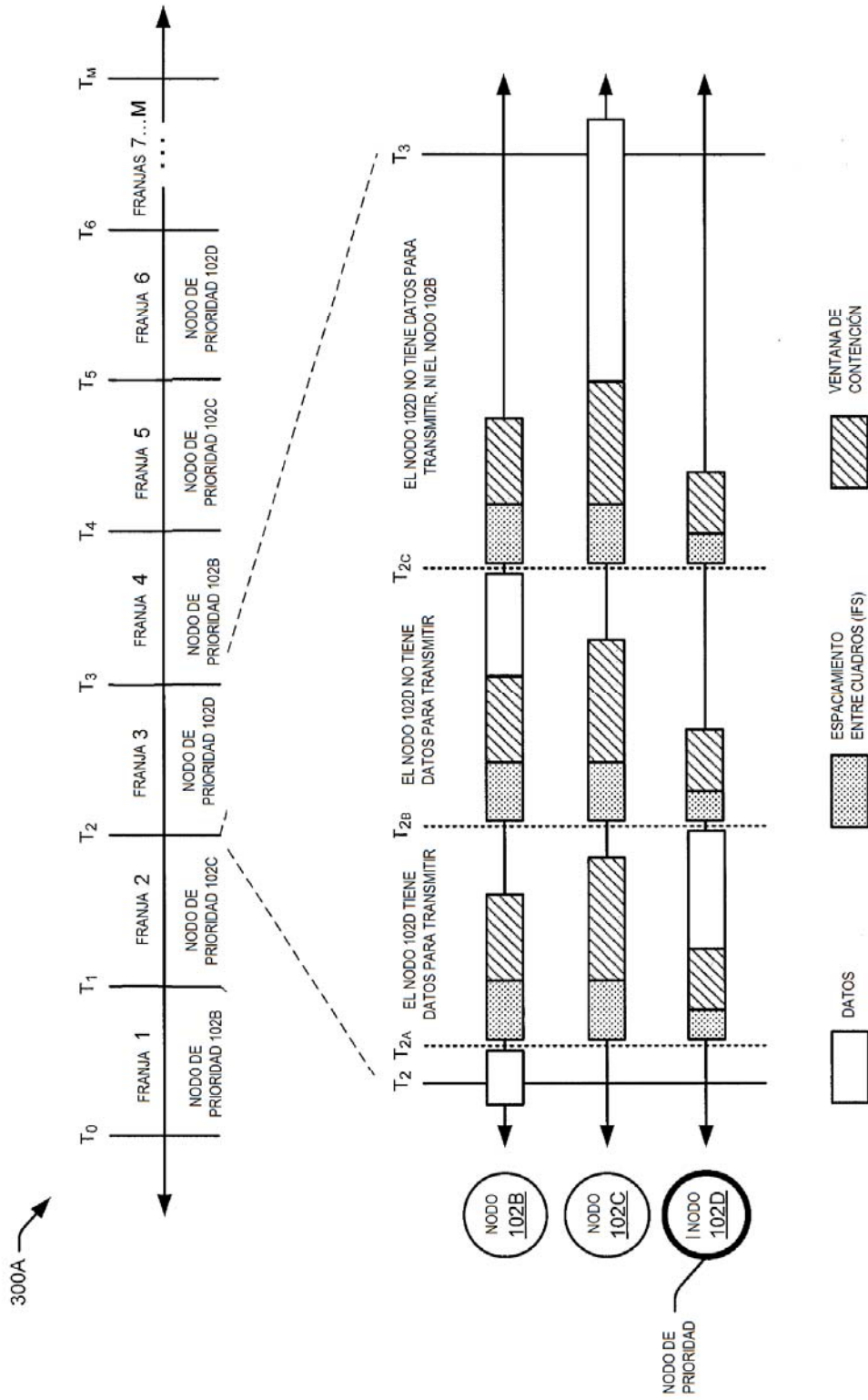


FIG. 4B

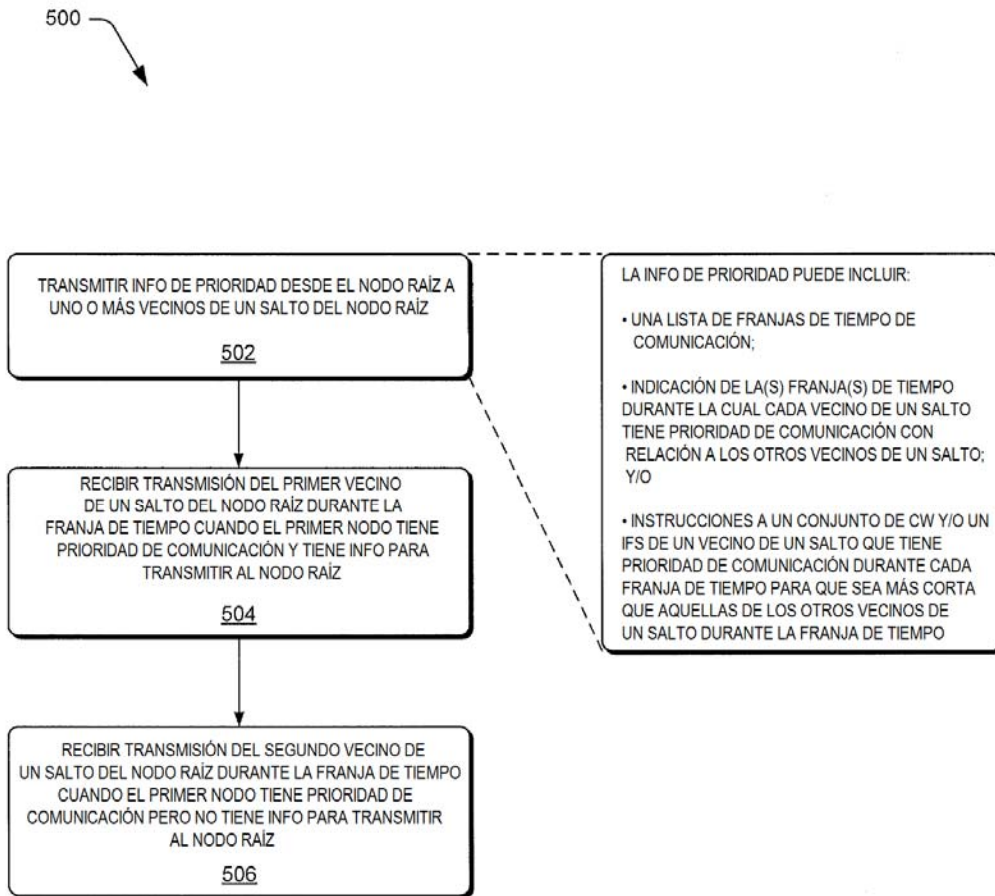


FIG. 5

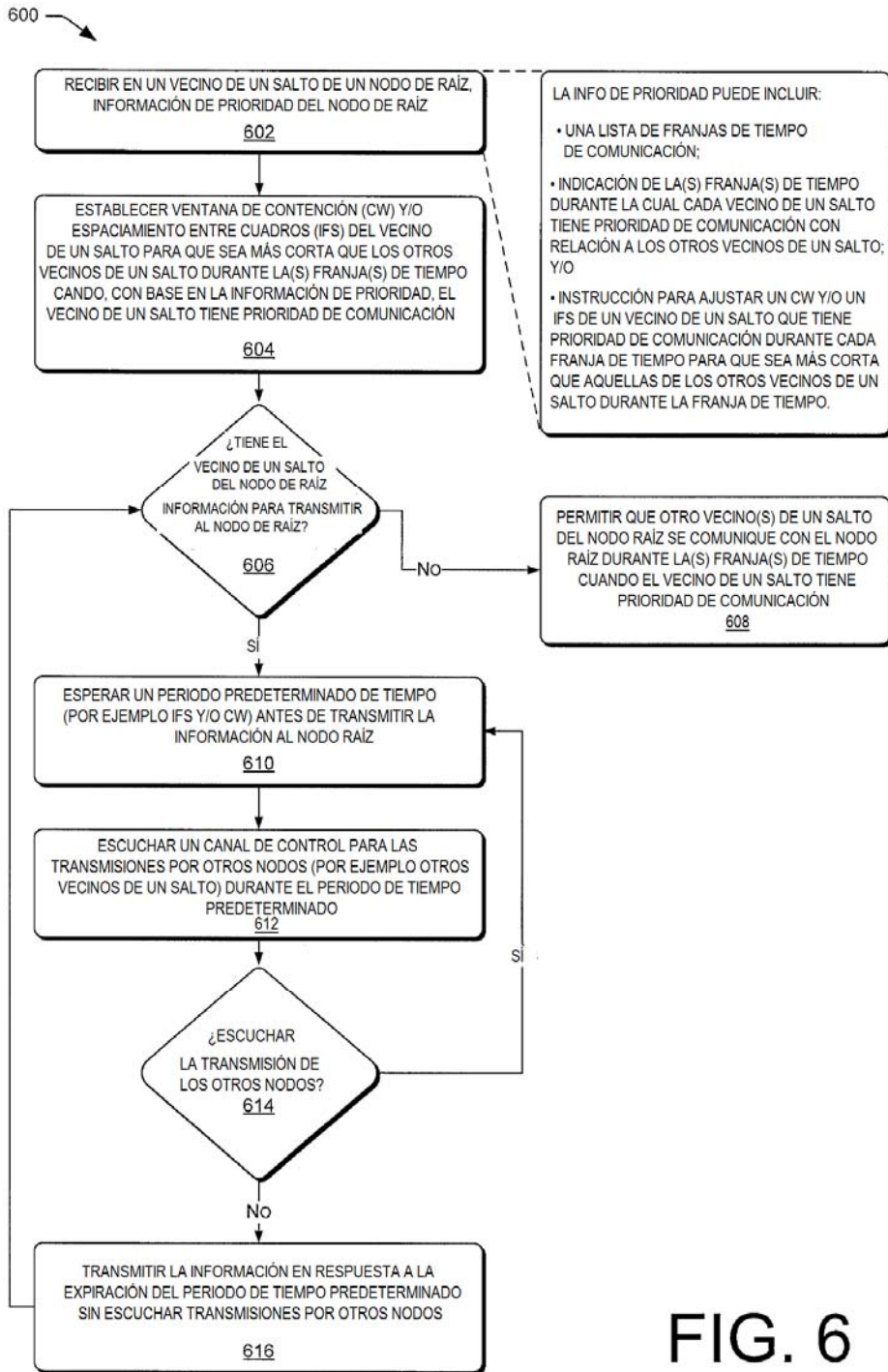


FIG. 6