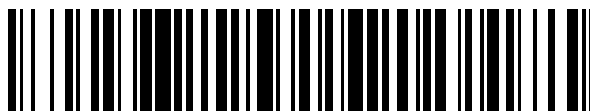


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 798 252**

51 Int. Cl.:

**H04L 12/18** (2006.01)

**G06F 1/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.02.2011 PCT/US2011/025037**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.08.2011 WO11103155**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.02.2011 E 11710916 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020 EP 2537294**

54 Título: **Transmisión por multidifusión de velocidad variable para distribución del reloj en redes por paquetes**

30 Prioridad:

**16.02.2010 US 304983 P**

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

**10.12.2020**

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD. (100.0%)  
Building B1-3-A Huawei Industrial Base Bantian  
Longgang District  
Shenzhen, Guangdong 518129, CN**

72 Inventor/es:

**OUELLETTE, MICHEL y  
ASHWOOD-SMITH, PETER**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 798 252 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

Transmisión por multidifusión de velocidad variable para distribución del reloj en redes por paquetes

**Antecedentes**

5 Las redes actuales de comunicaciones y datos están compuestas por nodos que transportan datos a través de la red. Los nodos pueden incluir rúteres, conmutadores, puentes o combinaciones de los mismos que transportan los paquetes o tramas de datos individuales a través de la red. Algunas redes pueden ofrecer servicios de datos que reenvían tramas o paquetes de datos desde un nodo a otro nodo a través de la red sin usar rutas preconfiguradas sobre nodos intermedios. Otras redes pueden reenviar las tramas o paquetes de datos desde un nodo a otro nodo a través de la red a lo largo de rutas preconfiguradas o preestablecidas. Los paquetes reenviados en la red pueden ser paquetes de unidifusión que son transmitidos a una pluralidad de nodos por medio de una pluralidad de enlaces correspondientes de punto-a-punto (P2P, por sus siglas en inglés). Alternativamente, los paquetes reenviados en la red pueden ser paquetes de multidifusión que son transmitidos a una pluralidad de nodos por medio de un enlace de punto-a-multipunto (P2MP, por sus siglas en inglés) o un árbol.

15 El documento EP1610502A1 da a conocer un método para filtrar un flujo continuo de paquetes multiplexado en una entidad de red correspondiente a la red central o la red de acceso por radiocomunicaciones de un sistema de comunicaciones móviles. El flujo continuo de paquetes multiplexado proporciona un servicio de multidifusión o difusión y se entrega desde un centro de servicio por medio de la entidad de red a un terminal móvil. Para proporcionar una arquitectura de QoS adaptativa para un servicio de difusión/multidifusión multimedia que sea escalable para un número elevado de usuarios, la invención sugiere proporcionar el servicio en forma de nodos que, dentro del árbol de distribución del servicio, se equipan con una capacidad de filtrado que permite filtrar el flujo continuo multiplexado sobre la base de las restricciones de calidad-de-servicio de enlace descendente obtenidas a partir de un administrador de servicios.

25 Un documento (WITTMAN E ET AL., "Amnet: active multicasting network") da a conocer una implementación prototípica de AMnet basada en RSVP como protocolo de señalización para filtros de QoS. Cuando un receptor solicita un flujo continuo de vídeo con una restricción del ancho de banda, los nodos de red activos instalarán un nuevo filtro de QoS configurado a un factor de calidad correspondiente o reconfigurarán un filtro de QoS existente a un factor de calidad correspondiente, y, a continuación, los nodos filtran el flujo continuo de vídeo usando el filtro de QoS.

30 El documento WO2009/105838A1 se refiere a dispositivos, métodos, sistemas y/o soportes legibles por ordenador para su uso en una red de medios isócrona, en los cuales dispositivos de medios conectados a una red utilizan una o más señales de sincronización para regular o facilitar la transmisión de señales de medios a través de la red.

**Sumario**

35 En una de las realizaciones, la exposición incluye un sistema en una red basada en paquetes que transmite una pluralidad de paquetes. El sistema incluye, también, uno o más nodos intermediarios acoplados al nodo raíz y una pluralidad de nodos hoja acoplados, cada uno de los cuales está acoplado a uno de los nodos intermediarios. El nodo raíz, el nodo intermediario y la pluralidad de nodos hoja están dispuestos en una topología en árbol. Los paquetes se reciben en el nodo intermediario provenientes del nodo raíz a una velocidad de datos aguas arriba igual a la velocidad de datos requerida del nodo hoja que tiene la velocidad de datos máxima. Los paquetes se transmiten desde el nodo intermediario a cada uno de la pluralidad de nodos hoja a una pluralidad de velocidades de datos requeridas diferentes de tal manera que cada nodo particular de la pluralidad de nodos hoja recibe los paquetes a una velocidad de datos correspondiente a la velocidad de datos requerida para el nodo particular de la pluralidad de nodos hoja. Algunos de los paquetes se rechazan cuando por lo menos una de una pluralidad de velocidades de datos requeridas aguas abajo es menor que la velocidad de datos aguas arriba. El nodo raíz está acoplado a un reloj maestro asociado a la velocidad de datos máxima y los nodos hoja están acoplados a una pluralidad de relojes subordinados correspondientes asociados a las diferentes velocidades de datos requeridas de los nodos hoja, y donde los paquetes incluyen sellos de tiempo o información de sincronización de frecuencia/tiempo para el reloj maestro y los relojes subordinados.

50 En otra realización, la exposición incluye un componente de red que comprende un bloque de duplicación de paquetes acoplado a un enlace de entrada y configurado para duplicar una pluralidad de paquetes recibidos sobre el enlace de entrada a una velocidad de datos aguas arriba. El componente de red incluye, también, una pluralidad de bloques de descarte de paquetes acoplados al bloque de duplicación de paquetes y a una pluralidad de enlaces de salida y configurados para transferir los paquetes recibidos sin rechazar los paquetes recibidos cuando una velocidad de datos requerida aguas abajo asociada a los enlaces de salida coincide con la velocidad de datos aguas arriba asociada al enlace de entrada; y descartar algunos de los paquetes recibidos para coincidir con la velocidad de datos requerida aguas abajo cuando la velocidad de datos requerida aguas abajo asociada a los enlaces de salida es menor que la velocidad de datos aguas arriba asociada al enlace de entrada. La pluralidad de velocidades de datos requeridas aguas abajo se reciben por medio de la pluralidad de enlaces de salida desde los nodos hoja y la velocidad de datos aguas arriba que se corresponde con un máximo de las velocidades de datos requeridas aguas abajo se asigna al enlace de entrada. Las velocidades de datos requeridas aguas abajo y la velocidad de datos aguas arriba determinan cantidades de mensajes transmitidos por segundo. La pluralidad de paquetes comprende información de

sincronización de frecuencia/tiempo.

En un tercer aspecto, la exposición incluye un método. El método comprende recibir una pluralidad de velocidades de datos requeridas aguas abajo anunciadas por medio de una pluralidad de enlaces de salida provenientes de una pluralidad de nodos aguas abajo. El método comprende, también, asignar una velocidad de datos aguas arriba que se corresponde con un máximo de las velocidades de datos requeridas aguas abajo, recibidas, a un enlace de entrada. El método comprende, además, anunciar la velocidad de datos aguas arriba por medio del enlace de entrada a un nodo aguas arriba. El método comprende, además, recibir paquetes por medio del enlace de entrada a la velocidad de datos aguas arriba, y reenviar los paquetes a los nodos aguas abajo a las velocidades de datos requeridas aguas abajo anunciadas de los nodos aguas abajo. Algunos de los paquetes se rechazan cuando las velocidades de datos requeridas aguas abajo anunciadas son menores que la velocidad aguas arriba. Las velocidades de datos requeridas aguas abajo y la velocidad de datos aguas arriba determinan cantidades de mensajes transmitidos por segundo y son almacenadas y mantenidas por una red basada en paquetes. Los paquetes comprenden información de sincronización de frecuencia/tiempo.

Estas y otras características se entenderán más claramente a partir de la siguiente descripción detallada considerada en combinación con los dibujos y las reivindicaciones adjuntos.

### Breve descripción de los dibujos

Para entender de manera más exhaustiva esta exposición, se hace referencia, a continuación, a la breve descripción sucesiva, considerada en relación con los dibujos y la descripción detallada adjuntos, en donde los números de referencia similares representan partes similares.

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de una realización de un esquema de multidifusión por paquetes.

La FIG. 2 es un diagrama esquemático de una realización de un esquema de unidifusión por paquetes.

La FIG. 3 es un diagrama esquemático de una realización de un esquema de distribución de reloj.

La FIG. 4 es un diagrama esquemático de una realización de un esquema de distribución de reloj por multidifusión.

La FIG. 5 es un diagrama esquemático de una realización de un esquema de distribución de reloj por unidifusión.

La FIG. 6 es un diagrama esquemático de una realización de un esquema de multidifusión de velocidad variable.

La FIG. 7 es un diagrama esquemático de otra realización de un esquema de distribución de reloj por multidifusión de velocidad variable.

La FIG. 8 es un diagrama esquemático de una realización de un esquema de descarte y reenvío por multidifusión.

La FIG. 9 es un diagrama de flujo de una realización de un método de multidifusión de velocidad variable.

La FIG. 10 es un diagrama esquemático de una realización de una unidad de transmisor/receptor.

La FIG. 11 es un diagrama esquemático de una realización de un sistema informático de propósito general.

### Descripción detallada

De entrada, debe entenderse que, aunque a continuación se ofrece una implementación ilustrativa de una o más realizaciones, los sistemas y/o métodos dados a conocer pueden implementarse usando un número cualquiera de técnicas, ya sean conocidas o existentes en la actualidad. La exposición no debe limitarse en modo alguno a las implementaciones, dibujos y técnicas ilustrativos que se muestran a continuación, incluidos los diseños e implementaciones ejemplificativos ilustrados y descritos en la presente, sino que se puede modificar dentro del alcance de las reivindicaciones anexas junto con el alcance completo de sus equivalentes.

Se dan a conocer, en la presente, un sistema y un método para proporcionar transmisiones por multidifusión de velocidad variable para la distribución del reloj en redes basadas en paquetes. Las transmisiones por multidifusión de velocidad variable pueden proporcionarse desde una fuente multidifusión a una pluralidad de receptores multidifusión. Los receptores pueden recibir transmisiones por multidifusión similares en forma de paquetes de multidifusión desde la fuente a diferentes velocidades. Los paquetes de multidifusión se pueden usar para sincronizar la frecuencia y/o el tiempo de los relojes en los receptores, por ejemplo, con el reloj de la fuente. Los paquetes de multidifusión se pueden entregar a los receptores a velocidades diferentes que pueden coincidir con las diferentes velocidades de reloj de los receptores, por ejemplo, en función de los diferentes anchos de banda de los enlaces y/o capacidades de procesamiento de los receptores.

La FIG. 1 ilustra un típico esquema 100 de multidifusión por paquetes que puede usarse para transmitir paquetes en redes basadas en paquetes. El esquema 100 de multidifusión por paquetes se puede implementar entre un nodo fuente o raíz 110 y una pluralidad de nodos hoja 120 que pueden estar acoplados, todos ellos, a una red 130 basada

en paquetes. Por ejemplo, la red 130 basada en paquetes puede ser una red Ethernet, una red del Protocolo de Internet (IP, por sus siglas en inglés), una red de Conmutación por Etiquetas Multi-Protocolo (MPLS, por sus siglas en inglés) o cualquier otra red por conmutación de paquetes (PSN, por sus siglas en inglés).

5 El nodo raíz 110 y, de manera similar, los nodos hoja 120 pueden ser cualquier tipo de nodos, dispositivos o componentes configurados para recibir, transmitir y/o reenviar paquetes asociados a la red 130 basada en paquetes. Específicamente, en el esquema 100 de multidifusión por paquetes, el nodo raíz 110 puede ser un transmisor de una pluralidad de paquetes y los nodos hoja 120 pueden ser los receptores de los paquetes. Los paquetes iguales o similares se pueden duplicar y enviar a todo nodo hoja 120 por medio de una pluralidad de enlaces en una topología en árbol, por ejemplo, un enlace P2MP. Por ejemplo, los paquetes pueden distribuirse a los nodos hoja 120 por medio de una topología en árbol de distribución de tipo árbol de multidifusión, tal como un servicio de árbol Ethernet (en inglés, E-Tree). En una realización, la topología en árbol se puede generar según se describe en la norma 802.1aq del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, por sus siglas en inglés).

15 El árbol o enlace P2MP puede comprender una pluralidad de enlaces o trayectos, por ejemplo, en la red 130 basada en paquetes, que pueden acoplar cada nodo hoja 120 al nodo raíz 110. Los enlaces o trayectos pueden estar acoplados a una pluralidad de nodos internos (no mostrados) en la red 130 basada en paquetes. Los nodos internos pueden recibir y duplicar los paquetes, cuando sea necesario, antes de reenviar los paquetes hacia los nodos hoja 120. Típicamente, los paquetes se pueden transmitir desde el nodo raíz 110 a través del enlace P2MP y pueden ser recibidos por los nodos hoja 120 aproximadamente a la misma velocidad de datos. Esto se indica con el mismo tipo de flecha de línea continua para cada uno de los nodos hoja 120. Los paquetes que llegan y se duplican en los nodos internos pueden tener, también, aproximadamente las mismas velocidades de datos que el nodo raíz 110 y los nodos hoja 120. El esquema 100 de multidifusión por paquetes puede usar de manera eficiente el ancho de banda de la red haciendo que los nodos internos dupliquen los paquetes que se envían desde el nodo raíz a la hoja, por ejemplo, en comparación con esquemas de unidifusión por paquetes donde el propio nodo raíz debe duplicar el paquete (para cada hoja) antes de que pueda ser enviado a los nodos internos para alcanzar los nodos hoja. La multidifusión reduce el procesado y el tráfico del nodo raíz al mismo tiempo que minimiza el número de paquetes a reenviar por los nodos intermediarios.

20 La FIG. 2 ilustra un esquema 200 de unidifusión por paquetes típico que se puede usar para transmitir paquetes en redes basadas en paquetes. El esquema 200 de unidifusión por paquetes puede implementarse entre un nodo fuente o raíz 210 y una pluralidad de nodos hoja 220 que pueden estar acoplados, todos ellos, a una red basada en paquetes. La red 230 basada en paquetes, el nodo raíz 210 y los nodos hoja 220 pueden ser similares, respectivamente, a la red 130 basada en paquetes, el nodo raíz 110 y los nodos hoja 120.

30 No obstante, el nodo raíz 210 puede transmitir una pluralidad de paquetes similares o diferentes a los nodos hoja 220. Los paquetes pueden ser reenviados por los nodos intermedios (no mostrados) a los nodos hoja 220 por medio de una pluralidad de enlaces correspondientes, por ejemplo, enlaces P2P. Cada enlace asociado entre el nodo raíz y un nodo hoja 220 puede establecerse por separado o de manera independiente con respecto a los otros enlaces correspondientes a los otros nodos hoja 220. Cada enlace P2P puede transportar paquetes similares o diferentes con respecto a los otros enlaces a velocidades similares o diferentes. Esto se indica con los diferentes tipos de flecha de línea continua y de puntos para los nodos hoja 220. Los enlaces se pueden acoplar a una pluralidad de nodos internos (no mostrados) en la red 230 basada en paquetes. Los nodos internos pueden recibir y reenviar los paquetes, por ejemplo, sin duplicación, hacia los nodos hoja 220.

40 El esquema 200 de unidifusión por paquetes puede usar velocidades de datos más altas y puede presentar una reducción del uso del ancho de banda de la red con respecto al esquema 100 de multidifusión por paquetes. Por ejemplo, las velocidades de datos transportados totales en el esquema 100 de multidifusión por paquetes pueden ser aproximadamente iguales a las velocidades de datos recibidas en cada uno de los nodos hoja 120, mientras que las velocidades de datos transportados totales en el esquema 200 de unidifusión por paquetes pueden ser aproximadamente iguales a la suma de las velocidades de datos recibidas en todos los nodos hoja 220. De este modo, el esquema 100 de multidifusión por paquetes puede resultar menos exigente que el esquema 200 de unidifusión por paquetes en términos del procesado de datos, del consumo de ancho de banda y/o de la cantidad de tráfico transportado.

45 La FIG. 3 ilustra un esquema 300 de distribución de reloj que se puede usar para sincronizar o alinear el reloj/temporización entre un reloj maestro y una pluralidad de relojes subordinados. El esquema 300 de distribución de reloj se puede implementar entre un nodo fuente o raíz 310 y una pluralidad de nodos hoja 320 que pueden estar acoplados, todos ellos, a una red basada en paquetes. La red 330 basada en paquetes, el nodo raíz 310 y los nodos hoja 320 se pueden configurar, respectivamente, de manera sustancialmente similar a la red 130 basada en paquetes, el nodo raíz 110 y los nodos hoja 120.

50 Específicamente, el nodo raíz 310 puede comprender o puede estar acoplado al reloj maestro (no mostrado) y los nodos hoja 320 pueden comprender o pueden estar acoplados a una pluralidad de relojes subordinados correspondientes (no mostrados). El maestro y el subordinado se pueden usar para controlar las transmisiones y/o los tiempos de procesado del nodo fuente 310 y los nodos hoja 320. El esquema 300 de distribución de reloj se puede usar para sincronizar la frecuencia y/o el tiempo de los relojes subordinados con el reloj maestro, por ejemplo, para

sincronizar las comunicaciones entre el nodo raíz 310 y los nodos hoja 320. La frecuencia/tiempo en los relojes subordinados individuales se puede alinear con la frecuencia/tiempo del reloj maestro usando una pluralidad de sellos de tiempo o información de sincronización que puede enviarse en una pluralidad de paquetes transmitidos entre el nodo raíz 310 y los nodos hoja 320. Se pueden transmitir los mismos sellos de tiempo o información de sincronización desde el nodo raíz 310 a cada uno de los nodos hoja 320.

La información de sincronización puede enviarse desde el nodo raíz 310 a los nodos hoja 320 de una manera unidireccional, por ejemplo, solamente aguas abajo. Alternativamente, el nodo raíz 310 y los nodos hoja 320 pueden intercambiar información de sincronización de una manera bidireccional, por ejemplo, tanto aguas abajo como aguas arriba. En la IEEE 1588 se describen ejemplos de esquemas unidireccionales y bidireccionales de distribución de frecuencia/tiempo. Además, cada nodo hoja 320 puede configurarse para recibir la información de sincronización a una velocidad de reloj subordinado correspondiente. Las velocidades en los nodos hoja 320 pueden variar en función de diferentes condiciones de la red, tales como enlaces de microondas con respecto a enlaces de fibra, diferentes implementaciones de recuperación adaptativa de los relojes, tolerancia diferente a las variaciones de los retardos de los paquetes y/o diferente calidad oscilatoria.

Por ejemplo, el nodo raíz 310 puede configurarse para transmitir información de frecuencia y/o tiempo en una pluralidad de paquetes a una frecuencia de reloj maestro,  $r_m$ , en un esquema unidireccional, un esquema bidireccional, o en ambos. Los paquetes pueden comprender la misma información de tiempo y frecuencia. Un primer nodo hoja 320 de entre los nodos hoja 320 puede configurarse para recibir información de frecuencia en los paquetes a una primera velocidad subordinada,  $r_{s1}$ , en un esquema unidireccional. Un segundo nodo hoja 320 también puede configurarse para recibir información de frecuencia en los paquetes a una segunda velocidad subordinada,  $r_{s2}$ , e intercambiar información de frecuencia con el nodo raíz 310 en un esquema bidireccional. Un tercer nodo hoja 320 también puede configurarse para recibir información de tiempo en los paquetes a una tercera velocidad subordinada,  $r_{s3}$ , e intercambiar información de tiempo con el nodo raíz 310 en un esquema bidireccional. Los paquetes transmitidos a diferentes velocidades hacia los nodos hoja 320 se muestran usando patrones diferentes en la FIG. 3. El esquema unidireccional se muestra usando una única flecha de línea continua y los esquemas bidireccionales se muestran usando dos flechas de línea continua opuestas.

La FIG. 4 ilustra una realización de un esquema 400 de distribución de reloj por multidifusión que puede implementar un esquema de distribución de reloj (por ejemplo, tiempo/frecuencia) usando un esquema de multidifusión por paquetes. Por ejemplo, el esquema 400 de distribución de reloj por multidifusión puede implementar el esquema 300 de distribución de reloj usando el esquema 100 de multidifusión por paquetes. El esquema 400 de distribución de reloj por multidifusión se puede implementar entre un nodo fuente o raíz 410 y una pluralidad de nodos hoja 420 que pueden estar acoplados, todos ellos, a una red 430 basada en paquetes. La red 430 basada en paquetes también puede comprender una pluralidad de nodos internos 432. La red 430 basada en paquetes, el nodo raíz 410 y los nodos hoja 420 pueden configurarse, respectivamente, de manera sustancialmente similar a la red 130 basada en paquetes, el nodo raíz 110 y los nodos hoja 120. Los nodos internos 432 pueden ser nodos, dispositivos o componentes de cualquier tipo configurados para recibir, transmitir y/o reenviar paquetes en la red 430 basada en paquetes.

El nodo raíz 410 puede transmitir información de frecuencia y/o tiempo en una pluralidad de paquetes a una velocidad de reloj maestro,  $r_m$ , hacia los nodos hoja 420, por ejemplo, en un esquema unidireccional y/o bidireccional. Los paquetes se pueden recibir, duplicar y reenviar a los nodos hoja 420 por parte de los nodos internos 432 aproximadamente a las mismas velocidades de datos. Por ejemplo, un primer nodo interno 432 ( $n1$ ) puede recibir los paquetes del nodo raíz 410, duplicar los paquetes, reenviar una primera copia de los paquetes a un segundo nodo interno 432 ( $n2$ ) por medio del primer enlace a una primera velocidad de datos ( $rd_{11}$ ), y reenviar una segunda copia de los paquetes a un tercer nodo interno 432 ( $n3$ ) por medio de un segundo enlace a una segunda velocidad de datos ( $rd_{12}$ ). El segundo nodo interno 432 puede recibir los paquetes del primer nodo interno 432, duplicar los paquetes, reenviar una primera copia de los paquetes a un primer nodo hoja 420 por medio de un tercer enlace a una tercera velocidad de datos ( $rd_{21}$ ), y reenviar una segunda copia de los paquetes a un segundo nodo hoja 420 por medio de un cuarto enlace a una cuarta velocidad de datos ( $rd_{22}$ ). De manera similar, el tercer nodo interno 432 puede recibir paquetes del primer nodo interno 432 y reenviar los paquetes a un tercer nodo hoja 420 por medio de un quinto enlace a una quinta velocidad de datos ( $rd_{31}$ ).

Usando este esquema de multidifusión por paquetes, las velocidades de datos de los nodos internos 432 y los enlaces correspondientes pueden ser sustancialmente iguales, lo cual puede hacer que mejore el consumo de ancho de banda en la red 430 basada en paquetes. Por ello,  $rd_{11}$ ,  $rd_{12}$ ,  $rd_{21}$ ,  $rd_{22}$  y  $rd_{23}$  pueden ser, todas ellas, aproximadamente iguales a  $r_m$ . Por ejemplo, cada una de las velocidades de datos puede ser igual a aproximadamente 20 mensajes por segundo. En la FIG. 4, los mismos paquetes que se transmiten aproximadamente a las mismas velocidades se muestran usando el mismo patrón. No obstante, las velocidades de datos recibidas en los nodos hoja 420 pueden no cumplir de manera eficiente los diferentes requisitos de velocidad de datos de los nodos hoja 420. Por ejemplo, el primer nodo hoja 420, el segundo nodo hoja 420 y el tercer nodo hoja 420 pueden tener, respectivamente, una primera velocidad subordinada,  $r_{s1}$ , una segunda velocidad subordinada,  $r_{s2}$ , y una tercera velocidad subordinada,  $r_{s3}$ , que pueden ser diferentes de acuerdo con las diferentes condiciones de la red. Los tres nodos hoja 420 pueden recibir aproximadamente las mismas velocidades de datos de la red 430 basada en paquetes, que pueden ser superiores o inferiores a las velocidades subordinadas correspondientes individuales.

La FIG. 5 ilustra una realización de un esquema 500 de distribución de reloj por unidifusión que puede implementar un esquema de distribución de reloj (por ejemplo, tiempo/frecuencia) usando un esquema de unidifusión por paquetes. Por ejemplo, el esquema 500 de distribución de reloj por multidifusión puede implementar el esquema 300 de distribución de reloj usando el esquema 200 de unidifusión por paquetes. El esquema 500 de distribución de reloj por unidifusión puede implementarse entre un nodo fuente o raíz 510 y una pluralidad de nodos hoja 520 que pueden estar acoplados, todos ellos, a una red 530 basada en paquetes. La red 530 basada en paquetes también puede comprender una pluralidad de nodos internos 532. La red 530 basada en paquetes, el nodo raíz 510 y los nodos hoja 520 pueden configurarse, respectivamente, de manera sustancialmente similar a la red 230 basada en paquetes, al nodo raíz 210 y a los nodos hoja 220. Los nodos internos 532 pueden ser nodos, dispositivos o componentes de cualquier tipo configurados para recibir, transmitir y/o reenviar paquetes en la red 530 basada en paquetes.

El nodo raíz 510 puede transmitir información de frecuencia y/o tiempo en una pluralidad de paquetes a una velocidad de reloj maestro,  $r_m$ , hacia los nodos hoja 520, por ejemplo, en un esquema unidireccional y/o bidireccional. A diferencia del esquema 400 de distribución de reloj por multidifusión, el nodo raíz 510 puede cumplir los diferentes requisitos de velocidad de datos de los relojes subordinados en los nodos hoja 520 transmitiendo conjuntos diferentes de paquetes a las diferentes velocidades de datos del nodo hoja 520 (lo cual se indica con patrones diferentes en la FIG. 5). Específicamente, la velocidad total de datos transmitidos desde el nodo fuente 510 puede ser aproximadamente igual a la suma de todas las velocidades subordinadas, por ejemplo,  $r_m = \sum r_{si}$ , donde  $i$  es la cantidad de nodos hoja 520. Los nodos internos 532 pueden recibir y reenviar adecuadamente los paquetes a los nodos hoja 520 designados. Los nodos internos 532 pueden reenviar los paquetes sobre una pluralidad de enlaces a velocidades de datos correspondientes  $rd_{ij}$ , donde  $i$  indica el nodo interno 532 y  $j$  indica uno de sus enlaces. Las velocidades de datos de enlace  $rd_{ij}$  pueden ser iguales a aproximadamente las sumas de todas las velocidades subordinadas reenviadas sobre el enlace.

Por ejemplo, en el caso de tres nodos hoja 520, las velocidades de datos transmitidos totales desde el nodo fuente 510 pueden ser  $r_m = r_{s1} + r_{s2} + r_{s3}$ , donde  $r_{s1}$ ,  $r_{s2}$  y  $r_{s3}$ , son las velocidades subordinadas de los tres nodos hoja 520. Por ejemplo, si  $r_{s1}$  y, de manera similar,  $r_{s2}$  son iguales a aproximadamente 10 mensajes por segundo y  $r_{s3}$  es igual a aproximadamente 20 mensajes por segundo, entonces  $r_m$  puede ser igual a aproximadamente 40 mensajes por segundo. Específicamente, un primer nodo interno 532 ( $n1$ ) puede recibir todos los paquetes a la velocidad de datos total  $r_m$  desde el nodo raíz 410. El primer nodo interno 532 puede reenviar, a continuación, los paquetes designados para un primer nodo hoja 520 y un segundo nodo hoja 520 sobre un primer enlace a un segundo nodo interno 532 ( $n2$ ) a una primera velocidad de datos ( $rd_{11}$ ), y reenviar los paquetes designados para un tercer nodo hoja 520 sobre un segundo enlace a un tercer nodo interno 532 ( $n3$ ) a una segunda velocidad de datos ( $rd_{12}$ ). La primera velocidad de datos puede ser igual a aproximadamente la suma de la primera velocidad subordinada para el primer nodo hoja 520 y la segunda velocidad subordinada para el segundo nodo hoja 520, por ejemplo,  $rd_{11} = r_{s1} + r_{s2}$ . Por ejemplo, si  $r_{s1}$  y, de manera similar,  $r_{s2}$  son iguales a aproximadamente 10 mensajes por segundo y  $r_{s3}$  es igual a aproximadamente 20 mensajes por segundo, entonces  $rd_{11}$  puede ser igual a aproximadamente 20 mensajes por segundo y  $rd_{12}$  puede ser igual a aproximadamente 20 mensajes por segundo. La segunda velocidad de datos puede ser aproximadamente igual a la tercera velocidad subordinada del tercer nodo hoja 520, por ejemplo,  $rd_{12} = r_{s3}$ .

El segundo nodo interno 532 puede reenviar los paquetes designados para el primer nodo hoja 520 sobre un tercer enlace a una tercera velocidad de datos ( $rd_{21}$ ), y puede reenviar los paquetes designados para el segundo nodo hoja 520 sobre un cuarto enlace a una cuarta velocidad de datos ( $rd_{22}$ ). La tercera velocidad de datos puede ser aproximadamente igual a la primera velocidad subordinada del primer nodo hoja 520, por ejemplo,  $rd_{21} = r_{s1}$ , y la cuarta velocidad de datos puede ser aproximadamente igual a la segunda velocidad subordinada del segundo nodo hoja 520, por ejemplo,  $rd_{22} = r_{s2}$ . De manera similar, el tercer nodo interno 532 puede reenviar los paquetes designados para el tercer nodo hoja 520 sobre un quinto enlace a una quinta velocidad de datos ( $rd_{31}$ ). La quinta velocidad de datos puede ser aproximadamente igual a la tercera velocidad subordinada del tercer nodo hoja 520, por ejemplo,  $rd_{31} = r_{s3}$ .

Usando este esquema de unidifusión por paquetes, se puede dar cumplimiento a las velocidades de datos de los nodos hoja 520 individuales, donde cada nodo hoja 520 puede recibir sus paquetes designados aproximadamente a su velocidad subordinada correspondiente. No obstante, esto puede requerir la transmisión de los paquetes en la red 530 basada en paquetes a todas las velocidades de datos de los nodos hoja 520. Esto puede hacer que aumente el tráfico y requerir más ingeniería de tráfico y/o planificación de la capacidad de la red, por ejemplo, en comparación con el esquema de multidifusión por paquetes anterior, y también puede requerir configuraciones adicionales en los nodos maestros y subordinados. La cantidad total de ancho de banda de la red de alta prioridad que se puede generar usando este esquema puede ser sustancialmente grande, tal como en el caso de la red de retorno (en inglés, backhaul) móvil de femtocélulas, donde un número elevado de relojes subordinados (por ejemplo, aproximadamente múltiples decenas de millares) se puede acoplar a un solo reloj maestro. Adicionalmente, este esquema de unidifusión por paquetes puede no resultar adecuado o compatible con algunos protocolos de red que pueden estar diseñados para esquemas de multidifusión por paquetes, tales como el protocolo IEEE 1588.

La FIG. 6 ilustra una realización de un esquema 600 de multidifusión de velocidad variable que puede usarse para transmitir paquetes en redes basadas en paquetes. El esquema 600 de multidifusión de velocidad variable se puede implementar entre un nodo fuente o raíz 610 y una pluralidad de nodos hoja 620 que pueden estar acoplados, todos ellos, a una red 630 basada en paquetes. La red 630 basada en paquetes, el nodo raíz 610 y los nodos hoja 620 pueden configurarse, respectivamente, de manera sustancialmente similar a la red 130 basada en paquetes, al nodo

raíz 110 y a los nodos hoja 120. El esquema 600 de multidifusión de velocidad variable puede aplicar de manera eficiente la utilización del ancho de banda de la red, por ejemplo, usando velocidades de datos reducidas en comparación con esquemas de unidifusión por paquetes, y también puede satisfacer los diferentes requisitos de las velocidades de datos de los nodos hoja 420 a diferencia de los esquemas típicos de multidifusión por paquetes.

5 El nodo raíz 610 puede transmitir una pluralidad de paquetes a una velocidad de datos inicial que puede ser aproximadamente igual a la velocidad de datos más alta de los nodos hoja 620. Una pluralidad de nodos internos (no mostrados) en la red 630 basada en paquetes puede recibir, duplicar y reenviar los mismos paquetes o paquetes similares aguas abajo a una velocidad igual o reducida para satisfacer las diferentes velocidades de datos en los nodos hoja 620. Las velocidades de datos de los nodos hoja 620 pueden anunciarse a los nodos internos aguas arriba, los  
10 cuales, a su vez, pueden anunciar todas las velocidades de datos al nodo raíz 610, tal como se describe de forma detallada a continuación. Cada nodo interno puede recibir una velocidad de datos que puede ser igual a una velocidad de datos máxima anunciada por los siguientes saltos o nodos internos sobre todos los enlaces de salida. A continuación, cada nodo interno puede reenviar la misma velocidad de datos o una velocidad de datos reducida sobre cada enlace de salida según lo anuncie el siguiente salto, hasta que finalmente cada nodo hoja 620 reciba los paquetes a la velocidad de datos anunciada del nodo hoja. Por lo tanto, cada subenlace del árbol (o enlace P2MP) puede transportar los mismos paquetes o paquetes similares con respecto a los otros subenlaces a velocidades similares o diferentes. Esto se indica con los diferentes tipos de flecha de línea continua, de trazos y de puntos para los nodos hoja 620.

20 El esquema 600 de multidifusión de velocidad variable puede resultar adecuado para aplicaciones de red en las que miembros de la red de multidifusión pueden requerir la misma información pero a velocidades diferentes, lo cual puede ser difícil de lograr usando un esquema típico de multidifusión por paquetes, tal como el esquema 100 de multidifusión por paquetes. El esquema 600 de multidifusión de velocidad variable, en cambio, puede admitir tráfico de multidifusión para receptores de velocidad variable. Por ejemplo, usando el esquema 600 de multidifusión de velocidad variable, un nodo raíz o fuente de vídeo puede transmitir contenido de vídeo de velocidad relativamente alta a un conjunto de  
25 receptores de velocidad o capacidad alta y contenido de vídeo de velocidad inferior a otro conjunto de receptores de velocidad o capacidad baja. Otro de los ejemplos en el que se puede usar el esquema 600 de multidifusión de velocidad variable es en una red de retorno móvil, donde estaciones base inalámbricas que comprenden relojes subordinados se pueden acoplar a una red basada en paquetes y pueden recibir señales de referencia de temporización de un reloj maestro en la red.

30 Típicamente, la velocidad de la información de sincronización ( $r_{si}$ ) que puede requerir un nodo subordinado u hoja para satisfacer los parámetros de rendimiento (por ejemplo, límites de fluctuación lenta de fase de la red, desplazamientos de frecuencia fraccionarios, etcétera) puede estar en relación con las características de la red por paquetes y el diseño correspondiente de los relojes subordinados. La velocidad puede ser función de varias deficiencias de la red por paquetes (por ejemplo, latencia, variación del retardo, tipo de medio, etcétera), del algoritmo de selección y filtrado de  
35 los paquetes, y/o del oscilador usado en el nodo subordinado. Por ejemplo, la velocidad de la información de sincronización requerida en un nodo subordinado puede ser mayor en el caso de entornos de microondas en comparación con entornos de fibra óptica. La velocidad de la información de sincronización también puede depender del estado operativo del nodo subordinado. Por ejemplo, la velocidad requerida puede ser mayor durante la fase de puesta en marcha en comparación con la fase de estado estacionario. Esto puede ser así también para períodos posteriores a reestructuraciones de la red. Los períodos de puesta en marcha pueden durar varios minutos/horas, mientras que las reestructuraciones pueden durar varios segundos. En escenarios de este tipo, el esquema 600 de multidifusión de velocidad variable se puede usar para admitir un direccionamiento de multidifusión y proporcionar velocidades de información independientes de maestro-a-subordinado. Dicho sistema puede emular algunas de las características de los sistemas de unidifusión, pero también puede ofrecer ventajas de los sistemas de multidifusión.

45 La FIG. 7 ilustra una realización de un esquema 700 de distribución de reloj por multidifusión de velocidad variable que puede implementarse usando el esquema 600 de multidifusión de velocidad variable. El esquema 700 de distribución de reloj por multidifusión de velocidad variable puede implementarse entre un nodo fuente o raíz 710 y una pluralidad de nodos hoja 720 que pueden estar acoplados, todos ellos, a una red 730 basada en paquetes. La red 730 basada en paquetes también puede comprender una pluralidad de nodos internos 732. La red 730 basada en  
50 paquetes, el nodo raíz 710 y los nodos hoja 720 pueden configurarse, respectivamente, de manera sustancialmente similar a la red 130 basada en paquetes, al nodo raíz 110 y a los nodos hoja 120. Los nodos internos 732 pueden ser nodos, dispositivos o componentes de cualquier tipo configurados para recibir, transmitir y/o reenviar paquetes en la red 730 basada en paquetes.

Tras el establecimiento de la topología en árbol (o enlace P2MP) entre el nodo raíz 710 y los nodos hoja 720, por  
55 ejemplo, usando un protocolo de multidifusión, tal como el IEEE 802.1ag, los nodos hoja 720 pueden anunciar sus velocidades subordinadas,  $r_{si}$ , a la red 730 basada en paquetes y al nodo raíz 710. Cada nodo hoja 720 puede anunciar su velocidad subordinada a un nodo interno 732 aguas arriba sucesivo ( $n_i$ ) que puede acoplarse directamente al nodo hoja 720 por medio de un enlace aguas abajo. El nodo interno 732 puede recopilar todas las velocidades de datos recibidas sobre los enlaces aguas abajo,  $rd_{ij}$  y mantener las velocidades de datos en una tabla. Las velocidades pueden expresarse en potencias de dos, por ejemplo, para reducir el tamaño del tráfico anunciado. Por ejemplo, las  
60 velocidades anunciadas pueden variar de aproximadamente 1/64 mensajes por segundo a aproximadamente 256 mensajes por segundo. El nodo interno 732 puede determinar, a continuación, la velocidad máxima de datos recibidos,

$r_{ij}$ , y anunciar la velocidad máxima de datos a un nodo interno 732 aguas arriba sucesivo. Este proceso puede repetirse hasta que el nodo raíz 710 recopile todas las velocidades de datos recibidas anunciadas de los enlaces aguas abajo, mantenga las velocidades de datos en una tabla y determine la velocidad de datos máxima,  $r_m$ , para todas las velocidades de datos de los nodos hoja 720.

5 Por ejemplo, un primer nodo hoja 720 puede anunciar una primera velocidad subordinada  $r_{s1} = r$  a un primer nodo interno 732 (n2) aguas arriba que puede estar acoplado directamente al primer nodo hoja 720. De manera similar, tanto un segundo nodo hoja 720 como un tercer nodo hoja 720 que pueden estar acoplados directamente al mismo primer nodo interno 732 (n2) aguas arriba pueden anunciar una segunda velocidad subordinada  $r_{s2} = r/2$  y una tercera velocidad subordinada  $r_{s3} = r/4$ , respectivamente, al primer nodo interno 732 (n2) aguas arriba. Las velocidades subordinadas  $r_{s1}$ ,  $r_{s2}$  y  $r_{s3}$  pueden enviarse por medio de un primer enlace aguas abajo, un segundo enlace aguas abajo y un tercer enlace aguas abajo, respectivamente, del primer nodo interno 732 (n2) aguas arriba. El primer nodo interno 732 (n2) aguas arriba puede recopilar las velocidades subordinadas recibidas y asignar cada velocidad subordinada al enlace aguas abajo correspondiente en una tabla 791 correspondiente, por ejemplo, en una columna de velocidades aguas abajo. Por ejemplo, una primera velocidad de datos aguas abajo  $rd_{21}$  puede fijarse a  $r_{s1}$  ó  $r$ , una segunda velocidad de datos aguas abajo  $rd_{22}$  puede fijarse a  $r_{s2}$  ó  $r/2$ , y una tercera velocidad de datos aguas abajo  $rd_{23}$  puede fijarse a  $r_{s3}$  ó  $r/4$ . El primer nodo interno 732 (n2) aguas arriba puede determinar, a continuación, la velocidad máxima de datos aguas abajo y asignar la velocidad máxima de datos aguas abajo a un enlace aguas arriba correspondiente en la tabla 791 correspondiente, por ejemplo, en una columna de velocidad aguas arriba. Por ejemplo, la velocidad de datos aguas arriba  $ru_{21}$  puede fijarse a  $\max\{rd_{21}, rd_{22}, rd_{23}\} = r$ . La tabla 791 puede almacenarse en el primer nodo interno 732 (n2) aguas arriba o en la red 730 basada en paquetes y también puede comprender un identificador de nodo (ID) del primer nodo interno 732 aguas arriba, por ejemplo, n2.

Adicionalmente, tanto un cuarto nodo hoja 720 como un quinto nodo hoja 720 que pueden estar acoplados directamente a un mismo segundo nodo interno 732 (n3) aguas arriba pueden anunciar una cuarta velocidad subordinada  $r_{s4} = r/4$  y una quinta velocidad subordinada  $r_{s5} = r/2$ , respectivamente, al segundo nodo interno 732 (n3) aguas arriba. Las velocidades subordinadas  $r_{s4}$  y  $r_{s5}$  se pueden enviar por medio de un primer enlace aguas abajo y un segundo enlace aguas abajo, respectivamente, del segundo nodo interno 732 (n3) aguas arriba. El segundo nodo interno 732 (n3) aguas arriba puede recopilar las velocidades subordinadas recibidas y asignar cada velocidad subordinada al enlace aguas abajo correspondiente en una tabla 792 correspondiente, por ejemplo, en una columna de velocidades aguas abajo. Por ejemplo, una primera velocidad de datos aguas abajo  $rd_{31}$  puede fijarse a  $r_{s4}$  ó  $r/4$ , y una segunda velocidad de datos aguas abajo  $rd_{32}$  puede fijarse a  $r_{s5}$  ó  $r/2$ . El segundo nodo interno 732 (n3) aguas arriba puede determinar, a continuación, la velocidad máxima de datos aguas abajo y asignar la velocidad máxima de datos aguas abajo a un enlace aguas arriba correspondiente en la tabla 792 correspondiente, por ejemplo, en una columna de velocidad aguas arriba. Por ejemplo, la velocidad de datos aguas arriba  $ru_{31}$  puede fijarse a  $\max\{rd_{31}, rd_{32}\} = r/2$ . La tabla 792 puede almacenarse en el segundo nodo interno 732 (n3) aguas arriba o en la red 730 basada en paquetes y también puede comprender un ID de nodo correspondiente al segundo nodo interno 732 aguas arriba, por ejemplo, n3.

El primer nodo interno 732 aguas arriba puede anunciar su velocidad de datos aguas arriba  $ru_{21} = r$  a un tercer nodo interno 732 (n1) aguas arriba que puede estar acoplado directamente al primer nodo interno 732 (n2) aguas arriba. De manera similar, el segundo nodo interno 732 (n3) aguas arriba, que también puede estar acoplado directamente al tercer nodo interno 732 (n1) aguas arriba, puede anunciar su velocidad de datos aguas arriba  $ru_{31} = r/2$  al tercer nodo interno 732 (n1) aguas arriba. Las velocidades de datos aguas arriba  $ru_{21}$  y  $ru_{31}$  pueden enviarse por medio de un primer enlace aguas abajo y un segundo enlace aguas abajo del tercer nodo interno 732 (n1) aguas arriba. El tercer nodo interno 732 (n1) aguas arriba puede recopilar las velocidades de datos recibidas y asignar cada velocidad de datos al enlace aguas abajo correspondiente en una tabla 793 correspondiente, por ejemplo, en una columna de velocidades aguas abajo. Por ejemplo, una primera velocidad de datos aguas abajo  $rd_{11}$  puede fijarse a  $ru_{21}$  ó  $r$ , y una segunda velocidad de datos aguas abajo  $rd_{12}$  puede fijarse a  $ru_{31}$  ó  $r/2$ . El tercer nodo interno 732 (n1) aguas arriba puede determinar, a continuación, la velocidad máxima de datos aguas abajo y asignar la velocidad máxima de datos aguas abajo a un enlace aguas arriba correspondiente en la tabla 793 correspondiente, por ejemplo, en una columna de velocidad aguas arriba. Por ejemplo, la velocidad de datos aguas arriba  $ru_{11}$  puede fijarse a  $\max\{rd_{11}, rd_{12}\} = r$ . La tabla 793 puede almacenarse en el tercer nodo interno 732 (n1) aguas arriba o en la red 730 basada en paquetes y también puede comprender un ID de nodo correspondiente al tercer nodo interno 732 aguas arriba, por ejemplo, n1.

El tercer nodo interno 732 (n1) aguas arriba puede, a continuación, anunciar su velocidad de datos aguas arriba  $ru_{11} = r$  al nodo raíz 710 que puede estar acoplado directamente al tercer nodo interno 732 (n1) aguas arriba. La velocidad de datos aguas arriba  $ru_{11}$  puede enviarse por medio de un enlace aguas abajo del nodo raíz 710, el cual puede fijar su velocidad maestra, a la velocidad de datos recibidos en una tabla 794 correspondiente, por ejemplo, en una columna de velocidades aguas abajo. Por ejemplo, la velocidad maestra  $r_m$  puede fijarse a  $ru_{11}$  ó  $r$ . La velocidad maestra también se puede corresponder con la velocidad de datos máxima de las velocidades subordinadas de los nodos hoja 720. La tabla 794 puede almacenarse en el nodo raíz 710 ó en la red 730 basada en paquetes y también puede comprender un ID de nodo correspondiente al nodo raíz 710 que indica un nodo maestro o fuente.

60 Después de determinar la velocidad maestra o velocidad de datos máxima de las velocidades subordinadas, el nodo raíz 710 puede transmitir a la velocidad maestra una pluralidad de paquetes, que pueden comprender información de sincronización de frecuencia/tiempo, a los nodos hoja 720 por medio de los nodos internos 732. Cada nodo interno



732 puede recibir, a su vez, los paquetes sobre un enlace aguas arriba a una velocidad que coincida con la velocidad de datos aguas arriba en la tabla correspondiente, y reenviar una copia de los paquetes sobre cada enlace aguas abajo a la velocidad de datos aguas abajo correspondiente de la tabla. Los nodos internos 732 pueden reducir la velocidad de datos aguas arriba para que coincida con las velocidades de datos aguas abajo si fuera necesario, por ejemplo, rechazando algunos de los paquetes en un orden adecuado. Por ejemplo, los nodos internos 732 pueden descartar uno de cada  $r_{u_{ij}}/r_{d_{ij}}$  mensajes y transmitir los mensajes restantes. Por ello, cada nodo hoja 720 puede recibir posteriormente sobre su enlace aguas arriba proveniente de un nodo interno 732 correspondiente una copia de los paquetes aproximadamente a la velocidad subordinada del nodo hoja 720 correspondiente.

Por ejemplo, el nodo raíz 710 puede transmitir los paquetes a la velocidad maestra  $r_m$  a un primer nodo interno 732 ( $n1$ ) aguas abajo. El primer nodo interno 732 ( $n1$ ) aguas abajo puede recibir los paquetes a una velocidad que coincida con su velocidad de datos aguas arriba  $r_{u_{11}}$  en la Tabla 793. El primer nodo interno 732 ( $n1$ ) aguas abajo puede transmitir, a continuación, los paquetes a un segundo nodo interno 732 ( $n2$ ) aguas abajo a una primera velocidad de datos aguas abajo  $r_{d_{11}}$  aproximadamente igual, y a un tercer nodo interno 732 ( $n3$ ) aguas abajo a una segunda velocidad de datos aguas abajo reducida  $r_{d_{12}}$ , según se indica en la Tabla 793. El segundo nodo interno 732 ( $n2$ ) aguas abajo puede recibir los paquetes a una velocidad que coincida con su velocidad de datos aguas arriba  $r_{u_{21}}$  de la Tabla 791. El segundo nodo interno 732 ( $n2$ ) aguas abajo puede transmitir, a continuación, los paquetes a un primer nodo hoja 720 a una primera velocidad de datos aguas abajo  $r_{d_{21}}$  aproximadamente igual, a un segundo nodo hoja 720 a una segunda velocidad de datos aguas abajo reducida  $r_{d_{22}}$ , y a un tercer nodo hoja 720 a una tercera velocidad de datos aguas abajo  $r_{d_{23}}$  reducida, adicional, según se indica en la Tabla 791. Las velocidades de datos aguas abajo  $r_{d_{21}}$ ,  $r_{d_{22}}$  y  $r_{d_{23}}$  pueden coincidir, respectivamente, con las velocidades subordinadas  $r_{s1}$ ,  $r_{s2}$  y  $r_{s3}$  del primer, segundo y tercer nodos hoja 720. De manera similar, el tercer nodo interno 732 ( $n3$ ) aguas abajo puede recibir los paquetes a una velocidad que coincida con su velocidad de datos aguas arriba  $r_{u_{31}}$  en la Tabla 792, y puede transmitir los paquetes a un cuarto nodo hoja 720 a una primera velocidad de datos aguas abajo  $r_{d_{31}}$  reducida y a un quinto nodo hoja 720 a una segunda velocidad de datos aguas abajo  $r_{d_{32}}$  menos reducida, según se indica en la Tabla 792. Las velocidades de datos aguas abajo  $r_{d_{31}}$  y  $r_{d_{32}}$  pueden coincidir, respectivamente, con las velocidades subordinadas  $r_{s4}$  y  $r_{s5}$  del cuarto y quinto nodos hoja 720.

El esquema 700 de distribución de reloj por multidifusión de velocidad variable y el esquema 600 de multidifusión de velocidad variable pueden proporcionar paquetes o información de sincronización a los nodos hoja 720 y 620 a sus velocidades subordinadas correspondientes al mismo tiempo que usan eficientemente el ancho de banda de la red y evitan bucles de temporización. Las redes correspondientes, por ejemplo, las redes 730 y 630 basadas en paquetes, pueden contribuir sustancialmente a determinar, procesar y filtrar las velocidades entrantes (aguas arriba) y salientes (aguas abajo) de los nodos de la red, por ejemplo, los nodos internos 732 y 632. Aunque los nodos internos 732 y 632 en los esquemas anteriores están acoplados, cada uno de ellos, a un nodo aguas arriba por medio de un único enlace aguas arriba, en otras realizaciones uno o más nodos internos en la red pueden estar acoplados a una pluralidad de nodos aguas arriba por medio de una pluralidad de enlaces correspondientes aguas arriba. Por ejemplo, los nodos internos pueden formar parte de una pluralidad de árboles y pueden recibir paquetes de una pluralidad de nodos raíz o maestros asociados a los diferentes árboles. Además, las tablas asociadas a los nodos internos pueden actualizarse continuamente, por ejemplo, de una manera dinámica, a medida que los nodos hoja o subordinados actualizan o solicitan velocidades superiores o inferiores, se desconectan del árbol o red, y/o se unen al árbol o a la red.

La FIG. 8 ilustra una realización de un esquema 800 de descarte y reenvío por multidifusión que puede implementarse mediante un nodo interno en el esquema 700 de distribución de reloj por multidifusión de velocidad variable o el esquema 600 de multidifusión de velocidad variable, por ejemplo, para ajustar la velocidad de datos de paquetes aguas abajo. El esquema 800 de descarte y reenvío por multidifusión puede implementarse mediante un nodo interno 810 en una red basada en paquetes posicionada entre un nodo raíz y una pluralidad de nodos hoja para transmitir los paquetes sobre cada enlace aguas abajo asociado a la velocidad de datos anunciada por un nodo aguas abajo correspondiente. Por ejemplo, el nodo interno 810 se puede corresponder con un nodo interno 632 de la red 630 basada en paquetes o un nodo interno 732 de la red 730 basada en paquetes.

El nodo interno 810 puede comprender una función de duplicación de paquetes (bloque 812) para cada enlace aguas arriba o de entrada y una o más funciones de descarte de paquetes (bloque 814) para cada enlace aguas abajo o de salida. La función de duplicación de paquetes (bloque 812) puede recibir una pluralidad de paquetes a través del enlace asociado aguas arriba o de entrada a una velocidad de datos aguas arriba entrante, por ejemplo,  $r_{u_{11}}$ . Por ejemplo,  $r_{u_{11}}$  puede ser igual a aproximadamente 40 mensajes por segundo. En cada función o bloque 814 de descarte de paquetes, la velocidad de datos aguas arriba de los paquetes puede compararse con una velocidad de datos aguas abajo correspondiente. La velocidad de datos aguas abajo puede obtenerse a partir de una tabla de velocidades 824 de datos aguas abajo que asocia cada enlace de salida a una velocidad de datos aguas abajo. De manera similar, la velocidad de datos aguas arriba de los paquetes puede obtenerse a partir de una tabla de velocidades 826 de datos aguas arriba que asocia cada enlace de entrada a una velocidad de datos aguas arriba. La tabla de velocidades 824 de datos aguas abajo y la tabla de velocidades 826 de datos aguas arriba pueden almacenarse en el nodo interno 810 ó en la red basada en paquetes.

Si la velocidad de datos aguas abajo coincide con la velocidad de datos aguas arriba, entonces los paquetes pueden transferirse sin ningún cambio. Por ejemplo, si  $r_{d_{11}} = r_{u_{11}}$  para un primer enlace de salida (Enlace 1) ó  $r_{d_{12}} = r_{u_{11}}$  para un segundo enlace de salida (Enlace 2), entonces los paquetes pueden enviarse sobre el enlace de salida

correspondiente a aproximadamente la misma velocidad recibida, por ejemplo, aproximadamente a 40 mensajes por segundo. Alternativamente, si la velocidad de datos aguas abajo es menor que la velocidad de datos aguas arriba, entonces algunos de los paquetes pueden descartarse para reducir adecuadamente la velocidad de datos de los paquetes. Por ejemplo, si  $rd_{11} < ru_{11}$  ó  $rd_{12} < ru_{11}$ , entonces se puede transmitir uno de cada  $ru_{11}/rd_{11}$  mensajes o uno de cada  $ru_{11}/rd_{12}$  mensajes, respectivamente, y el resto puede descartarse. Los mensajes no descartados restantes pueden enviarse sobre el enlace de salida correspondiente. Por ejemplo, solamente pueden enviarse de manera aproximada 20 mensajes por segundo sobre el segundo enlace de salida si la velocidad de datos aguas abajo correspondiente es igual a aproximadamente la mitad de la velocidad de datos aguas arriba.

La FIG. 9 ilustra una realización de un método 900 de multidifusión de velocidad variable que puede implementarse en el esquema 600 de multidifusión de velocidad variable o el esquema 700 de distribución de reloj por multidifusión de velocidad variable. Específicamente, el método 900 de multidifusión de velocidad variable puede implementarse mediante un nodo interno 632 en la red 630 basada en paquetes o un nodo interno 732 en la red 730 basada en paquetes. El método puede comenzar en el bloque 910, donde, por medio de uno o más enlaces aguas abajo o de salida, se pueden recibir, de un nodo interno aguas abajo o un nodo hoja, una o más velocidades de datos aguas abajo, anunciadas. Las velocidades de datos aguas abajo pueden mantenerse en una tabla en el nodo interno o en la red basada en paquetes del nodo interno. En el bloque 920, a un enlace aguas arriba o de entrada se le puede asignar una velocidad de datos aguas arriba que se corresponde con un máximo de las velocidades de datos recibidas aguas abajo. La velocidad de datos aguas arriba también se puede mantener en la tabla. En el bloque 930, la velocidad de datos aguas arriba puede enviarse por medio del enlace de entrada a un nodo interno aguas arriba o un nodo raíz. Los bloques 910, 920 y 930 se pueden corresponder con el esquema de anuncio de velocidades de datos descrito en el esquema 700 de distribución de reloj por multidifusión de velocidad variable.

En el bloque 940, se puede recibir una pluralidad de paquetes a través del enlace de entrada a la velocidad de datos aguas arriba correspondiente. En el bloque 950, la velocidad de datos de los paquetes puede ajustarse a la velocidad de datos aguas abajo asociada a cada enlace de salida. Por ejemplo, los paquetes pueden mantenerse sin ningún cambio si la velocidad de datos aguas arriba y la velocidad de datos aguas abajo son aproximadamente iguales, o algunos de los paquetes pueden descartarse, por ejemplo, usando el esquema 800 de descarte y reenvío por multidifusión, si la velocidad de datos aguas abajo es menor que la velocidad de datos aguas arriba. En el bloque 960, los paquetes pueden enviarse sobre cada enlace de salida a la velocidad de datos aguas abajo correspondiente. Los bloques 940, 950 y 960 se pueden corresponder con el esquema de multidifusión aguas abajo del esquema 700 de distribución de reloj por multidifusión de velocidad variable. Puede ponerse término, entonces, al método 900.

La FIG. 10 ilustra una realización de una unidad 1000 de transmisor/receptor, que puede ser cualquier dispositivo que transporte paquetes a través de una red. Por ejemplo, la unidad 1000 de transmisor/receptor puede estar situada en el nodo raíz, nodo interno o nodo hoja en los esquemas descritos anteriormente. La unidad 1000 de transmisor/receptor puede comprender uno o más puertos o unidades 1010 de entrada para recibir paquetes, objetos o valores-longitudes-tipos (TLV, por sus siglas en inglés) de otros componentes de la red, circuitería lógica 1020 para determinar a qué componentes de la red enviar los paquetes, y uno o más puertos o unidades 1030 de salida para transmitir tramas a los otros componentes de la red. La circuitería lógica 1020 también puede determinar las velocidades de datos adecuadas para transmitir los paquetes por medio de los enlaces aguas abajo o de salida.

Los componentes de red descritos anteriormente se pueden implementar en cualquier componente de red de propósito general, tal como un ordenador o componente de red con suficiente poder de procesamiento, recursos de memoria y capacidad de caudal de red para gestionar la carga de trabajo necesaria impuesta al mismo. La FIG. 11 ilustra un típico componente 1100 de red de propósito general adecuado para implementar una o más realizaciones de los componentes dados a conocer en la presente. El componente 1100 de red incluye un procesador 1102 (al que se puede hacer referencia como unidad de procesador central o CPU) que se encuentra en comunicación con dispositivos de memoria que incluyen segundos medios 1104 de almacenamiento, memoria de solo lectura (ROM, por sus siglas en inglés) 1106, memoria de acceso aleatorio (RAM, por sus siglas en inglés) 1108, dispositivos 1110 de entrada/salida (I/O, por sus siglas en inglés) y dispositivos de conectividad de red 1112. El procesador 1102 puede implementarse en forma de uno o más chips de CPU, o puede formar parte de uno o más circuitos integrados de aplicación específica (ASICs, por sus siglas en inglés).

Los segundos medios 1104 de almacenamiento están compuestos típicamente por una o más unidades de disco o unidades de cinta y se usan para un almacenamiento no volátil de datos y como dispositivo de almacenamiento de datos de desbordamiento si la RAM 1108 no es suficientemente grande como para contener todos los datos de trabajo. Los segundos medios 1104 de almacenamiento se pueden usar para almacenar programas que se cargan en la RAM 1108 cuando dichos programas se seleccionan para su ejecución. La ROM 1106 se usa para almacenar instrucciones y tal vez datos que se leen durante la ejecución de los programas. La ROM 1106 es un dispositivo de memoria no volátil que tiene típicamente una capacidad de memoria pequeña con respecto a la capacidad de memoria más grande de los segundos medios 1104 de almacenamiento. La RAM 1108 se usa para almacenar datos volátiles y tal vez para almacenar instrucciones. El acceso tanto a la ROM 1106 como a la RAM 1108 es típicamente más rápido que el de los segundos medios 1104 de almacenamiento.

Se da a conocer por lo menos una realización, y las variaciones, combinaciones y/o modificaciones de la(s) realización(es) y/o características de la(s) realización(es) llevadas a cabo por una persona con conocimientos

5 habituales en la materia se sitúan dentro del alcance de la exposición. Las realizaciones alternativas que se obtienen como resultado de combinar, integrar y/u omitir características de la(s) realización(es) se sitúan también dentro del alcance de la exposición. Cuando se mencionan de manera expresa intervalos o limitaciones numéricos, debe entenderse que dichos intervalos o limitaciones expresos incluyen intervalos o limitaciones iterativos de magnitud similar que se sitúan dentro de los intervalos o limitaciones mencionados expresamente (por ejemplo, de aproximadamente 1 a aproximadamente 10 incluye, 2, 3, 4, etcétera; superior a 0,10 incluye 0,11, 0,12, 0,13, etcétera). Por ejemplo, cada vez que se da a conocer un intervalo numérico con un límite inferior,  $R_i$ , y un límite superior,  $R_u$ , se da a conocer específicamente cualquier número que se encuentre dentro del intervalo. En particular, se dan a conocer específicamente los siguientes números dentro del intervalo:  $R = R_i + k * (R_u - R_i)$ , en donde  $k$  es una variable que varía de un 1 por ciento a un 100 por ciento con un incremento de un 1 por ciento, es decir,  $k$  es 1 por ciento, 2 por ciento, 3 por ciento, 4 por ciento, 7 por ciento, ..., 70 por ciento, 71 por ciento, 72 por ciento, ..., 97 por ciento, 96 por ciento, 97 por ciento, 98 por ciento, 99 por ciento ó 100 por ciento. Por otra parte, también se da a conocer específicamente cualquier intervalo numérico definido por dos números  $R$  según se ha definido anteriormente. El uso del término "opcionalmente" con respecto a cualquier elemento de una reivindicación significa que el elemento es necesario, o alternativamente, el elemento no es necesario, situándose ambas alternativas dentro del alcance de la reivindicación. Debe entenderse que el uso de términos más amplios, tales como comprende, incluye y tener proporciona soporte para términos más limitativos, tales como, consistente en, consistente esencialmente en, y compuesto sustancialmente por. En consecuencia, el alcance de protección no queda limitado por la descripción expuesta anteriormente, sino que queda definido por las reivindicaciones que se ofrecen seguidamente, incluyendo dicho alcance todas las equivalentes de la materia objeto de las reivindicaciones. La descripción de una referencia en la exposición no equivale a admitir que se trate de técnica anterior, especialmente cualquier referencia que tenga una fecha de publicación posterior a la fecha de prioridad de esta solicitud. La exposición de todas las patentes, solicitudes de patentes y publicaciones citadas en la exposición se incorporan a la presente a título de referencia, en la medida en la que aportan detalles ejemplificativos, de procedimiento u otros detalles complementarios para la exposición.

15

20

25 Aunque en la presente exposición se han proporcionado varias realizaciones, debe entenderse que los sistemas y métodos dados a conocer pueden materializarse de muchas otras formas específicas sin desviarse con respecto al alcance de la presente exposición. Los presentes ejemplos deben considerarse como ilustrativos y no restrictivos, y su intención no debe limitarse a los detalles aportados en la presente. Por ejemplo, los diversos elementos o componentes pueden combinarse o integrarse en otro sistema, o ciertas características pueden omitirse, o no implementarse.

30

35 Además, las técnicas, sistemas, subsistemas y métodos descritos e ilustrados en las diversas realizaciones como discretos o independientes se pueden combinar o integrar con otros sistemas, módulos, técnicas o métodos sin desviarse del alcance de la presente exposición. Otros elementos que se muestran o describen como acoplados o acoplados directamente o en comunicación entre sí, pueden estar acoplados de manera indirecta o comunicarse a través de alguna interfaz, dispositivo o componente intermedio, ya sea de forma eléctrica, mecánica o de otra manera. Una persona versada en la materia puede determinar otros ejemplos de cambios, sustituciones y modificaciones, y los mismos pueden llevarse a cabo sin desviarse con respecto al alcance dado a conocer en la presente.

**REIVINDICACIONES**

1. El sistema que comprende:
  - un nodo raíz (610, 710) en una red basada en paquetes que transmite una pluralidad de paquetes;
  - un nodo intermediario (732) acoplado al nodo raíz (610, 710); y
  - 5 una pluralidad de nodos hoja (620, 720) acoplados al nodo intermediario (732),
  - en donde el nodo raíz (610, 710), el nodo intermediario (732) y la pluralidad de nodos hoja (620, 720) están dispuestos en una topología en árbol,
  - en donde los paquetes se reciben en el nodo intermediario (732) desde el nodo raíz (610, 710) a una velocidad de datos aguas arriba igual a una velocidad de datos requerida del nodo hoja (620, 720) con la velocidad de
  - 10 datos máxima, y
  - en donde los paquetes se transmiten desde el nodo intermediario (732) a cada uno de la pluralidad de nodos hoja (620, 720) a una pluralidad de diferentes velocidades de datos requeridas de tal manera que cada nodo particular de la pluralidad de nodos hoja (620, 720) recibe los paquetes a una velocidad de datos correspondiente a la velocidad de datos requerida para el nodo particular de la pluralidad de nodos hoja (620, 720),
  - 15 en donde algunos de los paquetes se rechazan cuando por lo menos una de una pluralidad de velocidades de datos requeridas aguas abajo es menor que la velocidad de datos aguas arriba,
  - en donde el nodo raíz (610, 710) está acoplado a un reloj maestro asociado a la velocidad de datos máxima y los nodos hoja (620, 720) están acoplados a una pluralidad de relojes subordinados correspondientes asociados a las diferentes velocidades de datos requeridas de los nodos hoja (620, 720), y en donde los paquetes comprenden sellos de tiempo o información de sincronización de frecuencia/tiempo para el reloj maestro y los relojes subordinados.
  - 20
2. El sistema de la reivindicación 1, en el que el reloj maestro y los relojes subordinados están sincronizados de una manera unidireccional o bidireccional.
3. El sistema de la reivindicación 1, en el que se proporciona la misma información de sincronización de frecuencia/tiempo a los nodos hoja (620, 720) a las diferentes velocidades de datos requeridas para usar de forma eficiente el ancho de banda de la red basada en paquetes y reducir la carga de procesamiento y de tráfico de un nodo raíz (610, 710) al tiempo que evitando bucles de temporización.
- 25
4. El sistema de la reivindicación 1, en el que el nodo intermediario (732) comprende una o más tablas que comprenden la pluralidad de velocidades de datos requeridas aguas abajo asociadas a una pluralidad de enlaces de salida y la velocidad de datos aguas arriba asociada a un enlace de entrada, y en donde la velocidad de datos aguas arriba se corresponde con un máximo de las velocidades de datos requeridas aguas abajo.
- 30
5. El sistema de la reivindicación 1, en el que se transmiten los mismos paquetes desde el nodo raíz (610, 710) a los nodos hoja (620, 720) a las diferentes velocidades de datos requeridas.
6. El sistema de la reivindicación 1, en el que el nodo intermediario (732) forma parte de una pluralidad de topologías en árbol que acoplan una pluralidad de nodos raíz (610, 710) a la pluralidad de nodos hoja (620, 720), y en donde el nodo intermediario (732) está acoplado a cada topología en árbol por medio de un enlace aguas arriba correspondiente.
- 35
7. Componente de red que comprende:
  - un bloque (812) de duplicación de paquetes acoplado a un enlace de entrada y configurado para duplicar una pluralidad de paquetes recibidos sobre el enlace de entrada a una velocidad de datos aguas arriba; y
  - 40 una pluralidad de bloques (814) de descarte de paquetes acoplado al bloque (812) de duplicación de paquetes y a una pluralidad de enlaces de salida, y configurados para:
  - transferir los paquetes recibidos sin rechazar los paquetes recibidos cuando una velocidad de datos requerida aguas abajo asociada a los enlaces de salida coincide con la velocidad de datos aguas arriba asociada al enlace de entrada; y
  - 45 descartar algunos de los paquetes recibidos para coincidir con la velocidad de datos requerida aguas abajo cuando la velocidad de datos requerida aguas abajo asociada a los enlaces de salida es menor que la velocidad de datos aguas arriba asociada al enlace de entrada;
  - en donde la pluralidad de velocidades de datos requeridas aguas abajo se reciben por medio de la pluralidad de enlaces de salida desde los nodos hoja y la velocidad de datos aguas arriba que se corresponde con un máximo
  - 50

de las velocidades de datos requeridas aguas abajo se asigna al enlace de entrada,

en donde las velocidades de datos requeridas aguas abajo y la velocidad de datos aguas arriba determinan cantidades de mensajes transmitidos por segundo,

en donde la pluralidad de paquetes comprende información de sincronización de frecuencia/tiempo.

- 5 8. El componente de red de la reivindicación 7, en el que cada uno de los bloques (814) de descarte de paquetes compara la velocidad de datos aguas arriba que está asociada al enlace de entrada en una tabla de velocidades de datos aguas arriba con una velocidad de datos requerida aguas abajo que está asociada a un enlace de salida correspondiente en una tabla de velocidades de datos requeridas aguas abajo.
- 10 9. El componente de red de la reivindicación 8, en el que cada uno de los bloques (814) de descarte de paquetes descarta un número de paquetes en una cantidad de paquetes tal que la relación de paquetes recibidos con respecto a paquetes transmitidos es aproximadamente igual a la relación de la velocidad de datos aguas arriba con respecto a la velocidad de datos requerida aguas abajo del enlace de salida correspondiente si la velocidad de datos requerida aguas abajo es menor que la velocidad de datos aguas arriba.
10. Un método que comprende:
- 15 recibir (910) una pluralidad de velocidades de datos requeridas aguas abajo anunciadas por medio de una pluralidad de enlaces de salida desde una pluralidad de nodos aguas abajo;
- asignar (920) una velocidad de datos aguas arriba que se corresponde con un máximo de las velocidades de datos recibidas requeridas aguas abajo a un enlace de entrada;
- anunciar (930) la velocidad de datos aguas arriba por medio del enlace de entrada a un nodo aguas arriba;
- 20 recibir paquetes por medio del enlace de entrada a la velocidad de datos aguas arriba; y
- reenviar los paquetes a los nodos aguas abajo a las velocidades de datos requeridas aguas abajo anunciadas de los nodos aguas abajo,
- en donde algunos de los paquetes se rechazan cuando las velocidades de datos requeridas aguas abajo anunciadas son menores que la velocidad aguas arriba,
- 25 en donde las velocidades de datos requeridas aguas abajo y la velocidad de datos aguas arriba determinan cantidades de mensajes transmitidos por segundo y son almacenadas y mantenidas por una red basada en paquetes,
- en donde los paquetes comprenden información de sincronización de frecuencia/tiempo.
- 30 11. El método de la reivindicación 10, en el que los nodos aguas abajo comprenden una pluralidad de nodos intermediarios en una red basada en paquetes o una pluralidad de nodos hoja acoplados a la red basada en paquetes, y en donde el nodo aguas arriba se corresponde con un nodo intermediario aguas arriba en la red basada en paquetes o con un nodo raíz acoplado a la red basada en paquetes.
- 35 12. El método de la reivindicación 10, en el que las velocidades de datos requeridas aguas abajo y la velocidad de datos aguas arriba se anuncian y actualizan continuamente de una manera dinámica a medida que los nodos aguas abajo solicitan velocidades de datos superiores o inferiores, se desconectan de la red basada en paquetes y/o se unen a la red basada en paquetes.

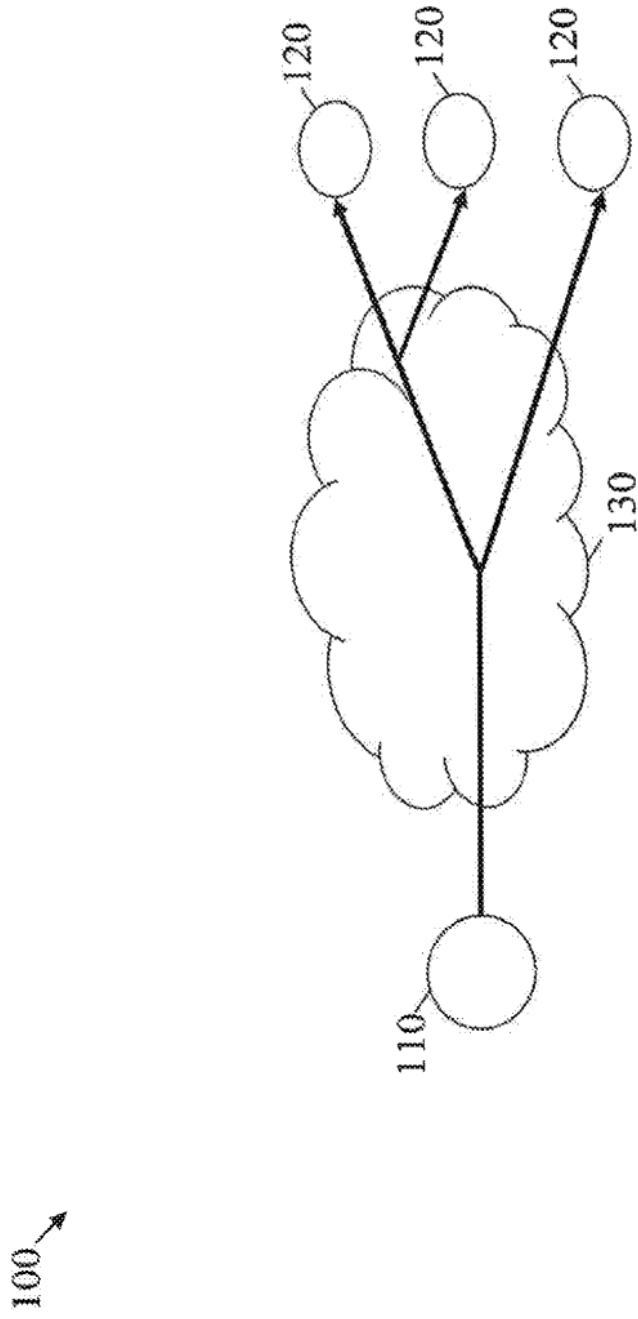


FIG. 1

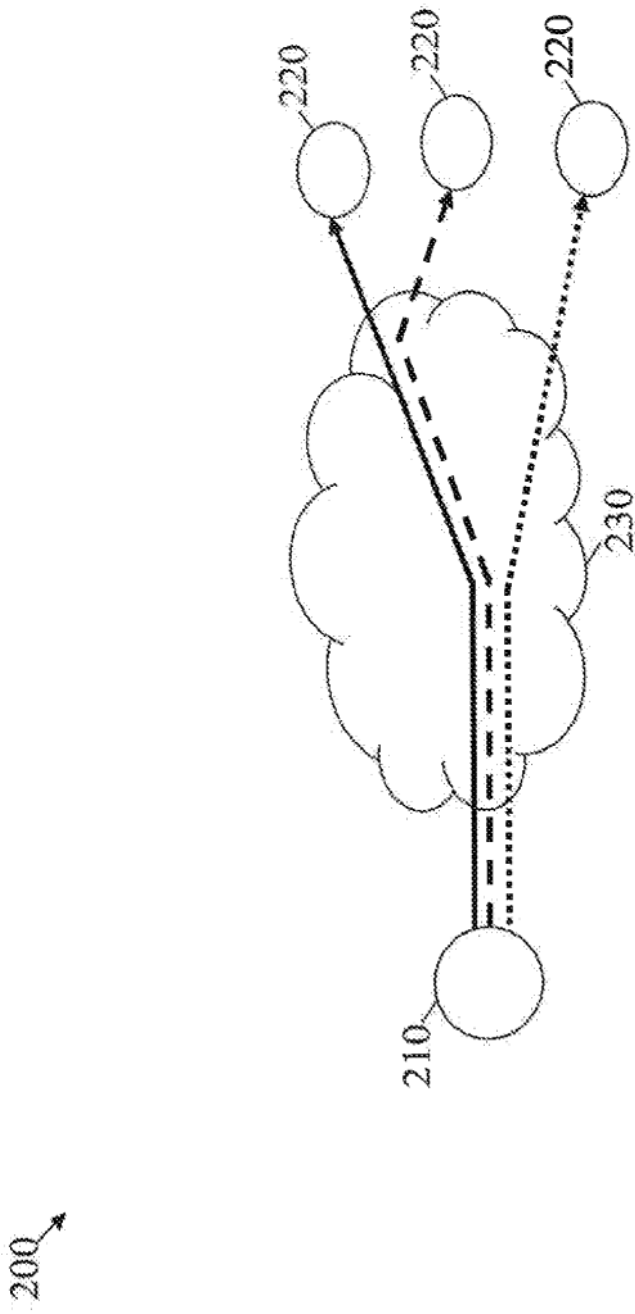


FIG. 2

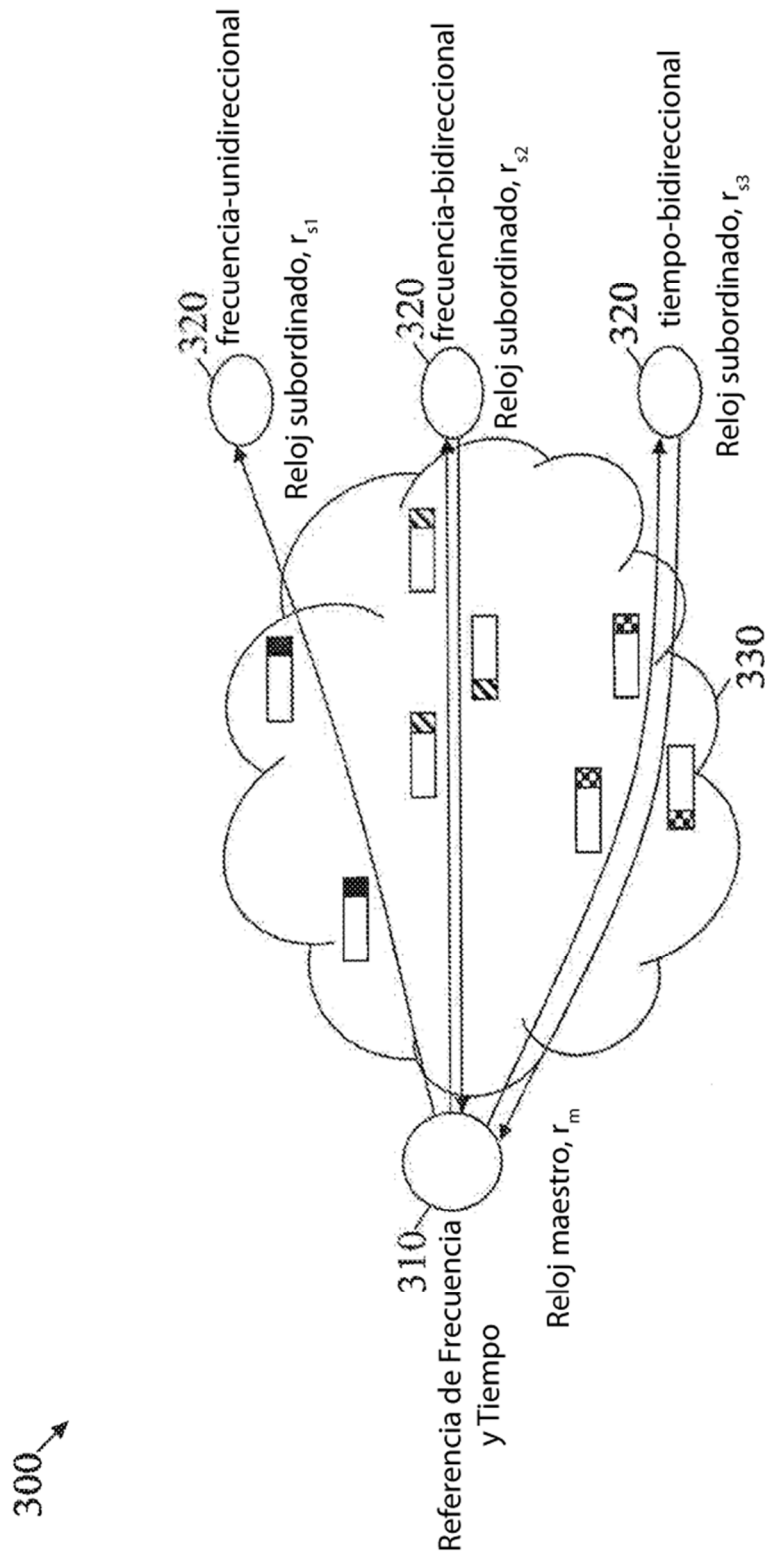


FIG. 3



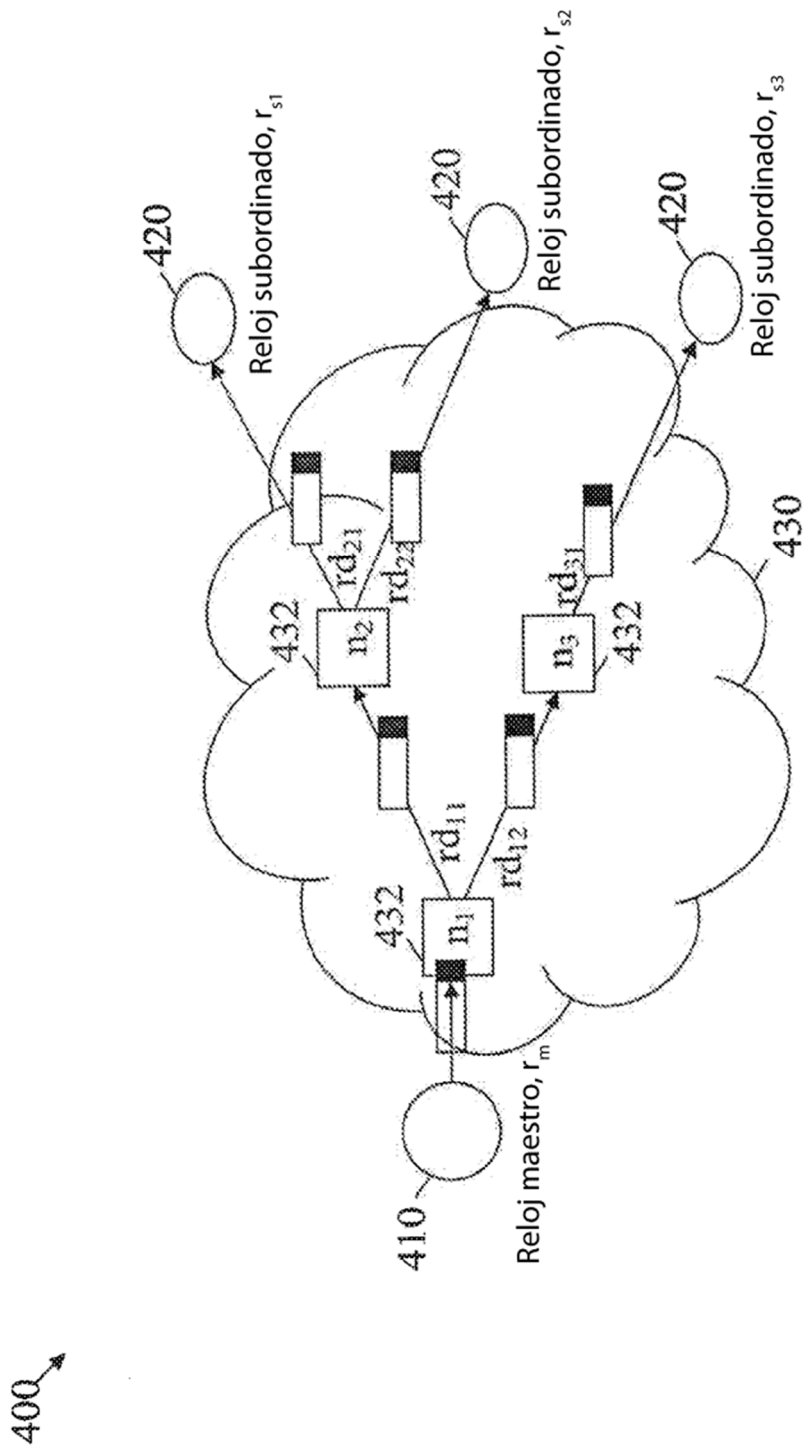


FIG. 4

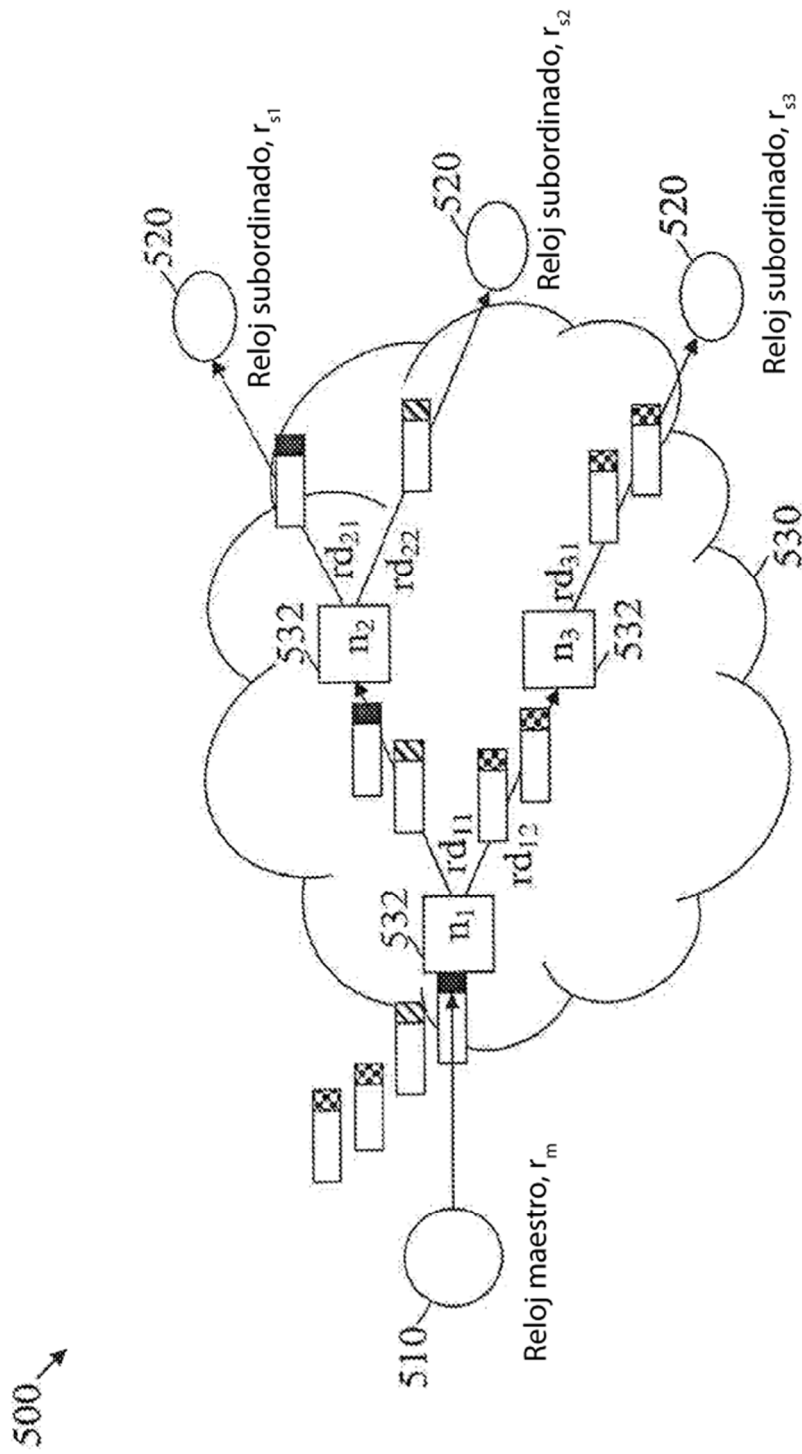


FIG. 5

600 →

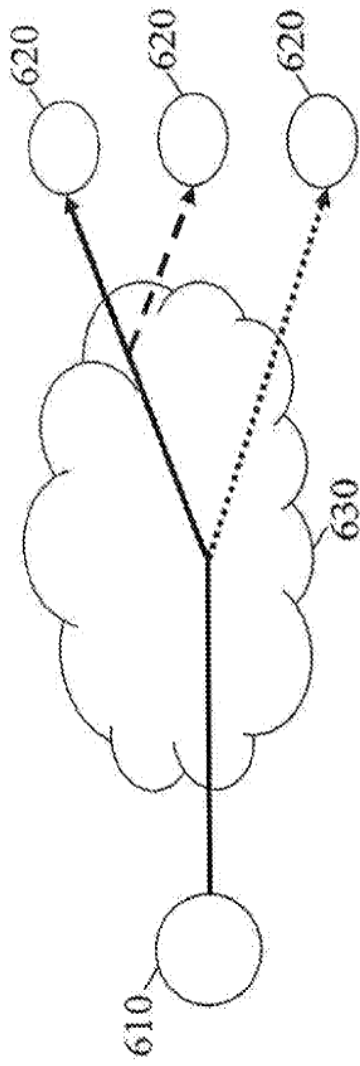


FIG. 6

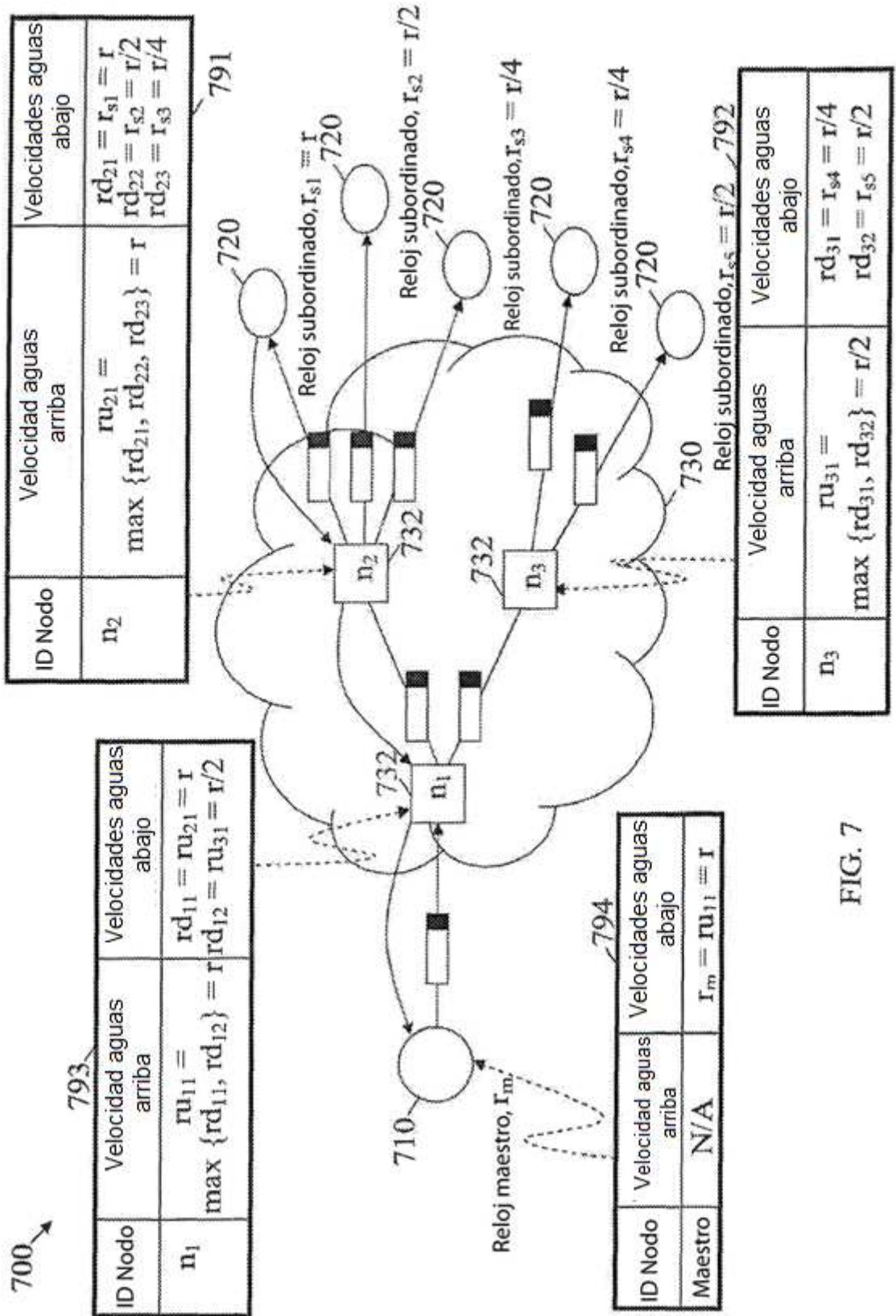


FIG. 7

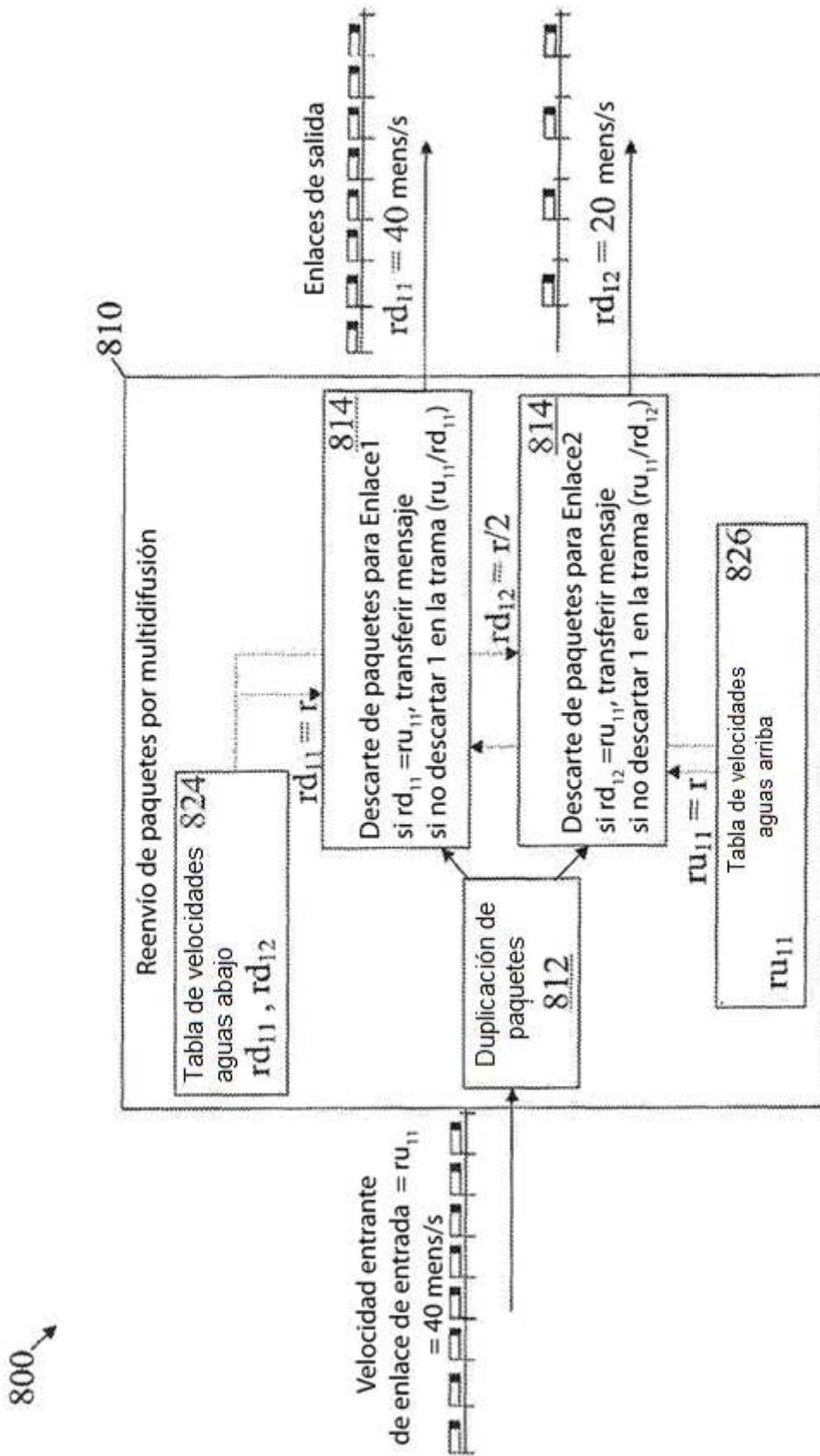


FIG. 8

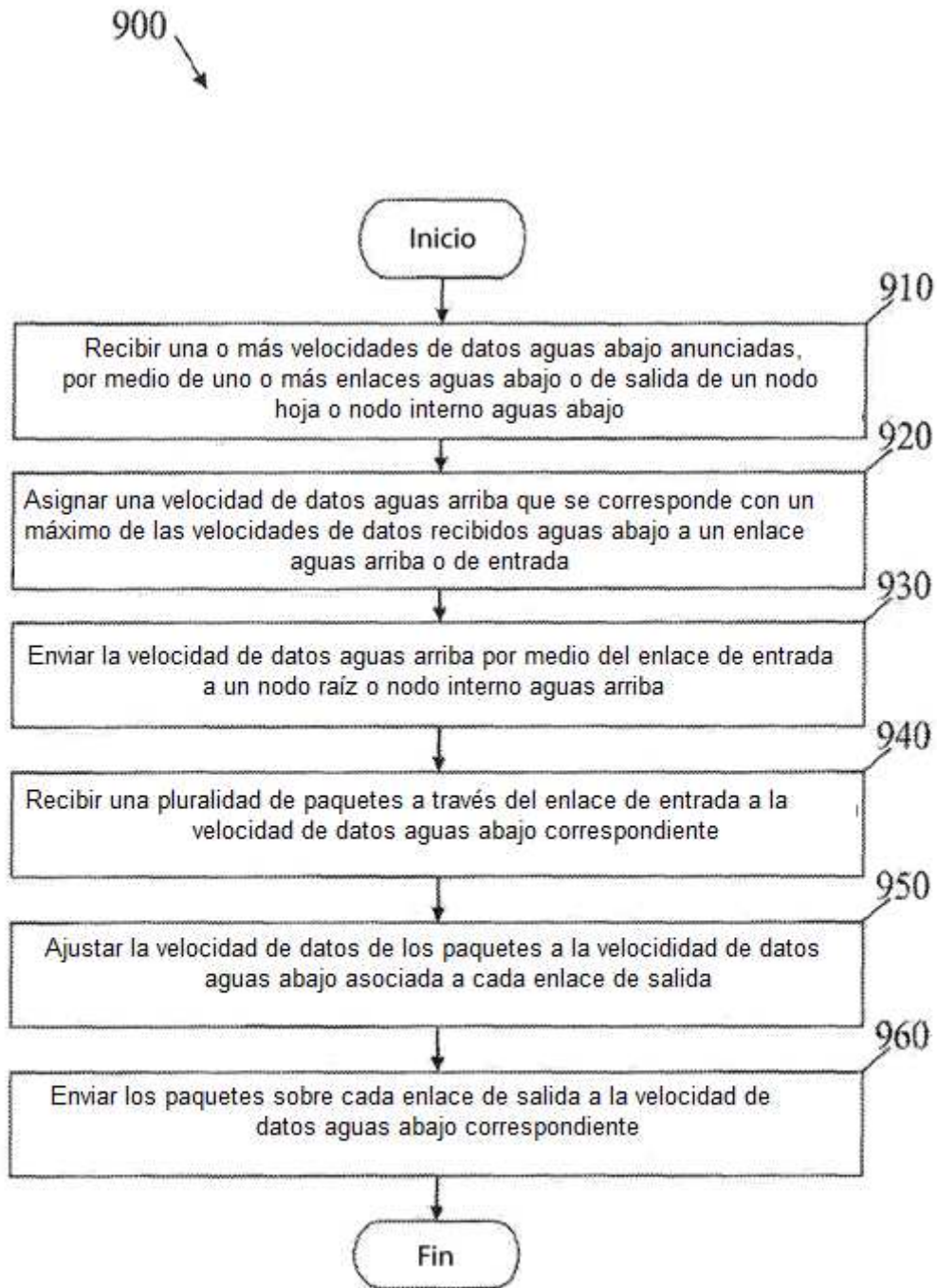


FIG. 9

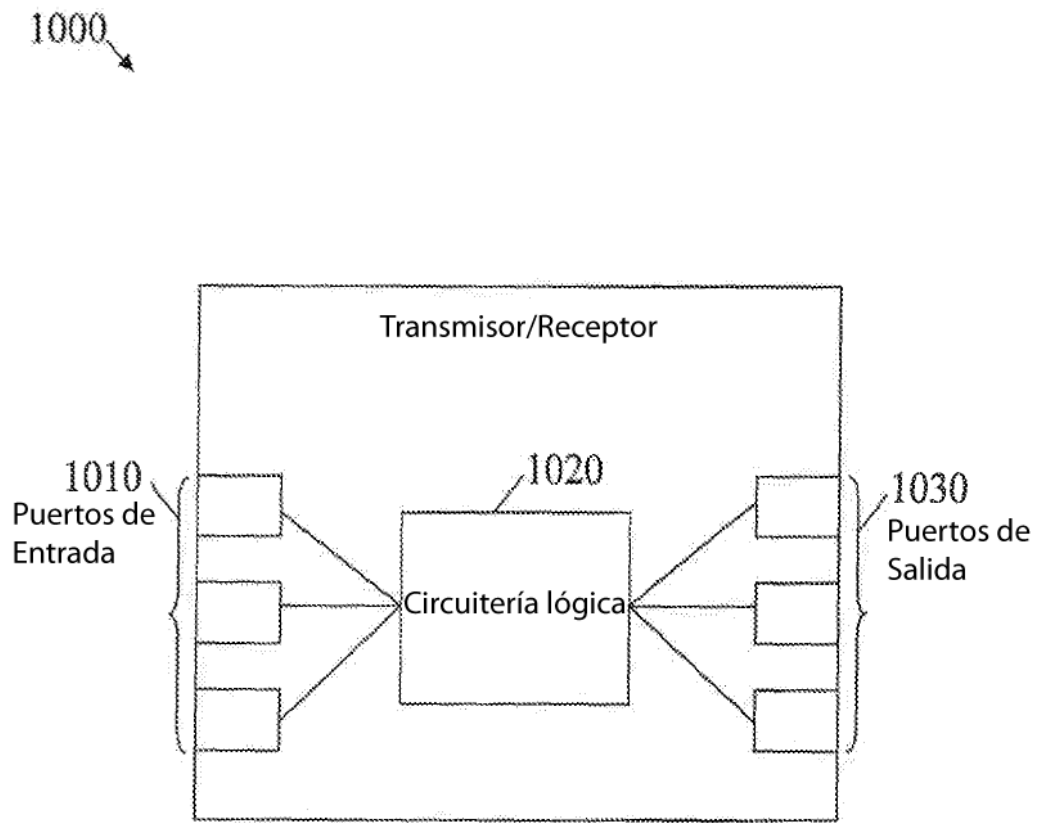


FIG. 10

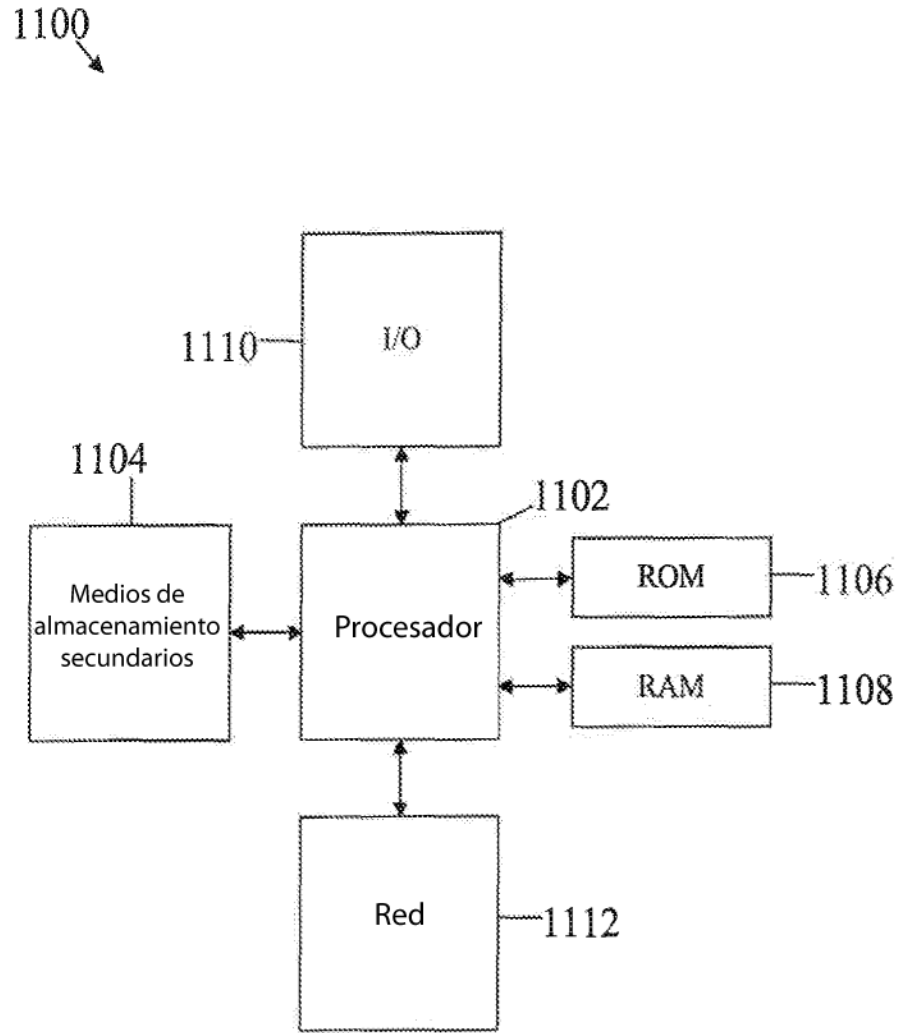


FIG. 11