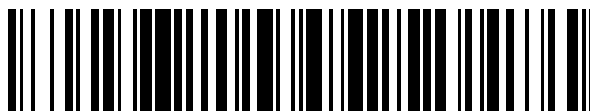


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 598 834**

51 Int. Cl.:

**H04L 12/28** (2006.01)

**H04Q 11/00** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.05.2013** **PCT/US2013/041477**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.11.2013** **WO13173665**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.05.2013** **E 13725526 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2016** **EP 2837141**

54 Título: **Asignación de ancho de banda dinámica en red de acceso híbrida con red óptica pasiva y otro medio**

30 Prioridad:

**16.05.2012 US 201261647816 P**

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

**30.01.2017**

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)  
Huawei Administration Building, Bantian  
Longgang District, Shenzhen, Guangdong  
518129, CN**

72 Inventor/es:

**LUO, YUANQIU;  
EFFENBERGER, FRANK J. y  
SUI, MENG**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 598 834 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

Asignación de ancho de banda dinámica en red de acceso híbrida con red óptica pasiva y otro medio.

## Antecedentes

Una red óptica pasiva (PON) es un sistema para ofrecer acceso de red por "la última milla". La red PON es una red multipunto (P2MP) que comprende un terminal de línea óptica (OLT) en la oficina central (CO), una red de distribución óptica (ODN) y múltiples unidades de red óptica (ONU) en las instalaciones de los clientes. La Ethernet PON (EPON) es una norma de redes PON desarrollada por el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) y especificada en la norma IEEE 802.3ah. En EPON, una única fibra puede utilizarse para tanto la transmisión de subida como de bajada con distintas longitudes de onda. El OLT implementa una capa control de acceso al medio (MAC) de EPON para transmisión de Tramas Ethernet. El Protocolo de Control de Acceso al Medio Multipunto (MPCP) realiza la asignación del ancho de banda, sondeo de ancho de banda, auto-descubrimiento, y determinación de distancia (*ranging*). Las tramas Ethernet se transmiten hacia abajo basadas en el Identificador de Enlace Lógico (LLID) incrustado en la trama de preámbulo. El ancho de banda de subida se asigna según el intercambio de mensajes de Puerta e Informe entre un OLT y una ONU.

Recientemente, las redes de acceso híbridas que utilizan tanto EPON como otros tipos de redes han suscitado un interés creciente. Por ejemplo, Ethernet por cable coaxial (EoC) puede ser un nombre genérico que se usa para describir todas las tecnologías que se pueden utilizar para la transmisión de tramas Ethernet mediante una red óptica-coaxial unificada. El nombre proviene del hecho de que, a excepción de la Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS), todas estas tecnologías comparten el hecho de que las Tramas Ethernet se transmiten en la capa MAC. Existen distintas tecnologías EoC, que incluyen Multimedia over Coax Alliance (MoCA), G.hn (un nombre común para una familia de normas sobre tecnología de redes de hogar desarrolladas dentro del marco de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y promovidas por HomeGrid Forum), HomePNA Alliance (HPNA), y Home Plug Audio/Visual (AV), las cuales se han adaptado para llevar el acceso coaxial exterior desde una ONU hasta una Cabecera de EoC con equipos locales del cliente (CPE) conectados y ubicados en los hogares de los subscriptores.

Existe una creciente demanda que requiere el uso de EPON como un sistema de acceso para interconectar con cables coaxiales múltiples para terminar las Unidades de Redes Coaxiales (CNU) ubicadas en el hogar del subscritor con una arquitectura de PON de Ethernet por Cable Coaxial (EPoC).

La presentación "EPoC(Ethernet PON over Coax): Architecture, MPCP, and DBA" de Biswanath Mukherjee, IEEE 802 Sesión plenaria, marzo 2012, obtenida de Internet en [http://www.ieee802.org/3/epoc/public/mar12/mukherjee\\_01\\_0312.pdf](http://www.ieee802.org/3/epoc/public/mar12/mukherjee_01_0312.pdf), describe una arquitectura de PON de Ethernet por cable coaxial (EPoC), donde el dominio óptico y el dominio eléctrico están unificados en el sentido de que el terminal de línea óptica, OLT, no trata las unidades de redes coaxiales, CNU, en el dominio eléctrico de manera distinta respecto de las unidades de red óptica, ONU, en el dominio óptico. En particular, el OLT asigna siempre una ventana de permiso para la transmisión de datos de subida de la misma forma, independientemente de si está concebida para una ONU o para una CNU. Si la ventana de permiso está concebida para una CNU, se convertirá automáticamente según las necesidades del dominio eléctrico mediante el terminal de línea coaxial, CLT, que lo atraviesa.

El libro blanco "*EPON vs. GPON: A Comparative Study*" de Westnet, obtenido de Internet en <http://members.westnet.com.au/wizard/GPON%20vs%20EPON%20whitepaper.pdf>, es un estudio comparativo que detalla las diferencias entre Ethernet PON, EPON, las redes híbridas que utilizan Ethernet en enlace óptico entre la ONU y el OLT por un lado, y una PON con capacidad de gigabit, GPON, redes híbridas que utilizan un protocolo diferente en este enlace óptico. Esta diferencia no incide en lo que sucede una vez que el tráfico entra en el dominio eléctrico hacia el CPE coaxial.

El documento de P. Bhaumik, S. Thota, K. Zhangli, J. Chen, H. ElBakoury, L. Fang, B. Mukherjee, "EPON protocol over coax (EPoC): round-trip aware dynamic bandwidth allocation", 17<sup>a</sup> Conferencia Internacional sobre diseño y modelización de Redes Ópticas (ONDM 2013), 16-19 de abril de 2013, Brest, Francia, IEEE Publicación de Conferencia, páginas 287-292 describe un esquema de asignación dinámica de ancho de banda para una red híbrida de fibra óptica y coaxial que tiene en cuenta los tiempos de ida y vuelta entre el OLT por un lado, y las ONU o las CNU por el otro, con el fin de maximizar el rendimiento por el canal de enlace de subida en el dominio óptico. Existen distintas asignaciones de ancho de banda de subida en el dominio óptico (mensajes PUERTA) y en el dominio eléctrico (UL-MAP). El OLT gestiona ambas asignaciones.

## Compendio

En una realización, la descripción incluye un OLT configurado para recibir primeras tramas desde múltiples elementos de red (NE) y segundas tramas desde múltiples equipos locales del cliente (CPE), asignar un segmento de tiempo a cada NE para transmitir en una ODN, y un segmento de tiempo para cada CPE para transmitir en una red de distribución de energía eléctrica (EDN), en donde cada NE hace de intermediario entre el OLT y los múltiples

CPE. Con este fin, el OLT tiene un puerto óptico acoplado a los NE y un procesador acoplado al puerto óptico, configurado para:

recibir múltiples primeras solicitudes de transmisión de cada NE y múltiples segundas solicitudes de transmisión de cada CPE, en donde las primeras solicitudes de transmisión no se originan en cualquier CPE;

- 5      asignar un segmento de tiempo a cada NE para transmitir en la ODN, en respuesta a las múltiples primeras solicitudes de transmisión y las múltiples segundas solicitudes de transmisión; y

asignar un segmento de tiempo a cada CPE para transmitir en la EDN, en respuesta a las múltiples primeras solicitudes de transmisión y a las múltiples segundas solicitudes de transmisión;

calcular un retraso de transmisión entre uno de los CPE y uno de los NE posicionados entre el OLT y el CPE;

- 10     compensar el retraso de transmisión cuando se asigne el segmento de tiempo al NE para la transmisión en la ODN; y

asignar el segmento de tiempo al NE para transmitir en la ODN los datos del CPE, y en donde el segmento de tiempo coincide sustancialmente con la llegada de los datos desde el CPE.

- 15     En otra realización, la descripción incluye un CPE configurado para recibir un segmento de tiempo para la transmisión en una EDN asignada por un OLT, y transmitir múltiples tramas de datos a un NE durante el segmento de tiempo sin que el NE re-programe la transmisión.

En otra realización, la descripción incluye un método que comprende recibir primeras tramas desde múltiples NE y segundas tramas desde múltiples CPE, asignar un segmento de tiempo a cada NE para transmitir en una ODN, y un segmento de tiempo para cada CPE para transmitir en una EDN, en donde cada NE hace de intermediario entre el OLT y las múltiples CPE. Con este propósito, el método comprende:

- 20     recibir, mediante el CPE, un segmento de tiempo desde el terminal de línea óptica, OLT, para transmitir en la EDN, en respuesta a la solicitud de transmisión; y

transmitir múltiples tramas de datos al NE, durante el segmento de tiempo, en donde el NE reenvía las tramas de datos al OLT sin reprogramación;

- 25     calcular un retraso de transmisión entre el CPE y el NE posicionado entre el OLT y el CPE;

compensar el retraso de transmisión cuando se asigna un segmento de tiempo al NE para la transmisión en la ODN; y

asignar, mediante un OLT, el segmento de tiempo al NE para la transmisión en la ODN de datos del CPE, en donde el segmento de tiempo coincide sustancialmente con la llegada de los datos desde el CPE.

- 30     Esta y otras características se comprenderán con mayor claridad a partir de la descripción detallada tomada en conjunto con los dibujos y reivindicaciones que la acompañan.

Breve descripción de los dibujos

Para una comprensión más completa de la descripción, a continuación se hace referencia a la siguiente descripción breve, tomada en relación con los dibujos y la descripción detallada que la acompañan, en donde números de

- 35     referencia iguales representan partes iguales.

La Figura 1 ilustra una realización de una red unificada de fibra-cobre que comprende un dominio de fibra y un dominio (eléctrico) de cobre.

La Figura 2 es un diagrama de una realización de una red de acceso híbrida sin programación de transmisión de subida centralizada.

- 40     La Figura 3 es un diagrama de una realización de una red de acceso híbrida con programación de transmisión de subida centralizada.

La Figura 4 ilustra una realización de un mensaje de método de encapsulamiento de PON con capacidad de gigabit (GEM) de MPCP.

- 45     La Figura 5 ilustra una realización de un mensaje de método de encapsulamiento de PON con capacidad de 10 gigabits (XGEM) de MPCP.

La Figura 6 ilustra una realización de un mensaje GEM de MPCP.

La Figura 7 ilustra una realización de un mensaje XGEM de MPCP.

La Figura 8 ilustra una realización de un elemento de red.

#### Descripción detallada

Se ha de comprender desde el comienzo que a pesar de que a continuación se ofrece una implementación ilustrativa de una o más realizaciones, los sistemas y/o métodos descritos pueden implementarse utilizando cualquier cantidad de técnicas, ya sea conocidas o existentes en la actualidad. De ningún modo la descripción estará limitada a las implementaciones ilustrativas, dibujos y técnicas ilustradas a continuación, incluyendo los diseños e implementaciones ejemplares ilustrados y descritos en la presente memoria, sino que estará limitada sólo por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

A continuación se describe un sistema, aparato y/o método para gestionar de manera centralizada las asignaciones dinámicas de ancho de banda (las DBA) mediante un OLT a través de una red de acceso híbrida que comprende una porción óptica y una porción eléctrica. Dichas DBA gestionadas de manera centralizada se pueden lograr mediante un OLT y un CPE que se comunican por medio de mensajes de MPCP encapsulados en la carga útil de una trama GEM o XGEM. También se pueden reservar puertos GEM (o XGEM) para enviar mensajes de MPCP encapsulados GEM (o XGEM). Dichas DBA gestionadas de manera centralizada pueden funcionar sin ningún elemento de red interviniente que reprogramme transmisiones. El OLT puede calcular los retrasos de transmisión entre un CPE específico y el correspondiente elemento de red interviniente, compensar dichos retrasos de transmisión en las asignaciones DBA, y programar las asignaciones DBA de elemento de red interviniente para que se corresponda con la llegada de las transmisiones del CPE. Además, es posible programar asignaciones DBA de transmisiones que no son CPE de elementos de red intervinientes de manera que no interfieran con las transmisiones CPE.

Los operadores de redes continúan desplegando un creciente número de redes de fibra que ofrecen velocidades de bits más altas para adaptarse a un ritmo creciente de demanda de ancho de banda de redes. Sin embargo, las redes de fibra pueden requerir mayores costes de despliegue en comparación con otros tipos de redes de acceso (por ejemplo, cobre e inalámbrica). Además, es posible que los costes de despliegue de la red de fibra actuales no sean proporcionales al potencial de ingresos que se puedan obtener de la demanda de mercado real. Por lo tanto, conectar las redes de fibra a otros tipos de redes de acceso ya desplegadas en las instalaciones del cliente ofrece una solución provisional atractiva hasta que la demanda del mercado cubra los costes de inversión para una red completamente de fibra. Esto puede derivar en una red de acceso que ofrece acceso híbrido mediante al menos dos tipos de medios de transmisión. Por ejemplo, una red de alimentación de fibra (p. ej. una PON) puede acoplar un OLT ubicado en una CO a múltiples terminales de línea coaxial (CLT), mientras que una red de distribución de cobre (p. ej. una línea de suscripción digital (DSL) o líneas de cable) puede acoplar un CLT a múltiples CPE. Es posible configurar el OLT para programar transmisiones de subida asignando ancho de banda de subida en la PON entre los CLT para evitar problemas como, por ejemplo, colisiones de transmisión. Una colisión de transmisión puede suceder cuando dos o más dispositivos están intentando utilizar simultáneamente el mismo canal de transmisión. Los CLT pueden, de manera similar, estar configurados para programar transmisiones de subida asignando ancho de banda de subida entre los CPE en la red de cobre. En consecuencia, una red de acceso híbrida que comprende una red de alimentación de fibra que funciona en conjunto con una red de distribución de cobre puede dificultar la programación del ancho de banda de subida puesto que los datos atraviesan ambas redes. Esto puede atribuirse a una falta de coordinación entre el OLT y los CLT cuando se asigna ancho de banda de subida en sus respectivas redes.

La Figura 1 ilustra una realización de una red unificada de fibra-cobre 100 que comprende un dominio de fibra 170 y un dominio (eléctrico) de cobre 180. El dominio de fibra 102 puede, en esencia, ser una PON y el dominio eléctrico 104 puede ser una red de cable coaxial. El dominio de fibra 170 puede comprender un OLT 110 y una o más ONU 130 acopladas al OLT 110 mediante una ODN 102. La ODN 102 puede comprender una línea o fibra óptica 114 y un divisor óptico 120 que acopla el OLT 110 a una ONU 130. De forma similar, el dominio eléctrico 180 puede comprender una o más ONU 130, cada una de las cuales puede acoplarse a múltiples CNU 150 mediante una EDN 104. La EDN 104 puede comprender cables coaxiales 134, amplificadores 136 (únicamente mostrados como ejemplo), y distribuidores de cable o divisores ópticos 140 y 142.

En la red unificada de fibra-cobre 100, cada ONU 130 y su correspondiente CLT pueden fusionarse en una única caja. La caja ONU-CLT puede actuar como un único dispositivo, que puede estar alojado en el cordón de la acera o en el sótano de una casa o de un edificio de departamentos. La caja ONU-CLT puede formar una interfaz entre el dominio de fibra 170 y el dominio eléctrico 180. Siguiendo las convenciones de la técnica, a menos que se indique lo contrario, de ahora en adelante, a una caja que incluye una ONU 130 y un CLT simplemente se la suele designar como una ONU 130 que tiene funcionalidades de CLT. Se ha de entender que la red unificada de fibra-cobre 100 puede comprender cualquier cantidad de ONU 130 y sus correspondientes CNU 150 para cada OLT 110. Los componentes de la red unificada de fibra-cobre 100 pueden disponerse tal y como se muestra en la Figura 1 o tener cualquier otra disposición apropiada.

El dominio de fibra 170 puede ser una red de comunicaciones que no requiere ningún componente activo para distribuir datos entre el OLT 110 y las ONU 130. En su lugar, el dominio de fibra 170 puede utilizar los componentes ópticos pasivos en la ODN 102 para distribuir datos entre el OLT 110 y la ONU 130. La fibra óptica 114 puede tener cualquier velocidad de transmisión como, por ejemplo, 1 o 10 gigabits por segundo (Gbps). Los ejemplos de

protocolos apropiados que se pueden implementar en el dominio de fibra 170 incluyen la PON de modo de transferencia asíncrona (APON) y la PON de banda ancha (BPON) definidas por la norma del Sector de Normalización de Telecomunicaciones de la UIT (ITU-T) G.983, la PON con capacidad de gigabit (GPON) definida por la norma ITU-T G.984, la EPON definida por la norma del IEEE 802.3ah, y la PON de multiplexación por división en longitudes de onda (WDM) (WDM-PON), lo cual se incorpora por referencia como si estuviera reproducido en su totalidad.

El OLT 110 puede ser cualquier dispositivo configurado para comunicarse con las CNU 150 mediante la ONU 130. El OLT 110 puede estar alojado en una central telefónica local, que puede ser una CO. Además, el OLT 110 puede acoplarse o conectar la red unificada de fibra-cobre 100 a otra red 112, que podría ser cualquier tipo de red como, por ejemplo, Internet, una red óptica síncrona (SONET) o una red troncal de modo de transferencia asíncrona (ATM). Por ejemplo, el OLT 110 puede funcionar como un intermediario entre las ONU 130 y la red 112. En particular, el OLT 110 puede enviar datos recibidos de la red 112 a las ONU 130 y enviar datos recibidos de las ONU 130 a la red 112. Aunque la configuración específica del OLT 110 puede variar según el tipo de protocolo óptico implementado en el dominio de fibra 170, en una realización, el OLT 110 puede comprender un transmisor óptico y un receptor óptico. Cuando la red 112 está utilizando un protocolo de red que es distinto del protocolo utilizado en el dominio de fibra 170, el OLT 110 puede comprender un conversor que convierte el protocolo de la red 112 al protocolo del dominio de fibra 170. El conversor OLT puede también convertir el protocolo del dominio de fibra 170 al protocolo de red 112.

La ODN 102 entre el OLT 110 y las ONU 130 puede ser un sistema de distribución de datos que puede comprender cables de fibra óptica, acopladores, divisores ópticos, distribuidores, y/u otros equipos. En transmisión de datos, los paquetes de Ethernet desde el OLT 110 pueden pasar a través de un divisor óptico pasivo 1 x M o una cascada de divisores ópticos y alcanzar cada una de las ONU 130, donde M puede designar un número de ONU en la red unificada de fibra-cobre 100. M puede tener cualquier valor apropiado como, por ejemplo, 4, 8 o 16 y un operador puede decidir dicho valor según factores como, por ejemplo, una asignación de energía óptica. En consecuencia, los paquetes pueden transmitirse mediante el OLT 110 y ser extraídos de forma selectiva mediante las ONU 130. En una realización, los cables de fibra óptica, acopladores, divisores ópticos, distribuidores y/u otros equipos son componentes ópticos pasivos. En particular, los cables de fibra óptica, acopladores, divisores ópticos, distribuidores y/u otros equipos pueden ser componentes que no requieren energía para distribuir señales de datos entre el OLT 110 y las ONU 130. Cabe destacar que, de ser necesario, los cables de fibra óptica pueden reemplazarse por cualquier medio de transmisión óptica. En algunas realizaciones, la ODN 102 puede comprender uno o más amplificadores ópticos pasivos o activos. La ODN 102 puede extenderse desde el OLT 110 a las ONU 130 en una configuración ramificada tal y como se muestra en la Figura 1 pero, como alternativa, se puede configurar según lo determine una persona con experiencia normal en la técnica.

Las ONU 130 pueden estar acopladas de manera remota al OLT 110. En algunas realizaciones, una o más ONU pueden estar ubicadas dentro del OLT 110. En la dirección descendente, cada ONU 130 puede ser cualquier dispositivo o componente configurado para recibir datos de bajada del OLT 110, procesar los datos de bajada, y transmitir los datos de bajada procesados a las CNU correspondientes 150. La ONU 130 puede convertir los datos de bajada de manera apropiada para transferir los datos entre el dominio de fibra 170 y el dominio eléctrico 180. A pesar de que los términos "de subida" y "de bajada" se pueden utilizar a lo largo de esta memoria para referirse a las ubicaciones de las diferentes características de la red relacionadas con el OLT o una unidad similar, los expertos en la técnica comprenderán que el flujo de datos de la red en las realizaciones de esta descripción es en ambas direcciones. Los datos de bajada recibidos por una ONU 130 pueden ser señales ópticas, y los datos de bajada transmitidos por una ONU 130 pueden ser señales eléctricas que pueden tener una estructura lógica diferente en comparación con las señales ópticas. Como tal, la ONU 130 puede encapsular o comprender en una trama los datos en el dominio de fibra 170 y el dominio eléctrico 180 de manera diferente. En una realización, la ONU 130 incluye una capa MAC y capas físicas (PHY), que corresponden al tipo de señales transportadas por el medio respectivo. La capa MAC puede proveer servicios de control de acceso de direccionamiento y canal a las capas PHY. Como tal, las PHY pueden comprender una PHY óptica y una PHY coaxial. En diversas realizaciones, la ONU 130 es transparente a la CNU 150 y OLT 110 en el sentido de que las tramas enviadas desde el OLT 110 a la CNU 150 pueden estar directamente direccionadas a la CNU 150 (por ejemplo, en la dirección de destino), y viceversa. Tal y como se describe más abajo, un identificador puede estar asociado con cada ONU 130, y el identificador puede inequívocamente identificar cada ONU 130. Como tal, la ONU 130 hace de intermediario entre los dominios de red, a saber un dominio de fibra 170 y un dominio eléctrico 180 en la realización de la Figura 1. Entre las funciones de la ONU dentro de una red unificada de fibra/cobre 100 está el registro inicial de las CNU en la red y la programación de todos los canales de radio frecuencia (RF) de la red (eléctrica) de cobre.

El dominio eléctrico 180 de la red unificada de fibra/cobre 100 puede ser similar a cualquier sistema de comunicación eléctrico conocido. Por ejemplo, el dominio eléctrico 180 también puede ser una red P2MP. Los datos de bajada de una ONU 130 pueden pasar a través de amplificador/es y de un distribuidor o divisor o una cascada de distribuidores o divisores para llegar a una o más CNU 150. En una realización, la transmisión de datos de bajada desde una ONU 130 a las CNU 150 puede no ser una difusión; en cambio, se puede utilizar un plan de acceso al medio (MAP) para asignar diferentes sub-grupos de portadoras a diferentes CNU, utilizando un acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales. Por lo tanto, en algunos casos, las transmisiones de bajada pueden ser de unidifusión desde el OLT 110 hacia las CNU 150.

La EDN entre los ONU 130 y las CNU 150 puede ser un sistema de distribución de datos que comprende cables eléctricos (por ejemplo, cables coaxiales e hilos trenzados), acopladores, divisores, distribuidores, y/u otros equipos. En una realización, los cables eléctricos, acopladores, divisores, distribuidores y/u otros equipos son componentes eléctricos pasivos. En particular, los cables eléctricos, acopladores, divisores, distribuidores y/u otros equipos pueden ser componentes que no requieren energía para distribuir señales de datos entre la ONU 130 y la CNU 150. Cabe destacar que, de ser necesario, los cables eléctricos pueden reemplazarse por cualquier medio de transmisión eléctrico. En algunas realizaciones, la EDN 104 puede comprender uno o más componentes activos, tal y como amplificadores eléctricos 136. Los ejemplos de protocolos apropiados que se pueden implementar en el dominio eléctrico 180 incluyen, MoCA, G.hn, y HomePlug A/V, los cuales se incorporan por referencia como si estuvieran reproducidos en su totalidad. La EDN 104 puede extenderse desde cada ONU 130 hacia sus correspondientes CNU 150 en una configuración ramificada tal y como se muestra en la Figura 1 pero, como alternativa, se puede configurar según lo determine una persona con experiencia normal en la técnica.

En una realización, cada CNU 150 puede ser cualquier dispositivo configurado para comunicarse con el OLT 110, la ONU 130, y cualquier dispositivo del suscriptor 160. Por ejemplo, las CNU 150 pueden funcionar como un intermediario entre los OLT 110 y los dispositivos del suscriptor 160. Por ejemplo, cada puerto del OLT 110 puede dar servicio a las CNU 32, 64, 128, o 256, y dependiendo de la cantidad de CNU presentes en la red unificada de fibra/cobre 100, un número apropiado (por ejemplo, 4, 8, o 16) de ONU 130 pueden estar desplegadas por cada puerto OLT. Una distancia de ejemplo entre el OLT 110 y una ONU 130 puede estar en el intervalo de 10 a 20 kilómetros, y una distancia de ejemplo entre una ONU 130 y una CNU 150 puede estar en el intervalo de 100 a 500 metros. Además, cada CNU 130 puede dar servicio a cualquier cantidad apropiada (por ejemplo, 3 o 4) de dispositivos del suscriptor 160. Por ejemplo, las CNU 150 pueden reenviar datos recibidos del OLT 110 a los dispositivos del suscriptor 160 y reenviar los datos recibidos de los dispositivos suscriptores 160 al OLT 110.

A pesar de que la configuración específica de las CNU 150 puede variar dependiendo del tipo de red 100, en una realización, una CNU 150 puede comprender un transmisor eléctrico configurado para enviar señales eléctricas a una ONU 130 y un receptor eléctrico configurado para recibir señales eléctricas de la ONU 130. Además, la CNU 150 puede comprender un conversor que convierte la señal eléctrica en señales eléctricas para los dispositivos del suscriptor 160, tal y como señales en un protocolo ATM, y un segundo transmisor y/o receptor que puede enviar y/o recibir señales eléctricas a o de los dispositivos del suscriptor 160. En algunas realizaciones, las CNU 150 y los terminales de red coaxial (CNT) son similares, y por lo tanto, los términos se utilizan de manera indistinta en la presente memoria. Por lo general, las CNU 150 pueden estar situadas en las ubicaciones de usuario final, tal y como las instalaciones del cliente, pero también pueden estar situadas en otras ubicaciones.

Los dispositivos del suscriptor 160 pueden ser cualquier dispositivo configurado para funcionar en conjunto con un usuario o dispositivo de usuario. Por ejemplo, los dispositivos del suscriptor 160 pueden incluir ordenadores de sobremesa, portátiles, tabletas, teléfonos móviles, pasarelas residenciales, televisores, codificadores, y dispositivos similares.

El método descrito de asignación dinámica de ancho de banda en una red de acceso híbrida se explica en el contexto de una red de acceso de cobre/fibra híbrida solo a fines ilustrativos. El método descrito puede igualmente aplicarse a una red de acceso híbrida que comprende una red de alimentación de fibra acoplada a cualquier red de distribución inalámbrica o basada en cobre.

La Figura 2 es un diagrama de una realización de una red de acceso híbrida 200 (por ejemplo, una red unificada de fibra/cobre 100) sin programación de transmisión de subida centralizada. La red 200 puede comprender un dominio de fibra 270 y un dominio de cobre 280 acoplado mediante múltiples ONU 230. El dominio de fibra 270 puede comprender un OLT 210 acoplado a las ONU 230 mediante una ODN 202, que puede ser similar al OLT 110, la ONU 130, y la ODN 102, respectivamente. El dominio de cobre 280 puede comprender la ONU 230 acoplada a múltiples CPE 250 mediante una EDN 204, que puede ser similar a la ONU 130, la CNU 150, y la EDN 104, respectivamente. En la red 200, puede no haber coordinación entre un OLT y una ONU en sus respectivas funciones de asignación de ancho de banda de subida.

El dominio de fibra 270 puede estar configurado en una arquitectura P2MP con el OLT 210 ubicado en una CO acoplada a las ONU 230. En una realización, se pueden intercambiar datos entre el OLT 210 y las ONU 230 mediante el ODN 202 según un protocolo PON. Por ejemplo, el dominio de fibra 270 puede intercambiar datos según un protocolo GPON tal y como lo estipula la norma ITU-T G.984.3. En una realización, se pueden intercambiar datos a través de una transmisión basada en secuencia de bits, tal y como paquetes de datos transmitidos mediante un método de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). El protocolo GPON puede comprender una capa de convergencia de transmisión de GPON (GTC) que ofrece múltiples funcionalidades, incluyendo funcionalidades MAC para entramado de datos por canales de subida y bajada y un GEM para entramar los datos y la señalización de informe de estado utilizando una DBA para datos de subida. El protocolo DBA de GPON puede habilitar al OLT 210 para compartir de forma dinámica un canal de subida común de la ODN 202 entre múltiples ONU 230. En el dominio de fibra 270, el protocolo DBA de GPON puede compartir de forma dinámica un canal de subida común mediante la asignación de anchos de banda en unidades definidas por tiempo.

El protocolo DBA de GPON puede comprender un proceso de determinación de distancia (ranging)/registro de la ONU y un proceso DBA de subida. El protocolo DBA de GPON puede implementarse como una configuración maestro/esclavo, en donde un OLT funciona como un maestro DBA de GPON sobre una pluralidad de ONU (esclavos DBA de GPON). En el proceso de determinación de distancia/registro de ONU, una ONU que se une a una red de acceso híbrida puede estar registrada con el OLT y/o se puede calcular un retraso de transmisión entre el OLT y la ONU. En un proceso DBA de subida, el OLT asigna un ancho de banda de subida al concederle a la ONU un intervalo de tiempo (por ejemplo, un segmento de tiempo) para transmitir datos en un canal de subida común.

El proceso de determinación de distancia/registro de ONU puede comprender un OLT que difunde una solicitud para todas las ONU registradas en ese momento para detener las transmisiones en el canal de subida. Una OLT puede entonces difundir una solicitud para todas las ONU no registradas sin un identificador ONU (ONU-ID) para transmitir su número de serie. Una ONU no registrada puede responder transmitiendo su número de serie después de esperar un tiempo aleatorio para evitar colisiones de transmisión. El OLT puede asignar a la ONU no registrada un ONU-ID después de recibir la transmisión de número de serie. El OLT puede transmitir otra solicitud para que todas las ONU detengan sus transmisiones en el canal de subida. El OLT puede entonces transmitir en secuencia una solicitud de determinación de distancia a cada ONU registrada para medir el retraso de transmisión. La ONU especificada en la solicitud de determinación de distancia puede responder con una transmisión de determinación de distancia que puede incluir el ONU-ID asignado a la ONU. El OLT puede entonces medir el retraso de ida y vuelta (RTD) para esa ONU y calcular un retraso de ecualización. El OLT puede entonces transmitir a la ONU el retraso de ecualización calculado. A continuación, la ONU puede compensar las transmisiones de subida posteriores con el retraso de ecualización para mitigar su retraso de transmisión.

En un proceso DBA de GPON de subida, un OLT 210 puede difundir a múltiples ONU 230 un mapa de ancho de banda (BWmap) en el encabezado de una trama de bajada. El BWmap puede ser una matriz de estructuras de asignación, en donde cada entrada en la matriz representa una asignación de ancho de banda única para un contenedor de transmisión particular (T-CONT). A través del BWmap, el OLT 210 puede enviar punteros que indican un tiempo en el que la ONU 230 puede comenzar y finalizar su transmisión de subida. Un T-CONT puede ser un canal de subida virtual, que puede funcionar como una unidad de asignación de ancho de banda desde el OLT 210. Se puede asignar un único T-CONT a una ONU 230, una clase de servicio (CoS), o una ONU lógica. Además, una única ONU 230 puede tener uno o más T-CONT asignados a ella. Cada estructura de asignación puede identificar un T-CONT específico asignado para una ONU específica, en base a asignaciones de procesos DBA de subida previas. La ONU 230 puede responder al OLT 210 con un informe de ancho de banda dinámico (DBRu) que indica cuántos paquetes de datos están esperando en cola en el T-CONT para ser transmitidos en dirección ascendente. El OLT 210 puede recolectar DBRu de todas las ONU 230 y actualizar el BWmap de una trama de bajada posterior según un algoritmo DBA. La ONU 230 puede recibir una trama de bajada posterior y transmitir datos por un canal de subida común durante un segmento de tiempo asignado en el BWmap actualizado.

El dominio de cobre 280 también puede estar configurado en una arquitectura P2MP con una ONU 230 acoplada a múltiples CPE 250 mediante un EDN 204. En una realización, se pueden intercambiar datos entre una ONU 230 y múltiples CPE 250 mediante un dominio de cobre 280 según un protocolo EPoC. Por ejemplo, la red de distribución de cobre 280 puede intercambiar datos según un protocolo EPoC. En una realización, se pueden intercambiar datos a través de una transmisión basada en símbolos, tal y como paquetes transmitidos mediante un método de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM). En el dominio de cobre 280, un protocolo DBA de EPoC puede compartir de forma dinámica un canal de subida común mediante la asignación de anchos de banda en unidades definidas por frecuencia y tiempo.

Un protocolo DBA de EPoC puede implementarse como una configuración maestro/esclavo, en donde una ONU 230 funciona como un maestro DBA de EPoC sobre múltiples CPE 250 (esclavos DBA de EPoC). A diferencia del dominio de fibra 270, en el que se puede ofrecer un canal de transmisión basado en tramas, el dominio de cobre 280 puede ofrecer un canal de transmisión basado en símbolos. Una ONU 230 puede gestionar la asignación de ancho de banda de un canal de subida compartido entre múltiples CPE 250 dentro de un dominio de cobre 280. En el dominio de cobre 280, una ONU 230 puede asignar un ancho de banda de subida mediante la concesión de intervalos de tiempo (por ejemplo, asignaciones de segmentos de tiempo) y frecuencias de sub-portadoras a cada CPE 250 para transmitir datos de subida. En una realización, la ONU 230 puede conceder asignaciones de segmentos de tiempo y frecuencias de sub-portadoras a cada CPE 250 mediante un MPCP.

El MPCP puede comprender una ONU 230 que difunde un mensaje de Puerta, que puede contribuir con el descubrimiento de los CPE 250 recientemente conectados, la determinación de distancias continua, y la asignación dinámica de ancho de banda. La carga útil de un mensaje de Puerta puede incluir un permiso que asigna una ventana de descubrimiento, por ejemplo, un segmento de tiempo y una sub-portadora, en donde un nodo, tal y como un CPE 250, que recibe el mensaje difundido y que desea registrarse con una ONU 230 puede transmitir un mensaje de registro.

Cada CPE 250, que desea registrarse con una ONU 230, puede responder con un mensaje de solicitud de registro (Register\_Req) cuando se abre la ventana de descubrimiento. La Register\_Req puede comprender un LLID y se puede enviar después de que expire un retraso aleatorio para mitigar contenciones entre múltiples CPE 250 que

intentan registrarse con la ONU 230. La ONU 230 puede responder con un mensaje de registro (Registro) que puede otorgar al CPE 250 parámetros de identificación.

Habiendo recibido el Registro que incluye un LLID, un CPE 250 puede a continuación ser identificada mediante un LLID asignado. Por lo tanto, una ONU 230 puede asignar un segmento de tiempo y una sub-portadora para que el CPE 250 devuelva una confirmación de registro mediante el envío de un mensaje de Puerta que contiene un permiso de segmento de tiempo y sub-portadora y el LLID asignado, por ejemplo, en un preámbulo u otro campo determinado en el mensaje Puerta. Cuando se abre el segmento de tiempo asignado en el mensaje de Puerta, el CPE 250 puede devolver un mensaje de confirmación de registro (Register\_Ack) con el LLID asignado al ONU 230, completando así el registro del CPE 250. Además, el CPE 250 puede utilizar el LLID asignado para reconocer y/o filtrar mensajes difundidos por la ONU 230 y que están dirigidos a ella o a uno o más nodos de bajada y/o dispositivos del suscriptor.

La Figura 3 es un diagrama de una realización de una red de acceso híbrida 300 (por ejemplo, una red unificada de fibra/cobre 100) sin programación de transmisión de subida centralizada. La red 300 puede comprender un dominio de fibra 370 y un dominio de cobre 380 acoplado mediante múltiples ONU 330. Un dominio de fibra 370 puede comprender un OLT 310 acoplado a las ONU 330 mediante una ODN 302, que puede ser similar al OLT 210, la ONU 230, y la ODN 202, respectivamente. Un dominio de cobre 380 puede comprender una ONU 330 acoplada a múltiples CPE 350 mediante una EDN 304, que puede ser similar a la ONU 230, la ONU 250, y la EDN 204, respectivamente. En la red 300, se puede implementar una extensión del protocolo DBA de modo que las transmisiones de subida desde múltiples ONU 330 y múltiples CPE 350 se puedan gestionar de manera centralizada mediante un OLT 310. Por lo tanto, en la red 300, el OLT 310 puede funcionar como maestro DBA sobre múltiples ONU 330 y múltiples CPE 350. En la red 300, se puede reducir el procesamiento extra de transmisiones de subida a través de una programación de transmisión de subida centralizada tanto por el dominio de fibra 370 como por el dominio de cobre 380 utilizando un método de extensión del protocolo DBA.

El método de extensión del protocolo DBA en la red 300 puede comprender una estimación del retraso CPE-ONU, una compensación de la transmisión CPE, y una coordinación del segmento de tiempo CPE-ONU. En la red 300, un OLT 310 puede administrar las transmisiones de subida del CPE mediante el envío de asignaciones de segmento de tiempo (por ejemplo BWmap o mensajes de Puerta MPCP) comunicados a través de mensajes de señalización OLT-CPE 390. El CPE 350 puede tanto recibir las asignaciones de segmento de tiempo de un OLT 310 como informar sus requisitos de transmisión al OLT 310 a través de mensajes de señalización OLT-CPE 390. En una realización, los mensajes de señalización OLT-CPE 390 se pueden utilizar para transmitir mensajes de Puerta/Informe BWmap o MPCP sobre dominios de cobre 380. Por ejemplo, un mensaje BWmap puede encapsularse en un mensaje de operaciones, administración y gestión (OAM) de Ethernet, de manera que un CPE 350 pueda analizar el mensaje BWmap mediante su módulo OAM Ethernet local. Alternativamente, un mensaje de Puerta/Informe MPCP puede encapsularse en una carga útil de trama GEM de manera que una CPE 350 pueda analizar el mensaje de Puerta/Informe MPCP, el cual se describirá a continuación, mediante un módulo DBA de PON. Un módulo DBA de PON puede agregarse a una CPE 350 de manera que pueda eliminar el encabezado de trama GEM para recuperar el mensaje de Puerta/Informe MPCP. Además, un puerto GEM (o un puerto XGEM) se puede reservar para transmitir los mensajes GEM de MPCP (o XGEM de MPCP). Por lo tanto, los mensajes de señalización OLT-CPE pueden permitir que el OLT 310 y los CPE 350 se comuniquen directamente, lo cual puede reducir y/o eliminar el desencapsulamiento, re-encapsulamiento y/o reprocesamiento de mensajes DBA mediante las ONU 330. Además, los mensajes de señalización OLT-CPE pueden reducir y/o eliminar la sobrecarga de gestión de tráfico en las ONU 330. Por lo tanto, las ONU 330 pueden estar diseñadas para ser un re-enviador de tráfico de subida, el cual puede convertir los mensajes de señalización OLT-CPE de un dominio óptico a un dominio de cobre y viceversa.

Una estimación de retraso CPE-ONU puede permitir que el OLT 310 estime y/o mida un retraso de transmisión entre un CPE 350 y su ONU 330 correspondiente. La estimación de retraso CPE-ONU se puede lograr durante un proceso de registro de CPE del OLT 310 utilizando mensajes de señalización OLT-CPE 390. Se puede implementar un proceso de registro de CPE en la red 300 mediante la extensión de un proceso de registro GPON (por ejemplo, un proceso de determinación de distancia/registro de ONU de la red 200) desde las ONU 330 a las CPE 350. Por lo tanto, en la red 300, los CPE 350 pueden ser considerados ONU 330 por un OLT 310 a los efectos de registro. Por ejemplo, el retraso en la transmisión del CPE puede estimarse teniendo en cuenta el retraso de transmisión de la ONU 330 correspondiente durante el registro. Se puede lograr una compensación de transmisión de CPE al incluir una estimación de retraso CPE-ONU en un algoritmo de DBA. En la red 300, el OLT 310 puede asignar segmentos de tiempo utilizando este algoritmo de DBA modificado, para evitar colisiones de transmisión de subida en el dominio de cobre 380. Una coordinación del segmento de tiempo CPE-ONU puede permitir al OLT 310 asignar segmentos de tiempo tanto a las ONU 330 como a los CPE 350 de modo que las transmisiones de subida del CPE lleguen a la ONU correspondiente casi al comienzo del segmento de tiempo asignado a la ONU. Por lo tanto, puede no ser necesario que las ONU 330 almacenen en búfer o pongan en cola la transmisión de subida del CPE 350 mediante la implementación de la coordinación del segmento de tiempo CPE-ONU. En la red 300, las ONU 330 pueden estar configuradas como contenedores de transmisión para reenviar la transmisión de subida del CPE al OLT 310 sin re-programación. Además, si una ONU tiene para enviar una transmisión de subida que no es CPE, la coordinación del segmento de tiempo CPU-ONU puede permitir que el OLT 310 programe transmisiones de subida que no son CPE para que no entren en conflicto con las transmisiones de subida CPE.

La Figura 4 ilustra una realización de un mensaje GEM de MPCP 400. Un OLT (por ejemplo, OLT 310) se puede comunicar con una unidad de dominio inalámbrico o de cobre (por ejemplo, CPE 350) a través de un mensaje GEM de MPCP 400. Un mensaje GEM de MPCP 400 puede comprender una trama MPCP 410 asignada a una carga útil 460 de una trama GEM 430.

5 Una trama MPCP 410 puede estar precedida por un intervalo entre paquetes (IPG) 411 y puede comprender un preámbulo de MPCP/campo 412 de delimitador de comienzo de trama (SFD), campo 414 de dirección de destino (DA), un campo 416 de dirección de origen (SA), un campo 418 de longitud/tipo, un campo 420 de datos de cliente MAC, y un campo 422 de secuencia de comprobación de trama (FCS). Un campo 424 de fin de trama (EOF) puede estar al final de la trama MPCP 410. El preámbulo de MPCP/campo SFD 412 puede ser utilizado para sincronización de tramas, estimación de canales, y la porción SFD puede identificar el final de la porción de preámbulo de MPCP. El campo DA 414 puede comprender una dirección de red como, por ejemplo, una dirección MAC, para un nodo de destino, que puede estar concebido para recibir los datos, por ejemplo, el OLT o uno de los CPE. El campo SA 416 puede comprender una dirección de red para un nodo de origen, que puede dar origen al mensaje de MPCP 400 (por ejemplo, OLT 310). El campo longitud/tipo 418 puede utilizarse para indicar que la longitud y el tipo del mensaje corresponden a un mensaje de control MAC. El campo 420 de datos de cliente MAC puede comprender los datos de control MAC transportados entre el OLT y un CPE (por ejemplo, un OLT 310 y un CPE 350, respectivamente). El campo FCS 422 puede utilizarse para detectar y corregir errores como, por ejemplo, una Comprobación de Redundancia Cíclica (CRC) u otra suma de comprobación.

20 Una trama GEM 430 puede comprender un encabezado 440 y una carga útil 460. El encabezado 440 puede comprender un Indicador de Longitud de Carga Útil (PLI) 442, un campo 444 de identificador de Puerto (Port ID), un campo 446 de Indicador de Tipo de Carga Útil (PTI), y un campo 448 de Control de Error de Encabezado (HEC). El campo PLI 442 puede indicar la longitud de la carga útil 460 en bytes. El campo PLI 442 también puede indicar el inicio de la carga útil 450. El campo PortID 444 puede ofrecer múltiples identificadores de tráfico únicos. Los identificadores de tráfico pueden corresponder a múltiples flujos de datos, que pueden estar multiplexados. El campo PTI 446 puede indicar el tipo de contenido de la carga útil 460. El campo HEC 448 puede ofrecer las funciones de detección y corrección de errores. La carga útil 460 puede comprender los datos de carga útil transportada entre un OLT y un CPE (por ejemplo, un OLT 310 y un CPE 350, respectivamente).

30 La Figura 5 ilustra una realización de un mensaje XGEM de MPCP 500. Un OLT (por ejemplo, OLT 310) se puede comunicar con una unidad de dominio inalámbrico o de cobre (por ejemplo, CPE 350) mediante un mensaje XGEM de MPCP 500. Un mensaje XGEM de MPCP 500 puede comprender una trama MPCP 510 asignada a una carga útil 560 de una trama XGEM 530. Una trama MPCP 510 puede ser sustancialmente similar a la trama MPCP 410.

35 Una trama XGEM 530 puede comprender un encabezado 540 y una carga útil 560. El encabezado 540 puede comprender un campo PLI 542, un campo Port ID 546, y un campo HEC 552, que puede ser sustancialmente similar al campo PLI 442, al campo Port ID 444, y al campo HEC 448, respectivamente. El encabezado 540 puede además comprender un campo de índice de clave 544, un campo de opciones 548, un campo de indicación de último fragmento (LF) 550. El campo de índice de clave 544 se puede utilizar para indicar qué clave, si la hubiese, se ha utilizado para encriptar la trama XGEM 530 actual. El campo de Opciones 548 se puede utilizar para rellenar la trama XGEM 530 y/o ofrecer indicaciones opcionales. El campo LF 550 puede señalar un último fragmento de una unidad de datos de servicio.

40 La Figura 6 ilustra una realización de un mensaje GEM de MPCP 600. Un OLT (por ejemplo, OLT 310) se puede comunicar con una unidad de dominio inalámbrico o de cobre (por ejemplo, CPE 350) a través de un mensaje GEM de MPCP 600. Un mensaje GEM de MPCP 600 puede comprender una trama MPCP 610 asignada a una carga útil 660 de una trama GEM 630. Una trama MPCP 610 puede ser sustancialmente similar a la trama MPCP 410. A diferencia del mensaje GEM de MPCP 400, el mensaje GEM de MPCP 600 puede evitar que el campo de delimitación de inicio de trama/preámbulo (SFD) de MPCP 612 se asigne a la trama GEM 630.

45 La Figura 7 ilustra una realización de un mensaje XGEM de MPCP 700. Un OLT (por ejemplo, OLT 310) se puede comunicar con una unidad de dominio inalámbrico o de cobre (por ejemplo, CPE 350) mediante un mensaje XGEM de MPCP 700. Un mensaje XGEM de MPCP 700 puede comprender una trama MPCP 710 asignada a una carga útil 760 de una trama XGEM 730. Una trama MPCP 710 puede ser sustancialmente similar a la trama MPCP 410. A diferencia del mensaje XGEM de MPCP 500, el mensaje XGEM de MPCP 700 puede evitar que el campo de delimitación de inicio de trama/preámbulo (SFD) de MPCP 712 se asigne a la trama XGEM 730.

50 Al menos algunas de las características/métodos descritos en la descripción se pueden implementar en un elemento de red. Por ejemplo, las características/métodos de la descripción se pueden implementar utilizando hardware, firmware, y/o software instalado para ejecutarse en hardware. Por ejemplo, el elemento de red puede ser cualquier dispositivo que transporte datos a través de una red, por ejemplo, un interruptor, enrutador, puente, servidor, cliente, etc. La Figura 8 ilustra una realización de un elemento de red 800, que puede ser cualquier dispositivo que transporte y procesa datos a través de una red. Por ejemplo, el elemento de red 800 puede estar configurada para manejar un mensaje GEM de MPCP 400 y un mensaje XGEM de MPCP 500.

El elemento de red 800 puede comprender uno más puertos de entrada o caras 810 acoplados a un transmisor-receptor (Tx/Rx) 812, que pueden ser transmisores, receptores, o combinaciones de los mismos. Es posible acoplar un Tx/Rx 812 a múltiples puertos de bajada 810 para transmitir y/o recibir tramas de otros nodos, un Tx/Rx 812 acoplado a múltiples puertos de subida 830 para transmitir y/o recibir tramas de otros nodos. Se puede acoplar un procesador 825 al Tx/Rxs 812 para procesar las tramas y/o determinar los nodos a los cuales enviar tramas. El procesador 825 puede comprender uno o más procesadores de núcleos múltiples y/o módulos de memoria 822, que pueden funcionar como almacenes de datos, búferes, etc. El procesador 825 puede implementarse como un procesador general o puede ser parte de uno o más circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) y/o procesadores de señales digitales (DSP). Los puertos de bajada 810 y/o puertos de subida 830 pueden contener componentes de transmisión y/o recepción eléctricos y/u ópticos. El elemento de red 800 puede o no tener un componente de enrutamiento que toma las decisiones en cuanto a enrutamiento. El elemento de red 800 puede también comprender un bloque de plano de envío de contenido programable 828. El bloque de plano de envío de contenido programable 828 puede estar configurado para implementar funciones de envío y procesamiento de contenido como, por ejemplo, en una capa de aplicación o capa 3 (L3) en el modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI), donde el contenido puede enviarse según el nombre o prefijo del contenido y posiblemente según otra información relacionada con el contenido que asigna el contenido al tráfico de red. Dicha información de asignación puede mantenerse en una tabla de contenido en el módulo de memoria 822. El bloque de plano de envío de contenido programable 828 puede interpretar las solicitudes de contenido de los usuarios y, en consecuencia, buscar contenidos, por ejemplo, según metadatos y/o nombres de contenido, desde la red u otros enrutadores de contenido y puede almacenar el contenido, por ejemplo, de manera temporal, en el módulo de memoria 822. El bloque de plano de envío de contenido programable 828 puede luego enviar el contenido en caché al usuario. El bloque de plano de envío de contenido programable 828 puede implementarse utilizando software, hardware o ambos y puede funcionar por encima de la capa IP o capa 2 (L2) en el modelo OSI. El módulo de memoria 822 puede comprender una memoria caché 824 para almacenar contenidos de manera temporal, por ejemplo, una Memoria de Acceso Aleatorio (RAM). Asimismo, el módulo de memoria 822 puede comprender un almacenamiento a largo plazo 826 para almacenar contenidos relativamente más extensos como, por ejemplo, una Memoria de Solo Lectura (ROM). Por ejemplo, la memoria caché 824 y el almacenamiento a largo plazo 826 pueden incluir memorias de acceso aleatorio dinámicas (DRAM), unidades de estado sólido (SSD), discos duros, o combinaciones de los mismos. En particular, los bloques de almacenamiento 822 pueden utilizarse para alojar las instrucciones para poner en práctica el sistema y métodos descritos en la presente memoria.

Se entiende que, programando y/o cargando instrucciones ejecutables en el elemento de red 800 se modifica al menos uno de los procesadores 825, la memoria caché 824 y el almacenamiento a largo plazo 826, transformando el elemento de red 800 en parte en una máquina o aparato en particular, por ejemplo, una arquitectura de envío de núcleos múltiples, quedando la funcionalidad novedosa expuesta en la presente descripción. Es fundamental para las técnicas de ingeniería de software e ingeniería eléctrica que la funcionalidad que se pueda implementar cargando software ejecutable en un ordenador se pueda convertir en una implementación de hardware mediante normas de diseño conocidas. Las decisiones entre implementar un concepto en software versus hardware por lo general dependen de las consideraciones de estabilidad del diseño y cantidad de unidades que van a producirse, más que de cualquier problema relacionado con la traducción del dominio de software al dominio de hardware. En términos generales, se puede preferir un diseño que está aún sujeto a cambios frecuentes para ser implementados en software, debido a que re-estructurar una implementación de hardware es más costoso que re-estructurar un diseño de software. En términos generales, se puede preferir implementar en el hardware un diseño que sea estable y que será producido en grandes volúmenes, por ejemplo en un ASIC, puesto que para grandes ejecuciones de producción la implementación de hardware puede ser menos costosa que la implementación de software. A menudo un diseño puede desarrollarse y probarse en forma de software y posteriormente transformarse, mediante normas de diseño conocidas, en una implementación de hardware equivalente en un circuito integrado de aplicación específica que cablea las instrucciones del software. De la misma forma que una máquina controlada por un nuevo ASIC es una máquina o aparato en particular, un ordenador que se ha programado y/o cargado con instrucciones ejecutables puede verse como una máquina o aparato en particular.

En los casos en los que se indican expresamente limitaciones o intervalos numéricos, debería entenderse que dichos intervalos o limitaciones expresas incluyen intervalos o limitaciones iterativos de la misma magnitud comprendidos dentro de los intervalos o limitaciones expresamente indicados (por ejemplo, desde alrededor de 1 a alrededor de 10 incluye 2, 3, 4, etc.; mayor que 0,10 incluye 0,11, 0,12, 0,6, etc.). Por ejemplo, cuando se describe un intervalo numérico con un límite inferior RI y un límite superior Ru, se está describiendo de manera específica cualquier número comprendido dentro del intervalo. En particular, se describen de manera específica los siguientes números comprendidos dentro del intervalo:  $R = RI + k * (Ru - RI)$ , en donde k es una variable que oscila entre 1 por cien y 100 por cien con un incremento de 1 por cien, es decir, k es 1 por cien, 2 por cien, 3 por cien, 4 por cien, 5 por cien, ..., 50 por cien, 51 por cien, 52 por cien, ..., 95 por cien, 96 por cien, 97 por cien, 98 por cien, 99 por cien, o 100 por cien. Asimismo, cualquier intervalo numérico definido por dos números R tal y como se define más arriba también se describe de manera específica. El uso del término "opcionalmente" con respecto a cualquier elemento de una reivindicación significa que el elemento se requiere, o de forma alternativa, que el elemento no se requiere, estando ambas alternativas comprendidas dentro del alcance de la reivindicación. El uso de términos más amplios como, por ejemplo, "comprende" y "incluye" y "tiene" deberá entenderse como un complemento para términos más específicos como, por ejemplo, "consiste en", "consiste esencialmente en" y "comprende sustancialmente". Por

consiguiente, el alcance de la protección no está limitado por la descripción expuesta anteriormente sino que está definido por las reivindicaciones siguientes. Cada reivindicación se incorpora como una descripción adicional dentro de la especificación y las reivindicaciones son realizaciones / una realización de la presente descripción.

**REIVINDICACIONES**

1. Un terminal de línea óptica, OLT (110, 210, 310), que comprende:

un puerto óptico configurado para acoplar múltiples -elementos de red, NE, mediante una red de distribución óptica, ODN (102, 202, 302), en donde cada NE hace de intermediario entre el OLT (110, 210, 310) mediante la ODN (102, 202, 302) y múltiples equipos locales del cliente, CPE (150, 250, 350), mediante una red de distribución eléctrica, EDN (104, 204, 304); y

un procesador acoplado al puerto óptico, en donde el procesador está configurado para:

recibir múltiples primeras solicitudes de transmisión de cada NE y múltiples segundas solicitudes de transmisión de cada CPE (150, 250, 350), en donde las primeras solicitudes de transmisión no se originan en cualquier CPE (150, 250, 350);

asignar un segmento de tiempo a cada NE para transmitir en la ODN (102, 202, 302), en respuesta a las múltiples primeras solicitudes de transmisión y a las múltiples segundas solicitudes de transmisión; y

asignar un segmento de tiempo a cada CPE (150, 250, 350) para transmitir en la EDN (104, 204, 304), en respuesta a las múltiples primeras solicitudes de transmisión y a las múltiples segundas solicitudes de transmisión,

caracterizada por que el procesador está además configurado para:

calcular un retraso de transmisión entre uno de los CPE (150, 250, 350) y uno de los NE posicionados entre el OLT (110, 210, 310) y el CPE (150, 250, 350);

compensar el retraso de transmisión cuando se asigna el segmento de tiempo al NE para la transmisión en la ODN (102, 202, 302); y

asignar el segmento de tiempo al NE para transmitir en la ODN (102, 202, 302) los datos del CPE (150, 250, 350), y en donde este segmento de tiempo coincide sustancialmente con la llegada de los datos desde el CPE (150, 250, 350).

2. El OLT (110, 210, 310) de la reivindicación 1, en donde el procesador está además configurado para enviar un mensaje de puerta de protocolo de control de acceso al medio multipunto, MPCP, a cada NE, y en donde el mensaje de puerta MPCP comprende información acerca el segmento de tiempo asignado al NE.

3. El OLT (110, 210, 310) de la reivindicación 1, en donde el OLT (110, 210, 310) es parte de una red óptica pasiva, PON, en donde el NE es una unidad de red óptica, ONU (130, 230, 330), y en donde la PON es una PON con capacidad de gigabit, GPON, o una PON con capacidad de 10 gigabits, XGPON, en donde el procesador está además configurado para enviar un mensaje de puerta MPCP a cada CPE, y en donde el mensaje de puerta MPCP está encapsulado en una trama de método de encapsulamiento GPON, GEM, o una trama de método de encapsulamiento XGPON, XGEM.

4. El OLT (110, 210, 310) de la reivindicación 3 que además comprende al menos un puerto GEM o al menos un puerto XGEM, en donde el puerto GEM está reservado para enviar datos de usuario encapsulados en tramas GEM y mensajes de puerta MPCP encapsulados en tramas GEM, y en donde el puerto XGEM está reservado para enviar datos de usuario encapsulados en tramas XGEM y mensajes de puerta MPCP encapsulados en tramas XGEM.

5. El OLT (110, 210, 310) de la reivindicación 1, en donde el procesador está además configurado para asignar un segmento de tiempo al NE para transmitir datos que no sean de CPE en el ODN (102, 202, 302), y en donde el segmento de tiempo no coincide con la llegada de los datos del CPE (150, 250, 350).

6. Un método que comprende:

enviar, mediante un equipo local del cliente, CPE (150, 250, 350), una solicitud de transmisión a un terminal de línea óptica, OLT (110, 210, 310), mediante un elemento de red interviniente, NE, a través de una red de distribución eléctrica, EDN (104, 204, 304), en donde el OLT (110, 210, 310) está acoplado al NE mediante una red de distribución óptica, ODN, y en donde el NE está acoplado a la EDN (104, 204, 304) y hace de intermediario entre la EDN (104, 204, 304) y el ODN (102, 202, 302);

recibir, mediante el CPE (150, 250, 350), un segmento de tiempo desde el terminal de línea óptica, OLT (110, 210, 310), para transmitir en la EDN (104, 204, 304), en respuesta a la solicitud de transmisión; y

transmitir múltiples tramas de datos al NE, durante el segmento de tiempo, en donde el NE reenvía las tramas de datos al OLT(110, 210, 310) sin re-programación,

caracterizado por que el método además comprende:

calcular un retraso de transmisión entre el CPE (150, 250, 350) y el NE posicionado entre el OLT (110, 210, 310) y el CPE;

compensar el retraso de transmisión cuando se asigna el segmento de tiempo al NE para la transmisión en la ODN (102, 202, 302); y

- 5     asignar, mediante el OLT (110, 210, 310), el segmento de tiempo al NE para transmitir en la ODN (102, 202, 302) los datos del CPE (150, 250, 350), en donde este segmento de tiempo coincide sustancialmente con la llegada de los datos desde el CPE (150, 250, 350).

7. El método de la reivindicación 6, en donde el segmento de tiempo para transmitir en la EDN (104, 204, 304) se transmite mediante un mensaje de puerta de protocolo de control de acceso al medio multipunto, MPCP.

- 10    8. El método de la reivindicación 7, el OLT (110, 210, 310) es parte de una red óptica pasiva, PON, en donde el PON es un PON con capacidad de gigabit, GPON, o un PON con capacidad de 10 gigabits, XGPON, en donde el mensaje de puerta MPCP está encapsulado en una trama de método de encapsulamiento G-PON, GEM, o una trama de método de encapsulamiento XGPON, XGEM, en donde el mensaje de puerta MPCP comprende un campo delimitador de preámbulo/inicio de trama MPCP, un campo de dirección de destino, un campo de dirección de fuente, un campo de longitud/tipo, un Control de Acceso al Medio, MAC, campo de datos del cliente, y un campo de secuencia de comprobación de trama, en donde la trama GEM comprende una carga útil GEM, en donde la trama XGEM comprende una carga útil XGEM, y en donde el mensaje de puerta MPCP está encapsulado en la carga útil GEM o la carga útil XGEM.
- 15

- 20    9. El método de la reivindicación 6, en donde el segmento de tiempo se transmite mediante una red óptica pasiva, PON, mapa de ancho de banda, BWmap, o un mensaje de puerta MPCP, en donde el BWmap de PON o el mensaje de puerta MPCP está encapsulado en una trama de operaciones, administración y gestión, OAM, de Ethernet.

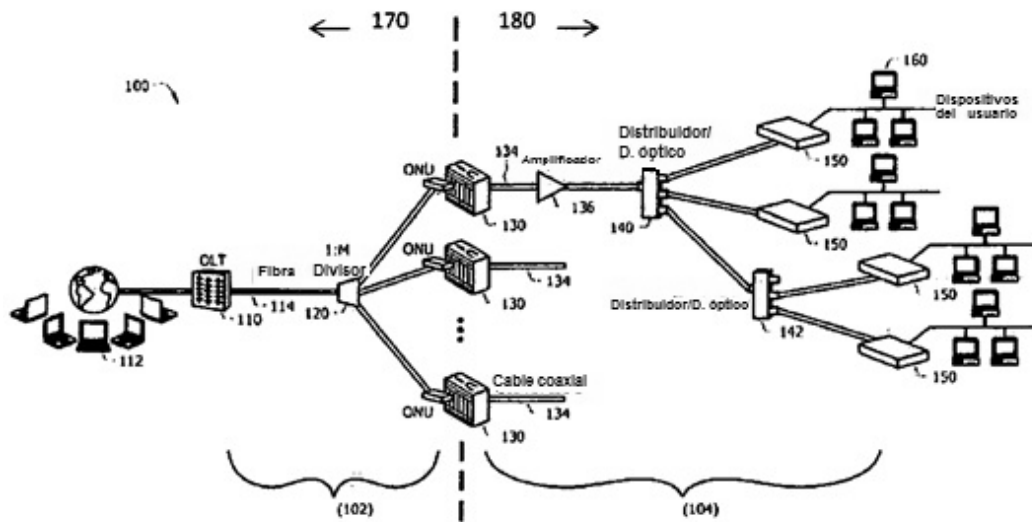


FIG. 1

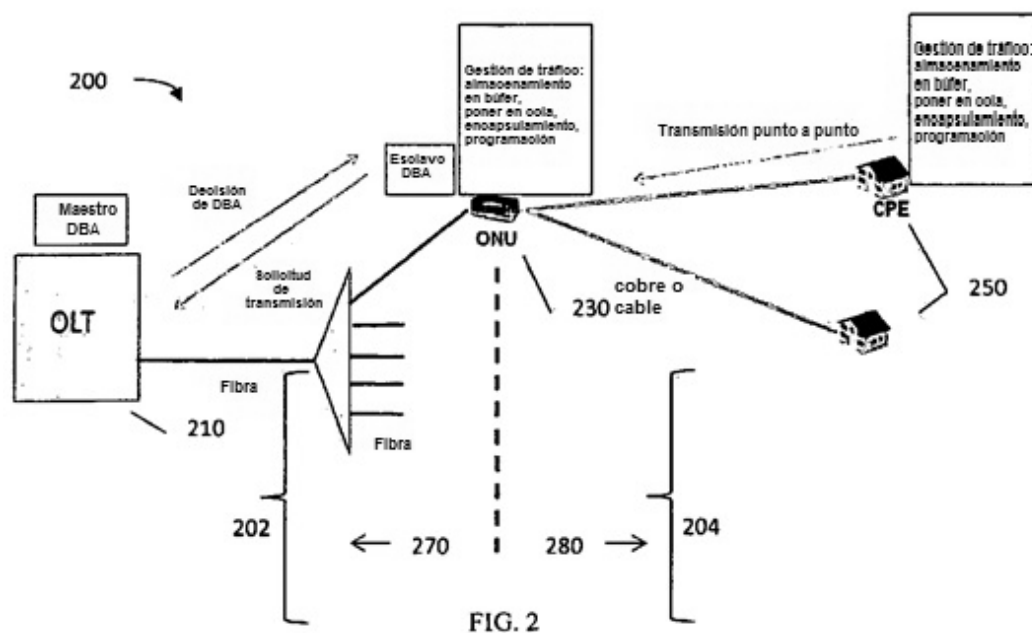


FIG. 2

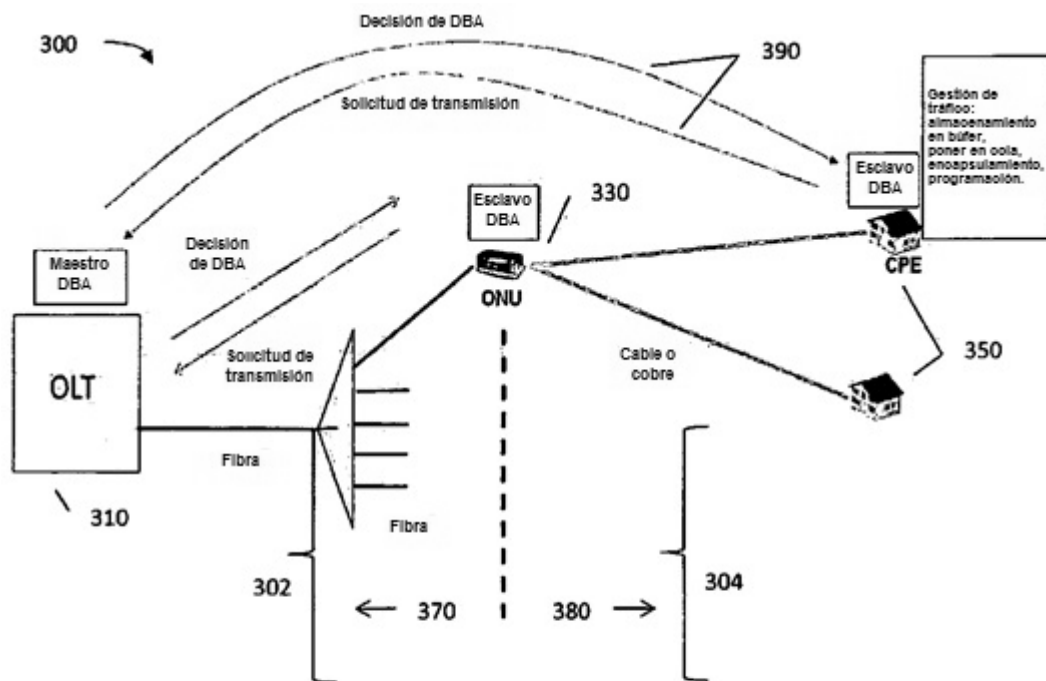


FIG. 3

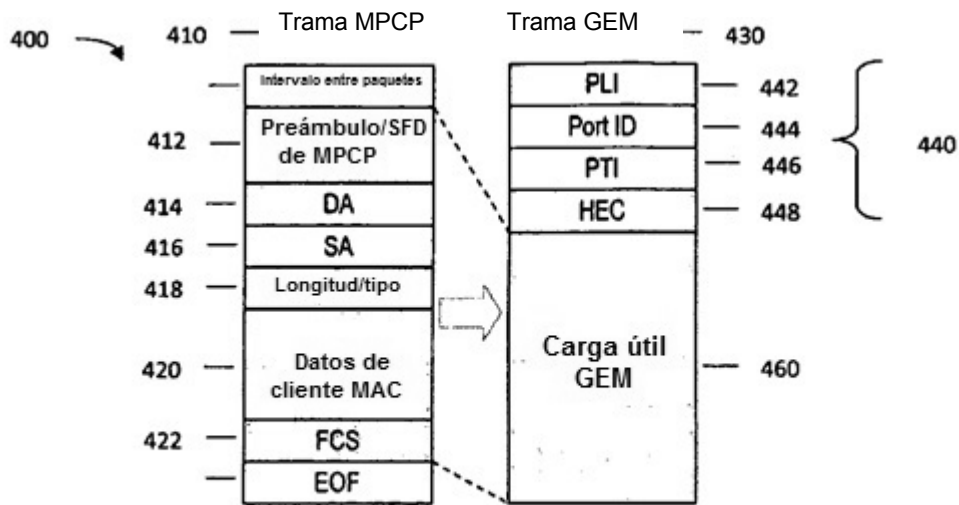


FIG. 4

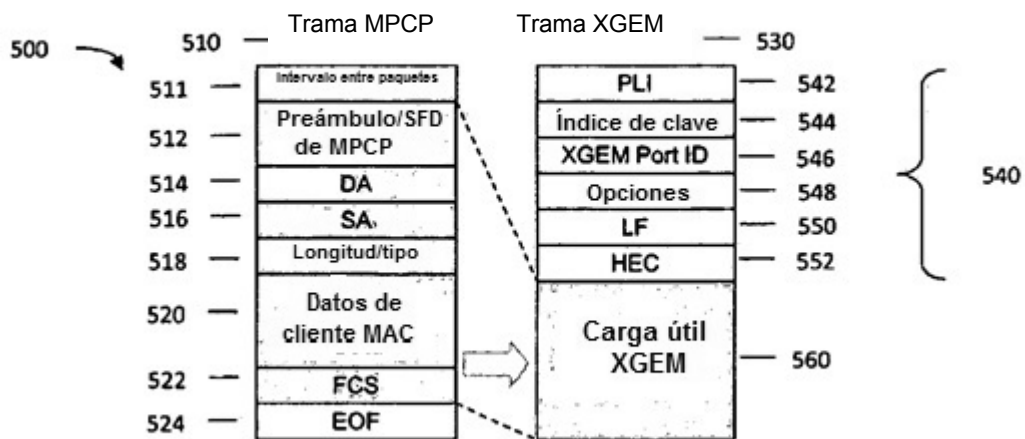


FIG. 5

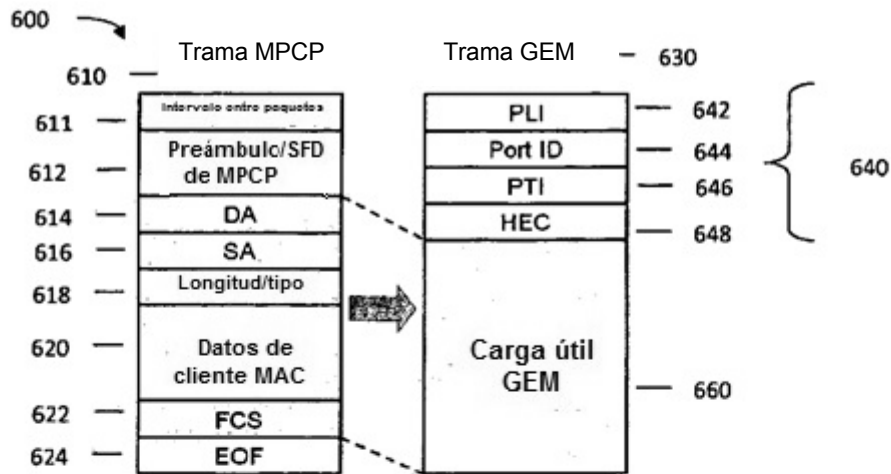


FIG. 6

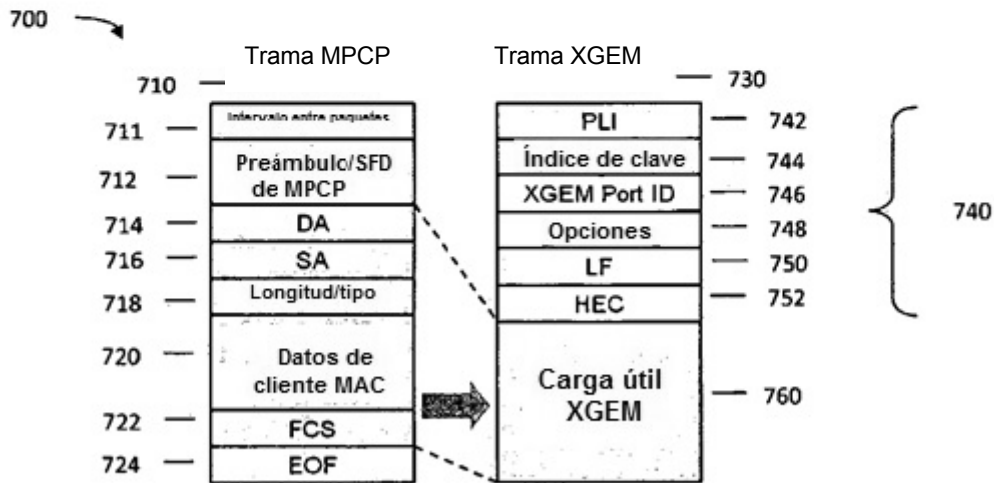


FIG. 7

