

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 676 626**

51 Int. Cl.:

H04B 10/00 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.04.2007 PCT/US2007/008848**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.04.2008 WO08048372**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2007 E 07775103 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.05.2018 EP 2078361**

54 Título: **Sistemas y procedimientos para la integración de entramado OAM&P y autocorrección de errores en dispositivos transceptores ópticos conectables**

30 Prioridad:

13.10.2006 US 581201

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

23.07.2018

73 Titular/es:

**MENARA NETWORKS, INC. (100.0%)
3400 CARLISLE STREET SUITE 210
DALLAS TX 75204, US**

72 Inventor/es:

**EL-AHMADI, SIRAJ NOUR;
EL-AHMADI, SALAM;
CARDONA, GABRIEL E. y
HOTCHKISS, ADAM R.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 676 626 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

Sistemas y procedimientos para la integración de entramado OAM&P y autocorrección de errores en dispositivos transceptores ópticos conectables

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere generalmente a redes ópticas y, más específicamente, a la funcionalidad de entramado integrada; operaciones de capa óptica, administración, mantenimiento, y aprovisionamiento (OAM&P); autocorrección de errores (FEC); encapsulado de datos; y soporte de mejora de rendimiento en módulos del transceptor óptico conectable especificados por los acuerdos multifuente (MSA) tales como, por ejemplo, XENPAK, XPAK, X2, XFP, XFP-E y SFP+.

Antecedentes de la invención

10 La velocidad de transmisión de datos de 10 Gigabit por segundo (Gbps) (por ejemplo, 9,96 Gbps para SONET OC-192 y SDH STM-64, 10,3 Gbps para GbE LAN PHY, y 10,5 Gbps para 10G Fiber Channel) está emergiendo como la velocidad de interfaz más dominante entre servidores, enrutadores, conmutadores Ethernet, plataformas de aprovisionamiento multiservicio (MSPP), conexiones cruzadas, etc. en accesos centrales, regionales, metropolitanos
15 y redes empresariales. Los transceptores conectables configurados para proporcionar una señal óptica de 10 Gbps han sido adoptados por los proveedores de equipos como un modo eficaz de desacoplar diseño y desarrollo de la interfaz óptica física desde el resto de las funciones de dos capas y superior de interconexión de sistemas abiertos (OSI) en tarjetas de línea (también llamadas señales de aspa) en servidores, enrutadores, conmutadores Ethernet, MSPP, conexiones cruzadas, etc.

20 Los transceptores conectables se definen a través de acuerdos multifuente (MSA). Los MSA son acuerdos para especificaciones de transceptores conectables acordados por dos o más proveedores y promulgados para que otros proveedores y operadores de red los usen. Los MSA permiten que otros proveedores diseñen transceptores con las mismas especificaciones, reduciendo el riesgo para los proveedores y operadores, aumentar la flexibilidad y acelerar la introducción de nueva tecnología. Seis de tales MSA incluyen XFP, XPAK, XENPAK, X2, XFP-E y SFP+.

25 Adicionalmente, están emergiendo nuevos MSA para abordar nuevos servicios y tecnología avanzada. Cada MSA define las características mecánicas del transceptor, las interfaces de gestión, las características eléctricas, las características ópticas y los requisitos térmicos. Debido a las especificaciones MSA, los transceptores conectables compatibles con MSA están estandarizados entre los proveedores de equipos y operadores de red para soportar múltiples fuentes para transceptores conectables e interoperabilidad. En consecuencia, los transceptores
30 conectables compatibles con MSA se ha convertido en la forma dominante de transmisores y receptores ópticos en la industria.

De manera ventajosa, los transceptores conectables compatibles con MSA aseguran la reutilización de ingeniería y la compatibilidad entre diversas aplicaciones y los transceptores dependientes de medios físicos. Además, los
35 proveedores de equipos se dan cuenta de la fabricación eficiente y el control de inventario mediante la eliminación de decisiones específicas de longitud de onda del procedimiento de fabricación. Por ejemplo, todas las tarjetas de línea se fabrican de la misma manera y, el módulo transceptor conectable con la longitud de onda deseada (por ejemplo, 850 nm, 1310 nm, 1550 nm, división de onda gruesa multiplexada (CWDM), división de onda densa multiplexada (DWDM), etc.) se enchufa como una función de la aplicación específica o la configuración de desarrollo. Los operadores de red y los proveedores de servicios han adoptado transceptores conectables para
40 reducir los costes de reposición. Además, las reducciones de coste significantes se logran mediante la estandarización MSA de transceptores conectables por las múltiples fuentes de fabricación independientes.

Las especificaciones MSA definen estrechamente las características mecánicas, las interfaces de gestión, las características eléctricas, las características ópticas y los requisitos térmicos de los transceptores conectables. De
45 manera ventajosa, esto permite la interoperabilidad entre los proveedores de equipos de transceptores conectables, es decir, cualquier transceptor conectable compatible con MSA puede usarse en cualquier sistema anfitrión diseñado para la especificación MSA; sin embargo, estas características estrechamente definidas limitan el rendimiento de los transceptores conectables ya que las especificaciones MSA se diseñaron para maximizar la densidad y minimizar el coste y no para proporcionar rendimiento óptico avanzado. Hasta la fecha, los transceptores conectables tales como XFP, XPAK, XENPAK, X2, XFP-E y SFP+ se han limitado a aplicaciones punto por punto de corto alcance (menos
50 de 80 km) sin la necesidad de un alto rendimiento, alcance extendido o capa óptica avanzada OAM&P. Las especificaciones MSA no han abordado mejoras de rendimiento para permitir que los transceptores conectables extiendan el alcance más allá de 80 km y para proporcionar gestión rendimiento ópticos de calidad de operador. Donde se requiera extender el alcance y proporcionar gestión y rendimiento de calidad de operador, los dispositivos anfitriones se diseñan con circuitería externa interconectada a transceptores conectables o los transceptores
55 conectables están conectados a transpondedores ópticos. En consecuencia, el uso de transceptores conectables hasta la fecha se ha limitado a conexiones entre oficinas, redes de empresa y metropolitanas de corto alcance (menos de 80 km) y conexión a un transpondedor óptico capaz de extender el alcance típicamente más allá de 80 km.

Debido al bajo coste, la alta densidad y el despliegue generalizado de los transceptores conectables, tanto los proveedores de equipo como los operadores de redes reconocen una necesidad de extender los beneficios de los transceptores conectables a aplicaciones de red metropolitana, regional y central para permitir el transporte multiplexado por división de longitud de onda de calidad de portador (WDM) sin la necesidad de equipo adicional, tal como transpondedores ópticos o mejoras en el rendimiento de la circuitería. Tal necesidad también debe preservar las características mecánicas del MSA, las interfaces de gestión, las características eléctricas, las características ópticas y los requisitos térmicos para mantener la interoperabilidad con los sistemas anfitriones existentes.

Asimismo, el documento -TERADA K. Y COL.: 'Physical Layer OAM&P Signaling Method for 10 Gbit/S Ethernet Transport over Optical Networks' IEICE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS vol. E88-B, N° 10, octubre de 2005, páginas 3952 - 3961, XP001234390- describe un transceptor óptico definido por un acuerdo multifuente que comprende un circuito integrado configurado para enmarcar una señal con sobrecarga para operaciones, administración, mantenimiento y aprovisionamiento (OAM & P), funciones necesarias para aplicaciones de redes de transporte ópticas (OTN). El transceptor óptico con el circuito integrado conserva las especificaciones para el acuerdo multifuente que define el transceptor óptico. Un mecanismo de comunicación cumple el acuerdo multifuente, en el que el mecanismo de comunicación está adaptado para comunicar los datos OAM&P procesados a un sistema anfitrión.

Breve resumen de la invención

En diversas realizaciones ejemplares, la presente invención se integra el entramado en los transceptores ópticos conectables compatibles con MSA para extender el marco OTN en aplicaciones metropolitanas, regionales y centrales. Adicionalmente, la presente invención integra características de capa óptica OAM&P y FEC en los transceptores ópticos conectables compatibles con MSA. La integración se realiza con los transceptores conectables definidos por MSA tal como, pero sin limitación, XFP, XPAK, XENPAK, X2, XFP-E y SFP+. Además, la presente invención puede extenderse a nuevos estándares y especificaciones de transceptores conectables emergentes. La presente invención proporciona la integración de encapsulado de datos, entramado, FEC, extensión de alcance óptico y capa óptica OAM&P de una manera que conserve las especificaciones MSA. Esto permite que los sistemas diseñados para los transceptores conectables obtengan un rendimiento robusto de calidad de operador sin equipo adicional, tal como los transpondedores y sin rediseñar los sistemas anfitriones tal como la tarjeta de línea para soportar nuevas especificaciones.

En una realización ejemplar de la presente invención, entramado G.709 con sobrecarga para capas ópticas OAM&P y FEC se integra en especificaciones MSA XFP, XPAK, XENPAK, X2, XFP-E y SFP+. Esta integración permite el acceso OAM&P en chip a través de un subconjunto de bytes de sobrecarga G.709 o acceder a todos los bytes de sobrecarga G.709 en el transceptor conectable. El acceso OAM&P se realiza a través de mecanismos totalmente compatibles con la especificación MSA.

La presente invención extiende los beneficios de los transceptores conectables más allá del espacio de aplicación actual de corto alcance (menos de 80 km) y aplicaciones de interconexión a IP/Ethernet/ATM/Frame Relay/Fiber Channel sobre aplicaciones WDM, aplicaciones de alta densidad, aplicaciones FEC de alto rendimiento, aplicaciones de interconexión G.709 y aplicaciones que requieren capa óptica OAM&P completa. En consecuencia, la presente invención elimina la necesidad de añadir equipos adicionales para soportar estas aplicaciones tales como transpondedores o la necesidad de rediseñar el hardware existente cumpliendo con las especificaciones MSA existentes.

En una realización ejemplar de la presente invención, un transceptor óptico conectable definido por un acuerdo multifuente incluye circuitería integrado configurado para enmarcar una señal con sobrecarga para operaciones, administración, mantenimiento, y funciones de aprovisionamiento (OAM&P) necesarias para aplicaciones de redes de transporte ópticas (OTN); en el que el transceptor óptico conectable con la circuitería integrada conserva las especificaciones para el acuerdo multifuente que define el transceptor óptico conectable. Opcionalmente, la circuitería integrada se configura para enmarcar la señal con una trama G.709 y la sobrecarga comprende datos de gestión G.709. Un subconjunto de la sobrecarga de gestión G.709 es accesible y finaliza en el transceptor óptico conectable; y en el que los datos de gestión G.709 se comunica a través de mecanismos totalmente soportados por el acuerdo multifuente sin requerir el rediseño del hardware en el sistema anfitrión. Adicionalmente, el transceptor óptico conectable de la presente invención se usa en aplicaciones que requieren operaciones integrales, administración, mantenimiento, y soporte de aprovisionamiento. Opcionalmente, la sobrecarga en la sobrecarga comprende la sobrecarga de autocorrección de error para la mejora del rendimiento y la extensión de alcance en la circuitería integrada se configura para corregir errores en una señal óptica que usa la sobrecarga de autocorrección de error. De manera alternativa, el acuerdo multifuente comprende cualquiera de entre XFP, XPAK, XENPAK, X2, XFP-E y SFP+.

En otro ejemplo de un transceptor óptico conectable definido por el acuerdo multifuente incluye una circuitería de autocorrección de error integrada, la circuitería se configura para añadir sobrecarga de autocorrección de error a una señal transmitida y para procesar la sobrecarga de autocorrección de error en una señal recibida para corregir errores; en el que el transceptor óptico conectable con la circuitería de autocorrección de error integrada conserva las especificaciones para el acuerdo multifuente que define el transceptor óptico conectable. Opcionalmente, la

circuitería de autocorrección de error se configura para enmarcar la señal óptica con una trama G.709, la trama G.709 comprende una sobrecarga para operaciones, administración, mantenimiento, y sobrecarga de aprovisionamiento y sobrecarga de autocorrección de error. De manera alternativa, el acuerdo multifuente comprende cualquiera de entre XFP, XPAK, XENPAK, X2, XFP-E y SFP+.

5 En un tercer ejemplo un transceptor óptico conectable definido por uno de los acuerdos multifuente de entre XPAK, XENPAK o X2 incluye circuitería de entramado G.709 integrada en el transceptor óptico conectable, la circuitería de entramado G.709 se configura para: enmarcar una señal entrante con una trama G.709 que comprende la sobrecarga de gestión G.709 y la sobrecarga de autocorrección de error y proporciona la señal en la trama G.709 a un transmisor óptico; desenmarcar una señal G.709 entrante de un receptor óptico y proporcionar una señal sin
10 enmarcar a un transceptor XAUI-XFI; y procesar la sobrecarga de gestión G.709 y la sobrecarga de autocorrección de error en la señal G.709 entrante; en el que el transceptor óptico conectable integrado con la circuitería de entramado conserva una especificación de entre XPAK, XENPAK o X2. Opcionalmente, la circuitería de entramado G.709 se configura adicionalmente para: finalizar un subconjunto de la sobrecarga de gestión G.709 y pasar la sobrecarga finalizada a un sistema anfitrión a través de los mecanismos soportados por una especificación de entre
15 XPAK, XENPAK o X2; y corregir errores que responden a la sobrecarga de autocorrección de error y pasar las estadísticas de errores corregidos al sistema anfitrión a través de los mecanismos soportados por una especificación de entre XPAK, XENPAK o X2. De manera alternativa, la circuitería de entramado G.709 se configura adicionalmente para pasar toda la sobrecarga de gestión G.709 a un sistema anfitrión a través de mecanismos soportados por una especificación de entre XPAK, XENPAK o X2; y corregir errores que responden a la sobrecarga
20 de autocorrección de error y pasar las estadísticas de errores corregidos al sistema anfitrión a través de los mecanismos soportados por una especificación de entre XPAK, XENPAK o X2.

Aun en otro ejemplo un transceptor óptico conectable definido por uno de los acuerdos multifuente de entre XFP, XFP-E, o SFP+ incluye circuitería de entramado G.709 integrada en el transceptor óptico conectable, la circuitería de
25 entramado G.709 se configura para enmarcar una señal entrante con una trama G.709 que comprende la sobrecarga G.709 de gestión y la sobrecarga de autocorrección de error y proporciona la señal en la trama G.709 a un transmisor óptico; desenmarcar una señal G.709 entrante de un receptor óptico y proporcionar una señal sin enmarcar a un sistema anfitrión; y procesar la sobrecarga de gestión G.709 y la sobrecarga de autocorrección de error en la señal G.709 entrante; en el que el transceptor óptico conectable integrado con la circuitería de entramado conserva la especificación XFP, XFP-E, o SFP+.

30 En otro ejemplo, un procedimiento para diseñar un transceptor conectable de acuerdo multifuente para aplicaciones de red de transporte óptico incluye determinar las características mecánicas, las interfaces de gestión, las características eléctricas, las características ópticas y los requisitos térmicos del acuerdo multifuente; e incorporar el entramado integrado dentro del transceptor conectable de acuerdo multifuente; en el que la etapa de incorporación conserva las características mecánicas, las interfaces de gestión, las características eléctricas, las características
35 ópticas y los requisitos térmicos del acuerdo multifuente. Opcionalmente, se incluye una etapa adicional de incorporación de operaciones, administración, mantenimiento, y funciones de aprovisionamiento (OAM&P) necesarias para las aplicaciones metropolitanas, regionales y centrales dentro del transceptor conectable de acuerdo multifuente; en el que la etapa de incorporación OAM&P conserva las características mecánicas, las interfaces de gestión, las características eléctricas, las características ópticas y los requisitos térmicos del acuerdo multifuente. De
40 manera alternativa, se incluye una etapa adicional de incorporación de autocorrección de error para mejora del rendimiento y extensión del alcance de los transceptores conectables de acuerdo multifuente, la autocorrección de error se configura para corregir errores en una señal óptica; en el que la etapa de autocorrección de error de incorporación conserva las características mecánicas, las interfaces de gestión, las características eléctricas, las características ópticas y los requisitos térmicos del acuerdo multifuente.

45 **Breve descripción de los dibujos**

La presente invención se ilustra y se describe en el presente documento con referencia a los diversos dibujos, en los que los números de referencia similares denotan etapas del procedimiento y/o componentes del sistema similares, respectivamente, y en los que:

50 Las **Figuras 1a - 1b** son ilustraciones de transceptores conectables de la técnica anterior incorporados en dispositivos para transmisión multiplexada por división de longitud de onda.

La **Figura 2** ilustra varias especificaciones MSA para transceptores ópticos conectables, tales como XENPAK, X2, y XFP.

Las **Figuras 3a - 3b** ilustran los diagramas de bloques funcionales de los transceptores ópticos conectables XENPAK, XPAK, X2 y XFP.

55 La **Figura 4** es un diagrama de bloques ejemplar de un transceptor conectable para los MSA XPAK, XENPAK y X2.

La **Figura 5** es un diagrama de bloques de un transceptor XAUI-XFI que incluye un entramador G.709 con FEC.

La **Figura 6** es un diagrama de bloques de un transceptor conectable para los MSA XFP, XFP-E y SFP+.

La **Figura 7** es un ejemplo de un transceptor conectable con un puente MDIO para comunicarse con el MDIO desde un entramador G.709 con FEC y un serializador/deserializador XAUI (SerDes).

5 La **Figura 8** ilustra un puente MDIO para realizar una decodificación de dirección para dividir datos MDIO entre el entramador G.709 y el SerDes XAUI.

La **Figura 9** es una ilustración de las capas ópticas en G.709.

Las **Figuras 10a - 10b** ilustran ejemplos para finalizar los datos de gestión de sobrecarga de trama internamente en un transceptor conectable o para pasar los datos de gestión de sobrecarga de transceptor a un sistema anfitrión.

10 La **Figura 11** ilustra los bytes de la sobrecarga de trama G.709 y un ejemplo de un subconjunto de bytes de sobrecarga soportados por la finalización internamente del transceptor conectable que sería suficiente para funciones OAM&P de calidad de operador.

Las **Figuras 12a - 12b** ilustran una realización ejemplar de un informe de error de trama en G.709 y descubrimiento de red y gestión de conexión.

15 La **Figura 13** ilustra un gráfico de ganancia de codificación resultante del código Reed Solomon FEC, RS (255, 239).

La **Figura 14** ilustra una aplicación ejemplar de transceptores conectables de la presente invención en un anillo metropolitano/central.

20 La **Figura 15** ilustra una aplicación ejemplar de transceptores conectables de la presente invención en un sistema regional/central DWDM.

Descripción detallada de la invención

En diversas realizaciones ejemplares, la presente invención se integra el entramado en los transceptores ópticos conectables compatibles con MSA para extender el marco OTN en aplicaciones metropolitanas, regionales y centrales. Adicionalmente, la presente invención integra características de capa óptica OAM&P y FEC en los transceptores ópticos conectables compatibles con MSA. La integración se realiza con los transceptores conectables definidos por MSA tal como, pero sin limitación, XFP, XPAK, XENPAK, X2, XFP-E y SFP+. Además, la presente invención puede extenderse a nuevos estándares y especificaciones de transceptores conectables emergentes. La presente invención proporciona la integración de encapsulado de datos, entramado, FEC, extensión de alcance óptico y capa óptica OAM&P de una manera que conserve las especificaciones MSA. Esto permite que los sistemas diseñados para los transceptores conectables obtengan un rendimiento robusto de calidad de operador sin equipo adicional, tal como los transpondedores y sin rediseñar los sistemas anfitriones tal como la tarjeta de línea para soportar nuevas especificaciones.

En un ejemplo, entramado G.709 con sobrecarga para capas ópticas OAM&P y FEC se integra en especificaciones MSA XFP, XPAK, XENPAK, X2, XFP-E y SFP+. Esta integración permite el acceso OAM&P en chip a través de un subconjunto de bytes de sobrecarga G.709 o acceder a todos los bytes de sobrecarga G.709 en el transceptor conectable. El acceso OAM&P se realiza a través de mecanismos totalmente compatibles con la especificación MSA. Adicionalmente, FEC G.709 se añade en el transceptor conectable para extender el alcance óptico, proporcionar rendimiento de calidad de operador y proporcionar una capa adicional de OAM&P óptico a través de conteos de errores corregidos.

La presente invención extiende los beneficios de los transceptores conectables más allá del espacio de aplicación actual de corto alcance (menos de 80 km) y aplicaciones de interconexión a IP/Ethernet/ATM/Frame Relay/Fiber Channel sobre aplicaciones WDM, aplicaciones de alta densidad, aplicaciones FEC de alto rendimiento, aplicaciones de interconexión G.709 y aplicaciones que requieren capa óptica OAM&P completa. En consecuencia, la presente invención elimina la necesidad de añadir equipos adicionales para soportar estas aplicaciones tales como transpondedores o la necesidad de rediseñar el hardware existente conservando las especificaciones MSA existentes.

Con referencia las Figuras 1a - 1b, los transceptores 110, 160 conectables pueden estar incluidos en los dispositivos 101, 151 para transmisión multiplexada por división de longitud de onda (WDM) en un multiplexor 130 y un amplificador 140. Los dispositivos 101, 151 pueden incluir servidores, enrutadores, conmutadores Ethernet, plataformas de aprovisionamiento multiservicio (MSPP), conexiones ópticas cruzadas o cualquier otro dispositivo con requisitos de transmisión óptica. Los transceptores conectables 110, 160 se configuran para enchufarse a una tarjeta de línea, señales de aspa u otro dispositivo en los dispositivos 101, 151 para proporcionar una transmisión de señal óptica. Los transceptores 110, 160 conectables se diseñan para especificaciones de tal manera que pueden instalarse en cualquier dispositivo 101, 151 diseñado para alojar un transceptor 110, 160 conectable. Estas

especificaciones permiten que el diseño de los dispositivos 101, 151 se desacople del diseño de transceptores 110, 160 conectables.

La Figura 1a ilustra la técnica anterior con el dispositivo 101 equipado con transceptores 110 conectables donde los transceptores 110 se diseñan para soportar tasas de línea óptica nativas tales como 9,96 Gbps para SONET OC-192 y SDH STM-64, 10,3 Gbps para GbE LAN PHY, y 10,5 Gbps para 10 G Fiber Channel. Además, los transceptores 110 no soportan envolturas G.709, FEC y capa óptica OAM&P integradas dentro del transceptor 110. Los transceptores 110 se configuran para aceptar una señal eléctrica y para convertirla en una señal óptica sin funciones adicionales tales como la adición de sobrecarga G.709, procesamiento de bytes de gestión G.709, codificación de sobrecarga FEC, etc. Como tal, los dispositivos 101 equipados con transceptores 110 requieren transpondedores tales como los transpondedores 120 G.709 para ofrecer envolturas G.709, FEC y OAM&P. Los transceptores 110 proporcionan típicamente alcance óptico de hasta 80 km sin transparencia y la capa óptica OAM&P.

La Figura 1b ilustra un ejemplo con el dispositivo 151 equipado con transceptores 160 conectables donde los transceptores 160 incluyen una envoltura G.709 integrada, FEC y funcionalidad OAM&P. Los transceptores 160 eliminan la necesidad de transpondedores externos para soportar G.709, FEC y OAM&P incorporando estas funciones internas al transceptor 160 a la vez que mantiene la misma interfaz con el dispositivo 151 que el transceptor 110 hace con el dispositivo 101. Esto se hace añadiendo la envoltura G.709, FEC y OAM&P dentro de las especificaciones del transceptor 110.

Los transceptores 160 extienden los beneficios del marco OTN para aplicaciones de interconexión de forma homogénea y para funciones OAM&P necesarias para aplicaciones metropolitanas, regionales y centrales. Además, los transceptores 160 están configurados para transportar de manera transparente tráfico asíncrono, tal como IEEE 802,3 10 Gigabit Ethernet (10 GbE), tráfico de Fiber Channel de 10 Gbps o cualquier tasa de bits constante (CBR) de 10 Gbps de manera transparente y eficiente a través de múltiples redes que usan el marco OTN. Esto elimina la necesidad de sacrificar banda el uso del ancho de banda tal como en la concatenación SONET o la necesidad de introducir otra capa de adaptación tal como el procedimiento de entramado genérico (GFP).

La Recomendación ITU-T G.709 (Interfaz para la red de transporte óptico (OTN)) es un ejemplo de una técnica de entramado y encapsulado de datos. G.709 es un procedimiento estandarizado para gestionar longitudes de onda ópticas en una red óptica. G.709 permite la transparencia de los servicios de longitud de onda, mejora en el rendimiento de enlace óptico a través de la autocorrección de error fuera de banda (FEC), gestión mejorada a través de total transparencia e interoperabilidad con otros clientes G.709. G.709 define una envoltura en la que una señal de cliente (por ejemplo, OC-48, STM-16, OC-192, STM-64, 10 GbE, etc.) se encapsula. La envoltura G.709 incluye bytes de sobrecarga para la capa óptica OAM&P y la sobrecarga FEC para la corrección de errores. Tradicionalmente, las señales G.709 se usan en una red de calidad de operario para proporcionar un rendimiento robusto y OAM&P mientras se transportan señales de cliente con total transparencia. Actualmente, las especificaciones MSA tales como XFP, XPAK, XENPAK, X2, XFP-E y SFP+ no abordan la integración de G.709 dentro del transceptor conectable.

En referencia a la Figura 2, existen actualmente varias especificaciones MSA para transceptores ópticos conectables que incluyen XENPAK 202, X2 204 y XFP 206. La potencia y el espacio están limitados en cada una de las especificaciones en la Figura 2. Los MSA conectables se desarrollaron con la intención de maximizar la densidad del puerto; de ahí las restricciones de energía y huella. La intención de las especificaciones MSA fue tener entramado, G.709, FEC y OAM&P residiendo fuera del transceptor conectable. El MSA XFP, por ejemplo, indica que el transceptor XFP debe aceptar la entrada de datos de una velocidad de FEC de 11,1 Gbps, pero no que las funciones deben llevarse a cabo dentro de XFP debido al espacio limitado y a la potencia disponible dentro del XFP. Sin embargo, estos MSA no impiden la adición de funciones adicionales tales como G.709, FEC y OAM&P internos al transceptor conectable. La presente invención proporciona un sistema para integrar estas funciones a la vez que mantiene las especificaciones MSA a través del uso de puertos de comunicación no usados para acceso a OAM&P y circuitería diseñada para caber dentro del espacio y restricciones energéticas de las especificaciones MSA.

El MSA XENPAK 202 soporta el estándar 802,3ae IEEE 10 Gigabit Ethernet (10 GbE) propuesto y especifica un factor de forma, tamaño, tipo de conector y pernos eléctricos uniformes. XENPAK 202 simplifica la gestión de los cambios de arquitectura y la integración, minimiza los costes del sistema, asegura el suministro comercial a múltiples proveedores y garantiza el rendimiento térmico para puertos 10 GbE de alta densidad. XENPAK 202 requiere disipación de potencia de no más de longitudes de onda de 6 W para 1310 nm y 850 nm y disipación de potencia de no más de longitudes de onda de 10 W para 1550 nm. El MSA XENPAK 202 está disponible en www.xenpak.org/MSA.asp.

El MSA X2 204 define un pequeño transceptor óptico de fibra conectable de 10 Gbps de factor de forma optimizado para las interfaces Ethernet 802.3ae, ANSI/ITUT OC192/STM-64 SONET/SDH, ITU-T G.709, OIF OC192 VSR, INCITS/ANSI 10GFC (10 Gigabit Fiber Channel) y otras aplicaciones de 10 Gigabit. X2 204 es físicamente más pequeño que XENPAK 202 pero mantiene la misma especificación eléctrica I/O definida por el MSA XENPAK 202 y continúa proporcionando rendimiento térmico óptimo y blindaje electromagnético. X2 204 usa los mismos conectores eléctricos de 70 pernos que XENPAK 202 que soportan XAUI de cuatro cables (interfaz de unidad de fijación de 10

gigabits). X2 204 soporta una señal de entrada de G.709, pero no soporta el entramado de una señal no G.709 interna al transceptor conectable y, tampoco soporta FEC y capa óptica OAM&P. El MSA X2 204 está disponible en www.x2msa.org/MSA.asp.

El XFP 206 (Transceptor de Factor de Forma Conectable Pequeño de 10 Gigabit) es un transceptor óptico independiente de protocolo intercambiable en caliente, que opera típicamente a 1310 nm o 1550 nm, para 10 Gigabit SONET/SDH, Canal de Fibra, Gigabit Ethernet y otras aplicaciones. El MSA 206 XFP está disponible en www.xfpmsa.org. El MSA 206 XFP define una especificación para un módulo, hardware de caja e interfaces IC para un módulo conectable en caliente de 10 GBPS que convierte las señales eléctricas en serie en señales ópticas o eléctricas en serie externas. La tecnología debe ser lo suficientemente flexible como para soportar tasas de bits de entre 9,95 Gbps y 11,1 Gbps para servicios tales como OC-192/STM-64, 10G Fiber Channel, G.709, y 10G Ethernet. XFP 206 soporta señales G.709 nativas, pero no soporta la capacidad de enmarcar una señal no G.709 en una envoltura G.709 con FEC y OAM&P internos al módulo XFP 206. Actualmente, estas características se realizan de forma externa al módulo XFP 206 y una señal G.709 se envía al módulo XFP 206 para transmisión óptica. XFP-E (no mostrado en la Figura 2) es una extensión del MSA XFP 206 para aplicaciones DWDM de ultra larga distancia y transmisores ópticos sintonizables.

XPAK (no mostrado en la Figura 2) es un módulo Ethernet de 10 Gigabit de tamaño reducido conectable (GbE) personalizado para empresas, redes de área de almacenamiento (SAN) y aplicaciones de segmento de mercado de centro de conmutación. Las especificaciones XPAK definen características de mitigación de interferencia mecánica, térmica y electromagnética (EMI) del factor de forma, así como las especificaciones eléctricas ópticas 10-GbE de referencia y el MSA XENPAK 202. XPAK ofrece una alta densidad y mejor eficiencia energética que XENPAK 202 y ofrece enlaces 10 GbE de hasta 10 km y, finalmente 40 km.

El MSA SFP+ (no mostrado en la Figura 2) es una especificación para una interfaz óptica intercambiable en caliente conectable para SONET/SDH, Canal de Fibra, Gigabit Ethernet y otras aplicaciones. SFP+ se diseña para un alcance de hasta 80 km y soporta un rango completo de aplicaciones que incluyen DWDM. SFP+ es similar en tamaño y potencia que las especificaciones XFP 206 y similarmente acepta una entrada eléctrica en serie.

Los MSA XFP, XPAK, XENPAK, X2, XFP-E, y SFP+ comparten todas las restricciones de diseño similares en potencia y espacio. Algunos de estos MSA han sido diseñados para aceptar señales entramadas G.709 (es decir, 10,7 Gbps y 11.1 Gbps), pero los MSA no desvelan el entramado G.709 integrado, la capa óptica OAM&P y FEC interno a los transceptores conectables. Los MSA definen interfaces de señal de entrada, interfaces de gestión mecánicas, térmicas y gestión de software. La presente invención introduce entramado G.709, OAM&P y FEC sin cambiar ninguna de las interfaces MSA o características mecánicas.

Con referencia las Figuras 3a - 3b, los transceptores conectables existentes no incluyen circuitería para encapsulado de datos, entramado G.709 integrado, OAM&P y FEC. La Figura 3a ilustra un diagrama de bloques funcional de un transceptor 300 conectable XENPAK, XPAK y X2 y, la Figura 3b ilustra un diagrama de bloques de un transceptor 350 conectable XFP, XFP-E y SFP+.

En la figura 3a, el transceptor 300 conectable XENPAK, XPAK y X2 incluye un módulo 310 óptico conectado a un módulo de recuperación 306 de datos (CDR) y a un reloj que se conecta a un transceptor 304 XAUI-XFI. El transceptor 304 XAUI-XFI se configura para conectarse a un dispositivo anfitrión con una interfaz 302 XAUI. El dispositivo huésped incluye un enchufe en el que el transceptor 300 conectable se enchufa para conectarse al anfitrión 302. XAUI es una conexión eléctrica de 4 x 3,125 Gbps compatible con la especificación IEEE 802.3ae 10 GbE. XFI es una interfaz estándar para conectar dispositivos MAC Ethernet de 10 Gig a una interfaz óptica. El transceptor 304 XAUI-XFI incluye funciones de multiplexor/demultiplexor y funciones de codificación/decodificación para realizar la codificación 8B/10B y 64B/66B. XAUI proporciona cuatro vías en ejecución a 3,125 Gbps que usa codificación 8B/10B y XFI proporciona una única vía en ejecución a 10,3125 Gbps que usa una codificación 64B/66B.

El transceptor 304 XAUI-XFI acepta la señal XAUI y la convierte en una conexión en serie tal como una señal XFI de 10,3125 Gbps para la transmisión por el módulo 310 óptico. El módulo 310 óptico incluye un transmisor (TX) 312 y un receptor (RX) 314. El TX/RX 312, 314 puede incluir 850 nm longitudes de onda de 1310 nm 1550 nm DWDM, CWDM y gris, dependiendo de los requisitos de aplicación. El TX/RX 312, 314 se conecta al módulo 306 CDR donde se genera un reloj recuperando la información de fase de una señal de entrada y tiene lugar el reajuste en una señal de salida. En algunas realizaciones, la funcionalidad del CDR 306 está incluida en el transceptor 304 XAUI-XFI. Mientras que el transceptor 300 conectable proporciona funcionalidad para convertir entre XAUI y XFI, el transceptor 300 no incluye entramado G.709 integrado, capa óptica OAM&P y funcionalidad FEC.

Adicionalmente, el transceptor 300 conectable incluye la entrada/salida de los datos de gestión (MDIO) 316 y la supervisión óptica digital (DOM) 318 para comunicaciones y la supervisión de las comunicaciones y el rendimiento entre el transceptor 300 y el anfitrión 302. MDIO 316 es un enfoque de bus dedicado controlado por estándares que se especifica por el grupo de trabajo IEE 802.3. La interfaz MDIO 316 se implementa por dos clavijas, un perno MDIO y un perno de Reloj de Datos de Gestión (MDC). La interfaz 316 MDIO se define en relación con el acceso y la modificación de diversos registros dentro de los dispositivos de capa física (PHY) y cómo se relacionan con la

conexión a controladores de acceso a medios (MAC) en soluciones Ethernet de 1 y 10 Gbit/s. Una interfaz MDIO 316 puede acceder a hasta 32 registros, en 32 diferentes dispositivos. Un dispositivo que maneja un bus MDIO 316 se denomina entidad de gestión de estación (STA) y el dispositivo que la STA está gestionando se denomina El Dispositivo Gestionable MDIO (MMD). La STA acciona la línea MDC. Inicia un comando que usa una trama MDIO y proporciona la dirección de registro de destino. Durante un comando de escritura, la STA también proporciona los datos. En el caso de un comando de lectura, el MMD toma el bus y le proporciona a la STA los datos. DOM 318 es un esquema de supervisión óptica utilizado por cada especificación MSA para la supervisión del rendimiento en el transceptor conectable. Por ejemplo, el DOM 318 puede proporcionar supervisión del rendimiento de datos tal como potencia de salida óptica, potencia de entrada óptica, corriente de polarización de láser, etc. Mientras que el DOM 318 proporciona algunas capacidades de supervisión del rendimiento, no proporciona capa óptica OAM&P capaz de operar redes de calidad de operador. El DOM 318 proporciona una información de supervisión del rendimiento a nivel de componente y el DOM 318 no proporciona capa de enlace óptico OAM&P.

En la Figura 3b, el transceptor 350 conectable XFP, XFP-E, y SFP+ incluye un reloj y un módulo de recuperación 354 de datos (CDR) configurado para aceptar una entrada en serie desde un anfitrión con interfaz 352 en serie de 10 G. El módulo CDR 354 genera un reloj recuperando la información de fase de una señal de entrada y tiene lugar el reajuste en una señal de salida. El módulo 354 CDR se conecta a un módulo 360 óptico que incluye un transmisor (TX) 362 y un receptor (RX) 364. El TX/RX 362, 364 puede incluir 850 nm longitudes de onda de 1310 nm 1550 nm DWDM, CWDM y gris, dependiendo de los requisitos de aplicación. Adicionalmente, el transceptor 350 conectable comunicación incluye un bus en serie de circuito (I2C) 370 interintegrado. I2C es un bus de comunicación en serie a través del cual, un transceptor 350 comunicación, tal como un XFP, XFP-E y SFP+, se comunica con el sistema anfitrión. El transceptor 350 conectable no proporciona funcionalidad de multiplexor/demultiplexor y/o de codificación/decodificación y solamente proporciona una conversión eléctrica a óptica de una señal. Similar al transceptor 300 XENPAK, XPAK, y X2 conectable, el transceptor 350 conectable XFP, XFP-E y SFP+ no proporciona funcionalidad de entramado G.709, OAM&P ni FEC. Por el contrario, el transceptor 300 XENPAK, XPAK y X2, el transceptor 350 XFP, XFP-E y SFP+ usa menos espacio y potencia.

Con referencia las Figuras 4a - 4b, en un ejemplo de la presente invención, los transceptores 400, 450 conectables XENPAK, X2 y XPAK incluyen circuitería integrada para realizar el entramado G.709, capa óptica OAM&P y FEC internos al transceptor 400, 450 conectable, a la vez que conservan sus especificaciones de potencia, espacio y comunicación de los MSA XENPAK, X2 y XPAK. La Figura 4a ilustra un transceptor 400 conectable con circuitería de entramado G.709 externa a un transceptor 304 XAUI-XFI. La Figura 4b ilustra un transceptor 450 conectable con circuitería de entramado G.709 integrada dentro de un transceptor 460 XAUI-XFI. Opcionalmente, ambos transceptores 400, 450 conectables pueden también incluir un módulo de compensación 408 de dispersión eléctrica.

En la Figura 4a, el transceptor 400 conectable incluye la misma funcionalidad que el transceptor 300 conectable en la Figura 3a con un transceptor 304 XAUI-XFI, un módulo CDR 306, un módulo 310 óptico, MDIO 316 y DOM 318. Adicionalmente, el transceptor 400 conectable incluye un entramador G.709 con FEC 404 que se configura para enmarcar una señal de entrada al transceptor 400 con una trama compatible con G.709. Además, el entramador 404 G.709 se configura para proporcionar la capa óptica OAM&P en la trama G.709 y para proporcionar FEC a través de la trama G.709.

El transceptor 400 conectable incluye dos multiplexores/demultiplexores 402, 406 conectados al entramador G.709 con FEC 404. La entrada y la salida del transceptor 304 XAUI-XFI es una señal XFI de 10 Gbps. El multiplexor/demultiplexor 402 se configura para adaptar la entrada y la salida del transceptor 304 XAUI-XFI a una velocidad apropiada para el entramador G.709 con FEC 404 para operar en la señal para realizar el entramado, OAM&P y FEC. La entrada y la salida al CDR 306 es una señal XFI de 10 Gbps. El multiplexor/demultiplexor 406 se configura para adaptar la entrada y la salida del entramador G.709 con FEC 404 de vuelta a la velocidad XFI para la entrada y la salida al CDR 306.

En el ejemplo de la Figura 4, el entramador G.709 con FEC 404 se configura para aceptar una señal sin enmarcar tal como una señal FR 10 GbE o 10 G del transceptor 304 XAUI-XFI y para pasar una señal entramada G.709 al CDR 306. El entramador G.709 con FEC 404 incluye circuitería integrada para añadir una trama G.709 a la señal sin enmarcar que incluye OAM&P G.709 y FEC y para pasar la señal entramada al CDR 306. Además, el entramador G.709 con FEC 404 incluye circuitería integrada para eliminar una trama G.709 que incluye el procesamiento del OAM&P G.709 y FEC y para pasar la señal sin enmarcar al transceptor 304 XAUI-XFI. La trama G.709 incluye bytes de sobrecarga para datos OAM&P y FEC.

El entramador G.709 con FEC 404 se configura para pasar la sobrecarga al anfitrión 302 tanto a través del MDIO 316 o a través de una conexión directa. Mediante el uso del MDIO 316, el transceptor 400 conectable usa registros MDIO 316 sin usar para comunicar los datos de sobrecarga de una manera totalmente soportada por las especificaciones MSA. Por ejemplo, los MSA XENPAK, XPAK y X2 incluyen registros sin usar que pueden usarse para implementar características avanzadas, tales como pasar la sobrecarga de gestión externamente desde el transceptor 400 conectable. Estos registros pueden para pasar ambas informaciones OAM&P G.709 y FEC cuando la sobrecarga termina en el transceptor 400. En el caso de terminar la sobrecarga en el transceptor 400, un subconjunto de sobrecarga G.709 se termina debido a las limitaciones en el acceso MDIO 316. La presente invención proporciona un subconjunto de OAM&P G.709 para cumplir con los requisitos de comunicación en los

MSA. Adicionalmente, el entramador G.709 con FEC 404 puede configurarse para pasar toda la sobrecarga G.709 al anfitrión 302 a través de una conexión directa.

5 El entramador G.709 con FEC 404 es un circuito integrado tal como un circuito integrado específico para aplicaciones personalizado (ASIC). El diseño del entramador G.709 con FEC 404 es tal que minimiza la disipación de potencia y cada dispositivo se diseña para menos de 1,5 W de consumo energético para asegurar que el transceptor 400 conectable cumple o excede las especificaciones MSA XPAK, XENPAK y X2.

10 Adicionalmente, el entramador G.709 con FEC 404 se configura para añadir o eliminar y procesar sobrecarga FEC en una señal óptica. La adición de FEC en el transceptor 400 conectable proporciona una ganancia de codificación adicional de 6 a 9 dB que puede proporcionar presupuestos de enlace mejorados, mayores márgenes de sistema de conexiones robustas, especificaciones relajadas en los componentes ópticos, supervisión en tiempo real del estado de salud del enlace y datos BER históricos, y supervisión en tiempo real de la degradación del enlace sin afectar a la calidad del enlace. En una realización ejemplar, el FEC es código Reed-Solomon (255, 239) según se define en G.709 y es capaz de corregir ocho errores de símbolo por bloque. Adicionalmente, la presente invención puede modificarse por un experto en la materia para permitir otras técnicas de entramado y FEC en transceptores 400 conectables.

15 En la Figura 4b, el transceptor 450 conectable incluye la misma funcionalidad que el transceptor 300 conectable de la Figura 3a con un transceptor XAUI-XFI que incluye un entramador G.709 integrado con FEC 460, un módulo CDR 306, un módulo 310 óptico, MDIO 316 y DOM 318. El transceptor 450 conectable incluye entramado G.709, OAM&P y FEC dentro del transceptor 460 XAUI-XFI. El transceptor 460 XAUI-XFI incluye la misma funcionalidad que los componentes 304, 402, 404, 406 de la Figura 4a en un solo módulo. Por ejemplo, el transceptor 460 XAUI-XFI puede incluir un solo ASIC que combina la funcionalidad del transceptor XAUI-XFI con funcionalidad multiplexor/demultiplexor, entramado G.709, OAM&P y FEC. Adicionalmente, el transceptor XAUI-XFI 460 puede incluir la funcionalidad CDR 406, eliminando la necesidad de un módulo separado.

20 Opcionalmente, los transceptores 400, 450 conectables pueden incluir un circuito de compensación 408 de dispersión electrónica (EDC) configurado para compensar electrónicamente la dispersión del modo de polarización y/o cromática de la fibra óptica en el TX 312 y el RX 314. El circuito EDC 408 elimina el requisito de incluir elementos de compensación de la dispersión tales como fibra compensadora de dispersión (DCF) en línea con los transceptores 400, 450 conectables. Tales módulos DCF aumentan el coste del sistema y reducen el rendimiento del sistema. Adicionalmente, el EDC 408 puede incluir la funcionalidad del CDR 306, eliminando la necesidad de tener un circuito CDR 306 separado.

25 En referencia a la Figura 5, un ejemplo de transceptor 500 XAUI-XFI que incluye entramado G.709 y FEC incluye circuitería integrada para multiplexar/demultiplexar, codificar/decodificar, enmarcar/desenmarcar y sobrecarga de procedimiento y FEC. Las entradas de reloj XAUI y de recuperación de datos (CDR) 505 se configuran para aceptar cuatro señales de 3,125 Gbps desde un sistema anfitrión, para resincronizar, recuperar el reloj y pasar las cuatro señales de 3,125 Gbps a un decodificador 515 PHY XS 8B/10B. El decodificador 515 se configura para demultiplexar cuatro señales XAUI que se ejecutan a 3,125 Gbps usando la decodificación 8B/10B y pasar la salida a un módulo de subcapa (525) de codificación física (PCS). El módulo 525 PCS realiza una codificación 64B/66B para proporcionar una señal XFI de una sola vía que se ejecuta a 10,3125 Gbps y cifrado PCS. El módulo 525 PCS da una salida a un entramador 535 G.709.

30 El entramador 535 G.709 acepta una salida desde el módulo 525 PCS y la demultiplexa a una velocidad apropiada para que el entramador 535 G.709 opere en la señal. El entramador 535 G.709 se configura para mejorar el entramado G.709, el cifrado G.709, la codificación FEC y el procesamiento de sobrecarga G.709. El entramador 535 G.709 se configura para comunicarse con el MDIO 550 usando registros sin usar para comunicar la sobrecarga al sistema anfitrión o para comunicarse a través de una conexión directa para recibir la sobrecarga G.709 desde el sistema anfitrión. Además, el entramador 535 G.709 multiplexa la señal entramada para dar entrada a la señal a un transmisor óptico fuera del transceptor 500.

35 Un reloj de receptor (RX) y un circuito 545 de recuperación de datos se configura para aceptar una entrada desde un receptor óptico externo al transceptor 500 y para resincronizar, recuperar el reloj y pasar la señal ingresada a un desentramador 540 G.709. El entramador 540 G.709 demultiplexa la señal a una velocidad apropiada para que el desentramador 540 G.709 opere en la señal. El desentramador 540 G.709 se configura para proporcionar desentramado G.709, descifrado G.709, decodificación FEC y procesamiento de sobrecarga G.709. El desentramador 540 G.709 se configura para comunicarse con el MDIO 550 usando registros sin usar para comunicar la sobrecarga al sistema anfitrión o para comunicarse a través de una conexión directa para pasar la sobrecarga G.709 al sistema anfitrión. Además, el desentramador 540 G.709 proporciona una señal sin enmarcar a un módulo PCS 530.

40 El módulo 530 PCS realiza decodificación 64B/66B y descifrado PCS. El módulo 530 PCS da salida a un codificador 520 PHY XS 8B/10B. El codificador 520 se configura para demultiplexar una señal XFI en cuatro señales XAUI que se ejecutan a 3,125 Gbps usando codificación 8B/10B y pasar la salida de cuatro controladores 510 XAUI. Los controladores 510 XAUI proporcionan cuatro señales de 3,125 Gbps al sistema anfitrión. Adicionalmente, el

transceptor 500 XAUI-XFI incluye una interfaz de paquete en serie (SPI) e interfaz 555 I2C para comunicaciones con el sistema anfitrión. La interfaz 550 MDIO se usa para proporcionar comunicaciones compatibles con MSA estándar al sistema anfitrión. Adicionalmente, la presente invención usa el MDIO 550 para comunicar un subconjunto de sobrecarga OAM&P y FEC al sistema anfitrión desde el entramador 535 G.709 y el entramador 540 G.709 a través de registros MDIO sin usar.

En referencia a la Figura 6, en otro ejemplo, un transceptor 600 conectable para los MSA XFP, XFP-E, y SFP+ incluye un entramador G.709 con FEC 604 integrado dentro del transceptor 600. El transceptor 600 conectable incluye la misma funcionalidad que el transceptor 350 conectable de la Figura 3b con un módulo CDR 354, un módulo 360 óptico y un I2C 670. Adicionalmente, el transceptor 600 conectable incluye un entramador G.709 con FEC 604 que se configura para enmarcar una señal de entrada al transceptor 600 con una trama compatible con G.709. Además, el entramador 604 G.709 se configura para proporcionar la capa óptica OAM&P en la trama G.709 y para proporcionar FEC a través de la trama G.709.

El transceptor 600 conectable incluye dos multiplexores/demultiplexores 602, 606 conectados al entramador G.709 con FEC 604. La entrada y salida desde el CDR 354 es una señal en serie de 10 Gbps. El multiplexor/demultiplexor 602 se configura para adaptar la entrada y la salida desde un anfitrión con una interfaz 352 en serie de 10 Gbps a una velocidad apropiada para el entramador G.709 con FEC 604 para operar en la señal para realizar el entramado, OAM&P y FEC. La entrada y la salida al CDR 354 es una señal en serie de 10 Gbps. El multiplexor/demultiplexor 606 se configura para adaptar la entrada y la salida del entramador G.709 con FEC 604 de vuelta a la velocidad de 10 Gbps para la entrada y la salida desde CDR 354.

En el ejemplo de la Figura 6, el entramador G.709 con FEC 604 se configura para aceptar una señal sin enmarcar tal como una señal de 10 GbE o 10 G o una señal entramada tal como OC-192 o STM-64 desde el anfitrión 352 y pasar una señal entramada G.709 al CDR 354. El entramador G.709 con FEC 604 incluye circuitería integrada para añadir una trama G.709 a la señal sin enmarcar que incluye OAM&P G.709 y FEC y para pasar la señal entramada al CDR 406. Además, el entramador G.709 con FEC 604 incluye circuitería integrada para eliminar una trama G.709 que incluye el procesamiento del OAM&P G.709 y FEC y para pasar la señal sin enmarcar al anfitrión 352. La trama G.709 incluye bytes de sobrecarga para datos OAM&P y FEC.

El entramador G.709 con FEC 604 se configura para pasar la sobrecarga al anfitrión 352 tanto a través del I2C 370 o a través de una conexión directa. Mediante el uso del I2C 37-, el transceptor 600 conectable comunica los datos de sobrecarga de una manera totalmente soportada por las especificaciones MSA. En el caso de terminar la sobrecarga en el transceptor 600, un subconjunto de sobrecarga G.709 se termina debido a las limitaciones en el acceso I2C 370. La presente invención proporciona un subconjunto de OAM&P G.709 para cumplir con los requisitos de comunicación en los MSA. Adicionalmente, el entramador G.709 con FEC 604 puede configurarse para pasar toda la sobrecarga G.709 al anfitrión 352 a través de una conexión directa.

El entramador G.709 con FEC 604 es un circuito integrado tal como un circuito integrado específico para aplicaciones personalizado (ASIC). El diseño del entramador G.709 con FEC 604 es tal que minimiza la disipación de potencia y cada dispositivo se diseña para menos de 1,5 W de consumo energético para asegurar que el transceptor 600 conectable cumple o excede las especificaciones MSA XFP, XFP-E, and SFP+. Además, la funcionalidad del multiplexor/demultiplexor 602, 606 y el CDR 354 puede integrarse dentro del entramador G.709 con FEC 604 en un solo ASIC.

Adicionalmente, el entramador G.709 con FEC 604 se configura para añadir o eliminar y procesar sobrecarga FEC en una señal óptica. La adición de FEC en el transceptor 600 conectable proporciona una ganancia de codificación adicional de 6 a 9 dB que puede proporcionar presupuestos de enlace mejorados, mayores márgenes de sistema de conexiones robustas, especificaciones relajadas en los componentes ópticos, supervisión en tiempo real del estado de salud del enlace y datos BER históricos, y supervisión en tiempo real de la degradación del enlace sin afectar a la calidad del enlace. En una realización ejemplar, el FEC es código Reed-Solomon (255, 239) según se define en G.709 y es capaz de corregir ocho errores de símbolo por bloque. Adicionalmente, la presente invención puede modificarse por un experto en la materia para permitir otras técnicas de entramado y FEC en transceptores 600 conectables.

Opcionalmente, el transceptor 600 conectable puede incluir un circuito de compensación 608 de dispersión electrónica (EDC) configurado para compensar electrónicamente la dispersión del modo de polarización y/o cromática de la fibra óptica en el TX 362 y el RX 364. El circuito EDC 608 elimina el requisito de incluir elementos de compensación de la dispersión tales como fibra compensadora de dispersión (DCF) en línea con el transceptor 600 conectable. Tales módulos DCF aumentan el coste del sistema y reducen el rendimiento del sistema. Adicionalmente, el EDC 608 puede incluir la funcionalidad del CDR 354, eliminando la necesidad de tener un circuito CDR 354 separado.

El entramador G.709 con FEC 404, 604 y el transceptor XAUI-XFI que incluye el entramador G.709 integrado con FEC 460 de las Figuras 4a, 4b y 6 puede agregarse a cualquier transceptor conectable. Estos incluyen actualmente MSA definidos tales como XENPAK, X2, XPAK, XFP, XFP-E y SFP+, así como un especificaciones nuevas y emergentes que no incorporan entramados integrados con el transceptor conectable.

En referencia a la Figura 7, un ejemplo de transceptor 700 conectable con un puente MDIO proporciona un mecanismo en la presente invención para comunicarse con el MDIO desde un entramador G.709 con FEC 708 y desde un serializador/deserializador (SerDes) XAUI 710. El puente MDIO conserva la funcionalidad MDIO estándar encontrada en las especificaciones MSA tales como XENPAK, XPAK y X2 y permite que el entramador G.709 con FEC 708 se comunique usando el mismo MDIO. En consecuencia, un sistema anfitrión configurado para comunicarse con un transceptor conectable puede operar con un transceptor 700 conectable con un entramador G.709 integrado. El sistema anfitrión puede modificarse en software solo para recibir comunicaciones MDIO desde el puente MDIO.

El transceptor 700 conectable incluye un transmisor (TX) 702 y un receptor (RX) 704 conectado a 10 Gbps a un SFI-4 SerDes 706. SFI-4 es el nivel 4 estándar de interfaz de desentramador del Optical Internetworking Forum (OIF). SIF-4 es un ejemplo de una interfaz para el entramador 708 G.709. Otras interfaces de trama G.709 pueden incluir XGMII, XFI y XAUI. El SFI-4 SerDes 706 se conecta al entramador 708 G.709 con una señal 4,1 SFI. El entramador 708 G.709 se conecta a 10 Gbps al SerDes XAUI 710 que, a su vez, se conecta a un dispositivo anfitrión.

El puente MDIO incluye una matriz de puertas programables de campo de control (FPGA) 716 que se configura para unir la interfaz MDIO entre el entramador 708 G.709 y el SerDes XAUI 710. El FPGA 716 se conecta al entramador 708 G.709 y al SerDes XAUI 710 para proporcionar una sola interfaz MDIO 720 externa al dispositivo anfitrión. Esta interfaz 720 MDIO externa incluye datos de tanto el SerDes XAUI 710 como el entramador 708 G.709. El FPGA 716 se conecta al SerDes XAUI 710 a través de una conexión XAUI MDIO 718 y al entramador 708 G.709 a través de un bus 712 de microprocesador paralelo. Adicionalmente, el FPGA 716 proporciona control discreto y estado 714 al SFI-4 SerDes 706. El FPGA 716 tiene una interfaz de paquete en serie (SPO) para un procesador 724 que, a su vez, tiene una conexión 726 de entrada/salida (I/O) de 2 cables para el SerDes XAUI 710 y una interfaz SPI a otro procesador 722.

El FPGA 716 se configura para decodificar direcciones MDIO y pasar datos MDIO entre tanto el entramador 708 G.709 como el SerDes XAUI 710. También, el FPGA 716 se configura para combinar datos MDIO desde tanto el entramador 708 G.709 como el SerDes XAUI 710 con el MDIO 720 externo. En consecuencia, el puente MDIO proporciona un mecanismo para que una sola interfaz MDIO compatible con MSA opere con la circuitería adicional del entramador G709 con FEC 708.

En referencia a la Figura 8, el puente MDIO realiza una decodificación 802 de dirección para dividir los datos MDIO entre el entramador G.709 y el SerDes XAUI. La decodificación 802 de dirección recibe/transmite datos MDIO a/desde el dispositivo anfitrión y comprueba la dirección MDIO. Si el MDIO es una dirección específica, entonces la decodificación de la dirección lo envía a decodificar 804. Si no es así, entonces la decodificación 802 de la dirección lo envía a SerDes XAUI. Por ejemplo, si la dirección MDIO es 31, entonces la dirección se envía a decodificar 804. Si la dirección no es 31, entonces envía los datos al SerDes XAUI. La dirección corresponde al registro en el MDIO y, el registro 31 puede estar indefinido en algunas especificaciones MSA, permitiendo que el registro 31 se use para pasar la sobrecarga entre el entramador G.709 y el sistema anfitrión. Cualquier otro registro en el MDIO que está indefinido puede usarse para pasar la sobrecarga. La decodificación 804 determina si los datos con dirección 31 debería ir al bus del microprocesador paralelo al entramador G.709 o el SerDes SFI-4 para estado discreto y control.

En referencia a la Figura 9, La Recomendación ITU-T G.709 define un enfoque en capas para la gestión y la supervisión de secciones en una red 900 óptica. G.709 proporciona transparencia en los servicios de longitud de onda, mejora en el rendimiento de enlace óptico a través de la autocorrección de error fuera de banda (FEC), gestión mejorada a través de total transparencia e interoperabilidad con otros clientes G.709. G.709 define una envoltura en la que una señal de cliente está encapsulada. La envoltura G.709 incluye bytes de sobrecarga para la capa óptica OAM&P y la sobrecarga FEC para la corrección de errores.

La red 900 óptica incluye dispositivos 930, 980 cliente, cada uno equipado con uno o más transceptores 160 conectables de la presente invención. Los transceptores 160 conectables del dispositivo 930 cliente se conectan a un terminal 940 óptico, un regenerador 950 de unidad de transporte óptico (OTU), un amplificador 960 de línea en línea (ILA) y un segundo terminal 970 óptico que se conecta a los transceptores 160 conectables del segundo dispositivo 980 cliente. La capa de unidad 910 de datos de canal óptico (ODU) está entre los elementos ópticos de cliente. En el ejemplo de la Figura 9, la capa 910 ODU está entre el transceptor 160 conectable del primer dispositivo 930 cliente y cada transceptor 160 conectable del segundo dispositivo 980 cliente. La capa 910 ODU es similar a la capa de línea en el estándar SONET. La unidad 920 de transporte óptico (OTU) está entre el regenerador 950 OTU y cada uno de los transceptores 160 conectables a los dispositivos 930, 980 cliente similar a la capa de la sección SONET.

En una realización ejemplar de la presente invención, el entramado G.709 se integra en los transceptores conectables especificados por los MSA tales como XFP, XPAK, XENPAK, X2, XFP-E y SFP+. El entramado G.709 y los transceptores conectables proporcionan la capacidad de supervisar el OAM&P asociado con las capas ODU 910 G.709 y OTU 920 para habilitar las funciones OAM&P de capa óptica necesarias para aplicaciones metropolitanas, regionales y centrales directamente desde los transceptores conectables. La supervisión de las capas ODU 910 y OTU 920 permite el aislamiento de OAM&P y la supervisión de errores entre las secciones ópticas de los transceptores conectables. Además, los transceptores conectables pueden supervisarse mediante sistemas de

gestión de redes compatibles con la industria, tales como CORBA y TL-1. Los transceptores conectables de la presente invención pueden soportar cualquier procedimiento de entramado capaz de OAM&P en la capa óptica, además de G.709.

5 Con referencia las Figuras 10a - 10b, la presente invención termina los datos de gestión de sobrecarga de trama internamente en un transceptor conectable o pasa los datos de gestión de sobrecarga a un sistema anfitrión. En la Figura 10a, el MDIO o I2C 1020 se configura para acceso OAM&P en chip en un transceptor 1000 conectable. El transceptor 1000 conectable incluye circuitería para enmarcar una señal entrante, para añadir FEC a la señal, y para gestionar la señal de salida óptica a través de mecanismos OAM&P. Por ejemplo, el transceptor 1000 conectable puede incluir un transceptor MSA de tipo XENPAK, XPAK o X2 configurado para aceptar las entradas XAUI y proporcionar una salida XFI con la circuitería de entramado configurada para proporcionar una señal óptica G.709 con la señal XFI encapsulada.

10 El transceptor 1000 conectable incluye circuitería configurada para gestionar OAM&P a través de la sobrecarga de trama. En una realización ejemplar, la técnica de entramado es G.709 y el transceptor 1000 conectable se configura para determinar los bytes de sobrecarga seleccionados de la sobrecarga G.709 para proporcionar la capa óptica OAM&P. Los datos terminados de estos bytes pueden proporcionarse al sistema anfitrión (es decir, tarjeta de línea, señales de aspa) a través de registros MDIO sin usar en la especificación MSA. Por ejemplo, XENPAK, XPAK y X2 incluyen registros MDIO sin usar reservados para usos futuros. El acceso OAM&P puede implementarse en estos registros a la vez que se mantiene el cumplimiento con la especificación MSA. El transceptor 1000 conectable proporciona acceso a un subconjunto de sobrecarga de gestión G.709 similar a WAN PHY en que no termina todos los OAM&P en G.709 debido a las restricciones de potencia, espacio y comunicación de anfitrión, pero permite el OAM&P de calidad de operador en el transceptor 1000 sin características adicionales no definidas actualmente o usadas de comúnmente. Desde una perspectiva de hardware, el sistema anfitrión se diseña para leer el MDIO de acuerdo con la especificación MSA. El sistema anfitrión puede modificarse a través de software solo para leer y procesar los datos OAM&P recibidos en los registros MDIO.

15 Con respecto a XFP, XFP-E y SFP+, el acceso a los datos OAM&P se realiza través del bus circuito interintegrado (I2C). I2C es un bus de comunicaciones en serie a través del cual el transceptor conectable, tal como un XFP, XFP-E y SFP+, se comunica con el sistema anfitrión. DOM 1010 es un esquema de supervisión óptica utilizado por cada especificación MSA para la supervisión del rendimiento en el transceptor conectable. Por ejemplo, el DOM 1010 puede proporcionar PM tales como potencia de salida óptica, potencia de entrada óptica, corriente de polarización de láser, etc.

20 En la Figura 10b, la sobrecarga de trama se configura para pasar la sobrecarga de trama fuera de chip en un transceptor 1050 conectable a un conjunto 1060 de puerta programable de campo (FPGA) para terminar toda la sobrecarga de trama. El transceptor 1050 conectable incluye circuitería para enmarcar una señal entrante, para añadir FEC a la señal, y para gestionar la señal de salida óptica a través de mecanismos OAM&P. Por ejemplo, el transceptor 1050 conectable puede incluir un transceptor MSA de tipo XENPAK, XPAK o X2 configurado para aceptar las entradas XAUI y proporcionar una salida XFI con la circuitería de entramado configurada para proporcionar una señal óptica G.709 con la señal XFI encapsulada. El transceptor 1050 conectable incluye circuitería configurada para gestionar OAM&P a través de la sobrecarga de trama. En una realización ejemplar, la técnica de entramado es G.709 y el transceptor 1050 conectable se configura para determinar los bytes de sobrecarga seleccionados de la sobrecarga G.709 para proporcionar la capa óptica OAM&P. Los datos terminados de estos bytes pueden proporcionarse al sistema anfitrión (es decir, tarjeta de línea, señales de aspa) a través del FPGA 1060. El sistema anfitrión puede modificarse para recibir y procesar todos los OAM&P del FPGA 1060. Adicionalmente, Las Figuras 10a-10b puede incluir una entrada en serie XFI de 10 G para ambos transceptores 1000, 1050 conectables en lugar de una interfaz XAUI.

25 En referencia a la Figura 11, la sobrecarga 1100 G.709 se divide en bytes de alineación de trama OTU en la fila 1, columnas 1-7; los bytes de sobrecarga ODU en las filas 2-4, columnas 1-14; los bytes de sobrecarga OTU en la fila 1, columnas 8-14; y la sobrecarga OPU en las filas 1-4, columnas 15-16. Además, la sobrecarga 1100 G.709 incluye datos FEC (no mostrados) en la trama. Como se trató en las Figuras 10a-10b, la presente invención desvela un procedimiento para determinar una sobrecarga de gestión de trama terminando un subconjunto de la sobrecarga en el transceptor conectable. En una realización ejemplar de la presente invención, La Figura 11 representa un ejemplo del subconjunto de sobrecarga G.709 que se termina en chip en el transceptor conectable.

30 El subconjunto de sobrecarga G.709 terminado en chip incluye los bytes de señal de alineación de trama (FAS) y la señal de alineación multitrama (MFAS) que son los bytes de alineación de trama OTU. También, el subconjunto de sobrecarga G.709 incluye los bytes de supervisión de sección (SM) y los bytes de supervisión de trayectoria (PM) para proporcionar gestión de errores de capa óptica entre la sección óptica y la trayectoria en G.709. Los bytes SM incluyen la supervisión BIP-8 dedicada para cubrir la señal de carga útil y estos son accesibles en cada transceptor conectable. El primer byte de la SM usada por Trail Trace Identifier (TTI) que es una cadena de caracteres de 64 bytes similar a una traza de sección en SONET. Los bytes PM incluyen la supervisión BIP-8 dedicada para cubrir la señal de carga útil y estos son accesibles en cada transceptor conectable. El primer byte del PM se usa para TTI, que es similar al a traza de trayectoria en SONET. Los bytes del canal de comunicación general 0 (GCC0) proporcionan un canal de comunicaciones entre nodos G.709 adyacentes.

Adicionalmente, el subconjunto de la sobrecarga G.709 terminada en chip incluye el identificador de señal de carga útil (PSI), control de justificación (JC) y oportunidad de justificación negativa (NJO). Para clientes asíncronos tales como 10 GbE y 10 G FC, NJO y PJO se usan como bytes de material similar a PDH. Si la tasa de clientes es inferior a la tasa OPU, se pueden insertar los bytes de relleno adicionales para completar la OPU. De manera similar, si la señal entrante al transceptor conectable es ligeramente superior que la tasa OPU, los bytes NJO y PJO pueden reemplazarse con información de señal, es decir, la capacidad de carga útil OPU se incrementa ligeramente para acomodar el tráfico adicional en el transceptor conectable y, los bytes JC reflejan si NJO y PJO son bytes de datos o materiales, los bytes JC se usan en la rampa de salida para eliminar correctamente el mapa de señal. EL PSI proporciona una identificación de la señal de carga útil.

Debido a que las especificaciones MSA actuales nunca se contemplaron para transportar datos de sobrecarga OAM&P dentro y fuera de un transceptor conectable, la presente invención proporciona un subconjunto de acceso OAM&P para minimizar la potencia, el espacio, el coste y las comunicaciones del anfitrión en la circuitería en el transceptor conectable para encajar dentro de la especificación MSA para continuar ofreciendo los beneficios de los transceptores conectables tales como bajo coste. Sin embargo, el subconjunto de OAM&P todavía permite que los operadores de red realicen la supervisión del rendimiento de capa óptica de calidad de operador directamente fuera de los transceptores conectables sin hardware adicional. Además, la realización ejemplar anterior con OAM&P G.709 pueden usarse en cualquier técnica de entramado en un transceptor conectable. El subconjunto de sobrecarga G.709 terminado en la Figura 11 puede modificarse dependiendo de los requisitos de la aplicación.

Con referencia las Figuras 12a - 12b, en la Figura 12a se representa un ejemplo de informa de error de trama en G.709 y una realización ejemplar de descubrimiento de red y gestión de conexión se representa en la figura 12b. La Figura 12a incluye una tabla 1200 que ilustra las fallas 1 locales tales como error BIP-8, falla (pérdida de señal, pérdida de trama, señal de indicación de alarma, etc.) y el error de entramado junto con el estado 2 hacia atrás correspondiente. El elemento de red 1210 se equipa con un transceptor 160 conectable equipado con un TX y un RX y configurado para proporcionar sobrecarga y entramado interno al transceptor 160. La falla 1 local se ve en el lado RX del transceptor 160 y el estado 2 hacia atrás correspondiente se transmite sobre la sobrecarga. En una realización ejemplar, el MDIO informa que el error BIP-8 OTU cuenta para el extremo cercano (NE) y el extremo lejano (FE) en un registro de 16 bits, el error BIP-8 ODU cuenta para el NE y el FE en un registro de 16 bits y el error FEC corregido cuenta para el NE en un registro de 32 bits.

La Figura 12b incluye una tabla 1250 que ilustra un byte TTI usado para la gestión de la conexión y el descubrimiento de la red. El transceptor conectable de la presente invención incluye soporte de identificador de rastro de camino (TTI) OTU y ODI a través de, por ejemplo, la implementación estándar G.709 de 64 bytes que incluye un SAPI/DAPI de 16 bytes y un campo específico del usuario de 32 bytes. Esta implementación es compatible hacia atrás con implementaciones de WAN PHY de 10 GbE de 16 bytes. Además, el transceptor conectable soporta una alarma de desajuste TTI.

En un ejemplo que proporciona soporte de entramado G.709 en un transceptor conectable, el transceptor conectable puede configurarse para soportar alarmas estandarizadas G.709 para aislamiento de fallas que incluye:

Alarmas	DESCRIPCIÓN
LOS	Pérdida de Señal
LOF	Pérdida de Trama
OOF	Fuera de Trama
OOM	Fuera de Multitrama
OTU-AIS	Señal de Indicación de Alarma
OTU-IAE	Error de Alineación Entrante
OTU-BDI	Indicador de Defecto Hacia Atrás
ODU-AIS	Señal de Indicación de Alarma
ODU-OCI	Indicador de Conexión Abierta
ODU-LCK	Bloqueado
ODU-BDI	Indicador de Error Hacia Atrás.
FAS	Error de Alineación de Trama

(continuación)

Control	DESCRIPCIÓN
MFAS	Error de Alineación de Multitrama
OTU TTI-M	Desajuste OTU TTI
ODU TTI-M	Desajuste ODU TTI

Además, la interfaz MDIO proporciona soporte de control total del transceptor conectable, que incluye:

Control	DESCRIPCIÓN
Bucle de retroceso	Bucle de retroceso hacia el cliente
Bucle de retroceso	Bucle de retroceso hacia la línea
Potencia Baja	Modo de Potencia Baja
Reiniciar	Reiniciar
Habilitar PRBS31	Patrón de prueba de carga útil PRBS
Selección de Patrón de Prueba	Onda Cuadrada o Frecuencia Mixta

Además, el estado del módulo transceptor conectable y los registros de error incluyen lo siguiente:

Estado	DESCRIPCIÓN
Falla	Falla Sí/No
Estado de Enlace	Enlace Arriba o Abajo
Registros PM	
OTU BIP NE	Errores OTU BIP-Extremo Cercano
OTU BIP FE	Errores OTU BIP-Extremo Lejano
ODU BIP NE	Errores ODU BIP-Extremo Cercano
ODU BIP FE	Errores ODU BIP-Extremo Lejano
OTU FEC Corregido	OTU FEC Corregido
Errores OTU No Corregidos	Errores OTU No Corregidos
BER	Tasa de Error de Bit

5 En referencia a la Figura 13, el código FEC Reed Solomon, RS (255, 239), proporciona 6 dB o más de ganancia de codificación de una señal óptica. Los códigos FEC operan codificando la sobrecarga adicional en una señal en la fase de transmisión y decodificando en la fase de recepción para usar la sobrecarga adicional para corregir errores en la señal recibida. En sistemas ópticos, se ha usado FEC para aumentar el margen óptico, para aumentar las distancias de transmisión, disminuir el coste y relajar las especificaciones de los componentes en el diseño. Los transceptores conectables de la presente invención se configuran para implementar FEC internamente en un transceptor conectable codificando la sobrecarga FEC en una señal y decodificando en la fase de recepción. En una realización ejemplar de la presente invención, el transceptor conectable se configura para implementar RS (255, 239) según lo especificado por los estándares G.709. La presente invención también es aplicable para utilizar cualquier otro algoritmo FEC capaz de implementación dentro de los límites de potencia, espacio y velocidad de línea asociados con las especificaciones MSA del transceptor conectable. El gráfico 1300 ilustra la tasa de error de bit (BER) frente a la Calidad de la señal Q y muestra una entrada BER (BER dentro) frente a la salida BER (BER fuera) después procesar el FEC y se corrigen los errores en el transceptor conectable. Como se muestra en la figura 13, un código FEC, tal como RS (255, 239) proporciona 6 dB o más ganancia de codificación para un BER de 10e-12. Esta ganancia de codificación puede usarse en transceptores conectables para extender el alcance más allá de 80 km, para aflojar las especificaciones de los componentes en el transceptor y para proporcionar rendimiento de calidad de operador robusto.

En referencia a la Figura 14, una aplicación ejemplar de la presente invención incluye un anillo 1400

- 5 metropolitano/central que incluye terminales 1410 ópticos y un multiplexor óptico de inserción-extracción (OADM) 1420. Los terminales ópticos 1410 incluyen elementos de red con tarjetas de línea o señales de aspa configuradas con transceptores 160 ópticos conectables de la presente invención. Los transceptores 160 conectables soportan el entramado, la capa óptica OAM&P y FEC directamente sin la necesidad de añadir equipo adicional, tal como transpondedores. Entre los ejemplos de terminales 1410 ópticos se incluyen enrutadores, conmutadores Ethernet, servidores, MSPP, multiplexores de inserción y extracción SONET, terminales DWDM y conexiones cruzadas. El anillo metropolitano/central 1400 incluye múltiples terminales 1410 ópticos en una topología de anillo con cada enlace óptico que incluye un transceptor 160 este y oeste. Adicionalmente, un solo OADM 1420 se incluye en el anillo 1400 metropolitano/central donde no están equipados los transceptores 160.
- 10 Los transceptores 160 conectables de la presente invención soportan características de calidad de operador robustas directamente, permitiendo el espacio de aplicación para que los transceptores conectables se muevan más allá de aplicaciones de interconexión cortas. En el anillo 1400 metropolitano/central, los transceptores 160 conectables de la presente invención reducen la cantidad de amplificadores requeridos, permite opciones de enrutamiento más flexibles para longitudes de onda y proporciona una mayor flexibilidad de diseño general. Los
- 15 transceptores conectables existentes se limitan generalmente a menos de 80 km (20 dB o menos) y no ofrecen ninguna capa óptica OAM&P. La presente invención extiende los beneficios de los transceptores conectables en aplicaciones metropolitanas, regionales y centrales.
- 20 En referencia a la Figura 15, un sistema 1500 DWDM regional/central incluye un terminal 1510 equipado con múltiples transceptores 160 conectables conectados a un terminal 1520 óptico, múltiples amplificadores 1530 de línea en línea (ILA) y otro terminal 1520 óptico y terminal 1510. Los terminales 1510 pueden incluir terminales DWDM, MSPP, SONET ADM, enrutadores, conmutadores y conexiones cruzadas. Tradicionalmente, los terminales 1510 incluyen transceptores conectables para aplicaciones de interconexión a otro dispositivo, tal como un transpondedor. El transceptor 160 conectable de la presente invención elimina la necesidad de transpondedores al soportar el entramado, la capa óptica OAM&P y FEC interno a los transceptores 160. La presente invención soporta
- 25 un aumento de distancia superior a 2,5 veces sobre los transceptores conectables tradicionales. Por ejemplo, distancias de hasta 800 km con ILA 1530 pueden lograrse con la presente invención. Además, el transceptor 160 conectable soporta cualquier tipo de longitud de onda óptica que incluye longitudes de onda DWDM, eliminando el requisito de que los transpondedores se conviertan a una longitud de onda DWDM.
- 30 La presente invención, mediante la incorporación de entramado tal como G.709 y FEC en transceptores conectables especificados por MSA, mejora significativamente el rendimiento y las funciones OAM&P. Esto permite el uso de transceptores conectables en IP/Ethernet/ATM/Frame Relay/Fiber Channel sobre WDM, aplicaciones de alta densidad/alto rendimiento, Aplicaciones de interconexión G.709 y aplicaciones que requieren OAM&P óptico completo. Tradicionalmente, los transceptores conectables han otorgado beneficios a los proveedores de equipo y a los operadores de red, tal como la reutilización de ingeniería, fabricación y ahorro eficientes, bajo coste y múltiples
- 35 fuentes de fabricación. La presente invención se basa en los beneficios existentes de los transceptores conectables al aumentar el espacio de aplicación de los transceptores conectables para aplicaciones de interconexión cortas a aplicaciones de red metropolitanas, regionales y centrales que requieren calidad de operador, supervisión robusta y rendimiento.
- 40 Aunque la presente invención se ha ilustrado y descrito en el presente documento con referencia a las realizaciones preferentes y a los ejemplos específicos de la misma, será evidente para los normalmente expertos en la materia que otras realizaciones y ejemplos pueden realizar funciones similares y/o lograr resultados similares.

REIVINDICACIONES

1. Un transceptor (160, 400, 450, 600) óptico conectable definido por un acuerdo multifuente, comprendiendo el transceptor (160, 400, 450, 600) óptico conectable
 5 circuitería (404, 460, 500, 604, 700) integrada configurada para enmarcar una señal con sobrecarga (1100) para operaciones, administración, mantenimiento, y aprovisionamiento, OAM&P, funciones necesarias para aplicaciones de redes de transporte ópticas, OTN, y para procesar datos OAM&P dentro del transceptor óptico conectable, en el que la circuitería (404, 460, 500, 604, 700) integrada está configurada para en marcar la señal con una trama G.709 y la sobrecarga (1100) comprende datos de gestión G.709; y
 10 un mecanismo (316, 550, 555, 370, 800) de comunicación que cumple el acuerdo multifuente, en el que el mecanismo (316, 550, 555, 370, 800) de comunicación está adaptado para comunicar los datos OAM&P procesados a un sistema (151) anfitrión;
 en el que el transceptor (160, 400, 450, 600) óptico conectable con la circuitería (404, 460, 500, 604, 700) integrada y el mecanismo (316, 550, 555, 370, 800) de comunicación conserva las especificaciones para el acuerdo multifuente que define el transceptor (160, 400, 450, 600) óptico conectable; en el que un subconjunto de datos de
 15 gestión G.709 es accesible y termina en el transceptor (160, 400, 450, 600) óptico conectable; en el que el subconjunto se selecciona en respuesta a las limitaciones en el mecanismo de comunicación del acuerdo multifuente; y en el que los datos de gestión G.709 se comunican a través de mecanismos totalmente soportados por el acuerdo multifuente con solo el rediseño de software en el sistema (151) anfitrión.
2. El transceptor óptico conectable de la reivindicación 1, en el que el transceptor (160, 400, 450, 600) óptico conectable se usa en cualquiera de las aplicaciones de Protocolo de Internet sobre multiplexación por división de longitud de onda, modo de transferencia asíncrono sobre multiplexación por división de longitud de onda, Ethernet sobre multiplexación por división de longitud de onda, retransmisión de tramas sobre multiplexación por división de longitud de onda y canal de fibra sobre multiplexación por división de longitud de onda.
3. El transceptor óptico conectable de la reivindicación 1, en el que el transceptor (160, 400, 450, 600) óptico conectable se usa en aplicaciones de entrada-salida de alta densidad.
4. El transceptor óptico conectable de la reivindicación 1, en el que el transceptor (160, 400, 450, 600) óptico conectable se usa en aplicaciones de interconexión G.709.
5. El transceptor óptico conectable de la reivindicación 1, en el que el transceptor (160, 400, 450, 600) óptico conectable se usa en aplicaciones que requieren operaciones integrales, administración, mantenimiento, y soporte de aprovisionamiento.
6. Un sistema que comprende:
 un sistema (151) anfitrión;
 un transceptor (160, 400, 450, 600) óptico conectable definido por un acuerdo multifuente que comprende
 35 circuitería integrada configurada para enmarcar una señal con sobrecarga (1100) para operaciones, administración, mantenimiento, y aprovisionamiento, OAM&P, funciones necesarias para aplicaciones de redes de transporte ópticas, OTN, y para procesar datos OAM&P dentro del transceptor óptico conectable, en el que la circuitería integrada se configura para enmarcar la señal con una trama G.709 y la sobrecarga (1100) comprende datos de gestión G.709; y
 un mecanismo (316, 550, 555, 370, 800) de comunicación que cumple el acuerdo multifuente, en el que el mecanismo (316, 550, 555, 370, 800) de comunicación está adaptado para comunicar los datos OAM&P procesados al sistema (151) anfitrión;
 40 en el que el transceptor (160, 400, 450, 600) óptico conectable con la circuitería integrada y el mecanismo (316, 550, 555, 370, 800) de comunicación conserva las especificaciones para el acuerdo multifuente que define el transceptor (160, 400, 450, 600) óptico conectable;
 45 en el que un subconjunto de datos de gestión G.709 es accesible y termina en el transceptor (160, 400, 450, 600) óptico conectable; en el que el subconjunto se selecciona en respuesta a las limitaciones en el mecanismo (316, 550, 555, 370, 800) de comunicación del acuerdo multifuente; y en el que los datos de gestión G.709 se comunican a través de mecanismos totalmente soportados por el acuerdo multifuente con solo el rediseño de software en el sistema (151) anfitrión.
7. El sistema de la reivindicación 6, en el que el transceptor (160, 400, 450, 600) óptico conectable se usa en cualquiera de las aplicaciones de Protocolo de Internet sobre multiplexación por división de longitud de onda, modo de transferencia asíncrono sobre multiplexación por división de longitud de onda, Ethernet sobre multiplexación por división de longitud de onda, retransmisión de tramas sobre multiplexación por división de longitud de onda y canal de fibra sobre multiplexación por división de longitud de onda.
8. El sistema de la reivindicación 6, en el que el transceptor (160, 400, 450, 600) óptico conectable se usa en aplicaciones de entrada-salida de alta densidad y aplicaciones de interconexión G.709.
9. El sistema de la reivindicación 8, en el que el transceptor (160, 400, 450, 600) óptico conectable se usa en aplicaciones de interconexión G.709.

10. El sistema de la reivindicación 6, en el que el transceptor (160, 400, 450, 600) óptico conectable se usa en aplicaciones que requieren operaciones integrales, administración, mantenimiento, y soporte de aprovisionamiento.

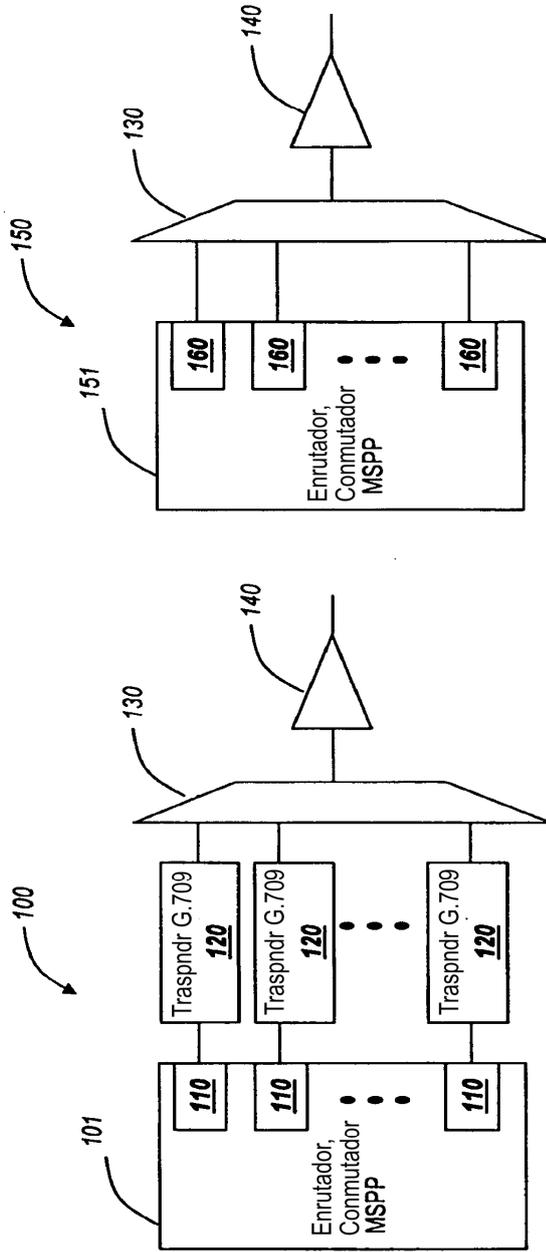


FIG. 1a Técnica Anterior

FIG. 1b.

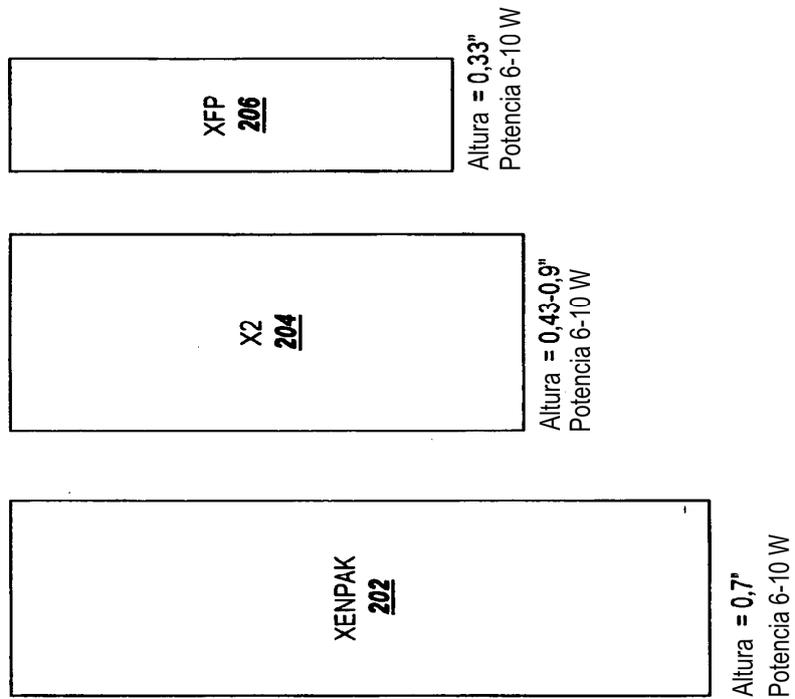


FIG. 2.

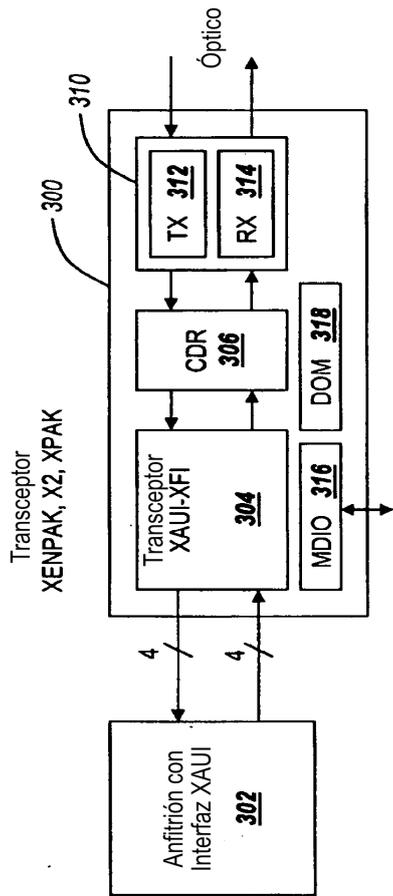


FIG. 3a.

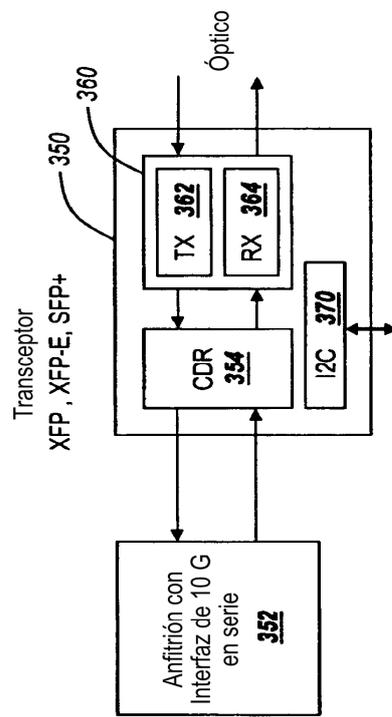


FIG. 3b.

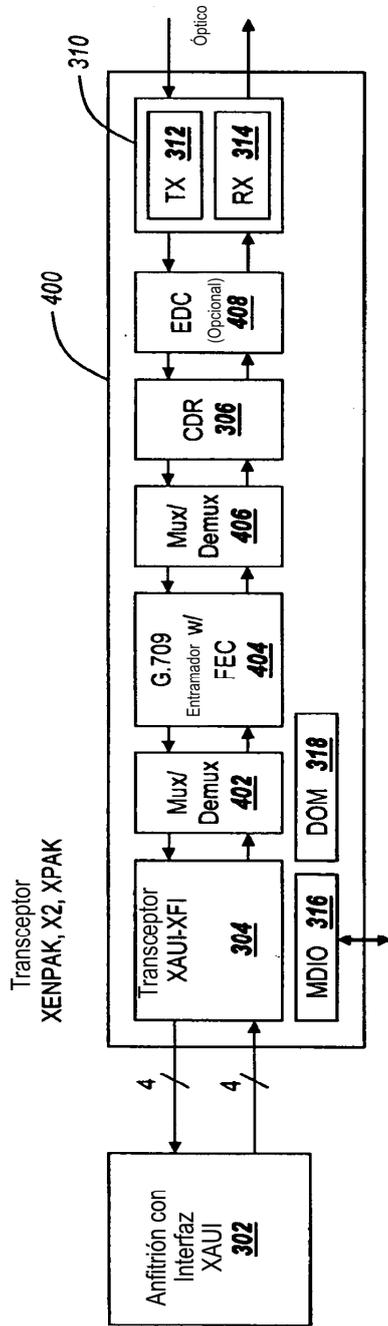


FIG. 4a.

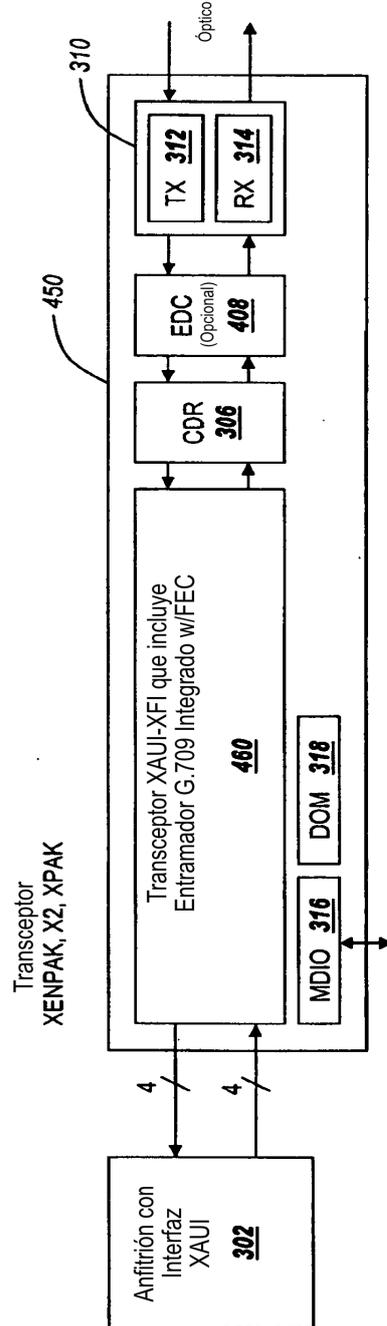


FIG. 4b.

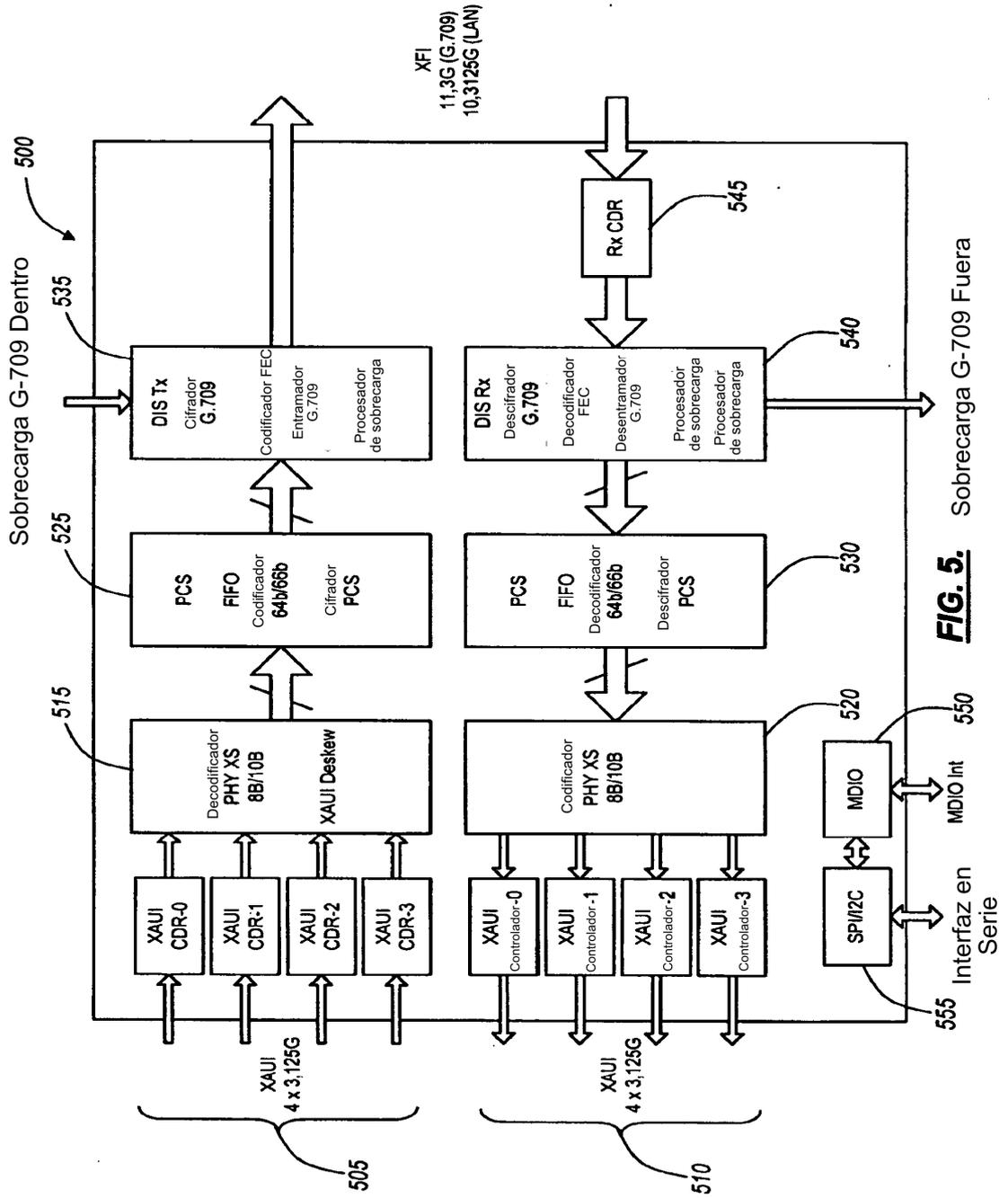


FIG. 5. Sobrecarga G-709 Fuera

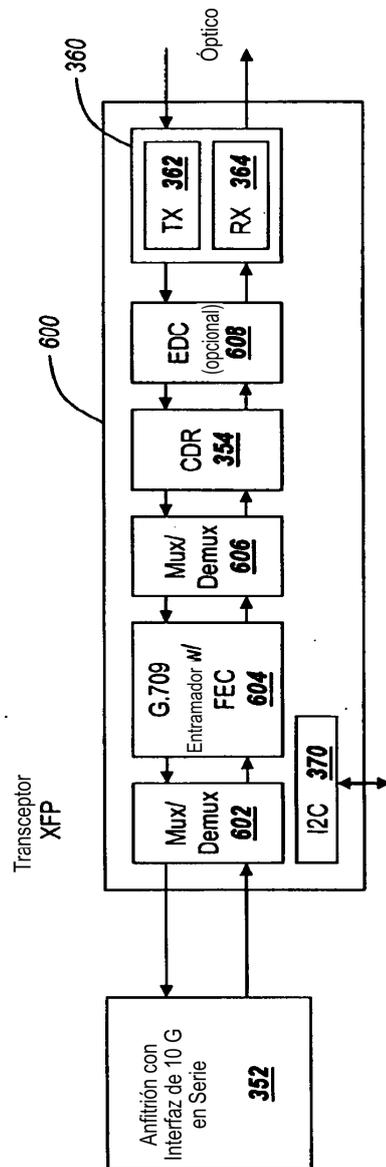


FIG. 6.

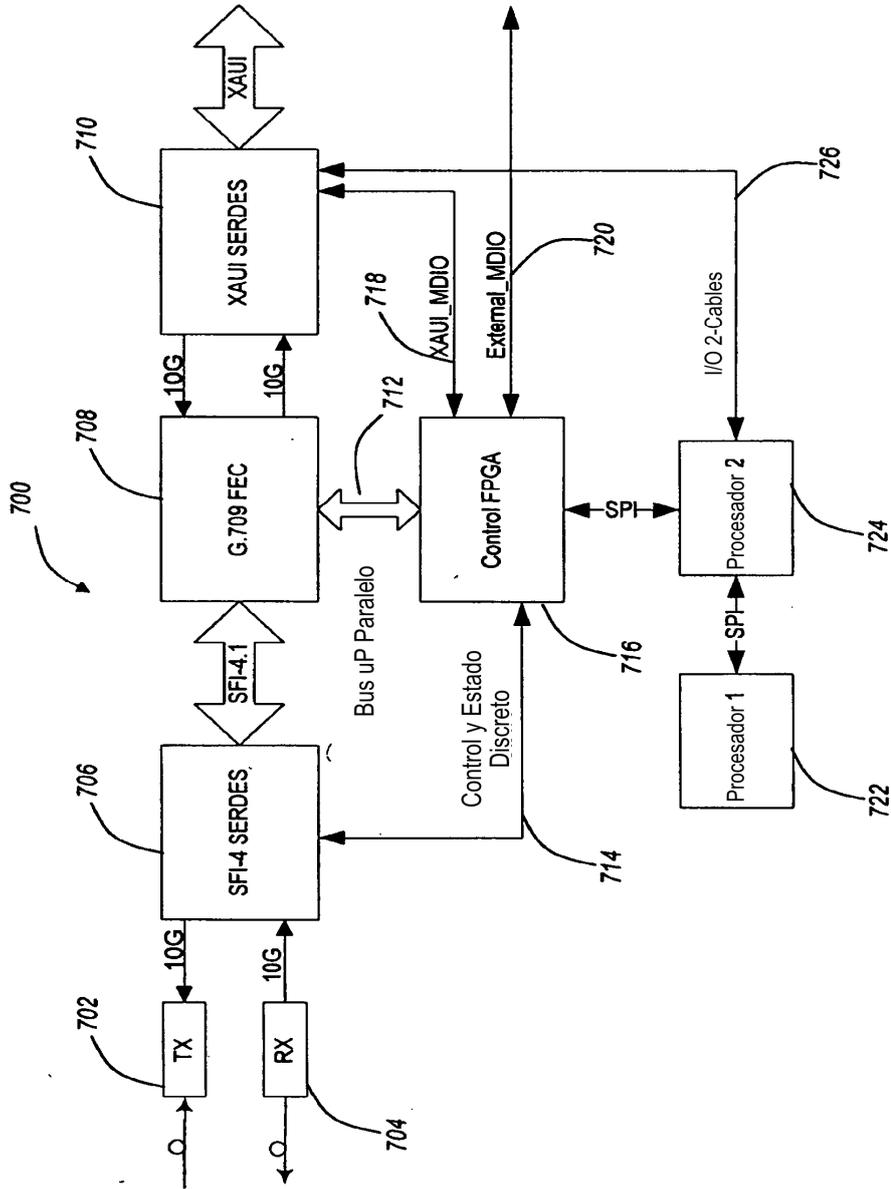


FIG. 7.

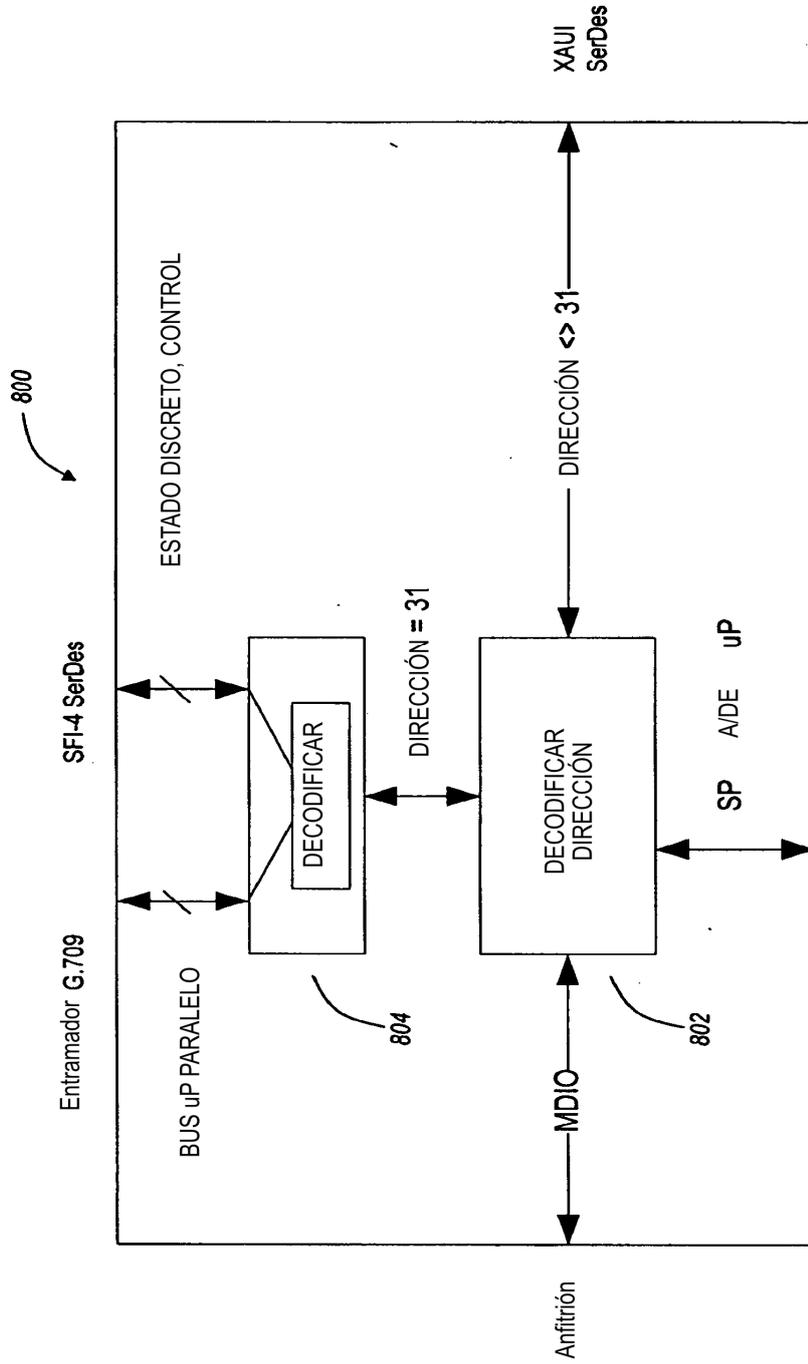


FIG. 8.

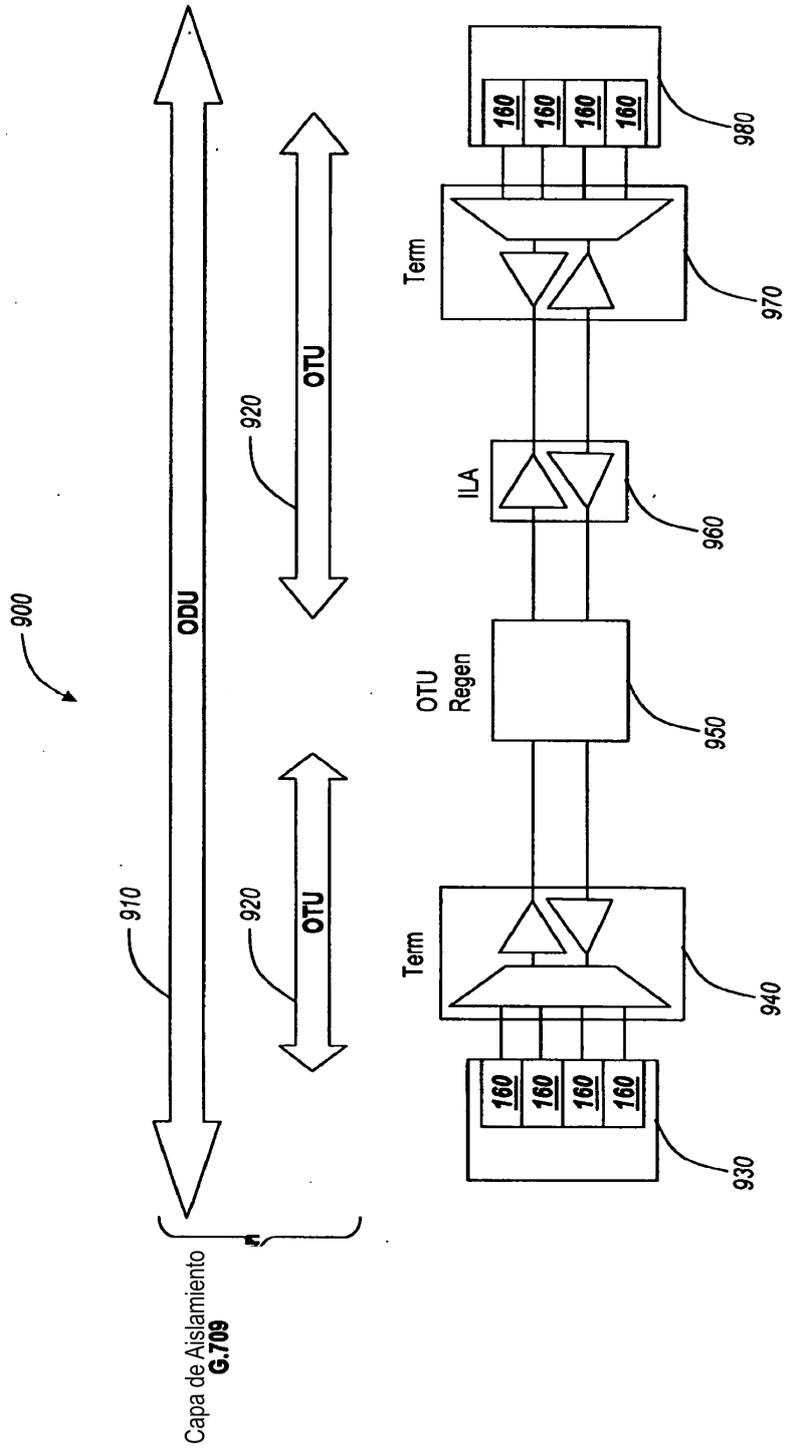


FIG. 9.

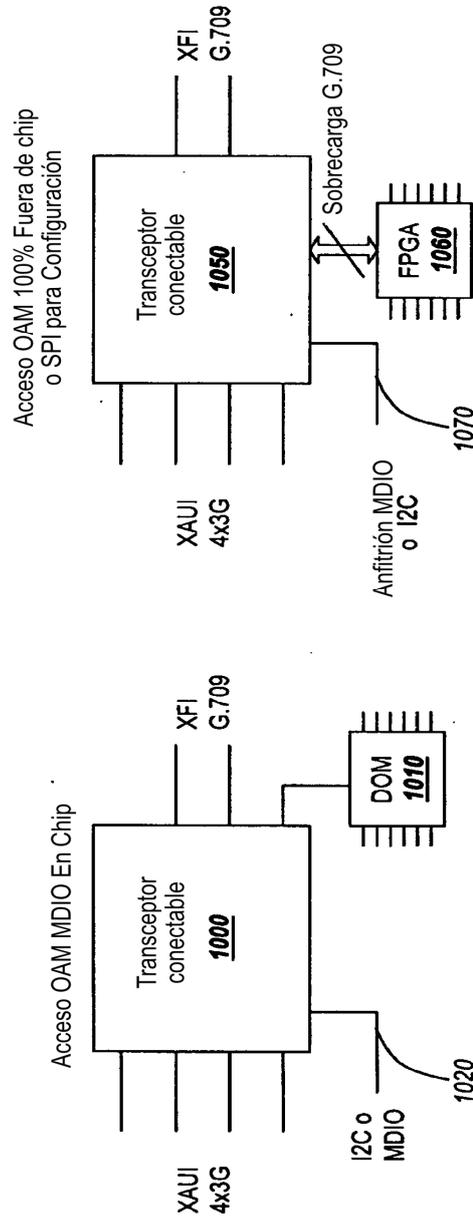


FIG. 10a.

FIG. 10b.

1100

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	FAS					MFAS		SM		GCC0			RES	RES	RES	JC
2	RES	T ACT	TCM6	TCM5	TCM4	TCM4	TCM4	TCM4	TCM4	TCM4	TCM4	TCM4	TCM4	FTFL	RES	JC
3	TCM3	TCM2	TCM1	PM	PM	PM	EXP	RES	RES	JC						
4	GCC1	GCC2	APS/PCC	RES	RES	RES	PSI	PSI	PSI	NJO						

 Soporte Opcional

FIG. 11.

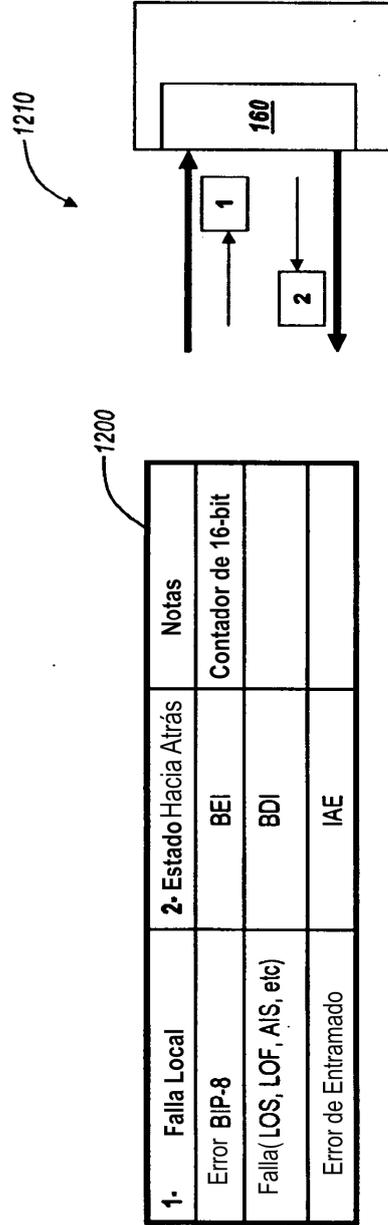


FIG. 12a.

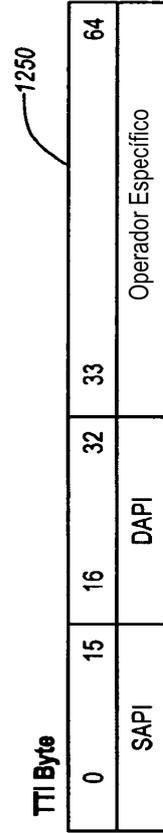


FIG. 12b.

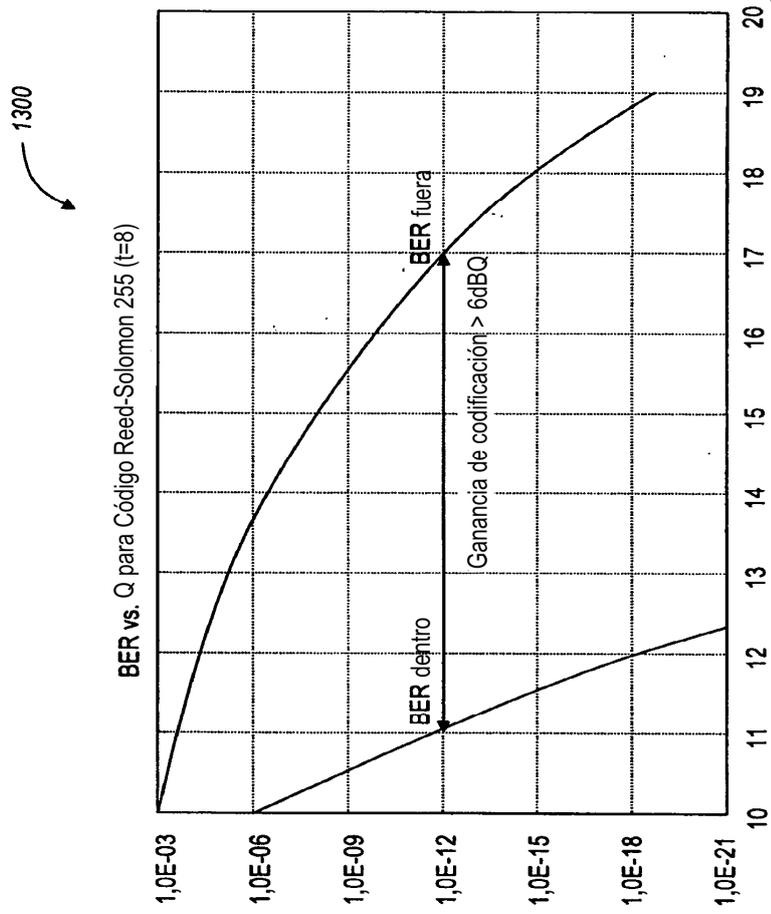


FIG. 13.

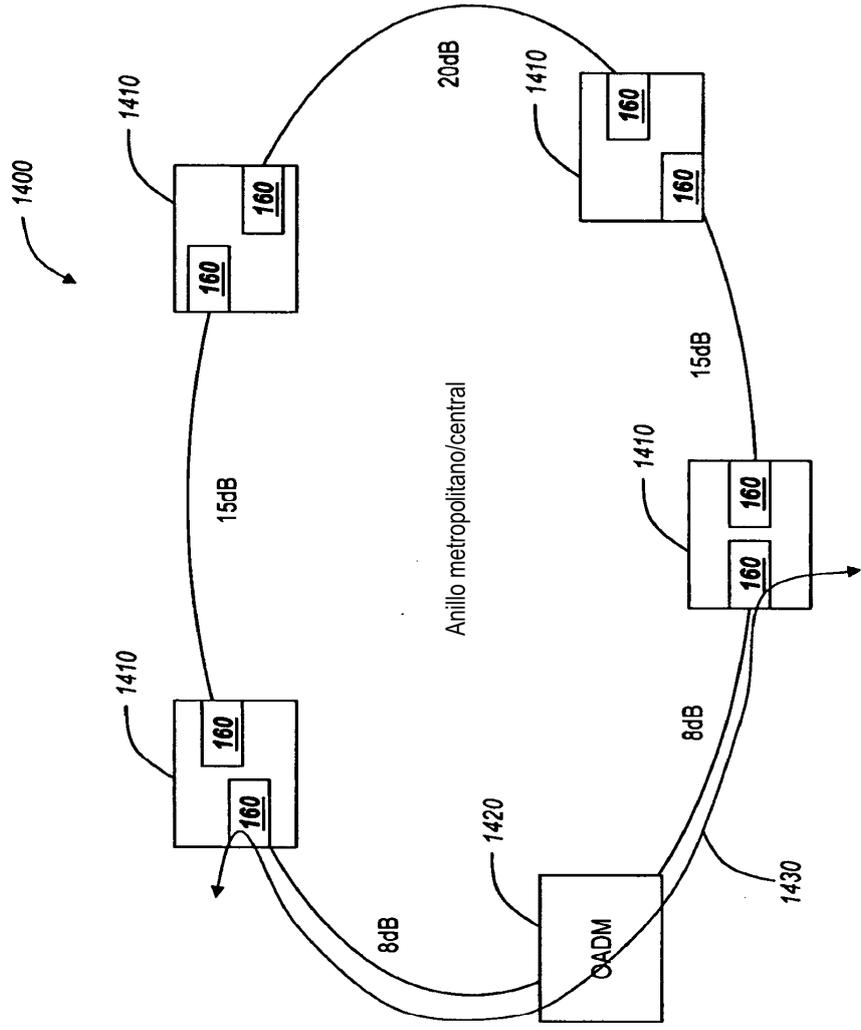


FIG. 14.

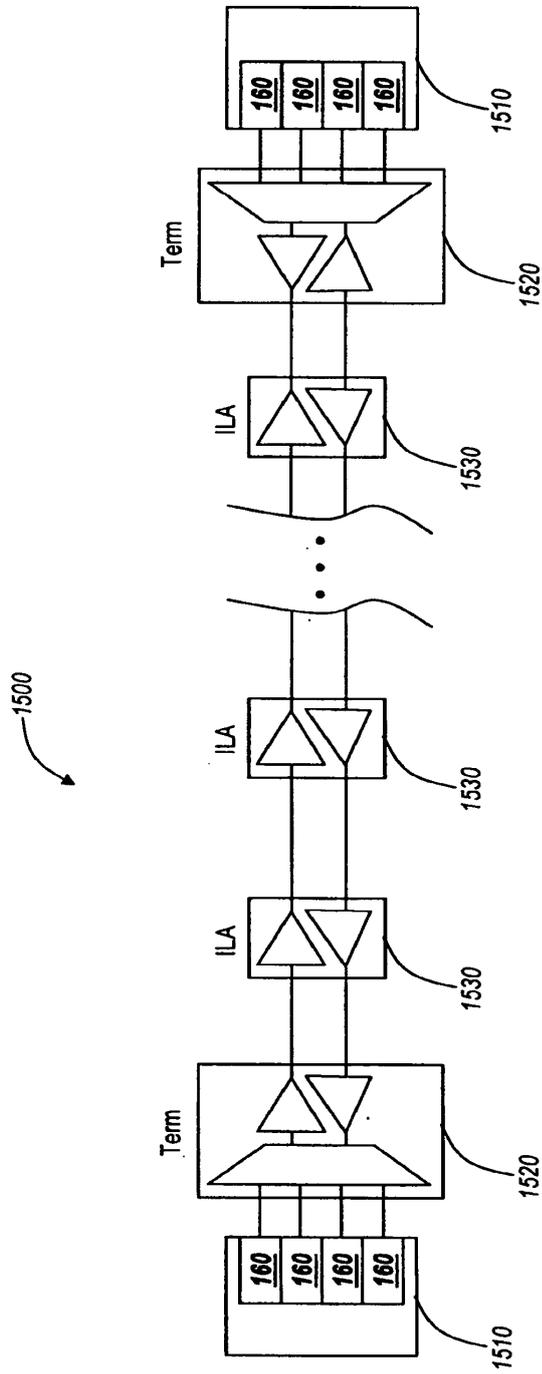


FIG. 15.