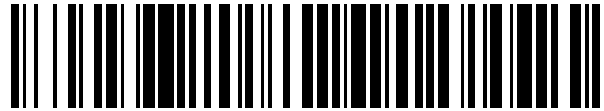


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 533 481**

51 Int. Cl.:

H04J 14/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2008 E 08715366 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.01.2015 EP 2074725**

54 Título: **Método y sistema de vigilancia del rendimiento de redes DWDM ópticas digitales**

30 Prioridad:

13.04.2007 US 911848 P
10.12.2007 US 953828

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.04.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

BAI, YUSHENG y
SHEN, XIAOANDY

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 533 481 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

Método y sistema de vigilancia del rendimiento de redes DWDM ópticas digitales

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere, en general, a técnicas de telecomunicaciones y más en particular, a un sistema y método para la vigilancia de rendimientos (PM) digital de alta relación de eficacia/coste de redes DWDM.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La multiplexión por división de longitud de onda densa (DWDM), desde su desarrollo en los años 1990, se ha convertido en una fuerza impulsora para el crecimiento rápido de varios tráficos en las redes de largo recorrido, regionales así como de área metropolitana. La reciente convergencia de vídeo, voz y datos y la gran difusión de nuevas aplicaciones tales como distribución de archivos multimedia, denominada *video podcasting* y la utilización compartida de archivos entre usuarios del mismo nivel denominada *peer-to-peer file sharing* plantean importantes retos a los técnicos especializados en DWDM para satisfacer las demandas de longitudes de onda dinámicas para servicios de usuarios. A modo de ejemplo, las redes DWDM tradicionales están basadas en Amplificadores de Fibra Dopada con Erblio (EDFAs), Módulos de Compensación de Dispersión (DCMs) y Multiplexores Ópticos Reconfigurables de Inserción-Retirada fijos (ROADMs) y suelen ser incapaces de proporcionar servicios de longitudes de onda no planificados. El soporte de un nuevo servicio en una red DWDM actual suele traducirse en un mayor tiempo inactivo de la red, lo que aumenta, en gran medida, los gastos de explotación del proveedor de servicios. Para admitir los cambios debidos a demandas de servicios y crecimiento del tráfico, suele ser deseable para los proveedores de servicios simplificar sus redes DWDM y desplazarse hacia gestiones de redes más eficaces y flexibles al mismo tiempo que se mantienen los altos niveles de fiabilidad. De este modo, es deseable para las nuevas redes DWDM cumplir requisitos básicos, tales como simplicidad, flexibilidad, solidez operativa y eficiencia de utilización del ancho de banda.

Los multiplexores de inserción-retirada ópticos reconfigurables (ROADM) son una de las soluciones ópticas prometedoras recientemente desarrolladas para satisfacer el crecimiento rápido de las demandas de servicios de longitudes de onda. Con los multiplexores ROADM, los proveedores de servicios pueden proveer dinámicamente a las redes, insertar nuevos servicios y/o reasignar la capacidad no utilizada. Sin embargo, las tecnologías de ROADM, con frecuencia, ha resultado solamente el aspecto de la flexibilidad de las redes DWDM, dejando sin resolver otros problemas tales como los de simplicidad, solidez operativa y eficiencia en la utilización del ancho de banda. En algunos casos, la tecnología ROADM puede complicar realmente estas cuestiones. A modo de ejemplo, en una red de llamada basada en ROADM para aplicaciones metropolitanas, la provisión dinámica con ROADM suele requerir algoritmos de gestión de potencia óptica sofisticados con pre-conocimiento de la nueva configuración para ser capaces de reevaluar parámetros tales como OSNR y penalización de mezcla-n-coincidencia. Cualquier cambio en la configuración de la red con ROADM suele dar lugar a un cambio de rendimiento de cada enlace en la red debido a la naturaleza compartida de EDFAs. La adición de un nuevo nodo puede complicar todavía más las redes basadas en ROADM y suele requerir una ingeniería inversa debido, a modo de ejemplo, a una relación OSNR inadecuada.

Por otro lado, el reciente desarrollo del transmisor/receptor DWDM integrado ofrece una solución potencial a las redes DWDM de la siguiente generación. A modo de ejemplo, los transmisores/receptores DWDM LR, dispuestos en conjuntos matriciales, pueden permitir que las señales ópticas de diferentes longitudes de onda se conviertan primero a señales eléctricas en cada nodo, haciendo caso omiso de sus destinos finales y su reconversión de nuevo a señales ópticas, sino han de suprimirse, para la transmisión a través de fibra al nodo de flujo abajo. Este método de regeneración total, en principio, puede eliminar la necesidad de amplificadores de fibra dopados con erblio (EDFAs) y los módulos de compensación de dispersión (DCMs) y en consecuencia, la gestión de la potencia óptica, con lo que se simplifica considerablemente las redes DWDM. Además, con el uso del conmutador eléctrico NxN de alta velocidad en la tarjeta de línea, se puede configurar el nodo para hacerse más efectivo y actualizar el nodo ROADM para que ofrezca simultáneamente las funciones de regeneración de la señal y de ROADM. Además, la eficiencia del ancho de banda y la solidez operativa (excluyendo el corte de fibra) se pueden realizar, con frecuencia, utilizando una protección compartida 1:N de conjuntos matriciales de transpondedores. Los estudios indican que con una protección de 1:12 la regeneración utilizando transpondedores, en conjuntos matriciales, puede tener una mejor fiabilidad que un amplificador EDFA.

No obstante, los conjuntos matriciales de transmisores/receptores DWDM integrados, aunque prometedoros desde el punto de vista del rendimiento, son de alto coste como una sustitución para EDFAs y/o ROADM. No suele ser económicamente viable a menos que el coste de dos de dichas unidades matriciales (que constituye un nodo de regeneración/ROADM) se haga menor que el de un amplificador EDFA junto con un ROADM. A modo de ejemplo, la integración monolítica en InP no puede cumplir este objetivo de coste. Incluso con la integración híbrida de bajo coste recientemente propuesta, el uso de transpondedores, en disposición matricial, para sustituir un amplificador EDFA y un ROADM es todavía demasiado costosa para justificar su desarrollo en numerosas aplicaciones. A modo de ejemplo, los componentes electrónicos asociados, tales como circuitos integrados de FEC, constituyen el denominado 'cuello de botella' del coste.

El documento WO 03/103204 A1 se refiere a un nodo regenerador para una red WDM, cuyo nodo comprende una unidad de interfaz de red integrada, dispuesta, en las condiciones de uso, para demultiplexar una señal óptica WDM entrante y convertir la señal óptica WDM entrante en una pluralidad de señales de canales eléctricos y para convertir y multiplexar una pluralidad de señales de canales eléctricos en una señal óptica WDM saliente; una unidad de interfaz tipo Oeste dispuesta, en condiciones de uso, para demultiplexar una señal óptica WDM entrante y para convertir la señal óptica WDM entrante en una pluralidad de señales de canales eléctricos y para convertir y multiplexar una pluralidad de señales de canales eléctricos en una señal WDM saliente y una unidad de regeneración dispuesta entre las unidades de interfaz este y oeste para regenerar las señales de canales eléctricos que utilizan al menos la regeneración de 2R.

En consecuencia, es muy deseable mejorar las técnicas para los sistemas de DWDM.

SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención, en general, a las técnicas de telecomunicaciones. Más en particular, la invención da a conocer un sistema y método para la vigilancia de rendimientos (PM) digital de alta relación resultados-coste de redes DWDM. A modo de ejemplo solamente, la invención puede aplicarse a la vigilancia de rendimientos digital y redes DWDM de regeneración completa de OEO basadas en conjuntos matriciales de transmisores-receptores DWDM integrados, pero debe reconocerse que la invención tiene una gama más amplia de aplicabilidad.

Según una forma de realización, la presente invención da a conocer un sistema para la vigilancia de rendimientos para una red DWDM. El sistema incluye un primer dispositivo fotónico integrado configurado para recibir una primera señal óptica y para proporcionar, a la salida, una primera pluralidad de señales eléctricas para una primera pluralidad de canales, respectivamente. La primera pluralidad de canales correspondiente a una primera pluralidad de gamas de longitudes de onda que están asociadas con la primera señal óptica. El sistema incluye un primer dispositivo de reloj y de recuperación de datos configurado para recibir la primera pluralidad de señales eléctricas y para resincronizar la primera pluralidad de señales eléctricas. Además, el sistema incluye un primer dispositivo de conmutación acoplado al primer dispositivo de reloj y de recuperación de datos sin un dispositivo de corrección de error acoplado entre el primer dispositivo de reloj y de recuperación de datos y el primer dispositivo de conmutación. Una primera interfaz, en el primer dispositivo de conmutación, está configurada para proporcionar, a la salida, una segunda pluralidad de señales eléctricas y una segunda interfaz, en el primer dispositivo de conmutación, está configurada para insertar o retirar uno o más canales y está acoplada a un dispositivo de corrección de error hacia delante (FEC), a un dispositivo de reloj y de recuperación de datos (CDR) y a un dispositivo de interfaz de inserción/retirada y el dispositivo de interfaz de inserción/retirada está configurado para recibir una señal eléctrica desde el dispositivo CDR, para convertir la señal eléctrica en una señal óptica y para proporcionar, a la salida, la señal óptica a uno o más canales de usuarios que pueden insertarse o retirarse de la red o para recibir una señal óptica procedente de un canal de usuario, para convertir la señal óptica en una señal eléctrica y para proporcionar, a la salida, la señal eléctrica al dispositivo CDR.

El sistema incluye, además, un puerto de salida en el primer dispositivo de conmutación configurado para proporcionar información asociada con uno de entre la primera pluralidad de canales. Un dispositivo de detección de error está acoplado al puerto de salida y está configurado para vigilar y comunicar el rendimiento de uno de entre la primera pluralidad de canales.

En una forma de realización específica, el puerto de salida está configurado para proporcionar una réplica de uno de entre la primera pluralidad de canales. En una forma de realización, el dispositivo de detección de error incluye un decodificador de corrección de error hacia delante. En otra forma de realización, el sistema incluye, además, un segundo dispositivo de conmutación, acoplado al puerto de salida y al dispositivo de detección de error, en donde el segundo dispositivo de conmutación está configurado para seleccionar uno de entre la primera pluralidad de canales. En una forma de realización, el dispositivo de detección de error vigila la tasa de error del canal de forma continuada y permite a un receptor en el lado de línea correspondiente ajustar su umbral de decisión para una tasa de error de bits más baja. En una forma de realización específica, la tasa binaria de error (BER) de cada canal está vigilada periódicamente por intermedio de la multiplexión por división de tiempo. En una forma de realización específica, el dispositivo de detección de error vigila la primera pluralidad de canales de forma secuencial, con cada uno de entre la primera pluralidad de canales siendo vigilado durante un periodo de tiempo de dos tramas OTU2. En otra forma de realización, el sistema incluye también un procesador acoplado al conmutador y al dispositivo de detección de error. El procesador está configurado para emitir instrucciones al dispositivo conmutador con respecto a la selección de canales y la duración temporal para la vigilancia.

En una forma de realización específica del sistema, el primer dispositivo fotónico integrado incluye un dispositivo de retículas de guías de ondas en disposición matricial configurado para recibir la primera señal óptica, para demultiplexar la primera señal óptica y para generar una pluralidad de señales ópticas correspondiente a la primera pluralidad de gamas de longitudes de onda y una pluralidad de transpondedores configurados para recibir la pluralidad de señales ópticas respectivamente y para convertir la pluralidad de señales ópticas en la primera pluralidad de señales eléctricas respectivamente. En una forma de realización, el primer dispositivo de reloj y de recuperación de datos está configurado, además, para recuperar una señal de reloj para cada una de entre la

primera pluralidad de señales eléctricas y para resincronizar cada una de entre la primera pluralidad de señales eléctricas sobre la base de al menos información asociada con la señal de reloj.

Según otra forma de realización de la invención, se da a conocer un método para la vigilancia de rendimientos para una red DWDM. El método incluye la recepción de una primera señal óptica y proporcionar, a la salida, una primera pluralidad de señales eléctricas para una primera pluralidad de canales, respectivamente. La primera pluralidad de canales corresponde a una primera pluralidad de gamas de longitudes de onda asociadas con la primera señal óptica. El método incluye, además, la recepción de la primera pluralidad de señales eléctricas y la recuperación de información de reloj y de sincronización de datos asociada con la primera pluralidad de señales eléctricas. El método incluye, además, proporcionar la información recuperada asociada con la primera pluralidad de señales eléctricas a un primer dispositivo conmutador de puntos de cruce sin corrección de error. El primer conmutador de puntos de cruce incluye una primera interfaz configurada para proporcionar a la salida, una segunda pluralidad de señales eléctricas a otro sistema. El primer conmutador de puntos de cruce incluye, además, una segunda interfaz configurada para insertar o retirar uno o más canales y acoplada a un dispositivo de corrección de error hacia delante (FEC), a un dispositivo de reloj y de recuperación de datos (CDR) y a un dispositivo de interfaz de inserción/retirada. Y el método incluye, además, recibir una señal eléctrica desde el dispositivo CDR, convertir la señal eléctrica en una señal óptica y proporcionar, a la salida, la señal óptica a uno o más canales de usuarios que puedan insertarse o retirarse desde la red o para recibir una señal óptica desde un canal de usuario, para convertir la señal óptica en una señal eléctrica y para proporcionar, a la salida, la señal eléctrica al dispositivo CDR.

Además, el método incluye también hacer que el dispositivo de conmutación de puntos de cruce proporcione información asociada con una de entre la primera pluralidad de señales eléctricas. Un dispositivo de detección de error se utiliza para recibir información asociada con una de entre la primera pluralidad de señales eléctricas y para vigilar e informar sobre el rendimiento de uno de entre la primera pluralidad de canales.

En una forma de realización específica del método, se utiliza un dispositivo fotónico integrado para recibir la primera señal óptica y para proporcionar, a la salida, la primera pluralidad de señales eléctricas. En una forma de realización, un primer dispositivo de reloj y de recuperación de datos se utiliza para recibir la primera pluralidad de señales eléctricas y para recuperar la información de reloj y de datos asociada con la primera pluralidad de señales eléctricas. En una forma de realización, el dispositivo de detección de error comprende un decodificador de corrección de error hacia delante. En una forma de realización específica, el primer conmutador de puntos de cruce incluye un puerto de salida configurado para proporcionar una réplica de una de las señales eléctricas. En otra forma de realización el primer dispositivo de conmutación de puntos de cruce incluye, además, un segundo dispositivo de conmutación, que está configurado para seleccionar uno de entre la primera pluralidad de canales para vigilancia de rendimientos. En una forma de realización, el dispositivo de detección de error vigila la tasa de errores del canal de forma continuada y permite al receptor del lado de línea correspondiente ajustar su umbral de decisión para una tasa de errores de bits más baja.

En una forma de realización del método, la tasa binaria de error (BER) de cada canal se vigila periódicamente por intermedio de la multiplexión por división de tiempo. En una forma de realización específica, el dispositivo de detección de error vigila la primera pluralidad de canales de forma secuencial, en donde cada uno de los canales es vigilado durante un periodo de tiempo de 2 tramas OTU2. En otra forma de realización, el método incluye, además, la utilización de un procesador acoplado al dispositivo de conmutación de puntos de cruce y al dispositivo de detección de error para proporcionar instrucciones con respecto a la selección de canales y a la duración temporal para la vigilancia.

Numerosas ventajas operativas se consiguen por intermedio de la presente invención con respecto a las técnicas convencionales. A modo de ejemplo, según una forma de realización de la invención, se dan a conocer técnicas para una solución simple, de bajo coste, para la vigilancia de rendimientos digital de una unidad de regeneración 3R de múltiples canales, con lo que se abre la posibilidad de comercializar DOADX para redes de transporte regionales/metropolitanas. En una forma de realización, el modo de incorporación operativa (*bring-up*) proporciona un medio para optimizar las interfaces del lado de línea para una mejora presupuestaria del enlace. Por lo tanto, no se necesita considerar ninguna penalización de cruce en la ingeniería de redes. En una forma de realización específica, el modo de corrección de anomalías operativas proporciona una plataforma de hardware para realizar la protección compartida en caso de degradación del rendimiento debido a fallos de intervalo temporal/hardware. Dicho mecanismo de protección puede dar lugar a un aumento considerable en la utilización del ancho de banda de la red. Según formas de realización de la invención, la puesta en práctica de estas técnicas en conjunción con un conmutador de puntos de cruce, tal como en el caso de DOADX, requiere solamente equipos físicos adicionales mínimos, tales como un decodificador FEC único por PID por dirección. En una forma de realización, la modernización de la red incluyendo la inserción/retirada de servicio (canales) requiere pocos equipos físicos adicionales para la PM digital. En otra forma de realización, las redes construidas sobre la base de la invención actual pueden configurarse para un modo operativo de conectar y usar (*plug-n-play*) con ninguna/limitada ingeniería de redes. El consumo de potencia adicional para el PM digital (esto es, un decodificador FEC único) es bajo, en el orden de magnitud de unos pocos vatios. Además, la medición directa de la tasa binaria de error (BER) proporciona también una más alta fiabilidad. En comparación con los dispositivos PM ópticos, tal como un analizador espectral óptico, la forma de realización de la presente invención tiene ventaja en lo que respecta a costes, compactación,

consumo de potencia así como en fiabilidad.

Dependiendo de la forma de realización, se pueden conseguir una o más de estas ventajas operativas. Estos beneficios y varios objetos, características y ventajas adicionales de la presente invención se pueden entender mejor haciendo referencia a la descripción detallada y dibujos adjuntos indicados a continuación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es un diagrama simplificado que ilustra un sistema para la tarjeta de línea DWDM según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 2 es un diagrama simplificado que ilustra un sistema de vigilancia de rendimientos para el nodo de conexiones cruzadas de inserción-retirada óptico digital (DOADX) según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 3 es un diagrama simplificado que ilustra un sistema de vigilancia de rendimientos para el nodo de conexiones cruzadas de inserción-retirada óptico digital (DOADX) según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 4 es un diagrama simplificado que ilustra un método para la vigilancia de rendimientos de canales utilizando un nodo de conexiones cruzadas de inserción-retirada óptico digital (DOADX) según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 5 es un diagrama simplificado que ilustra un sistema de vigilancia de rendimientos digital (PM) según una forma de realización alternativa de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se refiere, en general, a técnicas de telecomunicaciones. Más en particular, la invención da a conocer un sistema y método para la vigilancia de rendimientos (PM) digital operativamente rentable de redes DWDM. A modo de un simple ejemplo, la invención se ha aplicado a la vigilancia de rendimientos en el ámbito digital de redes DWDM completamente regeneradoras de la conversión OEO sobre la base de conjuntos matriciales de transmisores-receptores integrados DWDM, pero debe reconocerse que la invención tiene una más amplia gama de aplicabilidad.

Recientes esfuerzos en las tecnologías de circuitos integrados fotónicos (PIC) o dispositivos fotónicos integrados (PID) han abierto las posibilidades de construir nuevas redes ópticas que sean más simples, más flexibles, más sólidas y más eficientes respecto al ancho de banda para soportar los cambios rápidos en las demandas de servicios y el crecimiento del tráfico. Las redes construidas con estas tecnologías no tendrán necesidad de gestión de potencia óptica o una necesidad limitada, permitirán la prestación de servicios extremo a extremo automatizada y el descubrimiento de la topología y ofrecerán una protección de longitudes de ondas compartidas para una utilización eficiente de los equipos/ancho de banda. Estas características son cada vez más demandadas por los operadores de redes.

Sin embargo, las técnicas convencionales para configurar un nodo de regeneración presentan numerosas limitaciones. A modo de ejemplo, en algunos sistemas convencionales, parte del sistema está expuesto a errores no corregidos. Los errores de la transmisión a través del plano posterior de alta velocidad y rendimiento deficiente con fluctuaciones de los conmutadores pueden acumularse de un nodo a otro, con la consiguiente degradación del rendimiento global de la transmisión. Otros sistemas convencionales pueden proporcionar capacidades de corrección de errores más amplias, pero estos sistemas tienden a tener un coste de desarrollo notablemente más alto.

En redes de conexiones cruzadas ópticas/multiplexor de inserción-retirada óptico (ROADM/OXC) reconfigurables convencionales, la característica de reconfigurabilidad introduce una complejidad adicional en la ingeniería y gestión de redes. Algoritmos sofisticados para gestión de la potencia óptica con pre-conocimiento de la nueva configuración se necesitan para la provisión dinámica para evaluar rápidamente los rendimientos de enlaces para cada canal. Cualquier cambio en la configuración dará lugar a cambios de la relación de señal a ruido óptica (OSNR) y penalización de mezcla-n-coincidencia debido a la naturaleza compartida de EDFAs así como el diferente rendimiento del par de transmisor/receptor. La inserción/retirada de un nuevo nodo complicará todavía más las redes basadas en ROADM y suele requerir una ingeniería inversa como resultado de un presupuesto inadecuado respecto a OSNR y el enlace, a modo de ejemplo.

En las redes completamente ópticas en donde se desarrollan las ROADMs convencionales, la vigilancia de rendimientos de segmentos intermedios, que utilizan un analizador espectral óptico a modo de ejemplo, pueden estar presentes para detectar la potencia y la relación OSNR de cada canal. Sin embargo, los proveedores de servicios no suelen utilizar dicha característica de vigilancia en redes regionales/metropolitanas debido a sus

elevados gastos de capital.

En consecuencia, es muy deseable mejorar las técnicas para sistemas integrados de DWDM reconfigurables.

5 Según una forma de realización de la presente invención, redes DWDM de regeneración completa pueden establecerse en tarjetas de línea multifunción que incluyen transpondedores DWDM, en conjuntos matriciales, sobre la base de la tecnología PIC o PID. Las redes, con configuraciones adecuadas, ofrecen características tales como multiplexor de inserción-retirada óptico reconfigurable (ROADM), conexión cruzada óptica (OXC) así como regeneración de 3R (reamplificación, remodelación y resincronización) para el tráfico pasante según se ilustra en la Figura 1. Cada nodo de conversión óptica/eléctrica/óptica (OEO) en las redes se convierte en un nodo de ROADM/OXC de regeneración completa. Con circuitos de reloj y de recuperación de datos (CDR), en ambas entrada y salida de sus interfaces O/E, constituyen también una unidad de regeneración de 3R de múltiples canales y grados. Por lo tanto, cada nodo es efectivamente una conexión cruzada de inserción-retirada óptica digital (DOADX).

15 La Figura 1 es un diagrama simplificado que ilustra un sistema para la tarjeta de línea DWDM según una forma de realización de la presente invención. Este diagrama es simplemente una realización a modo de ejemplo. Un experto en esta técnica reconocería numerosas variaciones, alternativas y modificaciones. En la realización concreta, a modo de ejemplo, de la Figura 1, el sistema 100 puede utilizarse como un nodo de conexión cruzada de inserción-retirada óptica digital (DOADX). Según se representa, el sistema 100 ilustra un método para configurar un nodo de regeneración/ROADM utilizando dos tarjetas de línea de 12 canales, 110 y 120, a modo de ejemplo. La tarjeta de línea 110 incluye un dispositivo fotónico integrado (PID) 112, un dispositivo de reloj y de recuperación de datos (CDR) 114, un conmutador 116, una primera interfaz 117 y una segunda interfaz 118. De modo similar, la tarjeta de línea 120 incluye un dispositivo fotónico integrado (PID) 122, un dispositivo de reloj y de recuperación de datos (CDR) 124, un conmutador 126, una primera interfaz 127 y una segunda interfaz 128.

20 En una forma de realización específica, el dispositivo fotónico integrado 112 tiene 12 transpondedores DWDM con longitudes de onda multiplexadas/demultiplexadas por intermedio de una red AWG. En este método, señales ópticas 10G de diferentes longitudes de onda procedentes de un nodo de flujo ascendente, p.e., procedentes de la interfaz tipo Oeste según se ilustra en la Figura 1, se convierten primero en paralelo a señales eléctricas por el dispositivo PID. El circuito de reloj y de recuperación de datos 114 se utiliza para recuperar la señal de reloj en los datos ópticos recibidos en cada canal y para resincronizar los datos para su transmisión continuada a lo largo del enlace. Los 12 canales se dirigen luego a la parte tributaria para inserción-retirada por intermedio de la interfaz 118 o mediante la conexión de la placa posterior por intermedio de la interfaz 117 a la interfaz 127 de otra tarjeta de línea 120. La tarjeta de línea 120 recupera la señal de reloj y resincroniza los datos en CDR 124 y utiliza el dispositivo PID 122 para convertir las señales eléctricas de nuevo en señales ópticas para su transmisión a través de la fibra al nodo de flujo descendente, a modo de ejemplo, en la dirección Este según se ilustra en la Figura 1. Si se utiliza un conmutador no bloqueante de tipo 12x12 en 10G, dicho nodo es efectivamente un nodo ROADM con regeneración completa para canales pasantes.

30 Según se ilustra en la Figura 1, la tarjeta de línea 110 incluye también una segunda interfaz 118, que está acoplada a una parte tributaria para dispositivos de canales adicionales de inserción-retirada. Según se ilustra en la Figura 1, la interfaz 118 está acoplada a un dispositivo de corrección de error hacia delante (FEC) 111, a un dispositivo de reloj y de recuperación de datos (CDR) 113 y un dispositivo de interfaz de inserción/retirada 119. En una forma de realización, el dispositivo de interfaz de inserción/retirada 119 está configurado para recibir una señal eléctrica desde el dispositivo de reloj y de recuperación de datos 113, para convertir la señal eléctrica en una señal óptica y para proporcionar, a la salida, la señal óptica a uno o más dispositivos de canales de usuarios que pueden insertarse o eliminarse de la red. En la Figura 1, el dispositivo de interfaz de inserción/retirada 119 tiene la capacidad de insertar o retirar 12 canales de 10G cada uno. Cada canal se corrige con respecto a los errores de transmisión mediante un procesador de transporte óptico con una característica de corrección de error hacia delante (FEC) incorporada. En otra forma de realización, el dispositivo de interfaz de inserción/retirada 119 está configurado para recibir una señal óptica desde un canal de usuario, para convertir la señal óptica en una señal eléctrica y para proporcionar, a la salida, la señal eléctrica al dispositivo de reloj y de recuperación de datos 113. En una forma de realización específica, el dispositivo de interfaz de inserción/retirada 119 puede incluir un dispositivo fotónico integrado (PID).

40 De forma similar, la tarjeta de línea 120 incluye también una segunda interfaz 128 acoplada a una parte tributaria para dispositivos de canales adicionales de inserción/retirada. Según se ilustra en la Figura 1, la tarjeta de línea 120 incluye un dispositivo de corrección FEC 121, un dispositivo CDR 123 y un dispositivo de interfaz de inserción/retirada 129, que funcionan de manera similar a FEC 111, CDR 112 y el dispositivo de interfaz de inserción/retirada 119, respectivamente.

50 Aunque lo que antecede se ha ilustrado utilizando un grupo de componentes seleccionados para el sistema 100, pueden existir numerosas alternativas, modificaciones y variaciones. A modo de ejemplo, algunos de los componentes pueden expandirse y/o combinarse. Otros componentes pueden insertarse a los anteriormente indicados. Dependiendo de la forma de realización, la disposición de los componentes puede intercambiarse con otros sustituidos. Detalles adicionales de estos componentes se encuentran a través de la presente especificación

técnica y más en particular, a continuación.

Los dispositivos fotónicos integrados (PID) 112 están configurados para recibir una señal óptica desde el lado de línea o para proporcionar, a la salida, una señal óptica al lado de línea. Además, el dispositivo fotónico integrado 112 está configurado para proporcionar, a la salida, o para recibir, una pluralidad de señales eléctricas para una pluralidad de canales, respectivamente. La pluralidad de canales corresponde a una pluralidad de gamas de longitudes de onda para la señal óptica recibida o proporcionada a la salida.

Según una forma de realización, el dispositivo fotónico integrado 112 incluye un dispositivo de rejilla de guías de onda matricialmente dispuesta y una pluralidad de transpondedores. A modo de ejemplo, el dispositivo de rejillas de guías de onda matricialmente dispuesto está configurado para recibir la señal óptica procedente del lado de línea, para demultiplexar la señal óptica recibida y para proporcionar, a la salida, una pluralidad de señales ópticas en correspondencia con la pluralidad de gamas de longitudes de onda. A modo de otro ejemplo, la pluralidad de transpondedores está configurada para recibir la pluralidad de señales ópticas respectivamente y para convertir la pluralidad de señales ópticas en la pluralidad de señales eléctricas, respectivamente.

El dispositivo de reloj y de recuperación de datos 114 está acoplado al dispositivo fotónico integrado 112. A modo de ejemplo, el dispositivo de reloj y de recuperación de datos 114 está configurado para recibir la pluralidad de señales eléctricas desde el dispositivo fotónico integrado 112. A modo de otro ejemplo, el dispositivo de reloj y de recuperación de datos 114 está configurado, además, para recuperar una señal de reloj para cada una de entre la pluralidad de señales eléctricas y para resincronizar cada una de entre la pluralidad de señales eléctricas en función de la señal de reloj. A modo de otro ejemplo, el dispositivo de reloj y de recuperación de datos se utiliza para recibir las señales eléctricas y para recuperar la información de señal de reloj y datos asociada con las señales eléctricas.

El conmutador 116 está acoplado al dispositivo de reloj y de recuperación de datos 114 y a las interfaz 117 y 118. En una forma de realización específica, el dispositivo de conmutación 116 está acoplado al dispositivo de reloj y de recuperación de datos, sin dispositivo de corrección de error, acoplado entre el dispositivo de reloj y de recuperación de datos 114 y el dispositivo de conmutación 116. A modo de ejemplo, el conmutador 116 está acoplado al dispositivo de reloj y de recuperación de datos 114 sin necesidad de ningún dispositivo de corrección de error hacia delante (FEC). Para cada una de entre la pluralidad de señales eléctricas, el conmutador 116 es capaz de dirigir cada una de entre la pluralidad de señales eléctricas a uno o más de los dispositivos de canales conectados por intermedio de la interfaz 118.

La interfaz 118 está configurada para insertar o retirar uno o más dispositivos de canales por intermedio del dispositivo de interfaz de inserción/retirada 119. Los dispositivos de interfaz de inserción/retirada 119 están configurados para insertar o eliminar una o más señales eléctricas para uno o más canales, respectivamente. En una forma de realización, cada uno de los uno o más dispositivos de canales incluye un dispositivo de corrección de error hacia delante (FEC). A modo de ejemplo, en una forma de realización específica, cada uno de los uno o más dispositivos de canales puede incluir un solo dispositivo de corrección de error hacia delante (FEC) y otro componente o componentes que no incluyen ningún dispositivo de corrección de error hacia delante. A modo de otro ejemplo, el sistema 110 incluye una placa madre y una placa hija para cada uno de los uno o más dispositivos de canales. Cada tarjeta hijo puede incluir un dispositivo FEC, un dispositivo CDR y una interfaz de inserción/retirada. En una forma de realización, la placa derivada es conocida como una placa hija. En otra forma de realización, la placa hija es capaz de insertarse en la placa madre por intermedio de la interfaz 118.

Según se ilustra en la Figura 1 y se describió con anterioridad, cada nodo de conversión óptica-eléctrica-óptica (OEO), tal como el sistema 100, en las redes se convierte en un nodo ROADM/OXC de regeneración completa. Con los circuitos de reloj y de recuperación de datos (CDR) como entrada y salida de sus interfaces O/E, es también una unidad de regeneración 3R de múltiples canales y grados. Por lo tanto, cada nodo es efectivamente una conexión cruzada de inserción-retirada óptica digital (DOADX).

Desde el punto de vista funcional, dicho nodo es similar a un nodo de conexión cruzada óptico (OXC) junto con un nodo ROADM en todas las redes ópticas, con la excepción de que las señales son ahora de 3R completamente regeneradas y en consecuencia, son de mucha mejor calidad. En comparación con el nodo ROADM/OXC convencional, un nodo DOADX tiene ventajas importantes en particular para las redes regionales/metropolitanas en donde la flexibilidad y el coste son los factores principales. Al desarrollar dicho nodo, los proveedores de servicios pueden elegir entre insertar/retirar cualesquiera canales, proteger cualquier canal en caso de que tenga un fallo operativo y encaminar las longitudes de onda pasantes a cualesquiera puertos de salida sin bloqueo. Las dos últimas características no están disponibles con el ROADM convencional. Además, la regeneración de 3R elimina la necesidad de EDFAs en numerosas redes regionales/metropolitanas y por lo tanto, simplifica considerablemente la ingeniería y gestión de redes. En comparación con un enlace completamente óptico, el método DOADX tiene otras ventajas añadidas incluyendo un más largo alcance y una ingeniería de redes simplificada.

La Figura 2 es un diagrama simplificado que ilustra un sistema de vigilancia de rendimientos para el nodo de conexión cruzada de inserción-retirada óptica digital (DOADX) según una forma de realización de la presente invención. Este diagrama es solamente a modo de ejemplo. Un experto en esta técnica reconocería numerosas

variaciones, alternativas y modificaciones. Según se representa, el sistema 200 ilustra un método para configurar un nodo de regeneración/ROADM utilizando dos tarjetas de línea de 12 canales, 210 y 220, a modo de ejemplo. Las tarjetas de línea 210 y 220 son similares a las tarjetas de línea 110 y 120 de la Figura 1, respectivamente. Ambas tarjetas de línea 210 y 220 incluyen un dispositivo fotónico integrado (PID), un dispositivo de reloj y de recuperación de datos (CDR), un dispositivo de conmutación, una primera interfaz y una segunda interfaz. Las operaciones de estas unidades funcionales son similares a las unidades funcionales correspondientes en la Figura 1 anteriormente descritas.

Según una forma de realización específica, se dan a conocer técnicas para utilizar un circuito integrado de vigilancia digital para detectar los errores digitales recibidos desde todos los canales pasantes en un PID, del tipo uno a uno, por intermedio de una multiplexión por división de tiempo (TDM). En algunas formas de realización de la invención, el circuito integrado de vigilancia digital puede incluir dispositivos de detección de errores. En una forma de realización específica, las señales de todos los canales son de una trama de codificación FEC idéntica. En esta forma de realización, un dispositivo de corrección de error hacia delante (FEC) puede utilizarse para decodificar la señal y proporcionar capacidades de detección de error. Realizaciones, a modo de ejemplo, de los dispositivos de detección de error, en los circuitos integrados de vigilancia digital, se ilustran en la Figura 2 como un dispositivo de corrección de error hacia delante (FEC) 231 en la tarjeta de línea 210 y un dispositivo de corrección de error hacia delante (FEC) 233 en la tarjeta de línea 220.

En la Figura 2, el dispositivo FEC 231 está acoplado al conmutador 216 por intermedio del puerto de interfaz 234. En una forma de realización específica, este puerto adicional puede obtenerse utilizando un conmutador $(N+1) \times (N+1)$ acoplado al dispositivo PID 212, en donde N es el número de canales. En la realización específica, representada en la Figura 2, existen 12 canales y N es igual a 12. En una forma de realización específica, la salida del puerto 234 está programada para ser una réplica de uno de los canales pasantes mediante multidifusión, que es una característica en el conmutador de puntos de cruce 216 en una forma de realización específica. La réplica se aplica luego al decodificador FEC 231 para determinar la tasa de errores acumulados durante la transmisión desde el nodo de adición y los resultados se informan al gestor de energía óptica (OPM), que es una parte del programa informático de gestión de redes (no ilustrado). El gestor OPM está configurado para tomar acciones adecuadas, tales como cambiar el umbral de decisión del receptor del lado de línea correspondiente según una forma de realización de la invención. De forma similar, el dispositivo FEC 233 está acoplado al conmutador 226 por intermedio del puerto 235 para proporcionar una función de vigilancia digital en la tarjeta de línea 220.

Según las formas de realización de la presente invención, los conmutadores, a modo de ejemplo, 216 y 226, pueden programarse para la vigilancia de canales pasantes especificados por los usuarios en cualquier orden deseado. En una forma de realización específica, existen tres modos operativos básicos para la unidad de vigilancia de rendimientos (PM) digital: modo de incorporación operativa de red, modo objetivo normal y modo de corrección de anomalías. Más detalles sobre estos modos objetivos se proporcionan a continuación.

En el modo de incorporación operativa, el conmutador proporciona una réplica de la salida de un canal pasante a petición del OPM. Este canal suele ser el primero a proporcionarse para servicio por OPM. El conmutador permite al dispositivo FEC vigilar la tasa de errores del canal, de forma continuada, hasta que reciba una demanda en sentido contrario. Durante este periodo de tiempo, el receptor del lado de línea correspondiente puede ajustar su umbral de decisión para tasa binaria de error más baja (BER). Una vez que se alcance el umbral óptimo, el gestor OPM demandará un desplazamiento al canal siguiente y repetirá el proceso hasta que todos los receptores de los canales pasantes estén optimizados.

El modo de funcionamiento normal se utiliza cuando la optimización del umbral de decisión está realizada para todos los canales. Bajo esta condición, la tasa binaria de error (BER) de cada canal pasante se vigila periódicamente por intermedio de TDM con algoritmos de muestro deseados. La más rápida tasa de muestreo para canales 10G con FEC se determina por la longitud de una trama de transporte óptico, esto es, OTU2, que tiene 130,560 bits o una longitud de 13.056 s (véase ITU G.709). Esta tasa de muestreo depende del número de canales pasantes presentes. Para un nodo con 10 canales pasantes en 10G, a modo de ejemplo, la más rápida tasa de muestreo por canal es 7.7 KHz. En realidad, esta tasa suele ser mucho más baja debido a la naturaleza asíncrona del conmutador de puntos de cruce y es más probable una tasa inferior a 3.8 KHz.

El modo de corrección de anomalías operativas se desarrolla cuando los errores de un canal bajo vigilancia superan un nivel de umbral predefinido informado por cualquier codificador FEC a lo largo del enlace incluyendo el existente en el nodo de eliminación. Bajo esta condición, el decodificador FEC se conmuta al canal en condición problemática, mide la tasa de errores para un periodo de tiempo extendido, informa de los resultados al OPM y se conmuta de nuevo a su modo de funcionamiento normal.

Según las formas de realización de la presente invención, se dan a conocer técnicas para la optimización de puntos de decisión del receptor del lado de línea, vigilancia de rendimientos digital en cada nodo y una plataforma de hardware para la protección compartida. Estas características no suelen estar disponibles en las tecnologías convencionales o son demasiado costosas para justificar sus desarrollos en redes regionales/metropolitanas. Por el contrario, el coste para poner en práctica las técnicas dadas a conocer por las formas de realización de la invención

actual es moderado. En una forma de realización específica, el coste incluye, a modo de ejemplo, un decodificador FEC por PID y por dirección.

En redes basadas en DOADX según se ilustra en la Figura 2, la eliminación de FEC en el lado de línea permite una puesta en práctica más económica de la red. La introducción de un dispositivo de detección de error tal como FEC 231, a un puerto adicional 234 del conmutador 216 proporciona capacidad para la vigilancia de rendimientos para los canales pasantes. Esta capacidad permite al sistema optimizar el punto de decisión de los conectores del lado de línea. En consecuencia, la penalización de mezcla-n-coincidencia de los transpondedores puede reducirse en la ingeniería de redes. Esta penalización puede ser de una magnitud tal como 2 dB en el caso en donde se utilicen láseres de modulación directa (DML), lo que impacta sobre el presupuesto del enlace de red. Esta capacidad de vigilancia permite también la identificación local de la degradación de los rendimientos de transpondedores intermedios, con lo que se elimina la necesidad de medir la degradación en el lado de eliminación, con lo que se complican los procedimientos de corrección de anomalías operativas.

Otra ventaja de introducir FEC 231 es que puede ponerse en práctica una protección compartida. La protección compartida es una característica deseada inherente a la regeneración de 3R en cada nodo. Con la protección compartida, una protección 1:N local puede desarrollarse para el segmento en fallo operativo, dejando el resto de la red sin modificar para una mejora de la utilización del ancho de banda. El dispositivo FEC adicional acoplado al conmutador permite una protección compartida proporcionando la capacidad para vigilar cada canal en cada nodo de regeneración 3R. Sin la vigilancia de rendimientos, si falla un canal en un nodo, el enlace completo es operativamente suprimida como en el caso de un enlace completamente óptico puesto que la red es incapaz de localizar el segmento causante del problema operativo.

La Figura 3 es un diagrama simplificado que ilustra un sistema de vigilancia de rendimientos para un nodo de conexión cruzada de inserción-retirada óptica digital (DOADX) según otra forma de realización de la presente invención. Este diagrama es simplemente a modo de ejemplo. Un experto ordinario en esta técnica reconocería numerosas variaciones, alternativas y modificaciones. Según se ilustra, un conmutador de puntos de cruce de tipo 48x48 316 se utiliza seguido por un conmutador 12x1, 326. En una forma de realización específica, el conmutador 316 genera 12 réplicas de tipo uno a uno, de los canales pasantes 10G mediante multidifusión y alimentación al conmutador 12x1 326 para la detección por multiplexión por división de tiempo (TDM) por intermedio de un decodificador FEC 331. En este caso, un dispositivo de corrección de error hacia delante (FEC) puede utilizarse como un dispositivo de detección de error para decodificar las señales y proporcionar capacidades de detección de error. En este diseño, la configuración de multidifusión es estática, mientras que la conmutación de canales es dinámica, lo que puede aumentar ligeramente la velocidad de conmutación. En formas de realización alternativas, otros diseños son también posibles para realizar tareas de vigilancia de rendimientos de tipo digital obteniendo réplicas de los canales de salida en una forma de TDM y detectando con un decodificador FEC.

La Figura 4 es un diagrama simplificado que ilustra un método para la vigilancia de rendimientos de canales en un nodo de conexión cruzada de inserción-retirada óptica digital (DOADX) según una forma de realización de la presente invención. Este diagrama es solamente a modo de ejemplo. Un experto ordinario en esta técnica reconocería numerosas variaciones, alternativas y modificaciones. La Figura 4 ilustra, a modo de ejemplo, la conmutación TDM para 3 canales pasantes a vigilarse en el modo operativo normal según otra forma de realización de la invención. En este caso, el decodificador de FEC efectúa la lectura de los canales 1, 2 y 3 de forma secuencial y en cada canal, el conmutador permanece durante un período de tiempo igual a dos tramas OTU2 (26.1 segundos para OTU2) para garantizar la captura de una trama completa debido a la naturaleza asíncrona del conmutador. Para fines de comparación, la velocidad de conmutación de canal único de un conmutador de puntos de cruce suele ser de 20 a 30 nanosegundos, que es notablemente más corta que una trama OTU2. Los errores detectados se informan luego de nuevo a un sistema de vigilancia. Una realización, a modo de ejemplo, del sistema de vigilancia se describe a continuación. En formas de realización alternativas, se pueden utilizar también aquí otros órdenes de conmutación como la conmutación aleatoria.

La Figura 5 es un diagrama simplificado que ilustra un sistema de vigilancia de rendimientos digital (PM) según otra forma de realización de la presente invención. Este diagrama es solamente a modo de ejemplo. Un experto ordinario en esta técnica reconocería numerosas variaciones, alternativas y modificaciones. Según una forma de realización específica de la invención, cada canal puede utilizar diferentes intervalos temporales sobre la base de su rendimiento digital medido. Para los canales cuyos errores informados sean marginales, se pueden medir más tramas antes de la conmutación al canal siguiente. En este caso, se puede asignar a cada canal un número de tramas diferente para su vigilancia. A modo de ejemplo, el sistema PM digital vigila una sola trama OTU2 para los canales 1 y 2 que tienen bajas tasas de errores y 3 tramas OTU2 para el canal 3 debido su más alta tasa binaria de error BER. En la Figura 5, el sistema de vigilancia PM digital 500 incluye un microprocesador 501 acoplado a un dispositivo de conmutación 503 y un decodificador FEC 505. El decodificador FEC 505 está también acoplado a un dispositivo de conmutación 503. En esta forma de realización, el decodificador FEC se utiliza como un dispositivo de detección de error para decodificar las señales y proporcionar capacidades de detección de error. En una realización concreta, a modo de ejemplo, el microprocesador 501 emite instrucciones al conmutador 503 con respecto a qué canal vigilar y la duración de los intervalos temporales para la vigilancia. El dispositivo de conmutación 503 envía señales eléctricas desde el canal seleccionado al decodificador FEC 505 para su vigilancia. El decodificador FEC

505 envía luego información del canal incluyendo la tasa BER y el número de trama al microprocesador 501 para su análisis. Los modos de incorporación operativa y de corrección de anomalías pueden considerarse como una variación de la realización, a modo de ejemplo, anteriormente descrita. Por supuesto, pueden existir otras variaciones, modificaciones y alternativas.

5 Dependiendo de las formas de realización, la presente invención incluye varias características. Estas características operativas pueden incluir lo siguiente:

- 10 • Un dispositivo de vigilancia de rendimientos digital único (un dispositivo de detección de error, p.e., un decodificador FEC) se utiliza para la vigilancia de los rendimientos digitales de dispositivos de transporte de regeneración 3R de múltiples canales por intermedio del multiplexor TDM;
- 15 • Un conmutador de puntos de cruce se utiliza para proporcionar cada una de las señales de múltiples canales para la vigilancia digital;
- 20 • El conmutador de puntos de cruce se utiliza como una tarjeta de línea de múltiples canales para optimizar el umbral de decisión del receptor del lado de línea óptico correspondiente para mejora del presupuesto del enlace;
- La vigilancia de rendimientos, por intermedio de TDM, ofrece una plataforma de hardware de bajo coste para protección de equipos en régimen compartido y
- 25 • Diferentes modos de funcionamiento pueden programarse para una vigilancia de rendimientos normal, para la incorporación operativa suprimida de la red así como para la corrección de anomalías operativas.

Según se ilustra, las características anteriores pueden incluirse en una o más de las formas de realización. Estas características son simplemente a modo de ejemplo. Un experto ordinario en esta técnica reconocería numerosas variaciones, modificaciones y alternativas.

30 Numerosas ventajas operativas se consiguen mediante la presente invención con respecto a las técnicas convencionales. A modo de ejemplo, según una forma de realización de la invención, se dan a conocer técnicas para una solución simple de bajo coste para la vigilancia de rendimientos digital de la unidad de regeneración 3R de múltiples canales, la apertura de la posibilidad de comercialización de dispositivos DOADX para redes de transporte regionales/metropolitanas. En una forma de realización, el modo de incorporación operativa proporciona un medio para optimizar las interfaces del lado de línea para la mejora del presupuesto del enlace. Por lo tanto, no necesita considerarse ninguna penalización de mezcla-n-coincidencia en la ingeniería de redes. En una forma de realización específica, el modo de corrección de anomalías operativas proporciona una plataforma de hardware para poner en práctica una protección compartida en caso de degradación de los rendimientos debido a fallos de intervalo *span/hardware*. Dicho mecanismo de protección puede dar lugar a un aumento considerable en la utilización del ancho de banda de la red. Según formas de realización de la invención, la puesta en práctica de estas técnicas en conjunción con un conmutador de puntos de cruce, tal como en el caso de la conexión DOADX, requiere solamente un hardware adicional mínimo, tal como un decodificador FEC único por PID y por dirección. En una forma de realización, la modernización de la red incluyendo la adición/eliminación de servicios (canales) requiere pocos equipos físicos adicionales para la vigilancia PM digital. En otra forma de realización, las redes construidas según la presente invención pueden configurarse para la conexión de uso rápido denominada 'plug-n-play' con ingeniería de red limitada o no existente. El consumo de energía adicional del PM digital (esto es, un decodificador FEC único) es bajo, del orden de magnitud de unos pocos vatios. Además, la medición directa de BER proporciona también una más alta fiabilidad. En comparación con los dispositivos PM ópticos tales como un analizador espectral óptico, las formas de realización de la invención actual presentan ventajas en coste, capacidad de compactación, consumo de energía así como fiabilidad.

Asimismo, se entiende que las realizaciones a modo de ejemplo y las formas de realización aquí descritas son para fines ilustrativos solamente y que varias modificaciones o cambios, que se deriven de esta descripción, serán sugeridas para expertos en esta técnica.

55

60

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de vigilancia de los rendimientos para una red DWDM, que comprende:

5 un primer dispositivo fotónico integrado (112, 212), configurado para recibir una primera señal óptica y proporcionar, a la salida, una primera pluralidad de señales eléctricas para una primera pluralidad de canales, respectivamente, en donde la primera pluralidad de canales corresponde a una primera pluralidad de gamas de longitudes de onda asociadas con la primera señal óptica;

10 un primer dispositivo de reloj y de recuperación de datos (114, 214), configurado para recibir la primera pluralidad de señales eléctricas y resincronizar la primera pluralidad de señales eléctricas;

un primer dispositivo de conmutación (116, 216), acoplado al primer dispositivo de reloj y de recuperación de datos (114, 214), sin un dispositivo de corrección de error acoplado entre el primer dispositivo de reloj y de recuperación de datos y el primer dispositivo de conmutación (116, 216);

15 una primera interfaz (117, 217), en el primer dispositivo de conmutación (116, 216), estando la primera interfaz (117, 217) configurada para proporcionar, a la salida, una segunda pluralidad de señales eléctricas; una segunda interfaz (118, 218), en el primer dispositivo de conmutación (116, 216), estando la segunda interfaz (118, 218), configurada para insertar o retirar uno o más canales;

20 el dispositivo de interfaz de inserción/retirada (119) está configurado para recibir una señal eléctrica desde el dispositivo CDR (113), para convertir la señal eléctrica en una señal óptica y para proporcionar, a la salida, la señal óptica a uno o más canales de usuarios que pueden insertarse o retirarse de la red o para recibir una señal óptica desde un canal de usuario, para convertir la señal óptica en una señal eléctrica y para proporcionar, a la salida, la señal eléctrica al dispositivo CDR (113), caracterizado por cuanto que la segunda interfaz está acoplada a un dispositivo de corrección de error hacia delante, FEC (111), a un dispositivo de reloj de recuperación de datos CDR (113) y un dispositivo de interfaz de inserción/retirada (119);

30 un puerto de salida (234) en el primer dispositivo de conmutación (216), configurado para proporcionar información asociada con uno de la primera pluralidad de canales; y

un dispositivo de detección de error (231), acoplado al puerto de salida (234), en donde el dispositivo de detección de error (231) está configurado para vigilar e informar del rendimiento de uno de entre la primera pluralidad de canales,

35 en donde el dispositivo de detección de error (231) comprende un decodificador de corrección de error hacia delante único.

40 2. El sistema según la reivindicación 1, en donde el puerto de salida (234) está configurado para proporcionar una réplica de un canal de entre la primera pluralidad de canales.

45 3. El sistema según la reivindicación 1, que comprende, además, un segundo dispositivo de conmutación (226) acoplado al puerto de salida (235) y al dispositivo de detección de error (233), en donde el segundo dispositivo de conmutación (226) está configurado para seleccionar uno de entre la primera pluralidad de canales.

50 4. El sistema según la reivindicación 1, en donde el dispositivo de detección de error (231) vigila la tasa de error del canal de manera continua y permite a un receptor del lado de línea correspondiente ajustar su umbral de decisión para una más baja tasa binaria de error.

5. El sistema según la reivindicación 1, en donde la tasa binaria de error (BER) de cada canal se vigila periódicamente por intermedio de una multiplexión por división de tiempo.

55 6. El sistema según la reivindicación 5, en donde el dispositivo de detección de error (231) vigila la primera pluralidad de canales de forma secuencial, en donde cada uno de entre la primera pluralidad de canales se vigila durante un periodo de tiempo de 2 tramas OTU2.

60 7. El sistema según la reivindicación 1, que comprende, además, un procesador (501) acoplado al conmutador (503) y al dispositivo de detección de error (505), en donde el procesador (501) está configurado para emitir instrucciones al conmutador (503) con respecto a la selección de canales y a la duración temporal de la vigilancia.

8. Un método para la vigilancia de rendimientos para una red de DWDM, cuyo método comprende:

65 recibir una primera señal óptica y proporcionar, a la salida, una primera pluralidad de señales eléctricas para una primera pluralidad de canales respectivamente, en donde la primera pluralidad de canales corresponde a una primera pluralidad de gamas de longitudes de onda asociadas con la primera señal óptica;

recibir la primera pluralidad de señales eléctricas y recuperar la información de reloj y de sincronización de datos asociadas a la primera pluralidad de señales eléctricas;

- 5 proporcionar la información recuperada asociada con la primera pluralidad de señales eléctricas a un primer dispositivo de conmutación de puntos de cruce sin corrección de error, en donde el primer conmutador de puntos de cruce, que incluye una primera interfaz (117, 217), configurada para proporcionar, a la salida, una segunda pluralidad de señales eléctricas a otro sistema y el primer conmutador de puntos de cruce incluye una segunda interfaz (118, 218) configurada para insertar o retirar uno o más canales;
- 10 recibir una señal eléctrica desde el dispositivo CDR (113), convertir la señal eléctrica en una señal óptica y proporcionar, a la salida, la señal óptica a uno o más canales de usuarios que pueden insertarse o retirarse desde la red o recibir una señal óptica desde un canal de usuario, convertir la señal óptica en una señal eléctrica y proporcionar, a la salida, la señal eléctrica al dispositivo CDR (113);
- 15 caracterizado por cuanto que la segunda interfaz está acoplada a un dispositivo de corrección de error hacia delante, FEC (111), a un dispositivo de reloj y de recuperación de datos, CDR (113), a un dispositivo de interfaz de inserción/retirada (119);
- 20 hacer que el dispositivo de conmutación de puntos de cruce proporcione información asociada con una de entre la primera pluralidad de señales eléctricas; y
- 25 utilizar un dispositivo de detección de error (231) para recibir información asociada con una de entre la primera pluralidad de señales eléctricas y para vigilar e informar del rendimiento de uno de entre la primera pluralidad de canales,
- en donde el dispositivo de detección de error (231) comprende un decodificador de corrección de error hacia delante único.
- 30 **9.** El método según la reivindicación 8, en donde el primer conmutador de puntos de cruce incluye un puerto de salida (234) configurado para proporcionar una réplica de una de las señales eléctricas.
- 10.** El método según la reivindicación 8, en donde el primer dispositivo de conmutación de puntos de cruce comprende, además, un segundo dispositivo de conmutación (126, 226), estando el segundo dispositivo de conmutación (126, 226) configurado para seleccionar uno de entre la primera pluralidad de canales para vigilancia de los rendimientos.
- 35 **11.** El método según la reivindicación 8, en donde el dispositivo de detección de error (231) vigila la tasa de error del canal de forma continua y permite al receptor del lado de línea correspondiente ajustar su umbral de decisión para una más baja tasa binaria de error.
- 40 **12.** El método según la reivindicación 8, en donde la tasa binaria de error (BER) de cada canal se vigila periódicamente por intermedio de la multiplexión por división de tiempo.
- 45 **13.** El método según la reivindicación 12, en donde el dispositivo de detección de error (231) vigila la primera pluralidad de canales de forma secuencial y cada uno de los canales se vigila durante un periodo de tiempo de dos tramas OTU2.
- 50 **14.** El método según la reivindicación 8 que comprende, además, la utilización de un procesador (501) acoplado al dispositivo de conmutación de puntos de cruce (503) y al dispositivo de detección de error (505) para proporcionar instrucciones con respecto a la selección de canales y a la duración temporal para la vigilancia.

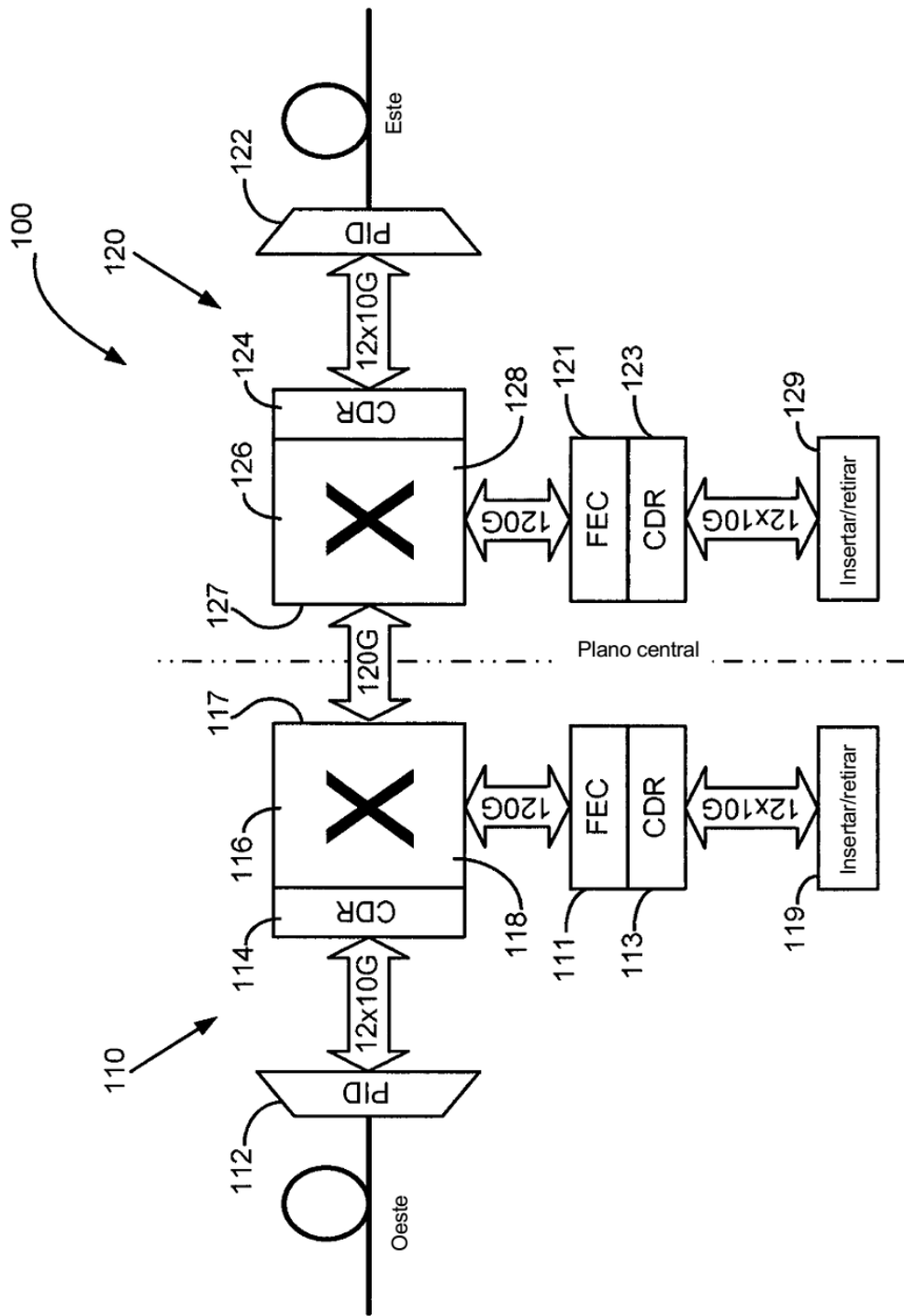


Fig. 1

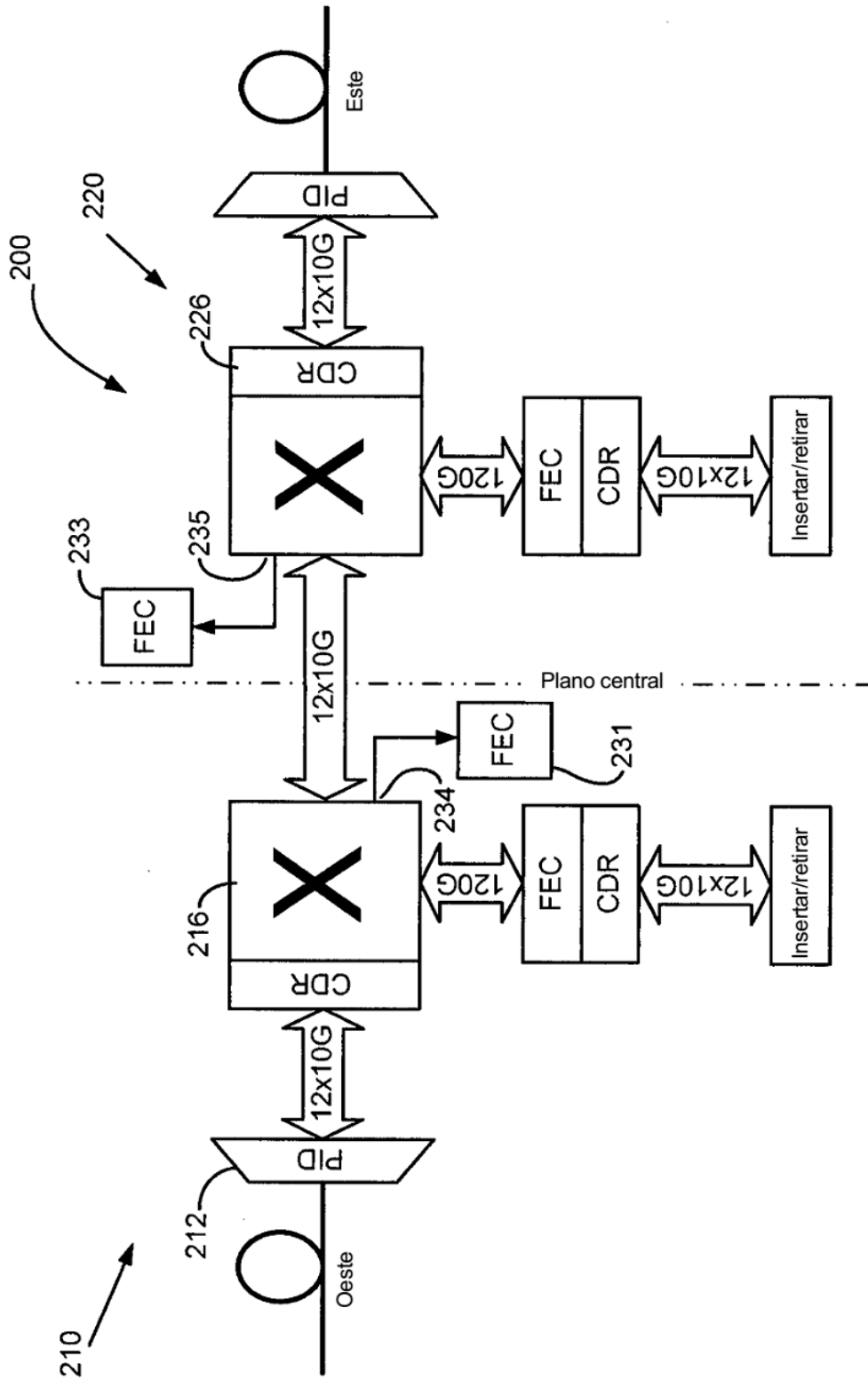


Fig. 2

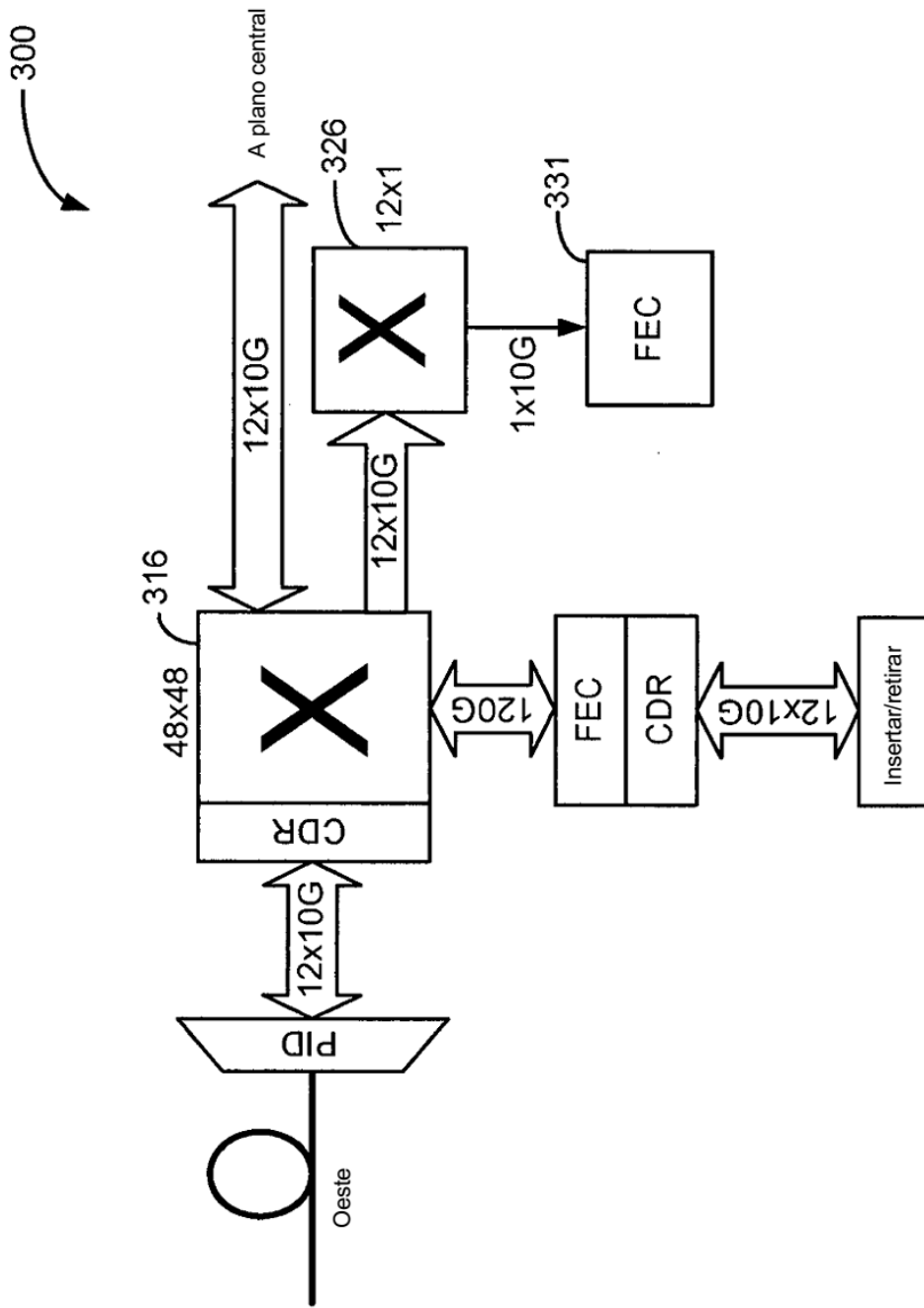


Fig. 3

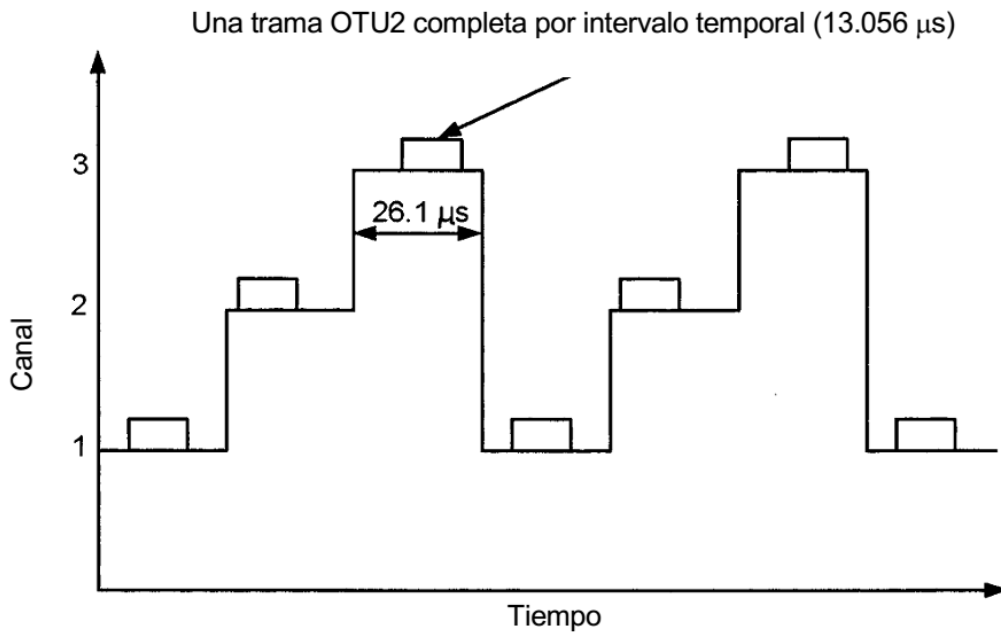


Fig. 4

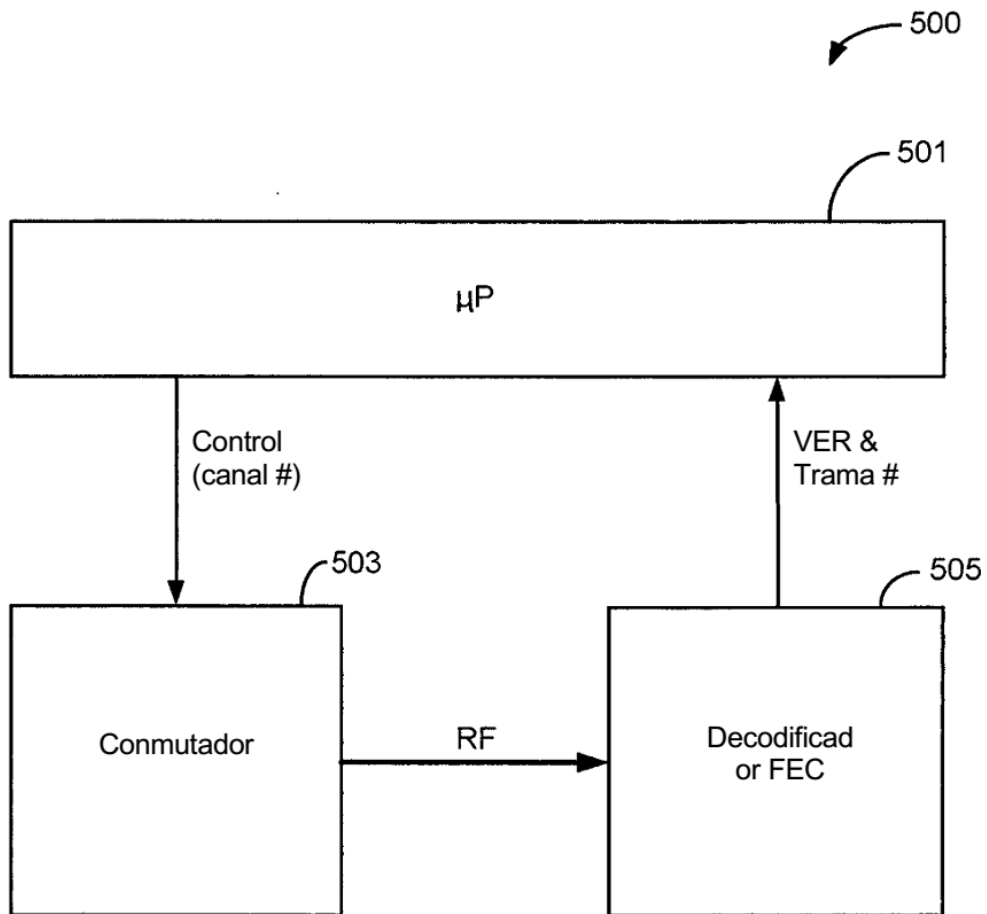


Fig. 5