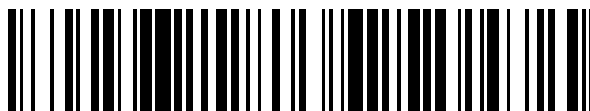


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 738 784**

51 Int. Cl.:

H04J 14/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2013** **E 13152034 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2019** **EP 2757715**

54 Título: **Dispositivo de protección de enlace de transmisión óptico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.01.2020

73 Titular/es:

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (50.0%)
Huawei Administration Building, Bantian,
Longgang District
Shenzhen, Guangdong 518129, CN y
DEUTSCHE TELEKOM AG (50.0%)

72 Inventor/es:

HOSTALKA, PETER;
GUNKEL, MATTHIAS y
WEIERSHAUSEN, WERNER

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 738 784 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

Dispositivo de protección de enlace de transmisión óptico

Antecedentes de la invención

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de protección de enlace de transmisión óptico, un dispositivo de protección de enlace de recepción óptico, un dispositivo de protección de enlace óptico y un método para protección de enlace óptico.

10 Con la consolidación de las ubicaciones de encaminador en el enlace troncal de IP, como puede observarse en muchas operadoras de red, la cantidad de tráfico que han de manejar estas ubicaciones aumenta más y más. Por esto, también la salvaguarda contra los fallos se vuelve más y más importante. Por lo tanto, en muchos casos las ubicaciones de los encaminadores en ciudades grandes se construyen en sitios redundantes o en secciones de prevención de incendios. Uno de los encaminadores se asignará a la red A, el otro a la red B. Durante la operación normal ambos encaminadores comparten la carga de red de manera equitativa. Los encaminadores A así como los encaminadores B están en malla mediante equipo de transporte óptico. Dentro de una ciudad las ubicaciones A y las ubicaciones B están conectadas mediante enlaces de unos pocos cientos de metros hasta 10-15 km.

15 Los fallos en una red de larga distancia con equipo redundante se provocan en su mayoría por roturas de fibra en los cables de larga distancia debido a trabajos de construcción o similar. En caso de un fallo en el cable de larga distancia un encaminador A puede ahora transferir la totalidad del tráfico de origen mediante el enlace de intra-ciudad al encaminador B. A partir de allí el tráfico se transferirá mediante fibras disjuntas a otros encaminadores B y finalmente mediante un enlace de intra-ciudad al encaminador A de la ciudad de destino. Esta descripción está simplificada significativamente. Hoy en día en redes reales inter-funcionan varios mecanismos. En primer lugar, en la red IP/MPLS (Protocolo de Internet/Conmutación de Etiqueta de Múltiples Protocolos) se inicializa un mecanismo de Re-encaminamiento Rápido (FRR), que lleva a cabo un restablecimiento local en 50 ms. Con esto, el tráfico de alta prioridad puede protegerse mediante los enlaces intra-ciudad casi instantáneamente. Después de eso un protocolo de encaminamiento de IP, p. ej., el Protocolo de Pasarela Interior (IGP) está buscando un nuevo enlace entre los encaminadores en base a métricas predefinidas. Este proceso se finalizará después de uno a dos segundos. Finalmente, el personal técnico reparará la fibra y el tráfico se conmutará de vuelta a la ruta original. Los requisitos para la cualificación del personal son elevados, ya que es necesario que se actúe de manera rápida y precisa para evitar sanciones debido a garantías de calidad no satisfechas.

20 Para llevar a cabo el FRR e IGP satisfactoriamente es necesario proporcionar suficiente capacidad de reserva en la capa donde tiene lugar la protección. En muchos casos este requisito hace necesario que las interfaces de encaminador puedan utilizarse únicamente hasta el 50 % de su capacidad, puesto que en caso de fallo la otra interfaz tiene que asumir el tráfico en su totalidad respectivamente (también denominado regla de caso de fallo). Durante la operación normal esta capacidad instalada adicional en su mayoría no se usa y únicamente se rellenará con tráfico en caso de fallo. Mientras se considera también que las interfaces en la capa de IP son muy costosas, será evidente inmediatamente que un concepto de protección de este tipo no es muy eficaz desde una perspectiva de la operadora de red.

25 Mientras que en redes de IP tradicionales actuales los paquetes pasan a través de encaminadores de tránsito en muchas ubicaciones antes de que alcancen el encaminador de destino, en redes de IP futuras se hará uso de manera más intensiva de la disposición de esos paquetes en el encaminador de origen de esa manera, esos paquetes con la misma dirección de destino se pondrán en una longitud de onda común. Así puede transferirse una longitud de onda al encaminador de destino mediante nodos ópticos. Esto se denomina rutas de longitud de onda transparentes ópticas. De esta tarea se harán cargo multiplexores de adición/extracción ópticos reconfigurables (ROADM). A este efecto las redes de IP con una capa ROADM subordinada siguen un enfoque de múltiples capas. Debe mencionarse que no en cualquier caso es económicamente útil el uso de una longitud de onda separada para cada relación de tráfico. Especialmente si el tráfico entre dos nodos es muy bajo a menudo es ventajoso combinar el tráfico en un nodo intermedio con otro tráfico y ponerlo en una longitud de onda común posteriormente. Esto se denomina un enfoque translúcido puesto que el requisito de transparencia óptica completa se vuelve más tolerante para alcanzar costes mínimos. En la capa eléctrica de paquetes, tramas y circuitos la multiplexación optimizada bajo la vista de red se denomina Ingeniería de Acondicionamiento o de Tráfico (TE). Acondicionamiento/TE es el estado de la técnica hoy en día y se usa en redes modernas.

30 En general, una resistencia de múltiples capas requiere una interacción compleja de tres mecanismos que son el FRR (Re-encaminamiento Rápido) en la capa de MPLS (Conmutación de Etiqueta de Múltiples Protocolos), el IGP (Protocolo de Pasarela Interior) en la capa de encaminamiento de IP (Protocolo de Internet) y la restauración óptica en la capa física. Se requiere un plano de control de múltiples capas normalizado.

35 Una desventaja adicional de la resistencia de múltiples capas es la necesidad de proteger el tráfico de QoS (Calidad de Servicio) con el mecanismo de FRR mediante los enlaces intra-ciudad. Para esto, se usan las normalmente denominadas interfaces grises. Están permanentemente instaladas, incluso durante la operación sin errores, puesto que una instalación *ad-hoc* en 50 ms es prácticamente imposible. Aunque las interfaces grises son mucho más

económicas que las interfaces WDM con color, son responsables de una cantidad significativa del coste, es decir complejidad de red, en la consideración total.

5 Finalmente los puertos CD (sin color y sin dirección) en los ROADM (multiplexores de adición/extracción ópticos reconfigurables) son un prerrequisito para una configuración flexible en las longitudes de onda restauradas y su dirección de origen en una red transparente/translúcida óptica en malla. Solo por esto, una interfaz óptica puede conmutarse de manera flexible. Para maximizar la probabilidad de restauración de una conexión es necesario que el puerto de entrada en el ROADM pueda trabajar con una longitud de onda flexible y conmutarla a cualquier puerto de salida.

10 Existe una necesidad de mejorar todos los tres elementos sin perder la ventaja de coste aumentando significativamente la carga de interfaz máxima. Esta ventaja de coste generalmente no está disponible en redes basadas en ROADM, puesto que el uso de ROADM aniquilaría la ventaja de coste en la capa óptica.

15 El documento US 2005/0123297 A1 describe un aparato de transmisión que incluye n secciones de protección del lado de transmisión proporcionadas en correspondencia con el número de longitudes de onda que pueden transmitirse por multiplexación de longitud de onda. Cada sección de protección del lado de transmisión comprende un acoplador óptico y secciones de procesamiento de señal. Las señales ópticas de la sección de procesamiento de señal se emiten a dos secciones de multiplexación de longitud de onda.

20 "Transparent Optical Protection Ring Architectures" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, IEEE SERVICE CENTER, NUEVA YORK, Nueva York, ESTADOS UNIDOS, vol. 23, n.º 10, 1 de octubre de 2005 (01-10-2005), páginas ISSN: 0733-8724, DOI: 10.1109/JTL.2005.856240 describe arquitecturas y aplicaciones de anillo óptico transparente.

La publicación internacional WO 2004/008833 A2 describe un método y sistema para proporcionar protección en tándem en un sistema de comunicación. La Figura 3 de la publicación internacional WO2004/008833 muestra un sistema de comunicación con una pluralidad de transceptores y un transceptor de protección. Las salidas de los transceptores están divididas en divisores y dirigidas hacia diversas trayectorias de comunicación.

25 La patente EP 24931401 A1 se refiere a Protección de Sección de Multiplexación Óptica de Rápida Configuración (OMSP) cuando se usa detección óptica coherente.

Compendio de la invención

Es el objeto de la invención proporcionar un concepto de resistencia para una red óptica de múltiples capas de baja complejidad, alta eficacia y alta fiabilidad.

30 Este objeto se consigue por las características de las reivindicaciones independientes. Son evidentes formas de implementación adicionales a partir de las reivindicaciones dependientes, de la descripción y las figuras.

La invención está basada en el hallazgo de que al usar una protección de enlace óptico de manera que cada enlace se transporte mediante dos bordes disjuntos respectivamente, ambos bordes se protegen entre sí y por lo tanto no pueden estar expuestos al mismo riesgo. Adicionalmente, puede usarse una protección por enlace, es decir en el caso de varios saltos cada salto está protegido en sí mismo. El espectro de WDM (multiplexación por división de longitud de onda) disponible en la fibra está asignado a ambas subredes (indicadas como A y B) según un proceso útil en partes iguales o casi iguales. Una asignación posible es asignar, p. ej., de manera arbitraria, los números de longitud de onda impares a la red A y los números de longitud de onda pares a la red B. Sin la protección de enlace únicamente estarían presentes longitudes de onda impares en las salidas del ROADM en una red A no protegida separada. Se transferirían entonces únicamente las longitudes de onda impares mediante las fibras de larga distancia. Para la red B la exposición se aplica de esta manera a la inversa, es decir se transferirían únicamente las longitudes de onda pares mediante las fibras de larga distancia. Usando la protección de enlace óptico como se describe a continuación en la presente memoria, cada enlace se transporta mediante dos bordes disjuntos respectivamente y ambas longitudes de onda impares y pares se transfieren juntas mediante la fibra de larga distancia. Tal técnica proporciona un concepto de resistencia para una red óptica de múltiples capas de baja complejidad, alta eficacia y alta fiabilidad.

Según un aspecto de la invención, un dispositivo adicional se coloca inmediatamente después de las salidas del ROADM y antes de las fibras de larga distancia. El dispositivo comprende un divisor de 3 dB, es decir, un acoplador de 3 dB, y un intercalador que combina las longitudes de onda impares y pares de ambas subredes. Las copias idénticas de los espectros de WDM impares y pares desde ambas subredes están conectadas transversalmente mediante enlaces intra-ciudad cortos. Por lo tanto, se transfieren espectros idénticos mediante las fibras de larga distancia disjuntas. A partir del punto de la duplicación por los acopladores de 3 dB, cualquier fallo único aleatorio no conducirá a una pérdida de la conexión puesto que siempre hay una capacidad de reserva. En la salida de las fibras de larga distancia, está conectado otro intercalador que separa longitudes de onda pares e impares de nuevo. Un conmutador óptico rápido selecciona cuál de los espectros de WDM deberá conmutarse a su través y cuál deberá bloquearse. En la operación normal ambos espectros de WDM son idénticos como se ha descrito anteriormente, únicamente en caso de un fallo uno puede descartarse o rellenarse únicamente por ruido de amplificador óptico. Por

lo tanto, una regla razonable para la conmutación puede derivarse directamente del nivel de potencia en la entrada. En cualquier caso también durante una rotura de fibra de larga distancia cualquiera de un espectro de longitud de onda exclusivamente impar (red A) o impar (red B) está presente en la salida del conmutador, que sirve como señal de entrada para un ROADM en la ubicación de destino. Como es habitual en redes basadas en ROADM, el elemento de red de ROADM puede conmutar longitudes de onda a direcciones diferentes a destinos remotos o descartarlas localmente.

Un dispositivo adicional de este tipo proporciona una resistencia compleja baja, de alta eficacia y fiable para una red óptica de múltiples capas, como se presentará a continuación.

Para describir la invención en detalle, se usarán los siguientes términos, abreviaturas y notaciones:

- 10 IP: Protocolo de Internet.
El protocolo de internet (IP) es el protocolo de comunicaciones principal usado para retransmitir datagramas (también conocidos como paquetes de red) a través de una interred usando el conjunto de protocolos de internet responsable de encaminar paquetes a través de los límites de la red. Es el protocolo primario que establece internet.
- 15 MPLS: Conmutación de Etiqueta de Múltiples Protocolos.
MPLS es un mecanismo que lleva datos de protocolo agnóstico altamente escalable. En una red MPLS, a los paquetes de datos se les asignan etiquetas. Las decisiones de reenvío de paquetes se realizan solamente en base a los contenidos de esta etiqueta, sin la necesidad de examinar el mismo paquete. Esto permite que se creen circuitos de extremo a extremo a través de cualquier tipo de medio de transporte, usando cualquier protocolo.
- 20 GMPLS: Conmutación Generalizada de Etiqueta de Múltiples Protocolos.
GMPLS es un conjunto de protocolos que amplía MPLS para gestionar clases adicionales de interfaces y tecnologías de conmutación distintas de interfaces de paquetes y conmutación, tal como multiplexación por división de tiempo, conmutación de capa 2, conmutación de longitud de onda y conmutación de fibra.
- 25 FRR: Re-encaminamiento rápido.
Re-encaminamiento rápido es una tecnología de resistencia de MPLS para proporcionar un restablecimiento rápido de tráfico tras fallos de enlace o de encaminador para servicios de misión crítica. Después de cualesquiera fallos de único enlace o nodo, podría recuperar los flujos de tráfico impactados en el nivel de 50 ms.
- 30 IGP: Protocolo de Pasarela Interior.
Un Protocolo de Pasarela Interior es un protocolo de encaminamiento que se usa para intercambiar información de encaminamiento en un sistema autónomo.
- 35 QoS: Calidad de Servicio.
La calidad de servicio es la capacidad de proporcionar diferente prioridad a diferentes aplicaciones, usuarios, o flujos de datos, o para garantizar un cierto nivel de rendimiento a un flujo de datos. Por ejemplo, puede garantizarse una tasa de bits requerida, retardo, interferencia, probabilidad de descarte de paquetes y/o tasa de errores de bits.
- 40 WDM: Multiplexación por División de Longitud de Onda.
WDM es la práctica de multiplicar la capacidad disponible de fibras ópticas a través del uso de canales paralelos, cada canal en una longitud de onda especializada de luz. Esto requiere un multiplexor de división de longitud de onda en el equipo de transmisión y un ahorrar en el equipo de recepción.
- 45 Longitud de onda par o impar: Las longitudes de onda de luz que se llevan por una fibra óptica se indican como λ_i . Un índice impar i indica las longitudes de onda impares y un índice par i indica las longitudes de onda pares.
- 50 ROADM: Multiplexor de Adición/Extracción Óptico Reconfigurable.
Un ROADM es un subsistema todo óptico que posibilita la configuración remota de longitudes de onda en cualquier nodo. Puede aprovisionarse por software de modo que un operador de red puede elegir si se añade, descarta o pasa a través del nodo una longitud de onda. Las tecnologías usadas comprenden bloqueo de longitud de onda, circuito de onda de luz planar y conmutación sensible a longitud de onda.
- 55 CD: sin color y sin dirección.
Sin color significa que cualquier longitud de onda, es decir color, puede asignarse a cualquier puerto del ROADM completamente por control de software y sin un técnico en el sitio. Los

ROADM sin dirección permiten que se encamine cualquier longitud de onda a cualquier dirección servida por el nodo, por control de software, y sin recableado físico.

L0, L1: Capa 0 (capa física), Capa 1 (capa de enlace de datos) del modelo OSI.

5 La capa física define especificaciones eléctricas y físicas para dispositivos. En particular, define la relación entre un dispositivo y un medio de transmisión, tal como un cable de cobre o fibra óptica. La capa de enlace de datos proporciona los medios funcionales y procedimentales para transferir datos entre entidades de red y para detectar y posiblemente corregir errores que pueden tener lugar en la capa física.

TE: Ingeniería de Tráfico.

10 La ingeniería de tráfico es la técnica que usa el conocimiento básico de las estadísticas que incluyen la teoría de la puesta en cola, la naturaleza del tráfico, sus modelos prácticos, sus mediciones y simulaciones para hacer predicciones y para planear redes de telecomunicación tal como una red de telefonía o internet. Estas herramientas y conocimiento básico ayudan a proporcionar un servicio fiable a coste inferior.

15 Según un primer aspecto, la invención se refiere a un dispositivo de protección de enlace de transmisión óptico, que comprende: un divisor óptico, configurado para recibir un primer enlace de transmisión óptico que lleva una primera pluralidad de longitudes de onda, estando configurado el divisor óptico para dividir el primer enlace de transmisión óptico en un subenlace principal y uno redundante, llevando ambos subenlaces la primera pluralidad de longitudes de onda; y un combinador óptico, acoplado al divisor óptico y configurado para recibir un subenlace redundante de un segundo enlace de transmisión óptico que lleva una segunda pluralidad de longitudes de onda, estando configurado el combinador óptico para combinar el subenlace principal del primer enlace de transmisión óptico y el subenlace redundante del segundo enlace de transmisión óptico para proporcionar un enlace de transmisión óptico protegido que lleva tanto la primera pluralidad de longitudes de onda como la segunda pluralidad de longitudes de onda.

25 Según el primer aspecto, se pueden ahorrar costes prescindiendo de la conexión directa entre la ubicación A y B y usando en su mayoría componentes pasivos. Además, puede conseguirse una reducción de complejidad puesto que para la protección únicamente son necesarias L0 y L1. Las ganancias de rendimiento pueden conseguirse debido al tratamiento igualitario de QoS y tráfico de mejor esfuerzo. Los tiempos de conmutación rápida pueden conseguirse ya que el activador está determinado por la física y no se requiere control de software complejo. Se consigue una fiabilidad superior debido a muchos componentes pasivos.

30 En una primera posible forma de implementación del dispositivo de protección de enlace de transmisión óptico según el primer aspecto, el primer y el segundo enlaces de transmisión ópticos se reciben desde dos subredes localmente disjuntas.

35 Usar el dispositivo de protección de enlace de transmisión óptico permite la protección de enlaces ópticos de subredes localmente disjuntas, por ejemplo subredes ubicadas en la misma ciudad. Sin embargo, la protección de enlace no está limitada a estas subredes. Cualesquiera subredes localmente disjuntas pueden protegerse sin importar la distancia que hubiese entre estas subredes. El esquema de protección de enlace puede incluso aplicarse a una única subred que proporcione dos enlaces ópticos que van a protegerse.

40 En una segunda posible forma de implementación del dispositivo de protección de enlace de transmisión óptico según el primer aspecto como tal o según la primera forma de implementación del primer aspecto, una colocación de la primera pluralidad de longitudes de onda en el primer enlace de transmisión está disjunta a una colocación de la segunda pluralidad de longitudes de onda en el segundo enlace de transmisión óptico.

45 Al colocar de manera disjunta la primera pluralidad de longitudes de onda, p. ej., las longitudes de onda impares y la segunda pluralidad de longitudes de onda, p. ej., las longitudes de onda pares en los enlaces de transmisión, el enlace de transmisión protegido puede cargarse hasta el 100 por ciento.

En una tercera posible forma de implementación del dispositivo de protección de enlace de transmisión óptico según el primer aspecto como tal o según cualquiera de las formas de implementación anteriores del primer aspecto, el divisor óptico comprende un acoplador óptico de 3 dB pasivo.

Los componentes pasivos permiten ahorrar costes y otorgan una fiabilidad superior.

50 En una cuarta posible forma de implementación del dispositivo de protección de enlace de transmisión óptico según el primer aspecto como tal o según cualquiera de las formas de implementación anteriores del primer aspecto, el combinador óptico comprende un intercalador óptico configurado para intercalar la primera pluralidad de longitudes de onda con la segunda pluralidad de longitudes de onda.

55 La intercalación óptica permite mezclar de manera eficaz la primera pluralidad de longitudes de onda con la segunda pluralidad de longitudes de onda en la fibra óptica protegida. La desintercalación puede realizarse por el mismo dispositivo configurado como desintercalador óptico, lo que permite ahorros de coste y complejidad.

En una quinta posible forma de implementación del dispositivo de protección de enlace de transmisión óptico según el primer aspecto como tal o según cualquiera de las formas de implementación anteriores del primer aspecto, el primer y el segundo enlace de transmisión óptico llevan partes iguales de las primeras longitudes de onda y las segundas longitudes de onda como una totalidad.

- 5 Cuando se llevan partes iguales de las primeras longitudes de onda y las segundas longitudes de onda en los enlaces de transmisión ópticos, ambas redes A y B que van a protegerse pueden diseñarse de manera similar o igual. Por lo tanto, puede conseguirse reducción de coste y se facilita el diseño de la red.

- 10 En una sexta posible forma de implementación del dispositivo de protección de enlace de transmisión óptico según el primer aspecto como tal o según cualquiera de las formas de implementación anteriores del primer aspecto, el primer enlace de transmisión óptico lleva longitudes de onda impares y el segundo enlace de transmisión óptico lleva longitudes de onda pares o viceversa.

Una implementación de este tipo está operando de manera eficaz en redes WDM donde se transportan múltiples longitudes de onda a través del enlace óptico. La discriminación por longitudes de onda impares y pares es fácil de implementar.

- 15 Según un segundo aspecto, la invención se refiere a un dispositivo de protección de enlace de recepción óptico, que comprende: un descombinador óptico, configurado para recibir un enlace de recepción óptico protegido que lleva tanto una primera pluralidad de longitudes de onda como una segunda pluralidad de longitudes de onda, estando configurado el descombinador óptico para separar el enlace de recepción óptico protegido en un subenlace principal de un primer enlace de recepción óptico que lleva la primera pluralidad de longitudes de onda y un subenlace redundante de un segundo enlace de recepción óptico que lleva la segunda pluralidad de longitudes de onda; y un conmutador óptico, acoplado al descombinador óptico, y configurado para recibir un subenlace redundante de un primer enlace de recepción óptico que lleva la primera pluralidad de longitudes de onda, estando configurado el conmutador óptico para conmutar uno del subenlace principal del primer enlace de recepción óptico y el subenlace redundante del primer enlace de transmisión óptico.
- 20

- 25 El dispositivo de protección de enlace de recepción óptico puede implementarse como un dispositivo separado o integrarse junto con el dispositivo de protección de enlace de transmisión óptico en una plataforma de hardware. Por lo tanto, puede conseguirse un concepto de hardware flexible y modular que permita adaptarse a las necesidades del cliente.

- 30 En una primera posible forma de implementación del dispositivo de protección de enlace de recepción óptico según el segundo aspecto, el divisor óptico está configurado para conmutar el uno de los subenlaces principal y redundante en base a un nivel de potencia en sus entradas.

- 35 El uso del nivel de potencia en las entradas del divisor óptico permite fácilmente la detección de un fallo en el cable óptico. Si ambos niveles de potencia son iguales o casi iguales, las fibras ópticas están libres de defectos. Un nivel de potencia diferente indica un fallo en una de las fibras, por ejemplo la fibra que proporciona el nivel de potencia inferior.

En una segunda posible forma de implementación del dispositivo de protección de enlace de recepción óptico según el segundo aspecto como tal o según la primera forma de implementación del segundo aspecto, el descombinador óptico comprende un desintercalador óptico configurado para desintercalar la primera pluralidad de longitudes de onda de la segunda pluralidad de longitudes de onda.

- 40 La desintercalación óptica permite reconstruir de manera eficaz la primera pluralidad de longitudes de onda y la segunda pluralidad de longitudes de onda de la fibra óptica protegida. El desintercalador óptico y el intercalador óptico pueden realizarse por el mismo dispositivo, permitiendo de esta manera ahorros de coste y complejidad.

- 45 En una tercera posible forma de implementación del dispositivo de protección de enlace de recepción óptico según el segundo aspecto como tal o según cualquiera de las formas de implementación anteriores del segundo aspecto, la primera pluralidad de longitudes de onda comprende longitudes de onda impares y la segunda pluralidad de longitudes de onda comprende longitudes de onda pares o viceversa.

Una implementación de este tipo está operando de manera eficaz en redes WDM donde se transporta una multitud de longitudes de onda a través del enlace óptico. La discriminación por longitudes de onda impares y pares es fácil de implementar.

- 50 Según un tercer aspecto, la invención se refiere a un dispositivo de protección de enlace óptico, que comprende: un dispositivo de protección de enlace de transmisión óptico según el primer aspecto como tal o según cualquiera de las formas de implementación anteriores del primer aspecto; y un dispositivo de protección de enlace de recepción óptico según el segundo aspecto como tal o según cualquiera de las formas de implementación anteriores del segundo aspecto en donde el combinador óptico y el descombinador óptico están implementados por dos intercaladores ópticos contruidos de manera idéntica.
- 55

Un dispositivo de protección de enlace óptico de este tipo ahorra costes ya que pueden implementarse dispositivos diferentes por los mismos componentes de hardware.

Según un cuarto aspecto, la invención se refiere a un método para protección de enlace óptico, que comprende: dividir un primer enlace de transmisión óptico que lleva una primera pluralidad de longitudes de onda en un subenlace principal y uno redundante, llevando ambos subenlaces la primera pluralidad de longitudes de onda; y combinando el subenlace principal del primer enlace de transmisión óptico que lleva la primera pluralidad de longitudes de onda y un subenlace redundante de un segundo enlace de transmisión óptico que lleva una segunda pluralidad de longitudes de onda para proporcionar un primer enlace de transmisión óptico protegido que lleva tanto la primera pluralidad de longitudes de onda como la segunda pluralidad de longitudes de onda.

Al usar un método según el cuarto aspecto, se pueden ahorrar costes prescindiendo de la conexión directa entre la ubicación A y B y usando en su mayoría componentes pasivos. Además, puede conseguirse una reducción de complejidad puesto que para la protección únicamente son necesarias L0 y L1. Las ganancias de rendimiento pueden conseguirse debido al tratamiento igualitario de QoS y tráfico de mejor esfuerzo. Los tiempos de conmutación rápida pueden conseguirse ya que el activador está determinado por la física y no se requiere control de software complejo. Se consigue una alta fiabilidad debido a muchos componentes pasivos.

En una primera posible forma de implementación del método según el cuarto aspecto, el método comprende adicionalmente: dividir el segundo enlace de transmisión óptico que lleva la segunda pluralidad de longitudes de onda en un subenlace principal y el redundante, llevando ambos subenlaces la segunda pluralidad de longitudes de onda; y combinar el subenlace principal del segundo enlace de transmisión óptico que lleva la segunda pluralidad de longitudes de onda y el subenlace redundante del primer enlace de transmisión óptico que lleva la primera pluralidad de longitudes de onda para proporcionar un segundo enlace de transmisión óptico protegido que lleva tanto la primera pluralidad de longitudes de onda como la segunda pluralidad de longitudes de onda.

El método permite redundancia entre dos enlaces ópticos. El método no está restringido a protección redundante de dos enlaces ópticos. Incluso más de dos enlaces ópticos pueden protegerse de manera redundante combinando un subenlace principal con múltiples subenlaces de redes adicionales. Las longitudes de onda de todas las redes pueden combinarse a una pluralidad combinada de longitudes de onda transportadas mediante la fibra óptica protegida y transportarse de manera redundante mediante otras fibras ópticas protegidas localmente disjuntas.

En una segunda posible forma de implementación del método según la primera forma de implementación del cuarto aspecto, el método comprende adicionalmente en caso de un doble fallo tanto en el primer enlace de transmisión óptico protegido como en el segundo enlace de transmisión óptico protegido: conmutar la primera y la segunda pluralidades de longitudes de onda a un enlace de transmisión óptico alternativo usando un mecanismo de Re-encaminamiento Rápido y un Protocolo de Pasarela Interior; reparar al menos uno del primer enlace de transmisión óptico protegido y el segundo enlace de transmisión óptico protegido; y conmutar la primera y la segunda pluralidades de longitudes de onda de vuelta al reparado del primer enlace de transmisión óptico protegido y el segundo enlace de transmisión óptico protegido.

El método por lo tanto puede trabajar con dobles fallos en ambas fibras ópticas protegidas. El restablecimiento local puede realizarse en 50 milisegundos. Por lo tanto, el tráfico de alta prioridad puede protegerse contra fallos dobles tanto en la fibra óptica principal como la redundante de manera casi instantánea.

Al usar la invención, se pueden ahorrar de costes prescindiendo de la conexión directa entre la ubicación A y B equipadas con interfaces de corto alcance o grises, prescindiendo de puertos de adición/extracción sin color y sin dirección flexibles de los ROADM y usando en su mayoría componentes pasivos. Excepto el conmutador óptico únicamente se usan componentes pasivos. El uso de la invención da como resultado adicionalmente reducción de complejidad debido a las siguientes razones: únicamente para la protección son necesarias L0 y L1. Mediante el diseño de red simplificado los mecanismos de protección están restringidos a L0/L1. No se requiere interacción con otras capas. Por la independencia de los mecanismos de protección de encaminamiento, puede usarse el FRR y el IGB más adelante si hubiera alguna razón para ello, aunque no es necesario. El uso de la invención da como resultado ganancia de rendimiento debido a las siguientes razones: la QoS y el tráfico de mejor esfuerzo se tratan de manera igual. No hay pérdidas de paquetes significativas por el tráfico de mejor esfuerzo. Los tiempos de conmutación rápida pueden conseguirse a medida que se determina el activador por la física y no se requiere control de software complejo. Se consigue una fiabilidad superior debido a muchos componentes pasivos.

Los métodos, sistemas y dispositivos descritos en la presente memoria pueden implementarse como software en un procesador de la señal digital (DSP), en un micro-controlador o en cualquier otro procesador secundario o como circuito de hardware dentro de un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC).

La invención puede implementarse en circuitería electrónica digital, o en hardware informático, firmware, software, o en combinaciones de los mismos, p. ej., en hardware disponible de multiplexores de adición/extracción ópticos reconfigurables convencionales o en nuevo hardware especializado para procesamiento de la protección de enlace óptico. El dispositivo y/o método de protección de enlace de transmisión y/o recepción óptica pueden estar integrados en un ROADM convencional.

Breve descripción de los dibujos

Se describirán realizaciones de la invención con respecto a las siguientes figuras, en las que:

La Figura 1 muestra un diagrama esquemático de un sistema 100 de protección de enlace óptico único según una forma de implementación;

5 la Figura 2 muestra un diagrama esquemático de un sistema 200 de protección de enlace óptico múltiple según una forma de implementación;

la Figura 3 muestra un diagrama esquemático de un sistema 300 de protección de enlace óptico que protege frente a fallos dobles en ambos enlaces de fibra protegidos según una forma de implementación; y

10 la Figura 4 muestra un diagrama esquemático de un método 400 para protección de enlace óptico según una forma de implementación.

Descripción detallada de las realizaciones de la invención

La Figura 1 muestra un diagrama esquemático de un sistema 100 de protección de enlace óptico único según una forma de implementación.

15 El sistema 100 de protección de enlace óptico único comprende una primera red Ax 181 y una segunda red Bx 182 acoplada a la primera red Ax mediante enlaces de transmisión ópticos cortos 116, 126, por ejemplo dos redes ubicadas en la misma ciudad X. La primera red Ax está acoplada mediante una primera fibra óptica 151 de larga distancia a una tercera red Ay 183 y la segunda red Bx está acoplada mediante una segunda fibra óptica 152 de larga distancia a una cuarta red By 184. La cuarta red By está acoplada a la tercera red Ay mediante enlaces de transmisión ópticos cortos 136, 146. La tercera Ay y la cuarta By redes están ubicadas en otra ciudad Y, por
20 ejemplo. Cada una de las cuatro redes 181, 182, 183, 184 está acoplada mediante un transceptor 171, 172, 173, 174, un multiplexor de adición/extracción óptico reconfigurable (ROADM) 161, 162, 163, 164 y un dispositivo de protección de enlace óptico 101, 102, 103, 104 a las respectivas fibras ópticas 151, 152. Un primero 101 y segundo 102 de los dispositivos de protección de enlace óptico están configurados como dispositivos de protección de enlace de transmisión óptico que proporcionan funcionalidad para transmitir una señal óptica mientras que un tercero 103 y un cuarto 104 de los dispositivos de protección de enlace óptico están configurados como dispositivos de protección de enlace de recepción óptico que proporcionan funcionalidad para recibir una señal óptica. Sin embargo, cada uno de los dispositivos de protección de enlace óptico puede estar configurado tanto como dispositivo de protección de enlace de transmisión óptico como dispositivo de protección de enlace de recepción óptico.

30 El primer dispositivo 101 de protección de enlace de transmisión óptico comprende un divisor 111 óptico y un combinador 113 óptico. El divisor 111 óptico recibe un primer enlace 112 de transmisión óptico que lleva las longitudes de onda impares asociadas a la primera red Ax 181. El divisor 111 óptico divide el primer enlace 112 de transmisión óptico en un subenlace 114 principal y un subenlace 116 redundante, de manera que ambos subenlaces llevan las longitudes de onda impares. El combinador 113 óptico está acoplado al divisor 111 óptico y recibe un subenlace 126 redundante de un segundo enlace 122 de transmisión óptico que lleva las longitudes de onda pares asociadas a la segunda red Bx. El combinador 113 óptico combina el subenlace 114 principal del primer enlace 112 de transmisión óptico y el subenlace 126 redundante del segundo enlace 122 de transmisión óptico para proporcionar un enlace 118 de transmisión óptico protegido que lleva tanto las longitudes de onda impares como las pares.

40 El segundo dispositivo 102 de protección de enlace de transmisión óptico comprende un divisor 121 óptico y un combinador 123 óptico. El divisor 121 óptico recibe un segundo enlace 122 de transmisión óptico que lleva las longitudes de onda pares asociadas a la segunda red Bx 182. El divisor 121 óptico divide el segundo enlace 122 de transmisión óptico en un subenlace 124 principal y un subenlace 126 redundante, de manera que ambos subenlaces llevan las longitudes de onda pares. El combinador 123 óptico está acoplado al divisor 121 óptico y recibe un subenlace 116 redundante del primer enlace 112 de transmisión óptico que lleva las longitudes de onda impares asociadas a la primera red Ax. El combinador 123 óptico combina el subenlace 124 principal del segundo enlace 122 de transmisión óptico y el subenlace 116 redundante del primer enlace 112 de transmisión óptico para proporcionar un enlace 128 de transmisión óptico protegido que lleva tanto las longitudes de onda impares como las pares.

50 El tercer dispositivo de protección de enlace 103 de recepción óptico comprende un descombinador 133 óptico y un conmutador 131 óptico. El descombinador 133 óptico recibe el primer enlace 118 de transmisión óptico protegido transmitido a través de la primera fibra óptica 151 como el primer enlace 118 de recepción óptico protegido que lleva tanto las longitudes de onda impares como las pares. El descombinador 133 óptico separa el primer enlace 118 de recepción óptico protegido en un subenlace 134 principal de un primer enlace 138 de recepción óptico que lleva las longitudes de onda impares y un subenlace 146 redundante de un segundo enlace 148 de recepción óptico que lleva las longitudes de onda pares. El conmutador 131 óptico está acoplado al descombinador 133 óptico y recibe un subenlace 136 redundante del primer enlace 138 de recepción óptico que lleva las longitudes de onda impares. El conmutador 131 óptico conmuta el subenlace 134 principal del primer enlace 138 de recepción óptico o el subenlace 136 redundante del primer enlace 138 de transmisión óptico al tercer ROADM 163.

El cuarto dispositivo 104 de protección de enlace de recepción óptico comprende un descombinador 143 óptico y un conmutador 141 óptico. El descombinador 143 óptico recibe el segundo enlace 128 de transmisión óptico protegido transmitido a través de la segunda fibra óptica 152 como el segundo enlace 128 de recepción óptico protegido que lleva tanto las longitudes de onda impares y las pares. El descombinador 143 óptico separa el segundo enlace 128 de recepción óptico protegido en un subenlace 144 principal de un segundo enlace 148 de recepción óptico que lleva las longitudes de onda pares y un subenlace 136 redundante del primer enlace 138 de recepción óptico que lleva las longitudes de onda impares. El conmutador óptico 141 está acoplado al descombinador 143 óptico y recibe un subenlace 146 redundante del segundo enlace 148 de recepción óptico que lleva las longitudes de onda pares. El conmutador 141 óptico conmuta el subenlace 144 principal del segundo enlace 148 de recepción óptico o el subenlace 146 redundante del segundo enlace 148 de transmisión óptico al cuarto ROADM 164.

En una forma de implementación, el primer enlace 112 y el segundo enlace 122 de transmisión óptico se reciben desde dos subredes 181, 182 localmente disjuntas. En una forma de implementación, una colocación de las longitudes de onda impares en el primer enlace 112 de transmisión está disjunta a una colocación de las longitudes de onda pares en el segundo enlace 122 de transmisión óptico. En una forma de implementación, el divisor 111 óptico comprende un acoplador óptico de 3 dB pasivo como se representa en la Figura 1. En una forma de implementación, el combinador 113 óptico comprende un intercalador óptico para intercalar las longitudes de onda impares con las longitudes de onda pares. En una forma de implementación, el primer enlace 112 y el segundo enlace 122 de transmisión óptico llevan partes iguales de las longitudes de onda impares y las pares como una totalidad. Es decir, las longitudes de onda impares y pares están distribuidas en el primer y segundo enlace de transmisión en partes iguales de manera que los enlaces 118, 128 de transmisión ópticos protegidos llevan partes iguales de longitudes de onda impares y pares. En una forma de implementación alternativa, las longitudes de onda impares y pares no están distribuidas igualmente en los respectivos enlaces ópticos. En una forma de implementación, el primer enlace 112 de transmisión óptico lleva las longitudes de onda impares y el segundo enlace 122 de transmisión óptico lleva las longitudes de onda pares o viceversa. En una forma de implementación, el conmutador 131 óptico conmuta el subenlace 134 principal o el subenlace 136 redundante en base a un nivel de potencia como su entrada. En una forma de implementación, el descombinador 133 óptico comprende un desintercalador óptico para desintercalar las longitudes de onda impares de las longitudes de onda pares. En una forma de implementación, el combinador 113 óptico y el descombinador 133 óptico están implementados por dos intercaladores ópticos idénticamente construidos.

La configuración como se ha descrito anteriormente y se representa en la Figura 1 hace referencia a una dirección de transmisión. Suponiendo una transmisión bidireccional, los dispositivos idénticos están ubicados en ambos extremos del par de fibras 151, 152 de larga distancia con un total de un acoplador de 3 dB 111, dos intercaladores 113 y un conmutador 131 óptico (no mostrados en la Figura 1 por claridad).

El concepto como se describe con respecto a la Figura 1 puede extenderse a muchos enlaces de fibra como se describe a continuación con respecto a la Figura 2. La característica es que siempre está presente en la entrada de las fibras 151, 152 de larga distancia un acoplador/intercalador 111, 113 y en la salida un dispositivo intercalador/conmutador 133, 131. Con esto cada enlace 112, 122 está protegido de manera separada. La protección está completamente predefinida. No existe un recálculo en base a la situación de carga real, que es generalmente el caso con restauración proactiva.

Con la idea de una protección óptica contra fallos únicos en una red A/B como se ha descrito anteriormente, puede usarse ROADM económicos con puertos de adición/extracción con color y dirección.

La Figura 2 muestra un diagrama esquemático de un sistema 200 de protección de enlace óptico múltiple según una forma de implementación. El sistema 200 mostrado en la Figura 2 comprende tres sistemas 201, 202, 203 de protección de enlace óptico que corresponden al sistema 100 de protección de enlace óptico como se ha descrito anteriormente con respecto a la Figura 1. Los tres sistemas 201, 202, 203 de protección de enlace óptico están acoplados entre una primera red 181 y una segunda red 182, p. ej., ubicadas en una primera ciudad X, y una tercera red 183 y una cuarta red 184, p. ej., ubicadas en una segunda ciudad Y. El acoplamiento se realiza por los ROADM 161, 162 en la entrada de los múltiples enlaces ópticos y los ROADM 163, 164 en la salida de los múltiples enlaces ópticos. Hay ubicados ROADM 261, 262, 263, 264 adicionales entre los tres sistemas 201, 202, 203 de protección de enlace óptico. Los ROADM 261, 262, 263, 264 adicionales pueden usarse para acoplamiento de entrada o acoplamiento de salida de tráfico adicional, p. ej., tráfico de otras ciudades, al sistema 200 de protección de enlace óptico múltiple. El primer sistema 201 de protección de enlace óptico indicado como "Enlace Protegido U" comprende un primer dispositivo 101 de protección de enlace óptico acoplado mediante una primera fibra óptica 151a a un tercer dispositivo de protección de enlace óptico y un segundo dispositivo 102 de protección de enlace óptico acoplado mediante una segunda fibra óptica 152a a un cuarto dispositivo 104 de protección de enlace óptico. El segundo sistema 202 de protección de enlace óptico indicado como "Enlace Protegido V" comprende un primer dispositivo 101 de protección de enlace óptico acoplado mediante una primera fibra óptica 151b a un tercer dispositivo de protección de enlace óptico y a un segundo dispositivo 102 de protección de enlace óptico acoplado mediante una segunda fibra óptica 152b a un cuarto dispositivo 104 de protección de enlace óptico. El tercer sistema 203 de protección de enlace óptico indicado como "Enlace Protegido W" comprende un primer dispositivo 101 de protección de enlace óptico acoplado mediante una primera fibra óptica 151c a un tercer dispositivo de protección de enlace óptico y un segundo dispositivo 102 de protección de enlace óptico acoplado mediante una segunda fibra

óptica 152c a un cuarto dispositivo 104 de protección de enlace óptico. Del primer al cuarto dispositivo 101, 102, 103, 104 de protección de enlace óptico pueden corresponder los respectivos dispositivos anteriormente descritos con respecto a la Figura 1.

5 Uno de los requisitos del tráfico de QoS en el enlace troncal de IP es la restauración de la relación de tráfico en 50 ms. Para alcanzar este objetivo ambicioso los conmutadores ópticos tienen que poder conmutar rápidamente entre ambos espectros de entrada idénticos. Un requisito adicional es también que las interfaces óptico-eléctricas detrás de la cadena de dispositivos que consisten en conmutador, ROADM y puerto de adición/extracción puedan bloquear rápidamente la nueva señal respectivamente. En general los receptores coherentes ópticos de la generación de la tecnología actual usan algoritmos complejos para compensar diferentes efectos indeseados de distorsión de señal (p. ej., dispersión cromática, dispersión de modo de polarización). Los bucles de enganche requeridos son complejos y consumen tiempo. Los dispositivos representados en las Figuras 1 y 2 pueden ejecutar tanto bloqueo como detección de señal en el tiempo objetivo de 50 milisegundos.

15 En una forma de implementación de los sistemas 100, 200, se usa una opción para el diseño de la red para un bloqueo rápido de los módulos. La red está diseñada para hacer la dispersión cromática acumulada en ambos enlaces de fibra protegidos idénticos tanto como sea posible. En una forma de implementación de los sistemas 100, 200, se hace un ajuste con fibra de compensación de dispersión, es decir por dispersión negativa. En una forma de implementación alternativa, el ajuste se hace con fibra monomodo convencional adicional, es decir por dispersión positiva. En ambos casos se equilibra la desviación de dispersión acumulada. Con esto las derivaciones de filtro del filtro de FIR para compensación de dispersión en el módulo de receptor no necesitan preverse y ajustarse completamente nuevas, sino que únicamente necesitan adaptarse ligeramente. Por lo que puede conseguirse un bloqueo significativamente más rápido de los módulos.

25 En una forma de implementación alternativa del sistema 100, 200, se crea una malla completamente virtual en la capa de longitud de onda para todas las ubicaciones de encaminador del enlace troncal de IP. Todas las longitudes de onda del sistema de WDM pueden usarse igualmente y se encaminan de manera fija y pasiva mediante un "espejo" centralizado en el medio de la red a sus ubicaciones de destino. Para asegurar también en este punto la operación de red robusta y segura, se usa una topología de fibra de doble estrella, una estrella para la red A y una estrella completamente disjunta para la red B. Como se describe en el comienzo, el tráfico estará en caso de un fallo de un borde entre una ubicación de encaminador (p. ej., encaminador A) y el punto de estrella central transferido mediante un enlace intra-ciudad corto al encaminador B y desde allí mediante la estrella B al encaminador de destino. La protección de enlace óptico como se ha descrito anteriormente con respecto a las Figuras 1 y 2 se usará para la topología de fibra de doble estrella para proporcionar los números de longitud de onda impares (aleatoriamente) en un encaminador A y los números de longitud de onda pares en un encaminador B respectivamente. De manera evidente este enfoque regala la mitad la capacidad de transporte en la capa de WDM, pero esta capa forma únicamente una parte despreciable de los costes totales. Mediante este enfoque puede conseguirse una protección de enlace óptico. De nuevo se aplica un acoplador de 3 dB e intercalador con enlaces intra-ciudad transversales antes de que el espectro de WDM total (canales impares y pares) se ponga en las fibras de larga distancia disjuntas. También en el extremo de recepción no hay cambio: un segundo intercalador y un conmutador óptico rápido separan números de canal impares y pares. En esta forma de implementación, los ROADM no son necesarios; únicamente se usan multiplexores de terminal rentables. Por lo tanto, esta forma de implementación es incluso más rentable que una red A/B basada en ROADM en malla.

45 En redes ópticas futuras ya no habrá más cuadrícula de longitud de onda fijada (hoy en día 50 GHz o 100 GHz). En una forma de implementación, el sistema de protección óptica 100, 200 como se describe con respecto a las Figuras 1 y 2 está basado en filtros intercaladores pasivos fijos para combinar y separar los canales de longitud de onda pares e impares. En una forma de implementación, los filtros de intercalador pasivo poseen una cuadrícula de longitud de onda fija de 50 GHz. En una forma de implementación alternativa que usa anchos de banda de canal flexibles, se aplica una protección de enlace óptico modificado. En ese caso, los intercaladores pasivos se sustituyen por placas de WSS de cuadrícula de flexión activa. De manera evidente con esto la complejidad de la operación de red y los costes totales aumentan. Por otra parte, esto garantiza un sistema de protección óptica a prueba del futuro, puesto que ofrece una solución para interfaces 400G o 1T que estarán disponibles en el futuro cercano o medio. Por lo tanto, estas interfaces se utilizan de manera óptima junto con una protección eficaz en una red de IP A y B redundante.

La Figura 3 muestra un diagrama esquemático de un sistema 300 de protección de enlace óptico que protege contra fallos dobles en ambos enlaces de fibra protegidos según una forma de implementación.

55 El sistema 300 de protección de enlace óptico puede realizar de manera adicional a la protección contra fallos únicos una protección mejorada también contra fallos dobles en ambos enlaces de fibra protegidos. El sistema 300 de protección de enlace óptico implementa un concepto de protección de múltiples capas basado en protección óptica.

60 Un concepto de protección de múltiples capas de este tipo que puede aplicarse en redes de IP está basado en el ajuste según las capas implicadas. En el sistema 300 de protección de múltiples capas, el FRR 307 forma la primera etapa de resistencia, el IGP 309 forma la segunda etapa de resistencia y la restauración 311 óptica forma la tercera etapa de resistencia.

En una primera etapa 331 del sistema 300 un primer fallo 301 de fibra se compensa por protección 303 óptica como se ha descrito anteriormente con respecto a las Figuras 1 y 2. Se realiza una primera reparación 319 de fibra sin degradar el rendimiento de la transmisión óptica. En una segunda etapa 332 del sistema 300 un segundo fallo 305 de fibra se compensa por un Re-encaminamiento Rápido 307, un IGP 309, una restauración 311 óptica e IGP 313 adicional. Después de una segunda reparación 315 de fibra e IGP 317 adicional, el sistema 303 de nuevo usa la protección óptica como se ha descrito anteriormente con respecto a las Figuras 1 y 2 mientras que se realiza la primera reparación 319 de fibra.

FFR 307 como mecanismo MPLS se añade con diferente tratamiento de QoS y tráfico de mejor esfuerzo. En ese caso el tráfico de QoS tendrá privilegio y se transportará mediante otras longitudes de onda ya instaladas, mientras que el tráfico de mejor esfuerzo puede sufrir bajo pérdidas de paquetes durante un breve tiempo y en áreas amplias de la red. Después de eso, se aplica una restauración 311 óptica, que restaura la capacidad de transmisión óptica mediante bordes, que no se ven afectados por el fallo.

Por lo tanto, la capacidad de transporte puede restaurarse dentro de muy pocos minutos. Esta tarea es realizada por los ROADMs con los denominados puestos de adición/extracción sin color y sin dirección (CD) y un plano de control de múltiples capas, p. ej. GMPLS (Conmutación General de Etiqueta de Múltiples Protocolos). La ventaja de este sistema 300 de protección de múltiples capas es que se ajusta a un tratamiento diferente de QoS y tráfico de mejor esfuerzo. Mientras que el tráfico de QoS de bajo volumen se restaura más adelante con el FRR 307 y el IGP 309 en la capa de IP con la velocidad actual de 50 ms, el tráfico de mejor esfuerzo tiene que sufrir pérdidas de paquetes hasta que se finalice la restauración 311 óptica y la capa de IP se haya conmutado a la capacidad de protección óptica. Mediante esto, y esto es en general la ventaja de este sistema 300 de protección de múltiples capas, las interfaces de encaminador costosas pueden utilizarse con mucho más del 50 % del tráfico. La regla de caso del 100 % de fallo que conduce a menudo a un máximo del 50 % de carga puede omitirse durante la planificación de red; para determinar la carga de las interfaces únicamente necesita considerarse el modo de operación normal. En principio es posible cargar completamente las interfaces de encaminador para las relaciones de tráfico requeridas.

Para evitar el uso de puertos sin color y sin dirección comparativamente costosos, se usan puertos sin dirección pero con color en una forma de implementación del sistema 300. Un diseño de red adecuado y asignación apropiada de longitudes de onda asegura que las trayectorias de luz restauradas pueden operarse con la misma longitud de onda que las trayectorias originales. En una red de WDM no completamente cargada este objetivo puede alcanzarse comparativamente fácil. Con volumen de tráfico creciente se hará más difícil reservar suficientes capacidades de longitud de onda en los bordes de protección. Ya que este mecanismo únicamente se requiere en caso de un doble fallo (que de todos modos no es muy probable) la protección puede considerarse como aceptable cuando funciona en la mayoría de los casos, pero no en cualquier caso.

La Figura 4 muestra un diagrama esquemático de un método 400 para protección de enlace óptico según una forma de implementación.

El método 400 comprende dividir 401 un primer enlace de transmisión óptico que lleva una primera pluralidad de longitudes de onda en un subenlace principal y uno redundante, llevando ambos subenlaces la primera pluralidad de longitudes de onda. El método 400 comprende combinar 403 el subenlace principal del primer enlace de transmisión óptico que lleva la primera pluralidad de longitudes de onda y un subenlace redundante de un segundo enlace de transmisión óptico que lleva una segunda pluralidad de longitudes de onda para proporcionar un primer enlace de transmisión óptico protegido que lleva tanto la primera pluralidad de longitudes de onda como la segunda pluralidad de longitudes de onda.

En una forma de implementación, la primera pluralidad de longitudes de onda comprende longitudes de onda impares y la segunda pluralidad de longitudes de onda comprende longitudes de onda pares. En una forma de implementación alternativa, la primera pluralidad de longitudes de onda comprende longitudes de onda pares y la segunda pluralidad de longitudes de onda comprende longitudes de onda impares.

En una forma de implementación, el método 400 comprende adicionalmente dividir el segundo enlace de transmisión óptico que lleva la segunda pluralidad de longitudes de onda en un subenlace principal y en el redundante, llevando ambos subenlaces la segunda pluralidad de longitudes de onda; y combinar el subenlace principal del segundo enlace de transmisión óptico que lleva la segunda pluralidad de longitudes de onda y el subenlace redundante del primer enlace de transmisión óptico que lleva la primera pluralidad de longitudes de onda para proporcionar un segundo enlace de transmisión óptico protegido que lleva tanto la primera pluralidad de longitudes de onda como la segunda pluralidad de longitudes de onda.

En una forma de implementación, el método 400 comprende adicionalmente en caso de un doble fallo tanto en el primer enlace de transmisión óptico protegido como en el segundo enlace de transmisión óptico protegido: conmutar la primera y la segunda pluralidades de longitudes de onda a un enlace de transmisión óptico alternativo usando un mecanismo 307 de Re-encaminamiento Rápido y un Protocolo 309 de Pasarela Interior como se ha descrito anteriormente con respecto a la Figura 3; reparar 315, 319 al menos uno del primer enlace de transmisión óptico protegido y el segundo enlace de transmisión óptico protegido como se ha descrito anteriormente con respecto a la

Figura 3; y conmutar la primera y la segunda pluralidades de longitudes de onda de vuelta al reparado del primer enlace de transmisión óptico protegido y del segundo enlace de transmisión óptico protegido.

A partir de lo anterior, será evidente para los expertos en la técnica que se proporciona una diversidad de métodos, sistemas, programas informáticos en medios de grabación y similares.

- 5 La presente descripción también admite un producto de programa informático que incluye código ejecutable por ordenador o instrucciones ejecutables por ordenador que, cuando se ejecutan, provocan que al menos un ordenador ejecute las etapas de realización e informáticas descritas en la presente memoria.

La presente descripción también admite un sistema configurado para ejecutar las etapas de realización e informáticas descritas en la presente memoria.

- 10 Serán evidentes muchas alternativas, modificaciones y variaciones para los expertos en la técnica a la luz de las enseñanzas anteriores. Por supuesto, los expertos en la técnica reconocerán fácilmente que hay numerosas aplicaciones de la invención más allá de aquellas descritas en la presente memoria. Aunque las presentes invenciones se han descrito con referencia a una o más realizaciones particulares, los expertos en la técnica reconocen que pueden realizarse muchos cambios a las mismas sin alejarse del alcance de la presente invención.
- 15 Se entiende por lo tanto que dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, las invenciones pueden ponerse en práctica de otra manera a lo que se describe específicamente en la presente memoria.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (101) de protección de enlace de transmisión óptico, que comprende:
 - 5 un divisor óptico (111), configurado para recibir un primer enlace (112) de transmisión óptico que lleva una primera pluralidad de longitudes de onda, estando configurado el divisor (111) óptico para dividir el primer enlace (112) de transmisión óptico en un subenlace (114) principal y uno redundante (116), llevando ambos subenlaces la primera pluralidad de longitudes de onda; y
 - 10 un combinador óptico (113), acoplado al divisor (111) óptico y configurado para recibir un subenlace (126) redundante de un segundo enlace (122) de transmisión óptico que lleva una segunda pluralidad de longitudes de onda, estando configurado el combinador (113) óptico para combinar el subenlace (114) principal del primer enlace (112) de transmisión óptico y el subenlace (126) redundante del segundo enlace (122) de transmisión óptico para proporcionar un enlace (118) de transmisión óptico protegido que lleva tanto la primera pluralidad de longitudes de onda como la segunda pluralidad de longitudes de onda.
2. El dispositivo (101) de protección de enlace de transmisión óptico de la reivindicación 1, en donde el primer (112) y el segundo (122) enlace de transmisión óptico se reciben desde dos subredes (181, 182) localmente disjuntas.
- 15 3. El dispositivo (101) de protección de enlace de transmisión óptico de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde una colocación de la primera pluralidad de longitudes de onda en el primer enlace (112) de transmisión está disjunta a una colocación de la segunda pluralidad de longitudes de onda en el segundo enlace (122) de transmisión óptico.
4. El dispositivo de protección de enlace (101) de transmisión óptico de una de las reivindicaciones anteriores, en donde el divisor (111) óptico comprende un acoplador óptico de 3 dB pasivo.
- 20 5. El dispositivo (101) de protección de enlace de transmisión óptico de una de las reivindicaciones anteriores, en donde el combinador (113) óptico comprende un intercalador óptico configurado para intercalar la primera pluralidad de longitudes de onda con la segunda pluralidad de longitudes de onda.
6. El dispositivo (101) de protección de enlace de transmisión óptico de una de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer (112) y el segundo (122) enlaces de transmisión ópticos llevan partes iguales de las primeras longitudes de onda y las segundas longitudes de onda como una totalidad.
- 25 7. El dispositivo (101) de protección de enlace de transmisión óptico de una de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer enlace (112) de transmisión óptico lleva longitudes de onda impares y el segundo enlace (122) de transmisión óptico lleva longitudes de onda pares o viceversa.
- 30 8. Dispositivo (103) de protección de enlace de recepción óptico, que comprende:
 - 35 un descombinador (133) óptico, configurado para recibir un enlace (118) de recepción óptico protegido que lleva tanto, una primera pluralidad de longitudes de onda como una segunda pluralidad de longitudes de onda, estando configurado el descombinador (133) óptico para separar el enlace (118) de recepción óptico protegido en un subenlace (134) principal de un primer enlace (138) de recepción óptico que lleva la primera pluralidad de longitudes de onda y un subenlace (146) redundante de un segundo enlace (148) de recepción óptico que lleva la segunda pluralidad de longitudes de onda; y
 - 40 un conmutador (131) óptico, acoplado al descombinador (133) óptico, y configurado para recibir un subenlace (136) redundante del primer enlace (138) de recepción óptico que lleva la primera pluralidad de longitudes de onda, estando configurado el conmutador (131) óptico para conmutar uno del subenlace (134) principal del primer enlace (138) de recepción óptico y el subenlace (136) redundante del primer enlace (138) de transmisión óptico.
9. El dispositivo de protección de enlace (103) de recepción óptico de la reivindicación 8, en donde el conmutador (131) óptico está configurado para conmutar el uno de los subenlaces (134) principal y el redundante (136) en base a un nivel de potencia como su entrada.
- 45 10. El dispositivo (103) de protección de enlace de recepción óptico de una de las reivindicaciones 8 y 9, en donde el descombinador (133) óptico comprende un desintercalador óptico configurado para desintercalar la primera pluralidad de longitudes de onda de la segunda pluralidad de longitudes de onda.
11. El dispositivo (103) de protección de enlace de recepción óptico de una de las reivindicaciones 8 a 10, en donde la primera pluralidad de longitudes de onda comprende longitudes de onda impares y la segunda pluralidad de longitudes de onda comprende longitudes de onda pares o viceversa.
- 50 12. Dispositivo (100) de protección de enlace óptico, que comprende:
 - un dispositivo (101) de protección de enlace de transmisión óptico según una de las reivindicaciones 1 a 7; y

un dispositivo (103) de protección de enlace de recepción óptico según una de las reivindicaciones 8 a 11,

en donde el combinador (113) óptico y el descombinador (133) óptico están implementados por dos intercaladores ópticos idénticamente construidos.

13. Método (400) para protección de enlace óptico, que comprende:

5 dividir (401) un primer enlace de transmisión óptico que lleva una primera pluralidad de longitudes de onda en un subenlace principal y uno redundante, llevando ambos subenlaces la primera pluralidad de longitudes de onda; y

10 combinar (403) el subenlace principal del primer enlace de transmisión óptico que lleva la primera pluralidad de longitudes de onda y un subenlace redundante de un segundo enlace de transmisión óptico que lleva una segunda pluralidad de longitudes de onda para proporcionar un primer enlace de transmisión óptico protegido que lleva tanto la primera pluralidad de longitudes de onda como la segunda pluralidad de longitudes de onda.

14. El método (400) de la reivindicación 13, que comprende adicionalmente:

dividir el segundo enlace de transmisión óptico que lleva la segunda pluralidad de longitudes de onda en un subenlace principal y el redundante, llevando ambos subenlaces la segunda pluralidad de longitudes de onda; y

15 combinar el subenlace principal del segundo enlace de transmisión óptico que lleva la segunda pluralidad de longitudes de onda y el subenlace redundante del primer enlace de transmisión óptico que lleva la primera pluralidad de longitudes de onda para proporcionar un segundo enlace de transmisión óptico protegido que lleva tanto la primera pluralidad de longitudes de onda como la segunda pluralidad de longitudes de onda.

15. El método (400, 300) de la reivindicación 14, que comprende adicionalmente en caso de un doble fallo tanto en el primer enlace de transmisión óptico protegido como en el segundo enlace de transmisión óptico protegido:

20 conmutar la primera y la segunda pluralidades de longitudes de onda a un enlace de transmisión óptico alternativo usando un mecanismo (307) de Re-encaminamiento Rápido y un Protocolo (309) de Pasarela Interior;

reparar (315, 319) al menos uno del primer enlace de transmisión óptico protegido y el segundo enlace de transmisión óptico protegido; y

25 conmutar la primera y la segunda pluralidades de longitudes de onda de vuelta al reparado del primer enlace de transmisión óptico protegido y al segundo enlace de transmisión óptico protegido.

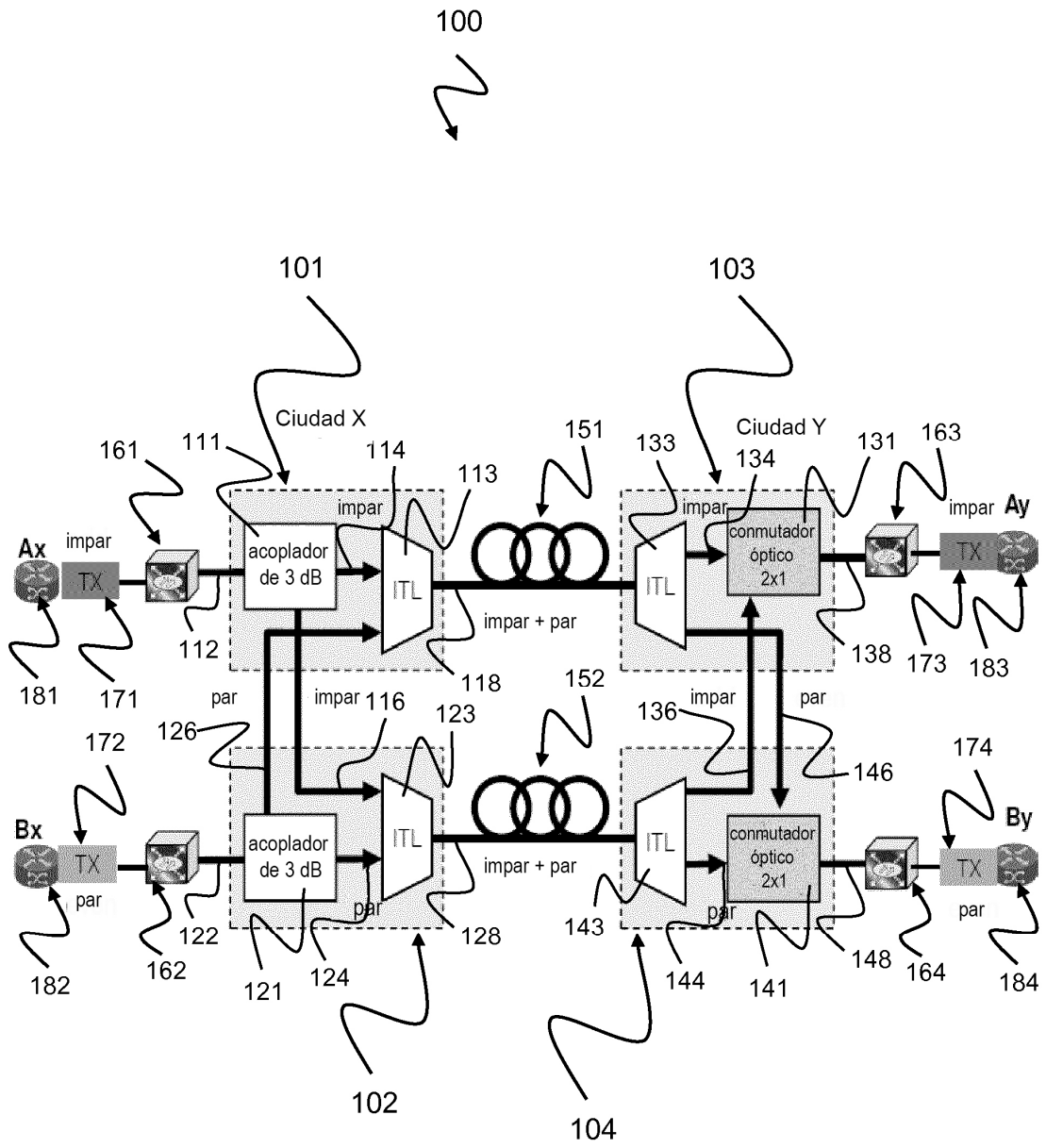


Fig. 1

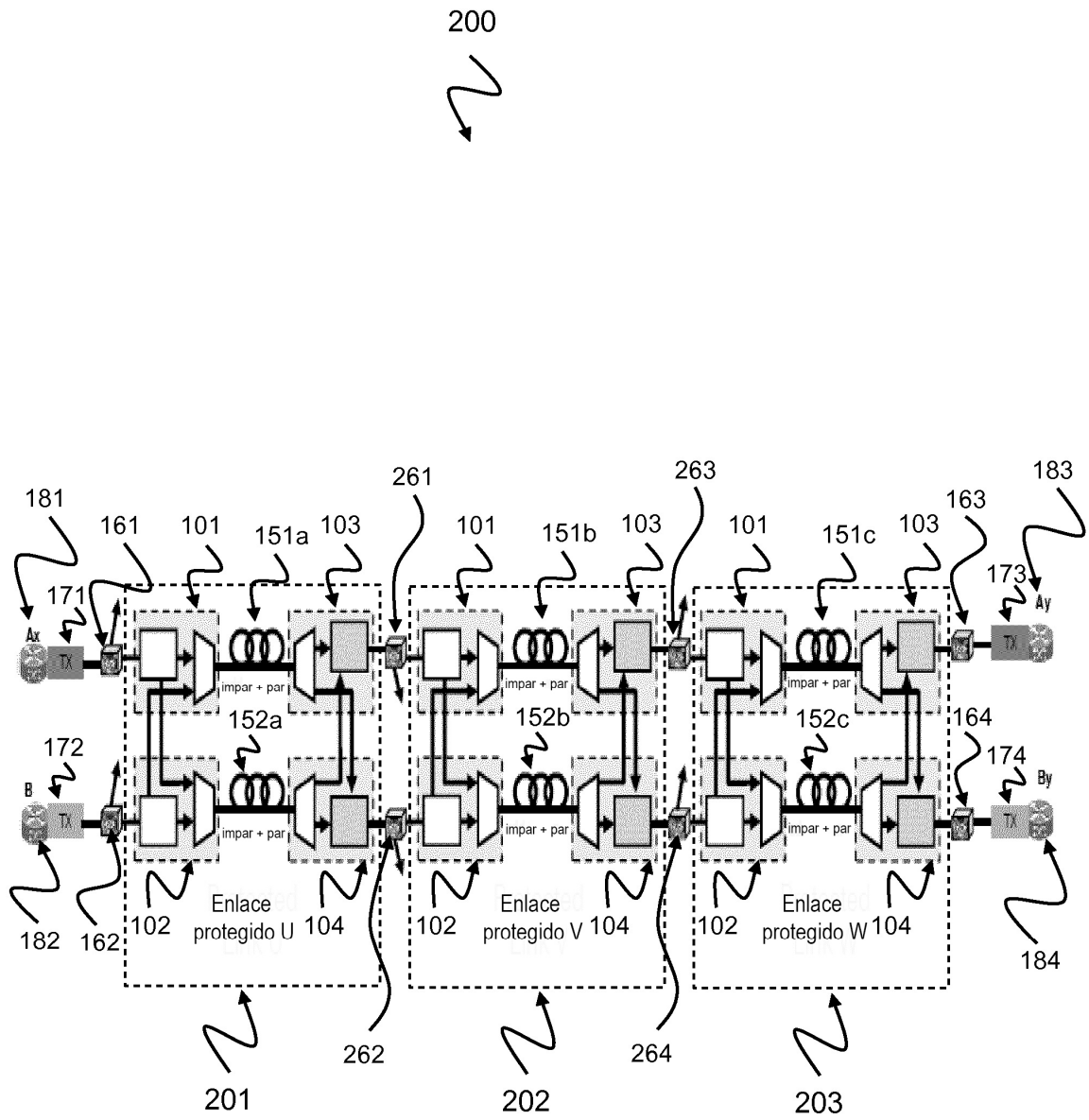


Fig. 2

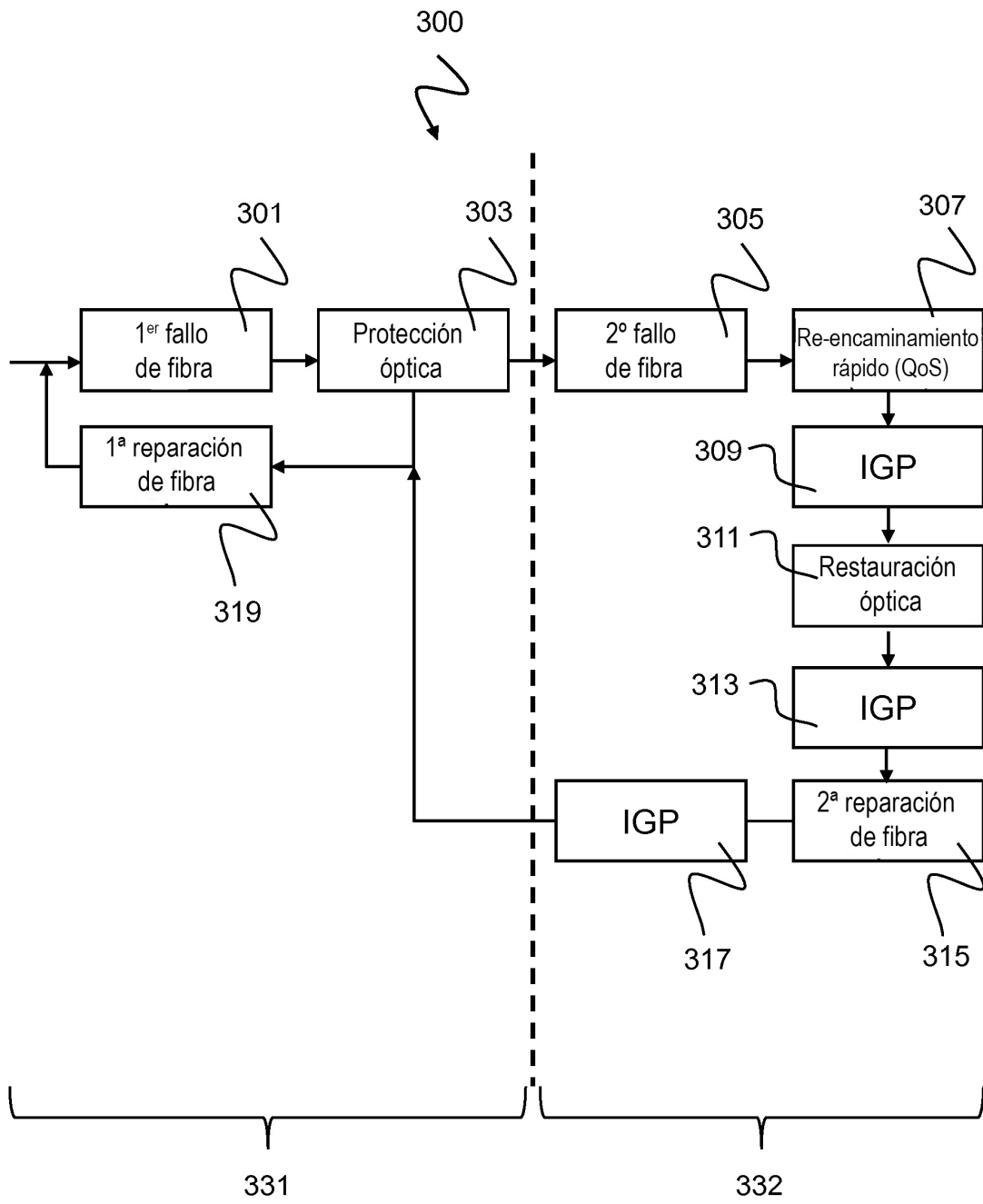


Fig. 3

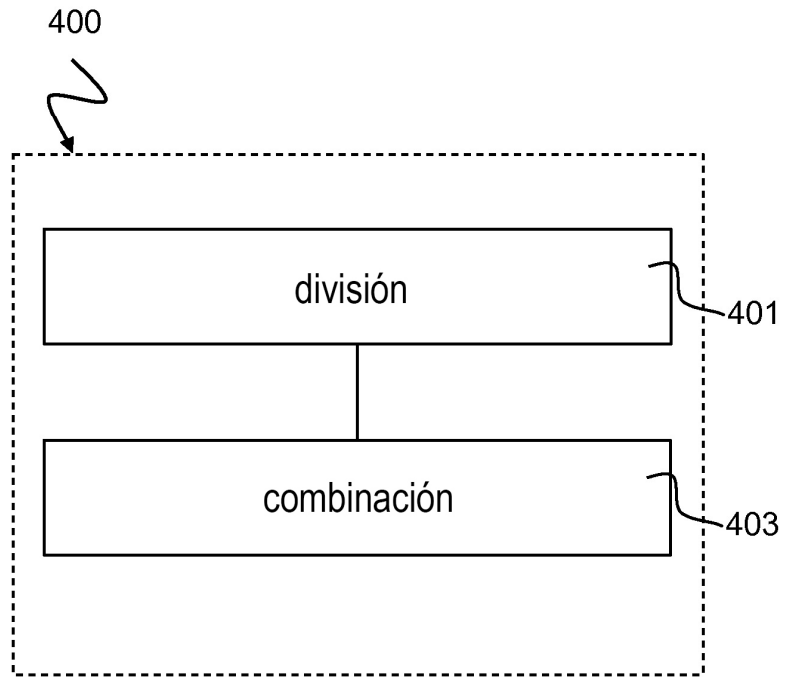


Fig. 4