

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 691 750**

51 Int. Cl.:

H04Q 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.06.2007 PCT/US2007/013067**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.12.2007 WO07143169**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2007 E 07777381 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2041902**

54 Título: **Mecanismos de conmutación para protección de redes y métodos de protección de redes**

30 Prioridad:

01.06.2006 GB 0610819
20.12.2006 US 876348 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.11.2018

73 Titular/es:

POLATIS LTD (100.0%)
332-2 Cambridge Science Park, Milton Road
Cambridge CB4 0FW, GB

72 Inventor/es:

LEWIS, DAVID, OWEN y
JENSEN, RICHARD, ANDREW

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 691 750 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

Mecanismos de conmutación para protección de redes y métodos de protección de redes.

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere a mecanismos de conmutación para protección de redes y a métodos de protección de redes.

10 **Antecedentes de la invención**

Los cortes de fibras, los fallos en equipos y el deterioro provocan un número significativo de alteraciones y cortes de servicio. A medida que los negocios y los consumidores se hacen cada vez más intolerantes a las averías en las redes, el tiempo de indisponibilidad puede resultar muy costoso para los operadores debido tanto a la pérdida de ingresos como al daño de su imagen. Como consecuencia, los operadores están buscando continuamente mejores formas de proteger las redes contra dichos fallos de la fibra y reducir costes mediante un uso más eficiente del ancho de banda de protección.

Habitualmente, los sistemas existentes de conmutación de protección implican comunicaciones o señalización de nivel superior entre nodos de la red usando comunicaciones por paquetes o canales con tara de entramado complejo.

El diseño de redes que están protegidas automáticamente contra el peor de los casos de múltiples roturas de fibra puede resultar dificultoso y caro. Como consecuencia, típicamente muchos esquemas de protección de redes solamente proporcionan protección automática contra fallos individuales de la fibra. El razonamiento que subyace tras esto es que el personal de reparaciones será enviado inmediatamente después de un fallo individual y se espera que arregle el problema antes de que se produzca otro fallo. Muchos de los cálculos de la disponibilidad global de las líneas de transporte y de la red están sujetos a la probabilidad de un segundo fallo que se produce antes de que se repare el primero.

Normalmente, los desastres importantes, como terremotos y huracanes, provocan múltiples roturas de fibra en una red. Aunque ningún sistema puede proteger contra todas las contingencias, disponer de una red que se pueda reconfigurar y recuperar automáticamente de múltiples fallos de la fibra hará que mejore considerablemente la disponibilidad global.

En términos de técnica anterior conocida, el documento US 2005/0180316 describe una red bidireccional de comunicaciones ópticas multiplexadas por división de longitud de onda (WDM) que incluye componentes para detectar automáticamente un fallo a lo largo de una guía de ondas óptica principal en un enlace que forma parte de una red de comunicaciones WDM bidireccional y conmutar la trayectoria de transmisión de las señales ópticas propagadas a lo largo de ese enlace desde esa guía de ondas a una segunda guía de ondas de reserva siempre que se detecte un fallo en la primera guía de ondas, usando conmutadores ópticos 1x2, filtros ópticos, fotodetectores y electrónica en una configuración diseñada para evitar averías ocultas. Los conmutadores ópticos 1x2 se pueden sustituir por conmutadores ópticos 2x2 en combinación con otros equipos para permitir la monitorización constante de la guía de ondas de reserva, la provisión de duplicación auxiliar para transmisores, receptores y acopladores ópticos en la trayectoria que contiene la guía de ondas principal, y/o permitir el acarreo de tráfico de baja prioridad sobre la guía de ondas de reserva siempre que se encuentren el modo de reserva. No se requiere ningún mecanismo de señalización de entrada en contacto entre los extremos opuestos de las guías de ondas para la protección de conmutación.

El documento US 2002/0197004 divulga una unidad de desviación para un sistema de fibra óptica que incluye una trayectoria de servicio y una trayectoria de protección, mediante el cual la unidad de desviación prevé una conmutación como respuesta a problemas debidos a cortes de fibras y/o averías de equipos que pueden producirse en el sistema de fibra óptica. Las trayectorias de servicio y de protección se encuentran en un punto de desviación de la red de fibra óptica, o en un equipo de protección de red (NPE) que está situado cerca de un equipo de interfaz de cliente. En la unidad de desviación o NPE se proporciona una pluralidad de conmutadores, junto con un detector y un procesador, para determinar si se está recibiendo alguna señal de la trayectoria de servicio, y, en caso negativo, para reconfigurar el sistema con el fin de aceptar señales de la trayectoria de protección.

El documento US nº 6.362.905 divulga un aparato óptico de subrepartición que incluye un terminal conectado a una trayectoria de transmisión procedente de una estación terminal de transmisión óptica y otro terminal conectado a una trayectoria de transmisión procedente de otra estación terminal de transmisión óptica, un primer conmutador de señales ópticas que tiene "M1" puertos y "N1" puertos, a través de los cuales puede pasar la señal óptica, y un segundo conmutador de señales ópticas que tiene "M2" puertos y "N2" puertos, a través de los cuales puede pasar la señal óptica, y "L" repetidores de señales ópticas, un extremo conectado a los "N1" puertos del primer conmutador de señales ópticas, y el otro extremo conectado a los "N2" puertos del segundo

conmutador óptico. Los "N1" y "N2" puertos son iguales a "L" repetidores de señales ópticas. Los "M1" puertos del primer conmutador de señales ópticas conectados al primer terminal, y los "M2" puertos del segundo conmutador de señales ópticas conectados al otro terminal son superiores o iguales a 2.

5 **Sumario de la invención**

La presente invención se expone en las reivindicaciones adjuntas.

10 **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 muestra una vista general de un mecanismo y un conmutador automáticos, distribuidos y rápidos para protección de fibra óptica en redes, que hacen uso de una combinación de control de conmutación y detección locales de fallos en fibra.

15 La Figura 2 muestra un mecanismo de protección de redes según se prevé en la figura 1, con la forma de realización detallada de dos conmutadores A y B con detectores de energía.

La Figura 3 muestra un mecanismo de protección de redes en una vista general, que usa conmutadores con dos detectores de energía por cada puerto de un conmutador.

20 La Figura 4 muestra un mecanismo de protección de redes para sistemas de fibra bidireccionales, que usa conmutadores con dos detectores de energía por cada puerto de un conmutador.

25 La Figura 5 muestra un mecanismo de protección de redes para detección y protección contra una pluralidad de fallos.

Descripción detallada de la invención

30 Las formas de realización de esta invención incrementan la velocidad de detección de fallos y de la conmutación de protección de redes al disponer de conmutadores ópticos inteligentes con detectores de potencia óptica que pueden detectar localmente fallos en la línea óptica. El controlador de conmutación funciona sin que la conmutación sea el resultado de una comunicación óptica de capa física de un conmutador a otro y sin un entramado de tara complicado tal como requieren sistemas de la técnica anterior.

35 Las formas de realización mejoran también la utilización de la fibra al permitir que líneas de trabajo compartan un grupo de trayectorias de protección.

40 El concepto de "grupo compartido" se puede ampliar a la difícil tarea de proteger una red contra múltiples roturas de fibra simplemente monitorizando a través de un detector, tal como detectores de potencia óptica, las trayectorias de protección de la misma manera que las trayectorias de trabajo después de que estas hayan sido suministradas. Esto permite proteger las trayectorias de protección portadoras de tráfico con los recursos restantes del grupo compartido. Si la red experimenta una segunda rotura de fibra ya sea en una trayectoria de protección suministrada o en una línea de trabajo regular, el tráfico se conmuta automáticamente a otra trayectoria de protección del grupo. El concepto de "grupo compartido" también puede potenciar la disponibilidad de la red al proporcionar protección contra múltiples fallos de la fibra.

El número de fallos que puede tolerar la red queda determinado por el tamaño del grupo de fibras de repuesto.

50 Las formas de realización de la invención se pueden usar para sustituir o complementar métodos existentes de conmutación de protección en sistemas tradicionales como el SONET (redes ópticas síncronas) y/o SDH (jerarquía digital síncrona). La integración del mecanismo en dichos sistemas no requiere ninguna revisión fundamental de los sistemas, lo cual hace que el sistema resulte particularmente ventajoso debido a su adaptabilidad.

55 En la práctica, una forma de realización se puede integrar en sistemas existentes como mejora para la gestión de fallos de fibras. Por ejemplo, el conmutador óptico se intercomunica con los planos de control de red de nivel superior a través de un canal de comunicaciones estándar.

60 En el caso de una rotura de fibra, un conmutador realiza una reconfiguración automáticamente en relación con el fallo de acuerdo con reglas predefinidas, y a continuación, informa al plano de control de nivel superior por medio de una interfaz de aguas arriba. A la inversa, los planos de control de nivel superior pueden ordenar al conmutador que realice una reconfiguración en caso de fallos que no sean de fibra o desactivar la característica de conmutación de protección automática para operaciones de mantenimiento. Las formas de realización de la invención permiten que las líneas de tráfico de trabajo compartan eficientemente varias trayectorias de protección sin necesidad de intervención desde una capa de control de red de nivel superior ni necesidad de comunicación de control entre conmutadores.

Una forma de realización de la invención incluye dos conmutadores ópticos en los extremos de una trayectoria de comunicaciones con detectores ópticos para proteger contra fallos de red que dan como resultado una reducción o pérdida de potencia óptica, sin necesidad de intervención de planos de control de red de nivel superior, de señalización compleja o de cualquier comunicación de control entre conmutadores.

La Figura 1 muestra un mecanismo de conmutación para protección de fibra óptica en redes que usa una combinación de control de conmutación y detección locales de fallos de fibra. El nodo de conmutación 1 incorpora un transmisor (Tx.) mientras que el nodo de conmutación 4 incorpora un receptor (Rx).

En el conmutador del nodo 1, por lo menos un detector de potencia óptica está situado en el puerto de salida correspondiente a la trayectoria de trabajo. El detector está configurado para detectar energía correspondiente a la reflexión resultando de un fallo de fibra, tal como una rotura en la misma, en la trayectoria de trabajo entre el conmutador del nodo 1 y el conmutador del nodo 4.

El conmutador del nodo 4 incorpora por lo menos un detector de potencia óptica en un puerto de entrada del conmutador correspondiente a la trayectoria de trabajo. Este detector de potencia óptica está configurado para detectar una pérdida de energía en la trayectoria de trabajo, debido a una rotura en la trayectoria. Entre los detectores de potencia óptica en los respectivos nodos de conmutación y su controlador de conmutación inteligente respectivo se proporciona una línea de comunicaciones.

El controlador de conmutación inteligente responde a la detección de una reflexión en el puerto de salida del conmutador del nodo 1, para provocar una conmutación a una trayectoria de protección disponible, tal como la trayectoria de protección compartida 1, que es compartida por los conmutadores de los nodos 1, 2, 3 y 4. De manera sustancialmente simultánea, el detector óptico en el puerto de entrada del conmutador del nodo 4 transmite una señal de pérdida de energía al controlador de conmutación inteligente del nodo de conmutación 4, lo cual provocará la conmutación a una trayectoria de protección disponible, tal como la trayectoria de protección 1. La trayectoria de protección 1 pasa a través del nodo de conmutación 2 y del nodo de conmutación 3 antes de llegar al nodo de conmutación 4.

Puesto que el hardware de conmutación local controla conexiones de nodos con las fibras tanto de trabajo como de protección para todas las trayectorias conectadas al conmutador, el hardware de conmutación puede seleccionar de entre múltiples trayectorias de protección predeterminadas en un grupo de trayectorias disponibles. No es necesario que la fibra de protección exacta usada para una avería de una fibra de trabajo particular esté predeterminada. En otras palabras, puede ser cualquiera de las trayectorias de protección disponibles que se proporcionan en un grupo.

El método para seleccionar la siguiente trayectoria de protección disponible se puede determinar a través de una variedad de medios. Por ejemplo, un método sencillo consistiría en presuministrar trayectorias de protección y, a continuación, predeterminar el orden en el que se asignarán para mitigar fallos de red. Esto permite que múltiples trayectorias de trabajo conectadas al conmutador compartan adicionalmente un grupo común de fibras y trayectorias de protección.

El método se puede aplicar a la difícil tarea de protección contra múltiples averías de red, ya que las trayectorias de protección también se pueden monitorizar después de que se hayan suministrado y el tráfico se puede conmutar automáticamente a otra trayectoria de protección del grupo si, en la trayectoria de protección, se produce una avería subsiguiente de una fibra. Esta característica puede hacer que mejoren considerablemente la fiabilidad y la disponibilidad globales de la red.

El método se puede ampliar a la conmutación de pares de líneas o agrupamientos de fibras sobre la base de fallos individuales o múltiples de las fibras.

Resumen de las etapas de conmutación de protección y detección de fallos de la figura 1 cuando se produce un fallo de una fibra en la trayectoria de trabajo entre el conmutador del nodo 1 y el conmutador del nodo 4:

A) Para el conmutador del nodo 1:

- Las señales transmitidas desde el transmisor (TX) son reflejadas en una rotura sobre la trayectoria de trabajo;
- En el conmutador del nodo 1, en el puerto de salida correspondiente a la trayectoria de trabajo, se detecta el fallo debido a la detección de un nivel de energía asociado típicamente a la reflexión;
- Comunicación de una señal de fallo desde el detector al controlador de conmutación inteligente del conmutador del nodo 1;

ES 2 691 750 T3

- El controlador de conmutación inteligente conmuta el puerto de entrada del conmutador del nodo 1 a un puerto de salida alternativo correspondiente a una trayectoria de protección compartida disponible; y
- El controlador espera durante un espacio de tiempo predeterminado a que el conmutador del nodo 1 y el conmutador del nodo 4 finalicen la conmutación; y
- El controlador informa del cambio de estado al plano de control de red de nivel superior.

Para el conmutador del nodo 4:

- Las señales transmitidas desde el transmisor (TX) no consiguen llegar al puerto de entrada (que se corresponde con la trayectoria de trabajo) del conmutador del nodo 4;
- Pérdida de energía detectada en el conmutador del nodo 4 en el puerto de entrada correspondiente;
- Comunicación de una señal de fallo desde el detector al controlador de conmutación inteligente del conmutador del nodo 4;
- El controlador de conmutación inteligente conmuta el puerto de salida del conmutador del nodo 4 a un puerto de entrada correspondiente a una trayectoria de protección disponible;
- El controlador espera durante un espacio de tiempo predeterminado a que el conmutador del nodo 1 y el conmutador del nodo 4 finalicen la conmutación; y
- El controlador informa del cambio de estado al plano de control de red de nivel superior.

Los controladores inteligentes, respectivamente, del conmutador del nodo 1 y del conmutador del nodo 4 orquestan la conmutación desde la trayectoria de trabajo a la trayectoria de protección compartida 1 habiendo comprobado que estas trayectorias de comunicación están disponibles como trayectorias de protección. Esta configuración permite una detección local de fallos en cada conmutador seguida por una acción correctora local. Los conmutadores funcionan independientemente para detectar fallos e iniciar la conmutación de protección. El controlador de conmutación inteligente inicia la conmutación directamente sin comunicación de control entre conmutadores. El mismo puede utilizar e instalar reglas predefinidas para la conmutación y la interfaz de las comunicaciones para comunicarse con componentes de red externos de niveles superiores.

Las formas de realización ejemplificativas de la invención posibilitan un uso eficiente de las trayectorias de fibra de protección ya que el control de conmutación local permite que múltiples trayectorias de trabajo compartan un grupo de trayectorias de protección. No es necesario que la trayectoria de protección exacta para cada trayectoria de trabajo se defina antes de que se produzca un fallo de una fibra. Puesto que los conmutadores ópticos saben qué trayectorias de protección se están usando en cualquier momento, simplemente seleccionan la siguiente trayectoria de protección disponible y, a continuación, informan de la reconfiguración de la red a las capas de control de red superiores. Estas capas superiores pueden descargar criterios actualizados de conmutación de protección en cualquier momento.

Un método ejemplificativo para seleccionar la siguiente trayectoria de protección disponible se puede determinar a través de una variedad de medios. Por ejemplo, un método sencillo consistiría en presuministrar trayectorias de protección de fibra oscura y predeterminar el orden en el que se van a asignar para mitigar fallos. Este esquema posibilita que múltiples trayectorias de trabajo conectadas al conmutador compartan eficientemente un grupo común de fibras y trayectorias de protección.

Dos características deseables de los conmutadores ópticos para esta aplicación son la baja pérdida y los tiempos rápidos de conmutación. La baja pérdida minimiza el impacto sobre el balance de deterioro de las líneas de transmisión; el tiempo rápido de conmutación garantiza que la conmutación se completa antes de que intervengan las capas del plano de control de niveles superiores. Se logra un efecto sinérgico cuando se usa un conmutador del tipo proporcionado por Polatis Limited o Polatis Photonics Incorporated y el mecanismo de protección descrito en la presente.

La conmutación de protección es independiente del número de conmutadores intermedios de los saltos entre nodos. En el caso en el que haya muchos conmutadores ópticos incluidos en la trayectoria, solamente se requieren los conmutadores del final de la trayectoria para materializar una conmutación de protección.

En la Figura 2, se muestran dos conmutadores ópticos A y B que incluyen, cada uno de ellos, unos puertos, unos detectores ópticos, una matriz de conmutación y un controlador de conmutación óptico inteligente. Los puertos definen los puntos de conexión de fibra con el conmutador. Los detectores ópticos presentan direccionalidad por la cual detectan la potencia óptica en la dirección de la flecha. Un transmisor Oeste (Tx) introduce una señal en el conmutador óptico A por el puerto 1 el cual está provisto de un detector. La señal se recibe en el puerto 2 el

cual comprende también un detector. Una trayectoria de tráfico principal de fibra óptica se extiende en Sentido Este entre el puerto 2 del conmutador A y el puerto 4 del conmutador B. El conmutador B incorpora también un puerto de entrada 4 con un detector y un puerto de salida 3 con un detector en la trayectoria que conduce al receptor Este (Rx). Tanto el conmutador óptico A como el conmutador óptico B incorporan un controlador de conmutación inteligente el cual está en comunicación con los detectores a través de líneas de comunicación adecuadas y con el plano de control de red de nivel superior.

Cuando se produce un fallo en la trayectoria de tráfico principal en sentido este, tienen lugar las siguientes etapas de detección de fallos y conmutación de protección:

A) En el conmutador A:

- Las señales transmitidas desde el transmisor Oeste (TX) se reflejan en una rotura situada en la trayectoria de tráfico principal de fibra óptica;
- En el puerto de salida 2 correspondiente a la trayectoria de tráfico principal de fibra óptica, el detector del puerto 2 detecta el fallo debido a la detección de un nivel de energía asociado típicamente a la reflexión;
- Comunicación interna de una señal de fallo desde el detector al controlador de conmutación inteligente del conmutador;
- El controlador de conmutación inteligente conmuta el puerto de entrada 1 a un puerto de salida alternativo 5 correspondiente a una trayectoria de protección disponible de fibra óptica; y
- El controlador espera durante un espacio de tiempo predeterminado a que el conmutador A y el conmutador B finalicen la conmutación; y
- El controlador informa del cambio de estado al plano de control de red del nivel superior.

B) En el conmutador B:

- Las señales transmitidas desde el transmisor Oeste (TX) no consiguen llegar al puerto de entrada 4 (que se corresponde con la trayectoria de tráfico);
- Pérdida de energía detectada por el detector del puerto 4; - Comunicación de una señal de fallo desde el detector al controlador de conmutación inteligente del conmutador;
- El controlador de conmutación inteligente conmuta el puerto de salida 3 del conmutador al puerto de entrada 6 correspondiente a una trayectoria de protección disponible; - El controlador espera durante un espacio de tiempo predeterminado a que el conmutador A y el conmutador B finalicen la conmutación; y
- El controlador informa del cambio de estado al plano de control de red de nivel superior.

Un detector está situado en el puerto 5 (conmutador A) y el mismo detectaría cualquier reflexión provocada por una rotura en la trayectoria de protección óptica. En el puerto 6 (conmutador B) se proporciona también otro detector para detectar la pérdida de energía debida a una rotura en la trayectoria de protección.

En esta forma de realización, el conmutador óptico A incluye otro detector de potencia óptica situado en el puerto 1 y que detecta cualquier pérdida de energía proveniente del transmisor. Esta detección de energía es opcional. Esto es debido a que la operación de conmutación se puede controlar mediante la inclusión de solamente un detector de energía en el puerto 2 del conmutador óptico A y solamente un detector de energía situado en el conmutador óptico B en el puerto 4.

Otro detector de energía opcional se sitúa en el puerto 3 del conmutador B el cual detecta la reflexión por un fallo entre el puerto 3 y el receptor Este.

Las matrices de conmutación son matrices de conmutación completamente sin bloqueo. Podría usarse una matriz de conmutación simétrica de NxN o asimétrica de NxM. Los controladores de conmutación inteligentes coordinan la lectura de potencia óptica dentro del conmutador, la función de conmutación, el almacenamiento de las reglas predefinidas para la conmutación y la interfaz de comunicaciones para comunicarse con componentes externos de red de nivel superior. Las trayectorias de protección predefinidas se pueden descargar o cambiar en cualquier momento por medio de la interfaz de comunicaciones, y el conmutador puede informar de todos los cambios de las configuraciones de protección, los ajustes de conmutación y los diagnósticos por medio del mismo canal. El conmutador se puede configurar para responder de manera manual o automática a fallos de la red. Los controladores de conmutación inteligentes funcionan de forma autónoma en cada conmutador en

términos de identificar una pérdida de potencia óptica y provocan que las matrices de conmutación respectivas conmuten señales ópticas de una trayectoria de trabajo a una trayectoria de protección.

5 Existen muchos criterios que se podrían usar para detectar fallos. Uno de los criterios podría ser un nivel de referencia absoluto en donde se selecciona un nivel de energía predeterminado, y se declara un fallo cuando la energía cae por debajo de un nivel predeterminado. Otro criterio podría ser un nivel de referencia relativo en donde se selecciona una caída de energía predeterminada, y se declara un fallo cuando la energía cae la magnitud predeterminada. Podrían usarse muchas otras técnicas, tales como retardar la declaración de un fallo hasta que se haya superado durante un espacio de tiempo predeterminado el nivel o cambio de umbral de energía o comparar energías ópticas a lo largo del tiempo.

15 La integridad del conmutador de protección se puede comprobar monitorizando la energía en el puerto 6 y el puerto 5 en los dos conmutadores A y B. Tanto el Conmutador A como el Conmutador B esperan durante un espacio de tiempo predeterminado a que ambos conmutadores completen la conmutación de protección. Si no se detecta energía en el puerto de entrada de protección 6 del conmutador B, o si se detecta una reflexión en el puerto 5 del conmutador A después del periodo, entonces la conmutación de protección no se completó satisfactoriamente y cada uno de los conmutadores activa una bandera de error de conmutación de protección para este conmutador de protección. El evento y el estado de conmutación de protección se pueden enviar por medio del canal de comunicaciones a las capas de red superiores.

20 El conmutador también podría tener una lista preprogramada de acciones para el caso de errores de la conmutación de protección. Finalmente, a continuación los controladores de conmutación inteligentes de los conmutadores de protección A y B informan de los resultados al plano de control de red de nivel superior. Los conmutadores incluirían el cambio de estado de las conexiones de la red, las lecturas de potencia óptica, las banderas de error de conmutación de protección, otras banderas de estado de conmutación y cualquier otra información pertinente.

30 Puesto que el conmutador A tiene también un detector de energía de entrada que está monitorizando la energía del transmisor (TX), el conmutador puede determinar si el láser local (TX) ha fallado e informar al plano de control de red de nivel superior para que pueda llevarse a cabo una reparación de equipo adecuada o una conmutación de protección de red de nivel superior. En esta forma de realización, el detector de energía de entrada en el puerto 1 del conmutador A puede detectar si el láser de origen en el transmisor (TX) ha fallado. Los conmutadores ópticos también se podrían programar para conmutar automáticamente a transpondedores de reserva cuando se identifica una avería de un transmisor (TX). Nuevamente, el conmutador informaría a las capas de control de red de nivel superior sobre el cambio de configuración.

40 Este mecanismo es rápido ya que la detección de fallos de fibra y el control de conmutación de protección se realizan localmente dentro del *hardware de conmutación* en cada nodo sin requerir una comunicación entre conmutadores o una comunicación de control de red de niveles superiores.

La Figura 3 muestra un mecanismo de protección de red que usa conmutadores con dos detectores de energía por cada puerto de un conmutador.

45 Un transmisor Oeste transmite una señal óptica al puerto 1 del conmutador óptico A. En el puerto 1 se proporcionan dos detectores de potencia óptica A y B con directividad opuesta. El puerto 1 de la trayectoria principal de fibra óptica está en comunicación con el puerto 2 el cual dispone también de dos detectores ópticos A y B. La trayectoria de tráfico principal de fibra óptica discurre entre el puerto 2 del conmutador A y el puerto 2 del conmutador B. El puerto 2 del conmutador B incorpora dos detectores ópticos A y B. El puerto 2 del conmutador óptico B está en comunicación, en su configuración principal, con el puerto 1 del conmutador B en donde están situados dos detectores de potencia óptica A y B. Las parejas de detectores incorporan un detector en la dirección de sentido este y un detector en la dirección de sentido oeste.

50 Como respuesta a una detección de un fallo, los conmutadores ópticos provocan que el tráfico se desvíe al puerto 3 en lugar del puerto 2 respectivamente. Los puertos 3 de cada conmutador están en comunicación a través de una trayectoria de protección de fibra óptica.

60 En un primer modo de uso, cuando se produce un fallo de planta en una trayectoria de tráfico en sentido este, el detector B del puerto 2 en el conmutador A detecta una reflexión mientras que, en el conmutador B en el puerto 2, el detector A detecta una pérdida de energía.

Entre el detector B del puerto 2 y un controlador de conmutación inteligente del conmutador A se proporciona una línea de comunicaciones que permite que el conmutador A conmute de la trayectoria de tráfico a la de protección dirigiendo las señales del puerto 1 al puerto 3.

Simultáneamente, el detector A del puerto 2 del conmutador B detecta una pérdida de energía y comunica esto al controlador de conmutación inteligente lo cual provoca el redireccionamiento de las señales entre el puerto 3 y el puerto 1 del conmutador B.

- 5 Los controladores de conmutación inteligentes están configurados para esperar durante un espacio de tiempo predeterminado a que los conmutadores A y B finalicen la conmutación.

Una vez que la señal se ha redirigido desde el puerto 1 al puerto 3 en el conmutador óptico A, el detector A del puerto 3 detecta energía lo cual significa que se ha completado la operación de conmutación. Si el detector B del puerto 3 detecta energía y el detector A en el puerto 3 detecta una pérdida de energía, existiría una rotura adicional entre el puerto 3 del conmutador A y el puerto 3 del conmutador B en la trayectoria de protección de fibra óptica. En estas circunstancias, el controlador de conmutación inteligente seleccionaría la siguiente trayectoria disponible hasta que no se detecte dicho fallo.

15 En un segundo modo de uso, surge un fallo de conmutación entre el puerto 1 y el puerto 2 y el mismo provocaría una pérdida de energía que será detectada por el detector A del conmutador A (puerto 2) y una reflexión que será detectada por el detector B del puerto 1 del conmutador A. En estas circunstancias, el controlador de conmutación inteligente también conmutaría las señales del puerto 1 para redirigirlas al puerto 3.

20 En un modo de funcionamiento práctico preferido, cuando surge un fallo de conmutación entre el puerto 1 y el puerto 2, el controlador inteligente compara la energía en el detector A del puerto 1 y el detector A del puerto 2 con el fin de identificar el fallo del conmutador. El detector A del puerto 1 vería la energía del transmisor, mientras que el detector A del puerto 2 no leería ninguna energía o leería una energía reducida (o cierta pérdida de energía superior a lo esperado en una operación de conmutación normal).

25 Tal como se ha descrito previamente, cualquier cambio en la configuración de conmutación es comunicado por el controlador de conmutación inteligente al plano de control de red de nivel superior. Si se detecta una pérdida de energía en el detector A del puerto 1 del conmutador A, se indicaría un fallo en el transmisor Oeste potencialmente con las medidas correctoras que se han descrito anteriormente en referencia a la figura 2.

30 La figura 4 muestra un mecanismo de protección de red para sistemas de fibra bidireccionales con dos detectores de energía por cada puerto de un conmutador.

35 En un modo de uso, cuando se produce un fallo de planta en la trayectoria de tráfico principal y bidireccional de fibra óptica, las señales que se originan en el transceptor del este y que van en sentido oeste se reflejarían en el fallo de planta y serían detectadas en el detector A del conmutador B en el puerto 2 en forma de un nivel de energía asociado típicamente a la reflexión. De manera similar, las señales en sentido oeste se reflejarían en la rotura provocando un nivel de energía asociado típicamente a una reflexión que se detectará en el puerto 2 del conmutador A por parte del detector B. Además, el tráfico en sentido oeste sería interrumpido por la rotura, dando como resultado una caída de energía detectable en el puerto 2 del conmutador óptico A por el detector B. También se impediría que las señales en sentido este llegasen al detector A del conmutador óptico B en el puerto 2 dando como resultado una pérdida de energía.

45 Alternativamente, en una forma de realización práctica preferida, en caso de fallo de planta (o deterioro) sobre la trayectoria de fibra entre el puerto 2 del conmutador A y el puerto 2 del conmutador B, una comparación de las energías detectadas en el conmutador A en el detector B del puerto 2 y en el conmutador B en el detector A del puerto 2 permite detectar el fallo de planta.

50 Además, si existe, por ejemplo, un fallo de conmutación entre el puerto 1 y el puerto 2 del conmutador óptico A, las señales en sentido oeste se verían reflejadas y, por tanto, serían detectables en el detector A del puerto 2 en el conmutador óptico A. De manera similar, se detectaría una caída de energía en el detector B del puerto 1 en el conmutador A.

55 Con respecto a las señales en sentido este, el detector B del puerto 1 en el conmutador A detectaría la reflexión debida a la rotura, en una trayectoria de conmutación óptica entre el puerto 1 y el puerto 2 mientras que el detector A del puerto 2 detectaría una pérdida de energía.

60 Alternativamente, en una forma de realización práctica preferida, en caso de fallo de conmutación entre el puerto 1 de conmutador A y el puerto 2 del conmutador A, el detector A en el puerto 1 vería la energía del transmisor del oeste mientras que el detector A del puerto 2 no leería ninguna energía o leería una energía reducida (o cierta pérdida de energía superior a lo esperado en la operación de conmutación normal). El controlador de conmutación inteligente llevaría a cabo la comparación de energía y la detección de fallos en la matriz de conmutación.

En los casos correspondientes a un fallo de conmutación o un fallo de planta que se hayan identificado según la manera expuesta, los respectivos controladores de conmutación inteligentes del conmutador A y del conmutador B provocarían que el puerto 1 se redirigiese hacia el puerto 3 en los dos conmutadores.

5 Después de esto, el sistema espera durante un espacio de tiempo predeterminado a que los conmutadores A y B finalicen la conmutación. Una vez que se ha completado la conmutación, los controladores de conmutación inteligentes reciben información de los detectores A y B del puerto 3 para confirmar que la operación de conmutación ha resultado satisfactoria y, a continuación, informan al plano de control de red de nivel superior sobre el cambio de la configuración de conmutación.

10 Si los fallos son detectados por los detectores de los puertos 3, entonces el controlador de conmutación inteligente selecciona la siguiente trayectoria de protección disponible.

15 Además, si el detector A del puerto 1 en el conmutador A detecta una pérdida de energía, se detecta un fallo en el transceptor del oeste. De manera similar, si se produce una pérdida de energía en el detector B del puerto 1 del conmutador B se detecta un fallo del transceptor del este.

20 Las formas de realización de la invención se pueden aplicar a la difícil tarea de la protección contra múltiples fallos en la red. Esto se realiza monitorizando las trayectorias de protección de la misma manera que la trayectoria de tráfico principal después de que se suministre una trayectoria de protección y permitiendo que las trayectorias de protección usen el mismo grupo de trayectorias de fibra de repuesto. El tráfico conmuta automáticamente a otra trayectoria de protección del grupo si se produce una avería subsiguiente de fibra en la trayectoria de protección. Esta característica puede hacer que mejoren considerablemente la fiabilidad y la disponibilidad globales de la red.

25 Esto permite un uso eficiente de las fibras de protección ya que el control de conmutación local permite que las trayectorias de fibra de trabajo compartan múltiples trayectorias de fibra de protección sobre la base de criterios predeterminados. No es necesario que la trayectoria de protección exacta esté predeterminada antes de que se produzca un fallo de fibra. El mecanismo simplemente selecciona la siguiente trayectoria de fibra disponible a partir de la trayectoria de cada nodo basándose en una jerarquía predeterminada. Puesto que el conmutador de protección local sabe qué trayectorias de protección se están usando en cualquier momento, el mismo simplemente selecciona la siguiente trayectoria disponible y puede informar de cuándo se están usando todas las trayectorias de protección a las capas de control de red superiores. El elemento de conmutación puede retransmitir información sobre el estado de la conmutación de protección a los planos de control de red de nivel superior, y se pueden descargar criterios de conmutación de protección desde capas de control de red de niveles superiores.

30 No es necesario que la fibra de protección exacta usada para una avería particular de una fibra de trabajo esté predeterminada. El método para seleccionar la siguiente trayectoria de protección disponible se puede determinar a través de una variedad de medios. Por ejemplo, un método sencillo consistiría en presuministrar trayectorias de protección y, a continuación, predeterminar el orden en el que se asignarán para mitigar fallos de red. Esto permite que múltiples trayectorias de trabajo conectadas al conmutador compartan eficientemente un grupo común de fibras y trayectorias de protección.

45 La Figura 5 ilustra una forma de realización de la detección de múltiples fallos de fibra en una red.

50 Cuando se produce un fallo 1, el conmutador A detecta en el puerto 3 una señal de energía de reflexión mientras que el conmutador B detecta una pérdida de energía en el detector del puerto 3. Los respectivos controladores de conmutación inteligentes del conmutador A y el conmutador B redirigen las señales sobre la trayectoria de protección 1 hacia el puerto de salida 5 en el conmutador A y el puerto de entrada 5 en el conmutador B. La trayectoria de protección 1 pasa del conmutador A a través del conmutador C al conmutador B.

55 Cuando se produce un fallo 2 entre el conmutador A y el conmutador C, se detecta una pérdida de energía en el puerto 5 del conmutador B y una reflexión en el puerto 5 del conmutador A. A continuación, los controladores de conmutación inteligentes conmutan a la trayectoria de protección 2 que pasa a través del puerto 7 del conmutador A, el conmutador D, el conmutador C, el conmutador E y, a continuación, el puerto 7 del conmutador B.

60 Cuando se produce un fallo 3 entre el conmutador E y el conmutador B, se detecta una pérdida de energía en el conmutador B del puerto 7 y se detecta una reflexión en el conmutador A del puerto 7. A continuación, los controladores de conmutación inteligentes conmutan a la trayectoria de protección 3 que pasa a través del puerto 9 del conmutador A, el conmutador D, el conmutador E y el puerto 9 del conmutador B. Si no se detecta ninguna reflexión en el puerto 9 del conmutador A y se detecta una señal de energía típica en el puerto 9 del conmutador B, la operación de conmutación ha resultado satisfactoria a pesar de la aparición de múltiples fallos.

65

REIVINDICACIONES

1. Método de conmutación para protección de redes entre dos conmutadores que presentan una pluralidad de trayectorias de comunicación óptica entre ellos, que comprende las etapas siguientes:
- 5 detectar, en dichos conmutadores, un fallo en una primera trayectoria de comunicación óptica,
- generar resultados de detección representativos de la identificación de dicho fallo;
- 10 comunicar dichos resultados de detección internamente dentro de dichos conmutadores a unos respectivos controladores basados en conmutación; y
- provocar una conmutación a una segunda trayectoria de comunicación óptica como respuesta a la recepción de dichos resultados de detección por parte de dichos controladores basados en conmutación;
- 15 caracterizado por que dicha segunda trayectoria de comunicación óptica es seleccionada por dichos controladores después de completar una de entre las siguientes etapas adicionales
- 20 - identificar una pluralidad de trayectorias de comunicaciones ópticas alternativas disponibles entre dichos dos conmutadores y seleccionar una de estas trayectorias, y
- determinar una trayectoria de comunicación óptica siguiente de entre una pluralidad de trayectorias de comunicación óptica dispuestas en un orden predeterminado, y seleccionar esa trayectoria de comunicación óptica.
- 25 2. Método según la reivindicación 1, en el que dicha detección se logra detectando una caída de la potencia óptica de una señal óptica recibida por dichos conmutadores ópticos a través de dichas trayectorias de comunicación óptica.
- 30 3. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el fallo es detectado por los conmutadores sin que unas señales de capas físicas sean enviadas de un primer conmutador a un segundo conmutador en la red.
- 35 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los detectores de fallos detectan la potencia óptica de una señal óptica en unos conmutadores ópticos acoplados a través de las trayectorias de comunicación óptica.
- 40 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el detector de fallos detecta un fallo por la reflexión característica de una señal óptica.
- 45 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que los detectores de fallos detectan un fallo en una pérdida de señal óptica.
- 50 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cuando los controladores determinan una siguiente trayectoria de comunicación óptica de entre una pluralidad de trayectorias de comunicación óptica dispuestas en un orden predeterminado, dicho orden predeterminado es una jerarquía predeterminada.
- 55 8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los controladores determinan una siguiente trayectoria de comunicación óptica disponible de entre una pluralidad de trayectorias de comunicación óptica dispuestas en una jerarquía predeterminada.
- 60 9. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la etapa adicional de retransmitir información perteneciente al estado de dichos conmutadores a unos planos de control de red de niveles superiores.
10. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la etapa adicional de descargar criterios de conmutación de protección desde unas capas de control de red de niveles superiores.
11. Conmutador de fibra óptica para su uso en el método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende:
- (a) un primer conjunto de componentes ópticos que incorporan una serie de guías ópticas separado de un segundo conjunto de componentes ópticos que incorporan una serie de guías ópticas;
- 65 (b) unos medios de colimación correspondientes a cada guía óptica;

- (c) unos medios de accionamiento que se flexionan cuando son accionados y están funcionalmente conectados a dichos medios de colimación para mover individualmente dichos medios de colimación; y
- 5 (d) unos medios para controlar los medios de accionamiento de manera que se transmita radiación óptica desde una guía seleccionada en el primer conjunto y recibida por una guía seleccionada en el segundo conjunto y con lo cual la radiación óptica puede ser conmutada entre las guías ópticas del primer y del segundo conjuntos.

Figura 1

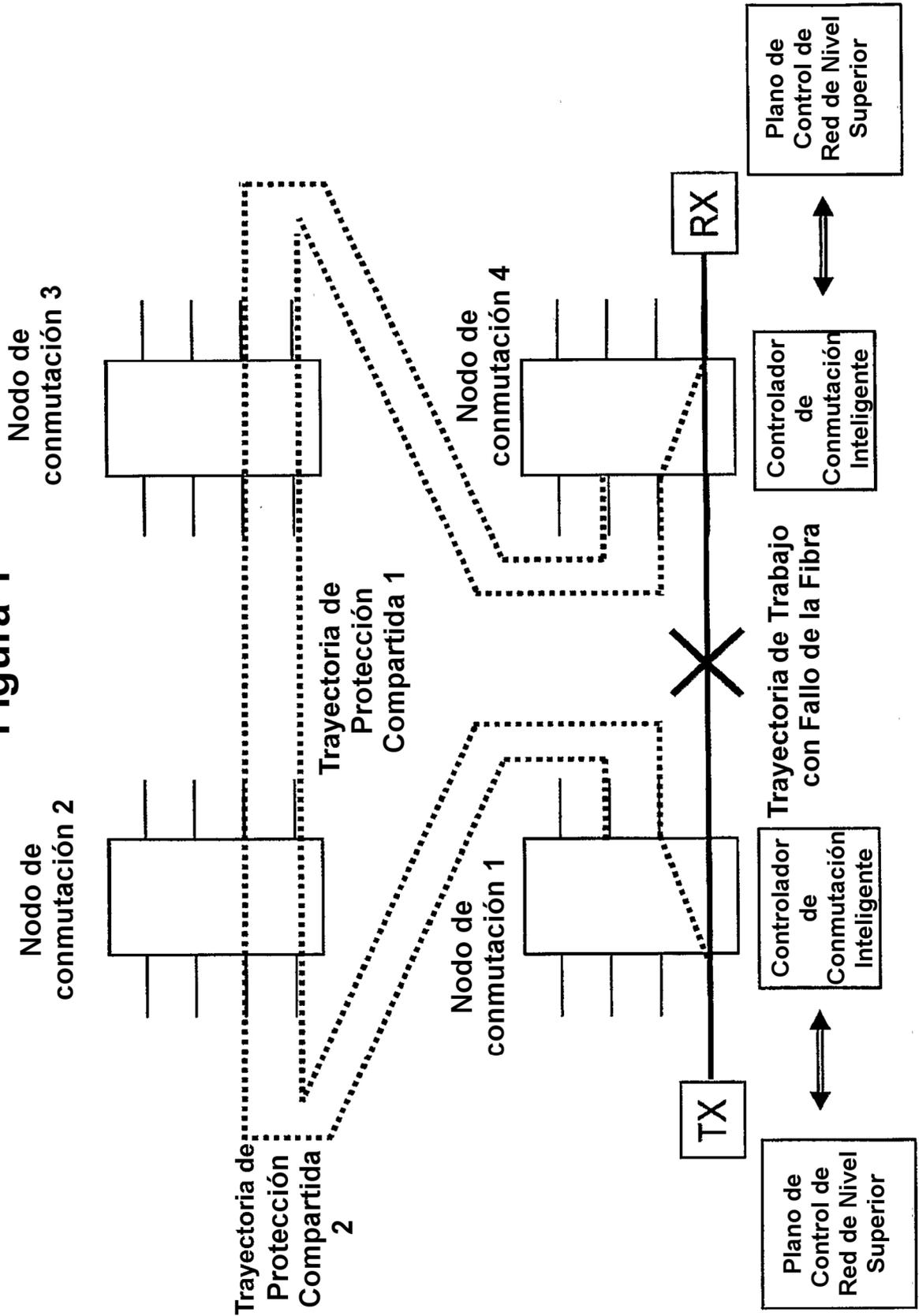


Figura 2

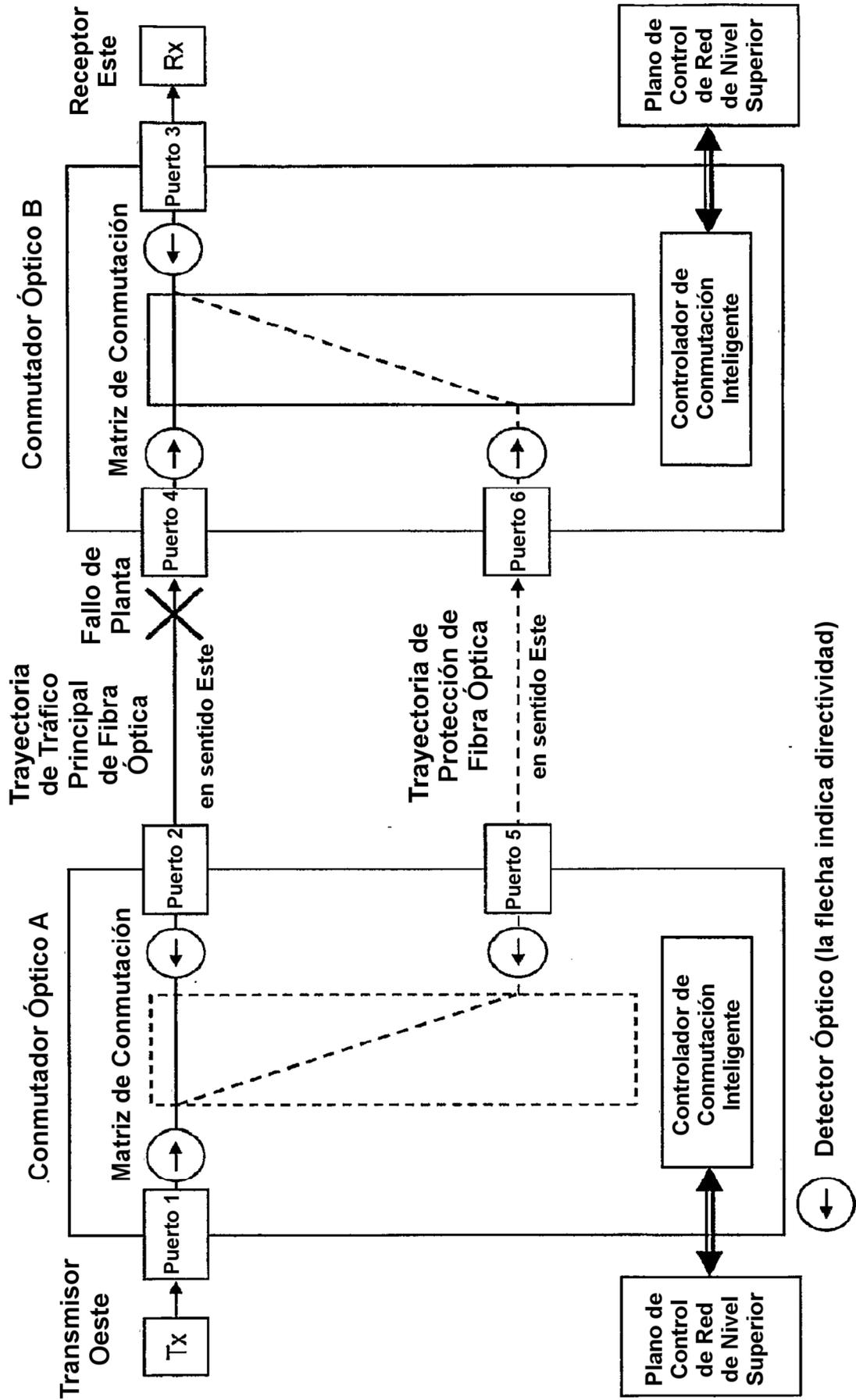


Figura 3

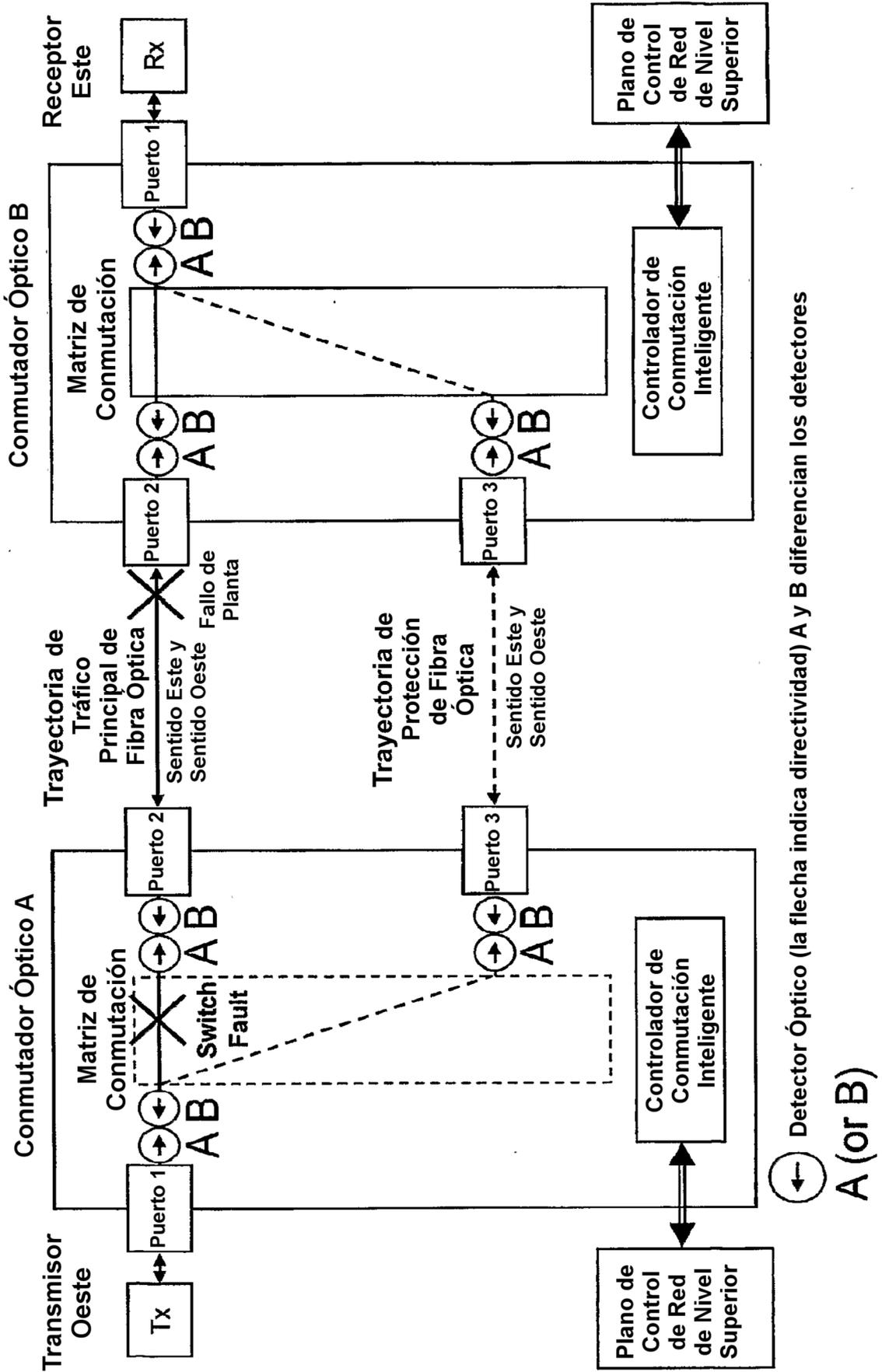


Figura 4

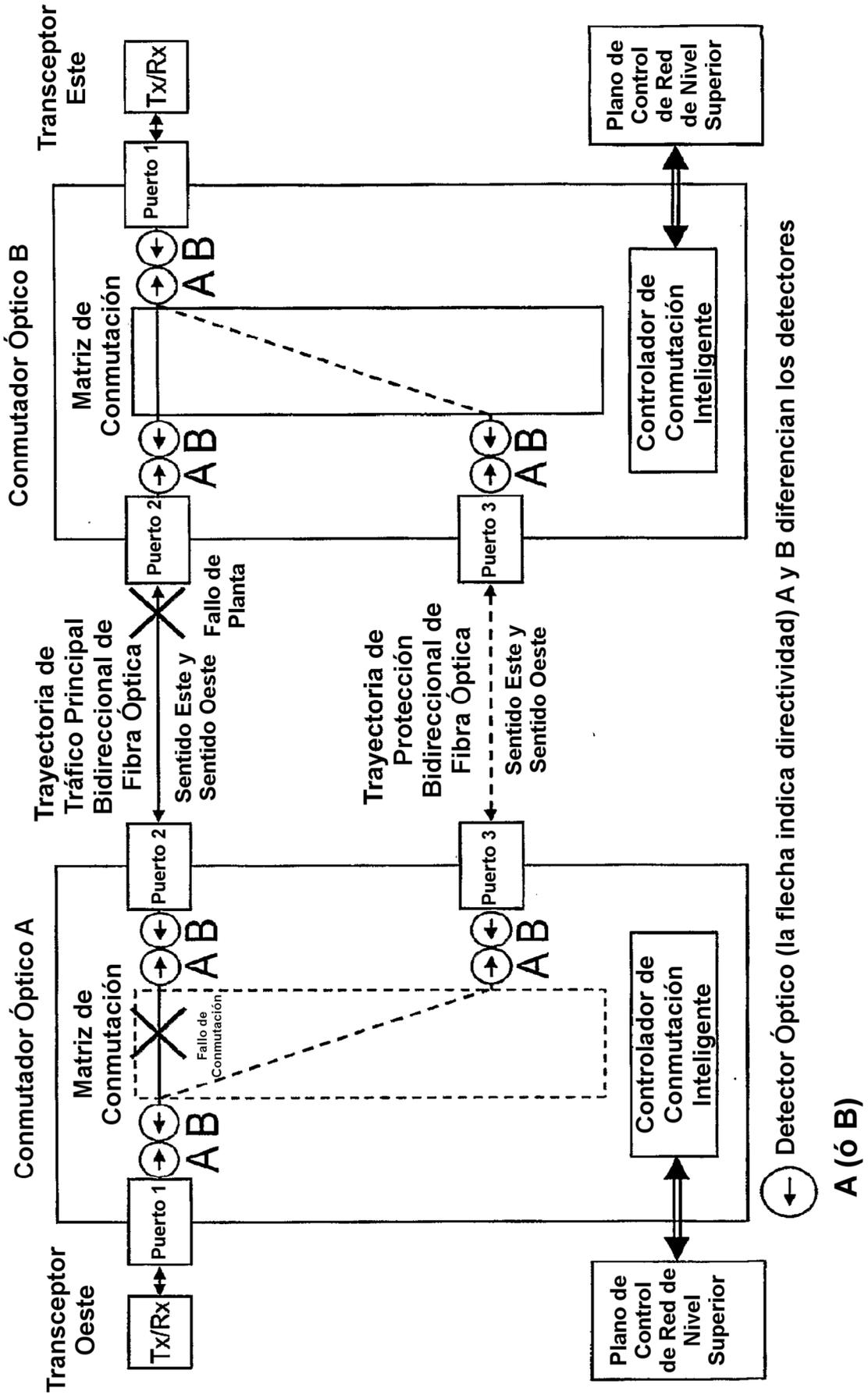


Figura 5

