

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 634 554**

51 Int. Cl.:

H04L 12/24 (2006.01)

H04B 10/032 (2013.01)

H04Q 11/00 (2006.01)

H04J 14/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.12.2011 PCT/EP2011/074090**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.07.2012 WO12097946**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.12.2011 E 11810607 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.04.2017 EP 2666250**

54 Título: **Procedimiento y sistema para la supervivencia de una red óptica frente a múltiples fallos**

30 Prioridad:

20.01.2011 ES 201130064

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

28.09.2017

73 Titular/es:

**TELEFÓNICA, S.A. (100.0%)
Gran Vía, 28
28013 Madrid, ES**

72 Inventor/es:

GONZÁLEZ DE DIOS, ÓSCAR

74 Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

ES 2 634 554 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).

Procedimiento y sistema para la supervivencia de una red óptica frente a múltiples fallos

DESCRIPCIÓN

- 5 **Campo de la técnica**
- La presente invención se refiere en general, en un primer aspecto, a un procedimiento para la supervivencia de una red óptica frente a múltiples fallos, y más particularmente a un procedimiento que permite a una red óptica reaccionar rápidamente en caso de fallos de trayectorias de funcionamiento precalculando un conjunto de trayectorias de recuperación para cada trayectoria de funcionamiento que enlaza un nodo de origen con un nodo de destino, con reserva de recursos hacia atrás.
- 10 En un segundo aspecto, la invención se refiere en general a un sistema para la supervivencia de una red óptica frente a múltiples fallos, y más particularmente a un sistema dispuesto para precalcular un conjunto de trayectorias de recuperación para cada trayectoria de funcionamiento y simultáneamente usarlas para recuperar un fallo de trayectoria de funcionamiento.
- 15 **Estado de la técnica anterior**
- 20 En la actualidad, las redes ópticas de transporte son la solución para mover volúmenes enormes de datos de un punto a otro en ubicaciones geográficamente diferentes. Una red óptica de transporte se compone de conmutadores fotónicos interconectados por enlaces de fibra. No es poco habitual un fallo en los enlaces de fibra o los nodos. La fuente de los fallos está relacionada con fallo de equipo en el enlace (por ejemplo amplificadores), cortes en las fibras, por ejemplo por obras en carreteras, excavación, fallo de potencia o mal tiempo. Para estimar la cantidad de fallos en la red, pueden verse los informes FCC, que publicaron hallazgos de que las redes de larga distancia experimentan anualmente 3 cortes por cada 1500 km de fibra [Grover03]. Esto implica un corte cada cuatro días en una red de larga distancia típica con 45000 km de fibra. Por tanto, es necesario proporcionar a la red medios para mantener la continuidad del servicio en presencia de fallos. No solo debe poder la red reaccionar a un fallo individual, sino también a una situación de múltiples fallos en la que varios enlaces o nodos resultan afectados simultáneamente (o uno tras otro). Un fallo doble puede llevar a una desconexión del servicio. No es poco habitual llegar a una situación en la que antes de reparar un fallo, se produce otra avería en la red. Asimismo, situaciones catastróficas, como las provocadas por mal tiempo o interrupción de potencia, afectan a múltiples ubicaciones cercanas geográficamente.
- 25 30 35 En resumen, puesto que las redes ópticas transportan volúmenes enormes de datos, un tiempo de recuperación rápido es crítico para evitar la pérdida de Tb de datos. El impacto de la indisponibilidad de red se estudia en [Grover03] y se resume en la figura 1. La dinámica de red comienza a resultar ligeramente afectada entre 50 ms y 200 ms, y entre 200 ms y 2 s, la dinámica empieza a resultar afectada más seriamente. Por encima de 2 s, los negocios empiezan a verse afectados, lo que puede provocar millones de euros en pérdidas por hora. Por tanto, una recuperación rápida es de extrema importancia en una red de transporte.
- 40 En la actualidad, la solución para proporcionar la capacidad de supervivencia en redes ópticas de transporte se basa en GMPLS [RFC3471], un avance evolutivo de MPLS que soporta multiplexación multiplexación de división de tiempo y longitud de onda de conmutación de paquetes. GMPLS es la base de un plano de control de red óptica de transporte. La especificación funcional de la recuperación GMPLS se describe en [RFC 4426]. Para el resto de la presente descripción, se usará la terminología para Recuperación (Protección y Restauración) para GMPLS especificada en [RFC 4427].
- 45 50 GMPLS define diferentes modos de lograr la capacidad de supervivencia. En una red óptica de transporte, las conexiones de datos de extremo a extremo se conocen como LSP (trayectoria conmutada por etiquetas). Según [RFC 4426], una (LSP) puede estar sujeta a recuperación local (ámbito), de segmento y de extremo a extremo. Ámbito local se refiere a la protección del enlace entre dos conmutadores vecinos. Protección de segmento se refiere a la recuperación de un segmento entre dos nodos. Finalmente, protección de extremo a extremo se refiere a la protección de una LSP entera desde el nodo de entrada hasta el nodo de salida.
- 55 Según [RFC4427], la protección y restauración de LSP conmutados bajo estrechas limitaciones de tiempo es un problema que supone un reto. Esto es particularmente relevante para redes ópticas que consisten en multiplexación por división de tiempo (TDM) y/o conexiones cruzadas todo ópticas (fotónicas) denominadas nodos GMPLS (o simplemente nodos, o incluso a veces “encaminadores por conmutación de etiquetas, o LSR”) conectados en una topología general [RFC3945].
- 60 Para el resto de la presente descripción, la LSP de funcionamiento se denominará LSP para transportar tráfico de usuario normal, y la LSP de recuperación, LSP para transportar tráfico de usuario normal cuando falla la LSP de

funcionamiento.

GMPLS [RFC4426] e ITU-T [G.801] definen varios esquemas de capacidad de supervivencia, agrupados en esquemas de protección y restauración, que se resumen a continuación, junto con esquemas combinados.

- 5 - Esquemas de protección:
- a) Protección especializada 1+1
- 10 Este esquema se basa en el preestablecimiento de una LSP (trayectoria conmutada por etiquetas) de recuperación de protección disjunta de recursos especializada asociada con la LSP de funcionamiento. El tráfico se divide y simultáneamente se envía en ambas trayectorias pero cuando se detecta un fallo entonces toda la información se envía a través de la trayectoria que no está afectada por el fallo.
- 15 b) Protección con tráfico adicional 1:1
- Este esquema es similar a 1+1, aunque permite transportar tráfico adicional en la LSP de recuperación. Este tráfico adicional tendrá prioridad en caso de fallo.
- 20 c) Protección 1:n
- Una LSP de recuperación se establece para proteger N LSP de funcionamiento. En caso de que 2 o más LSP fallen, solo una de ellas puede usar la LSP de recuperación.
- 25 d) Protección m:n
- Se establecen m LSP de recuperación para proteger n LSP de funcionamiento. Si más de m LSP fallaran, algunas de las LSP de funcionamiento no pueden recuperarse.
- 30 e) SMP (protección por malla compartida)
- Según SMP, cada conexión de funcionamiento se protege mediante una trayectoria de protección preconfigurada. La trayectoria de protección puede compartir algunos recursos con otras trayectorias de protección. Los recursos están reservados para la protección, pero las trayectorias de recuperación no están establecidas. Tras la notificación y localización del fallo, la trayectoria de protección se establece completamente.
- 35 La principal diferencia con los esquemas anteriores es que partes de la LSP de recuperación se comparten con otras LSP de recuperación (no la totalidad de la trayectoria de recuperación).
- 40 - Esquemas de restauración:
- a) Restauración de LSP planificada previamente
- 45 Antes de la detección y notificación del fallo, una o más LSP de restauración se precálculan y señalizan entre el mismo par de nodos de entrada-salida que la LSP de funcionamiento, pero no se establecen (conexión cruzada). Tras la notificación del fallo y su localización, se selecciona una LSP de recuperación entre aquellas precálculadas y se establece completamente.
- 50 b) Restauración por malla compartida
- La restauración por "malla compartida" se define como un caso particular de la restauración de LSP planificada previamente que reduce los requisitos de recursos de restauración permitiendo múltiples LSP de restauración (iniciadas desde distintos nodos de entrada) para compartir recursos comunes (incluyendo enlaces y nodos).
- 55 Este mecanismo es muy similar a la protección por malla compartida (SMP) en la ITU-T. La principal diferencia es que SMP reserva los recursos, mientras que en la restauración por malla compartida no hay ninguna garantía.
- c) Restauración de LSP
- 60 Tras la detección y notificación del fallo, se calcula, señala y establece completamente una LSP alternativa. La LSP alternativa se señala a partir del nodo de entrada y puede reutilizar los recursos del nodo intermedio de la LSP de funcionamiento bajo condición de fallo (y también puede incluir nodos intermedios adicionales).
- No hay LSP de recuperación específicas activadas protegiendo la LSP de funcionamiento.

Sin embargo, la LSP de funcionamiento puede restaurarse potencialmente a través de cualquier ruta disponible alternativa, con o sin una ruta de restauración precalculada. En este caso los recursos para la LSP de recuperación pueden preasignarse, pero se necesita señalización explícita para activar las LSP de recuperación. Los inventores denominan lo anterior restauración precalculada.

- Esquemas combinados

Adicionalmente, estos esquemas pueden combinarse para obtener niveles de protección adicionales:

10 Protección 1+1 + Restauración combinada (PRC):

En este caso, la trayectoria se protege mediante una LSP especializada, y cuando o bien la LSP de funcionamiento o bien la LSP de protección fallan, se restauran.

15 [RFC 4872] define las extensiones RSVP-TE necesarias para soportar recuperación generalizada de extremo a extremo (GMPLS).

La capacidad de supervivencia en redes ópticas de transporte también está normalizándose en la ITU-T SG-15. A este respecto, la protección por malla compartida está definiéndose actualmente (G.SMP).

20 Existen varios documentos de patente que tratan de resolver la capacidad de supervivencia en redes ópticas de transporte, algunos de los cuales se citan y se describen brevemente a continuación.

25 Documento US20050259570A1 - Método de recuperación de fallos para red de conmutación por etiquetas multiprotocolo, implica recibir notificación de evento de fallo que indica que se ha producido un fallo tras realizar la localización del fallo, y realizar el cálculo de la trayectoria alternativa. El método implica recibir una notificación de evento de fallo que indica que se ha producido un fallo tras realizar la localización del fallo. Se espera un tiempo de espera predeterminado mayor que un tiempo que se tarda en recibir notificaciones de información de estado de enlaces distintos de un enlace que está utilizándose como una LSP. Se realiza cálculo de trayectoria alternativa basándose en la notificación de evento de fallo y las notificaciones de información de estado [Hitachi].

30 Documento US20030084367A1 - Red de comunicación, por ejemplo, red de malla, aloja una trayectoria de tráfico en una capa de recuperación de fallo a través de una trayectoria de transporte específica cuando una trayectoria de transporte no funciona adecuadamente.

35 Documento WO2008006268A1 - Método para realizar protección de servicio en red óptica conmutada automáticamente, implica establecer una conexión según una petición de establecimiento de trayectoria de recuperación, y conmutar el servicio de trayectorias de funcionamiento a trayectorias de recuperación.

40 [Huawei]

Una de las principales limitaciones de las diferentes soluciones es la necesidad de localizar el fallo en la red. La localización del fallo necesita un protocolo similar a Hello para el descubrimiento y mensajes para la notificación [Rozycki07]. El tiempo para localizar el fallo depende del tiempo de transmisión desde el nodo más próximo al fallo y el nodo origen de las LSP afectadas y el tiempo de procesamiento en los nodos. Este tiempo puede variar en el intervalo de cientos de milisegundos, dependiendo del tamaño de la red. Por tanto, evitar este tiempo puede ser la diferencia entre no tener impacto en los servicios e interrupciones en los servicios.

45 Para resumir, las principales limitaciones de las soluciones actuales son:

50 Esquemas de protección:

Las protecciones 1+1, 1:1, 1:n y m:n no pueden sobrevivir en caso de dobles/múltiples fallos. Además, en los casos con tráfico adicional, debe darse prioridad a este tráfico en caso de fallos. Solo el mecanismo 1+1 garantiza la recuperación de todas las LSP.

55 Por otro lado, los esquemas de protección son los únicos que se recuperan en menos de 50 ms.

Esquemas de restauración:

60 a) Restauración de LSP

La primera etapa en este esquema es conocer la localización exacta del fallo. Por tanto, la red debe tener mecanismos para proporcionar tal información. La siguiente etapa es el cálculo de la LSP de recuperación, que no

puede empezar hasta que la información de la localización del fallo llegue al nodo. El cálculo de la LSP de recuperación incluye, actualizar la topología, cálculo de una trayectoria alternativa, asignación de una nueva longitud de onda y comprobación de todas las restricciones físicas de la trayectoria. A continuación debe señalizarse la ruta y realizarse todas las conexiones cruzadas.

5 Todas estas etapas pueden llevar varios segundos en redes ópticas conmutadas por longitud de onda. Además, no hay garantías de que la ruta calculada no interfiera con otras rutas calculadas. En caso de que haya conflictos, el tiempo de recuperación aumenta significativamente.

10 b) Restauración de LSP planificada previamente / Restauración por malla compartida

Para aliviar el tiempo de restauración, puede calcularse una trayectoria de recuperación (o un conjunto de trayectorias de recuperación) con antelación. Asimismo, como indica RFC4426, en caso de múltiples fallos, la capacidad de restauración por malla compartida puede solicitarse para más de una LSP fallida y la LSP de recuperación puede activarse para una de ellas como máximo.

15 Esta clase de esquemas son los más adecuados para recuperar en caso de fallo múltiple. Sin embargo, en la actualidad, los mecanismos necesitan la notificación del fallo para iniciar el proceso de recuperación. Aunque pueden precalcularse múltiples trayectorias de recuperación, solo puede seleccionarse y señalizarse una de ellas. Por tanto, si la LSP de recuperación seleccionada falla, por ejemplo, porque usa los mismos recursos compartidos que otra LSP, tendrá que intentarlo de nuevo, ampliando el tiempo de recuperación.

20 En el mejor de los casos, una restauración planificada previamente satisfactoria será del orden de cientos de milisegundos. Por tanto, pueden aparecer problemas de HELLO entre los encaminadores y las sesiones TCP empezar a fallar. Cuando varias restauraciones LSP colisionan, el tiempo de restauración puede aumentar hasta varios segundos, aumentando los problemas.

Protección 1+1 + Restauración combinada (PRC):

30 Este mecanismo puede sobrevivir a un fallo doble en el mismo sentido que la restauración. Siempre que las LSP de funcionamiento y de recuperación estén establecidas, el mecanismo es rápido.

Sin embargo, el consumo de recursos es muy alto y de nuevo se necesita conocer la localización del fallo para sobrevivir frente a múltiples fallos.

35 Se necesitan dos transmisores simultáneamente, y si el segundo fallo tiene lugar antes de volver a establecer la LSP de funcionamiento, es necesaria una restauración, lo que lleva mucho tiempo, y sin garantías.

40 El método descrito en el documento US20050259570A1 [Hitachi] comienza con una notificación de la localización del fallo.

45 El método descrito en el documento US20030084367A1 [NEC] no necesita conocer la localización del fallo, de modo que la recuperación se acelera. Sin embargo, va dirigido a la recuperación de fallos individuales. En presencia de múltiples fallos, necesita mecanismos complementarios.

La propuesta del documento WO2008006268A1 [Huawei] acelera la recuperación en redes ópticas conmutadas automáticamente. Sin embargo, va dirigido principalmente a la recuperación de un fallo individual.

50 Otros documentos de patente que desvelan mecanismos para la recuperación de un fallo individual son: los documentos US20070242605 A1, US20030043427A1 y US20040109687A1, requiriendo el último localizar el fallo.

55 “Multiple link failure recovery in survivable optical networks” (“Recuperación de fallo de enlace múltiple en redes ópticas con capacidad de supervivencia”), Xiaofei Cheng, Xu Shao y Yixin Wang, de Photonic Network Communications, volumen 14, número 2, 159-164, DOI: 10.1007/s11107-007-0071-4, desvela un método para la recuperación de un enlace con múltiples fallos, pero se centra en la reserva de un ancho de banda de seguridad, que aumenta el consumo de recursos.

60 Resumiendo, ninguna de las soluciones actuales puede responder rápidamente a múltiples fallos con un uso de recursos bajo y garantías. La mayoría de las soluciones necesitan que se les notifique en primer lugar la localización exacta del fallo.

Aunque la restauración puede responder a múltiples fallos, la recuperación lleva como promedio varios segundos, que aumenta significativamente en caso de colisiones.

La recuperación rápida de un fallo individual, en menos de 50 ms, solo es posible con esquemas de protección, que doblan los recursos de red especializados para capacidad de supervivencia.

Descripción de la invención

5 Es necesario ofrecer una alternativa al estado de la técnica que cubra las lagunas encontradas en la misma, particularmente las relacionadas con la falta de propuestas que proporcionen una recuperación rápida para múltiples fallos.

10 Para este fin, la presente invención proporciona, en un primer aspecto, un procedimiento para la supervivencia de una red óptica frente a múltiples fallos, que comprende usar un esquema de restauración de trayectoria planificado previamente para calcular con antelación, o precalcular, trayectorias de recuperación para recuperar trayectorias de funcionamiento fallidas.

15 A diferencia de las propuestas de la técnica anterior, el procedimiento del primer aspecto de la invención comprende, de manera característica, en caso de que se haya producido un fallo individual o múltiples en cada una de dichas trayectorias de funcionamiento, comprende precalcular un conjunto de trayectorias de recuperación para cada trayectoria de funcionamiento que enlaza un nodo de origen con un nodo de destino, y simultáneamente usar las trayectorias de recuperación de dicho conjunto de trayectorias de recuperación para tratar de comunicar, dicho nodo de origen con dicho nodo de destino, por medio de enviar simultáneamente diferentes mensajes de recuperación de petición a través de dichas trayectorias de comunicación, y seleccionar en dicho nodo de destino, las trayectorias de recuperación a usarse dependiendo de dichos diferentes mensajes de recuperación de petición enviados.

20 La presente invención se basa en los esquemas de restauración planificados previamente y los mejora para reaccionar rápidamente en caso de múltiples fallos evitando la necesidad de conocer la localización exacta del fallo. Para algunas realizaciones, la invención podrá recuperar en menos de 200 ms en muchos casos, evitando problemas en las sesiones TCP y comunicación entre los encaminadores.

25 En una realización, dichas trayectorias de dicho conjunto de trayectorias de recuperación son en número de tres o más, de modo que al menos una de las trayectorias de recuperación es válida en caso de un doble fallo de enlace.

El procedimiento comprende, según una realización, detectar un fallo de LSP de funcionamiento en dicho nodo de origen, por ejemplo, por medio de pérdida de señal o pérdida de indicaciones de calidad.

30 Otras realizaciones del procedimiento del primer aspecto de la invención se describen en las reivindicaciones adjuntas 5 a 13, y en una sección siguiente de la presente descripción.

Un segundo aspecto de la invención se refiere a un sistema para la supervivencia de una red óptica frente a múltiples fallos, que comprende:

- 40
- medios de detección para detectar un fallo en una trayectoria de funcionamiento que enlaza un nodo de origen con un nodo de destino;
 - medios de procesamiento para, siguiendo un esquema de restauración, calcular con antelación, o precalcular, trayectorias de recuperación para recuperar trayectorias de funcionamiento fallidas; y
 - 45 - medios de control, conectados a dichos medios de detección y dichos medios de procesamiento, para construir una trayectoria de recuperación tras la detección de un fallo de trayectoria de funcionamiento.

50 A diferencia de los sistemas convencionales, en el sistema del segundo aspecto de la invención dichos medios de procesamiento están dispuestos para precalcular un conjunto de trayectorias de recuperación para cada trayectoria de funcionamiento, y dichos medios de control están dispuestos para usar simultáneamente las trayectorias de recuperación de dicho conjunto de trayectorias de recuperación para tratar de establecer comunicaciones entre dicho nodo de origen y dicho nodo de destino, en caso de que se haya producido al menos un fallo en cada una de dicha trayectoria de funcionamiento.

55 El sistema del segundo aspecto de la invención implementa, para algunas realizaciones, el método del primer aspecto de la invención.

Otras realizaciones del sistema del segundo aspecto de la invención se describen en las reivindicaciones adjuntas 15 a 20, y en una sección siguiente de la presente descripción en referencia a los dibujos adjuntos.

60

Breve descripción de los dibujos

Las ventajas y características anteriores y otras se entenderán de manera más completa a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones, en referencia a los dibujos adjuntos (algunos de los cuales ya se han descrito

en la sección del Estado de la técnica anterior), que deben considerarse de manera ilustrativa y no limitativa, en los que:

- 5 La figura 1 es una tabla que muestra el impacto de la indisponibilidad de la red.
 La figura 2 muestra los módulos principales del sistema del segundo aspecto de la invención, en una realización.
 La figura 3 muestra los campos que forman un mensaje de recuperación de petición usado como parte del método del primer aspecto de la invención, y que se envían desde un nodo de origen a un nodo de destino.
 La figura 4 desvela los campos que forman un mensaje de recuperación de respuesta del método del primer aspecto de la invención, enviados por el nodo de destino.
 10 La figura 5 muestra los mensajes enviados tras un fallo doble en un caso en el que hay tres trayectorias de recuperación diferentes, llegando solo uno al nodo de destino, en una realización del método de la invención.
 La figura 6 muestra otra realización del método de la invención en la que hay cuatro trayectorias de recuperación diferentes y dos mensajes de recuperación de petición llegan al nodo de destino.
 La figura 7 desvela que el nodo de destino recibe el mensaje y envía de vuelta la confirmación. Durante ese
 15 envío de vuelta los recursos necesarios se reservan de manera progresiva. Entonces, el nodo de origen continúa la transmisión de la información a través de la trayectoria O-B-C-D.

Descripción detallada de varias realizaciones

- 20 La presente invención, según sus aspectos primero y segundo, tiene como objetivo una recuperación rápida de una red óptica en caso de dobles/múltiples fallos manteniendo bajo el uso de recursos. Se basa en los siguientes conceptos:
- Precálculo de un conjunto de trayectorias de recuperación para cada demanda en la red. Este conjunto de
 25 trayectorias cubrirá casos de múltiples fallos.
 - Procedimiento para determinar las trayectorias para cubrir un caso de múltiples fallos.
 - Detección de fallo en el nodo de origen. Esta detección puede realizarse mediante fallo por pérdida de señal o indicaciones de señal/pérdida de calidad.
 - Envío simultáneo de mensaje de recuperación a través de cada una de las trayectorias de seguridad.
 30 • Selección de la trayectoria de seguridad en el nodo de destino.
 - Reserva hacia atrás de la trayectoria de seguridad. Los recursos se establecen, es decir, las conexiones cruzadas se realizan en la reserva hacia atrás.

35 El concepto principal del procedimiento es, en primer lugar, el precálculo de un conjunto de trayectorias de recuperación (ruta + longitud de onda + parámetros ópticos para el transpondedor) para cada trayectoria de funcionamiento. El conjunto de trayectorias de recuperación es configurable, según el nivel de protección deseado. La presente invención incluye un mecanismo para calcular todas las trayectorias para un caso de fallo doble, de modo que al menos una de las trayectorias sea válida en caso de un doble fallo de enlace.

40 La invención se basa en recuperación de LSP de extremo a extremo. El fallo tiene que detectarse en el nodo de entrada, o bien por medio de indicaciones de pérdida de señal (LS) o bien de pérdida de calidad (LQ).

Una vez que se detecta el fallo en la capa óptica en el nodo de entrada, se envían mensajes de recuperación de petición simultáneos al nodo de salida, siguiendo cada uno de ellos la trayectoria precalculada correspondiente.
 45 Todos los mensajes de recuperación de petición tienen el mismo identificador de LSP, un id de fallo común, y un id de LSP de recuperación diferente por trayectoria. En el destino (nodo de salida), dependiendo de la realización, llegarán uno o más mensajes de recuperación de petición. Solo se elegirá uno de ellos. La opción preferida es seleccionar el primer mensaje de recuperación de petición que llega, ignorando el resto de los mensajes de recuperación de petición con el mismo id de LSP e id de fallo. Cuando los nodos intermedios reciben los mensajes
 50 de recuperación de petición, los recursos no se reservan, solo se comprueban si están disponibles para la LSP dada.

El establecimiento de la trayectoria de seguridad se realiza a través de la trayectoria inversa. Debe observarse que solo se envía un mensaje de recuperación de respuesta, o respuesta a un mensaje de recuperación de petición, desde el nodo de salida, puesto que se ignora el resto de mensajes de recuperación de petición. Cuando los nodos intermedios reciben la respuesta de recuperación positiva, es decir, el mensaje de recuperación de respuesta, los recursos se activan (por ejemplo, se realizan las conexiones cruzadas).
 55

Con este mecanismo, se mejoran las probabilidades de que una conexión sobreviva en caso de fallo doble. Además, el mecanismo no necesita esperar a conocer dónde ha ocurrido el fallo.
 60

La invención también propone una implementación del mensaje de recuperación basándose en extender los mensajes RSVP.

Por tanto, la invención es una mejora del esquema de restauración de LSP planificado previamente para reaccionar rápido en caso de múltiples fallos. También es adecuado para implementarse en esquemas de restauración por malla compartida.

5 A continuación se describen los módulos principales del sistema del segundo aspecto de la invención, en la realización ilustrada en la figura 2.

10 El elemento 101 es un elemento de cálculo de múltiples trayectorias: este módulo se encarga del cálculo de un conjunto de LSP de recuperación para una LSP de funcionamiento en la red. El conjunto de trayectorias calculadas por este elemento cubre múltiples casos de fallo. Este módulo se compone de los submódulos 102, 103 y 104.

15 El submódulo 102, PCEP: este elemento se encarga de la comunicación con el submódulo 106 del controlador de capacidad de supervivencia de nodo óptico (elemento 105). Este submódulo recibe peticiones con rutas de LSP de funcionamiento.

Este submódulo responde con el conjunto de posibles LSP de recuperación (trayectoria+longitud de onda) Un modo posible, que no excluye otros, es el uso del protocolo PCEP definido en RFC 5440.

20 El submódulo 103 es el cálculo de múltiples trayectorias, asignación de longitud de onda y validación de deterioro:

Este elemento se encarga de calcular el conjunto de LSP de recuperación para una LSP de funcionamiento en la red. Las trayectorias deben cubrir todos los casos de fallo de interés (individuales, dobles...). Debe calcular una longitud de onda para cada LSP de recuperación. Debe validar la viabilidad de la trayectoria calculada.

25 Un mecanismo posible, que no excluye otros, para realizar el cálculo de las trayectorias se describe a continuación:

Mecanismo para obtener trayectorias precalculadas para soportar múltiples fallos:

30 En primer lugar, se advierte de que, para poder conseguir una disponibilidad del 100 % frente a fallo de orden n , es necesario conectar todos los nodos a al menos $n+1$ otros nodos. De otro modo, el nodo que no se conecta con al menos $n+1$ enlaces está sometido a estar aislado en algún caso de fallo de orden n , haciendo imposible garantizar un 100 % de disponibilidad.

35 El siguiente mecanismo descrito para calcular diferentes trayectorias que sobreviven frente a un fallo doble es solo uno de varios mecanismos que pueden usarse para calcular el conjunto de trayectorias. Dependiendo de la realización, todo o solo parte de las trayectorias calculadas se usan con fines de recuperación. El número de trayectorias de recuperación puede limitarse, reduciendo la disponibilidad.

40 El mecanismo funciona de la siguiente manera:

Para cada par de origen-destino en la red:

ETAPA UNO

Obtener el árbol de expansión desde el nodo de salida (destino) al nodo de entrada (origen).

ETAPA DOS

Identificar la trayectoria de funcionamiento en el árbol obtenido. Numerar de 1 a n todos los elementos de fallo potencial en la trayectoria de funcionamiento.

ETAPA TRES

Establecer $F=1$. F es el número del elemento de fallo (definido en la etapa dos).

ETAPA CUATRO

55 Seleccionar elemento F de fallo potencial de la LSP de funcionamiento (enlaces o nodos). Excluir del árbol los nodos/enlaces en el árbol por detrás del elemento fallido. Elegir la trayectoria más corta en el árbol restante. Guardar la solución como una de las LSP de recuperación e ir a la etapa cuatro.

ETAPA CINCO

60 Identificar la LSP de recuperación obtenida en último lugar. Seleccionar uno de los elementos de fallo potencial de la LSP de recuperación (enlaces o nodos). Excluir del árbol los nodos/enlaces en el árbol por detrás del elemento fallido. Elegir la trayectoria más corta en el árbol restante. Guardar la solución como una de las LSP de recuperación.

Repetir esta etapa hasta que se eligen todos los elementos de fallo.

A continuación, incrementar F, limpiar el árbol de expansión e ir a la ETAPA cuatro.

Submódulo 104, topología:

5 Este submódulo se encarga de escuchar los protocolos IGP y mantiene una actualización en la base de datos de ingeniería de tráfico con la topología y el uso de las lambdas en las diferentes interfaces.

10 El elemento 105, que es un controlador de capacidad de supervivencia de nodo óptico, es un módulo que se encarga de:

- Detección de fallo en el nodo de origen. Esta detección puede realizarse por fallo por pérdida de señal o indicaciones de señal/pérdida de calidad.
- Envío simultáneo de mensaje de recuperación a través de cada una de las trayectorias de seguridad.
- 15 • Selección de la trayectoria de seguridad en el nodo de destino.
- Reserva hacia atrás de la trayectoria de seguridad. Los recursos se establecen, es decir, las conexiones cruzadas se realizan en la reserva hacia atrás.

20 Este módulo se compone de cinco submódulos, particularmente los submódulos 106, 107, 108, 109 y 110, y se encarga de la recuperación de LSP de extremo a extremo.

25 El submódulo PCEP 106 se encarga de la comunicación con el submódulo 102 del elemento 101 de cálculo de múltiples trayectorias. El submódulo 106 recibe peticiones para trayectorias de recuperación para una LSP de funcionamiento desde el submódulo 108 de decisión. El submódulo 106 procesa las respuestas del elemento 101 de cálculo de múltiples trayectorias y las almacena en la caché 107 de trayectoria.

30 El submódulo de caché 107 de trayectoria mantiene, para cada LSP de funcionamiento que se inicia en ese nodo un conjunto de LSP de recuperación. Asociado a cada LSP el nodo óptico debe mantener toda la información necesaria para establecer rápidamente la trayectoria de luz (es decir, equilibrio de potencia). El conjunto de trayectorias puede actualizarse en cualquier momento.

35 El submódulo de núcleo 108 es la inteligencia del nodo. Cada vez se establece una LSP de funcionamiento, partiendo de su nodo, solicita un conjunto de trayectorias de recuperación al submódulo 106. Una vez recibido el conjunto de trayectorias de recuperación, calcula los ajustes en el nodo necesarios para establecer cada una de estas LSP y almacenarlas en la caché 107 de trayectoria.

40 El nodo de origen tiene o está asociado a todos los módulos y submódulos anteriores, mientras que el nodo de destino y cada uno de los nodos intermedios tiene o está asociado a submódulos 108 de núcleo respectivos, para procesar los mensajes de petición y de recuperación de respuesta recibidos y comprobar, reservar y/o activar los recursos necesarios, en lo que respecta a los nodos intermedios, y para recibir el mensaje de recuperación de petición y para generar y enviar el correspondiente mensaje de recuperación de respuesta, en lo que respecta al nodo de destino.

45 En el caso de un fallo en la LSP de funcionamiento que se inicia en el nodo (debido a cualquier clase de fallo, individual o múltiple), que se notificará por el elemento 109 (detección de fallo), se crea un mensaje de recuperación de petición para cada trayectoria de recuperación disponible. Este mensaje se envía al módulo (110) de señalización, que lo retransmitirá para todas las interfaces de plano de control.

50 Tal como se muestra en la figura 3, el mensaje de recuperación de petición contiene los siguientes campos:

- ID de LSP: Identifica la LSP (es decir, la trayectoria de luz en una WSON).
- Id de fallo: Este campo lleva la marca de tiempo de cuándo se produjo el fallo. Tiene como objetivo distinguir entre diferentes casos de fallo.
- 55 • ID_LSP_recuperación: Este campo identifica las diferentes LSP de recuperación calculadas. Es diferente para cada una de las LSP de recuperación del mismo LSP de funcionamiento.
- Origen: Este campo indica el nodo óptico de entrada de la conexión.
- Destino: Este campo indica el nodo óptico de salida de la conexión.
- Trayectoria: Esto incluye la lista de enlaces/nodos de la trayectoria de recuperación.
- 60 • Longitud de onda: Número de longitud de onda asignado para la trayectoria.

Se envía un mensaje de recuperación de petición con diferentes ID_LSP_recuperación para cada LSP de recuperación. Por tanto, se envían n mensajes simultáneos desde el nodo de origen, donde n es el número de trayectorias precalculadas para cada LSP. Cada uno de los mensajes de recuperación de petición seguirá su trayectoria de recuperación.

5 Cuando un submódulo 108 de núcleo de un nodo recibe un mensaje de recuperación de petición y el destino final de la LSP no es ese nodo, es decir, es un nodo intermedio, comprueba si están disponibles recursos para tal trayectoria, y si la ruta de la LSP de recuperación es posible (puede no ser posible si usa un enlace que haya fallado). Obsérvese que en este punto, los recursos no se reservan, solo se comprueba si están disponibles para la LSP dada.

10 El establecimiento de la trayectoria de seguridad se realiza a través de la trayectoria inversa. Cuando el módulo 108 de núcleo recibe un mensaje de recuperación de respuesta, reserva los recursos en el nodo óptico. Debe observarse que solo se envía una respuesta de recuperación desde el nodo de salida, puesto que el resto se ignoran. Cuando los nodos intermedios reciben la respuesta de recuperación positiva, los recursos se activan (por ejemplo, se realizan las conexiones cruzadas).

15 Con este mecanismo, las posibilidades de que una conexión sobreviva en caso de fallo doble se mejoran. Además, el mecanismo no necesita esperar para saber dónde ha sucedido el fallo.

20 Cuando el módulo 108 de núcleo recibe un mensaje de recuperación cuyo destino es su nodo óptico, es decir, es el nodo de destino, si es el primer mensaje de recuperación para esa LSP y en el caso de que haya llegado el fallo, dicho módulo 108 de núcleo de dicho nodo de destino responde al mensaje si hay recursos disponibles. Para este fin, se mantiene una lista de ID_LSP, Id de fallo e ID_LSP_recuperación. Si el mensaje de recuperación entrante tiene el ID_LSP e Id de fallo que está en la lista, el mensaje se descarta.

25 Está disponible un mensaje de recuperación de respuesta usado para confirmar al nodo de origen que el mensaje de recuperación de petición llegó y la correspondiente trayectoria. Este mensaje se compone de los siguientes campos, tal como se muestra en la figura 4:

- ACK: Este campo indica si la reserva de los recursos ha sido positiva o negativa.
- ID de LSP: Identifica la LSP (es decir, la trayectoria de luz en una WSON).
- Id de fallo: Este campo lleva la marca de tiempo de cuándo se produjo el fallo. Tiene como objetivo distinguir entre diferentes casos de fallo.
- ID_LSP_recuperación: Este campo identifica las diferentes LSP de recuperación calculadas. Es diferente para cada una de las LSP de recuperación de la misma LSP de funcionamiento.
- Origen: Este campo indica el nodo óptico de entrada de la conexión.
- Destino: Este campo indica el nodo óptico de salida de la conexión.
- Trayectoria: Esto incluye la lista de enlaces/nodos de la trayectoria de recuperación.

40 El submódulo 110, señalización, se encarga de construir el mensaje de recuperación de petición y de respuesta y enviarlos a la red. Un modo posible, que no excluye otros, de construir estos mensajes es extendiendo el protocolo RSVP.

Las siguientes realizaciones diferentes del procedimiento del primer aspecto de la invención, y de uso del sistema del segundo aspecto de la invención, se describen en referencia a las figuras 5 a 7.

45 La figura 5 muestra los mensajes de recuperación de petición enviados tras un fallo doble en un caso en que hay tres trayectorias de recuperación diferentes. Los mensajes de recuperación se envían simultáneamente. Los mensajes primero y segundo no progresan puesto que encuentran uno de los recursos fallidos en sus trayectorias. El tercer mensaje tiene una buena trayectoria, y llega al destino.

50 El otro caso posible es cuando hay más trayectorias de recuperación que llegan al destino. Tal como se muestra en la figura 6, se produce un fallo en los enlaces O-A y C-D, de modo que el nodo de origen genera cuatro mensajes de recuperación de petición y los envía a través de las cuatro trayectorias de recuperación establecidas. El aspecto importante que hay que observar en este caso es que hay dos trayectorias que no están afectadas por el fallo y por tanto dos mensajes de recuperación de petición llegarán al nodo de destino. El nodo D tomará el mensaje que llega en primer lugar, que corresponde a la trayectoria más corta (trayectoria O-C-D en la figura 6), y descartará todos los mensajes que llegan más tarde.

60 El nodo de destino recibe un mensaje a través de al menos una trayectoria que está disponible tras un fallo. De modo que, cuando el nodo de destino recibe un mensaje, analiza el campo de trayectoria del mensaje de recuperación de petición para saber la secuencia de nodos, es decir, la trayectoria que está disponible. El nodo D genera entonces el mensaje de recuperación de respuesta con la misma información que se incluyó en el mensaje de recuperación de petición y lo envía de vuelta a través de la trayectoria determinada en el campo de trayectoria.

En caso de que el nodo de destino reciba más de un mensaje de recuperación de petición aceptará el mensaje que llega en primer lugar que corresponde con la trayectoria más corta, y descartará los mensajes posteriores. La

ventaja de aceptar el primer mensaje es que corresponde a la trayectoria con menos retardo de tiempo.

5 En el tiempo de transmisión del mensaje de recuperación de respuesta tiene lugar una de las etapas importantes de la invención. La etapa a la que se hace referencia es “la reserva hacia atrás de los recursos necesarios para la transmisión”. Esto es posible porque los mensajes de recuperación de respuesta incluyen toda la información, es decir, la secuencia de nodos y por tanto la secuencia de enlaces, y la longitud de onda (se considera una red sin conversión de longitud de onda de modo que la longitud de onda asignada a una trayectoria es la misma para todos los enlaces de la trayectoria).

10 Tras un tiempo dado el nodo de origen recibe el mensaje de recuperación de respuesta. El nodo O analiza el campo de trayectoria del mensaje de recuperación de respuesta para saber la trayectoria disponible y comienza de nuevo a enviar la información que ya se transmitió antes del fallo doble, a través de la nueva trayectoria establecida, tal como se muestra en la figura 7, para la misma realización de la figura 5, en la que lo indicado como “continuación de la comunicación” se realiza a través de la trayectoria O-B-C-D a través de la cual llegó el único mensaje de
15 recuperación de petición al nodo de destino.

Ventajas de la invención:

20 Los mecanismos actuales para la capacidad de supervivencia de una red óptica o bien tardan varios segundos o bien son muy rápidos (menos de 50 ms) pero usan un alto número de recursos y no manejan múltiples fallos.

Esta invención proporciona las siguientes características:

25 Realización de una recuperación rápida (menos de un segundo) de una trayectoria óptica de extremo a extremo en caso de un fallo doble en la red.
Realización de una recuperación rápida (menos de un segundo) de una trayectoria óptica de extremo a extremo en caso de un fallo múltiple catastrófico en la red.
Recuperación de un fallo múltiple sin tener que saber la localización exacta del fallo.
30 Bajo uso de recursos de red (no es necesario especializar transpondedores y longitudes de onda) para garantizar la supervivencia frente al fallo doble.

Un experto en la materia puede introducir cambios y modificaciones en las realizaciones descritas sin alejarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

35 SIGLAS

GMPLS	conmutación de etiquetas multiprotocolo generalizada
LSP	trayectoria conmutada por etiquetas
LSR	encaminador de conmutación de etiquetas
40 PCEP	protocolo de elemento de cálculo de trayectoria
RSVP	protocolo de reserva de recursos
TCP	protocolo de control de transmisión
TDM	multiplexación por división de tiempo
45 WSON	redes ópticas conmutadas por longitud de onda

Referencias

[G.808.1] Recomendación G.808.1: Generic protection switching - Linear trail and sub-network protection.

50 [Grover03] D. Grover “Mesh-based Survivable Transport Networks: Options and Strategies for Optical, MPLS, SONET and ATM Networking”. Prentice Hall 2003.

[Hitachi] US20050259570A1 - “Fault recovery method for multi protocol label switching network, involves receiving fault event notification that indicates occurrence of fault after fault localization is performed, and performing alternative path calculation”.

55 [Huawei] EP2028774B1 - “Method system and node device for realizing service protection in the automatically switched optical network”.

60 [NEC] US20030084367A1 “Fault recovery system and method for a communications network”.

[RFC3471] Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Signalling Functional Description

[RFC 4426] GMPLS Recovery Functional Specification.

- [RFC 4427]. Recovery (Protection and Restoration) Terminology for Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS).
- 5 [RFC 4872] RSVP-TE Extensions in Support of End-to-End Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Recovery.
- [RFC 3272] "Overview and Principles of Internet Traffic Engineering".
- 10 [Rociki07] "Failure Detection and Notification in GMPLS Control Plane", Workshop on GMPLS Performance: Control Plane Resilience, 2007.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la supervivencia de una red óptica frente a múltiples fallos, que comprende usar un esquema de restauración de trayectoria planificado previamente para calcular con antelación, o precalcular, trayectorias de recuperación para recuperar trayectorias de funcionamiento fallidas, **caracterizado porque** en caso de que se hayan producido fallos individuales o múltiples en cada una de dichas trayectorias de funcionamiento comprende:
 - 10 precalcular un conjunto de trayectorias de recuperación para cada trayectoria de funcionamiento que enlaza un nodo de origen (O) con un nodo de destino (D),
 - 10 usar simultáneamente las trayectorias de recuperación de dicho conjunto de trayectorias de recuperación para tratar de comunicar dicho nodo de origen (O), con dicho nodo de destino (D), por medio de enviar simultáneamente diferentes mensajes de recuperación de petición a través de dichas trayectorias de recuperación; y
 - 15 seleccionar en dicho nodo de destino (D), las trayectorias de recuperación a usarse dependiendo de dichos diferentes mensajes de recuperación de petición enviados.
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dichas trayectorias de dicho conjunto de trayectorias de recuperación son al menos tres en número, de modo que al menos una de las trayectorias de recuperación es válida en caso de un doble fallo de enlace.
- 25 3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende detectar un fallo de trayectoria conmutada por etiquetas, o LSP, de funcionamiento en dicho nodo de origen (O).
- 30 4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que dicha detección de fallo se realiza por medio de pérdida de señal o pérdida de indicaciones de calidad.
- 35 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el precálculo de cada una de dichas trayectorias de recuperación tiene en cuenta la ruta, longitud de onda y parámetros ópticos para el transpondedor, para cada trayectoria de funcionamiento.
- 40 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el número de trayectorias de recuperación de dicho conjunto de trayectorias de recuperación es configurable, tal como el número de trayectorias de recuperación se configura según el nivel de protección deseado, en el que cuanto mayor es el número de trayectorias de recuperación, mayor es el nivel de protección.
- 45 7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos mensajes de recuperación de petición difieren entre sí al incluir diferentes identificadores de trayectoria de recuperación, e incluyen respectivos campos de trayectoria que indican la ruta elegida por la respectiva trayectoria de recuperación.
- 50 8. Procedimiento según la reivindicación 6 o 7, que comprende recibir, dicho nodo de destino (D), al menos uno de dichos mensajes de recuperación de petición, y responder enviando de vuelta, al nodo de origen (O), un mensaje de recuperación de respuesta a través de la ruta indicada en el campo de trayectoria del mensaje de recuperación de petición recibido.
- 55 9. Procedimiento según la reivindicación 8, que comprende recibir, dicho nodo de destino (D), al menos dos de dichos mensajes de recuperación de petición, y responder enviando de vuelta, al nodo de origen (O), un mensaje de recuperación de respuesta a través de la ruta indicada en el campo de trayectoria de uno seleccionado de los al menos dos mensajes de recuperación de petición recibidos.
- 60 10. Procedimiento según la reivindicación 9, que comprende seleccionar a partir de dichos al menos dos mensajes de recuperación de petición recibidos, por dicho nodo de destino (D), el que ha llegado en primer lugar.
11. Procedimiento según la reivindicación 8, 9 o 10, que comprende reservar recursos, necesarios para la transmisión a través de la trayectoria de recuperación a través de la cual está circulando el mensaje de recuperación de respuesta, realizándose dicha reserva de recursos en una secuencia hacia atrás a través de los nodos incluidos en la ruta de dicha trayectoria de recuperación hasta el nodo de origen (O), usando la información incluida en el mensaje de recuperación de respuesta.
12. Procedimiento según la reivindicación 11, que comprende recibir, por dicho nodo de origen (O), dicho mensaje de recuperación de respuesta, y establecer como trayectoria de funcionamiento la trayectoria de recuperación cuya ruta se indica en el campo de trayectoria del mensaje de recuperación de respuesta.
13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichas trayectorias son trayectorias conmutadas por etiquetas, o LSP.

14. Sistema para la supervivencia de una red óptica frente a múltiples fallos, que comprende:
- medios de detección para detectar un fallo en una trayectoria de funcionamiento que enlaza un nodo de origen con un nodo de destino;
 - medios de procesamiento para, siguiendo un esquema de restauración, calcular con antelación, o precalcular, trayectorias de recuperación para recuperar trayectorias de funcionamiento fallidas;
 - medios de control, conectados a dichos medios de detección y dichos medios de procesamiento, para construir una trayectoria de recuperación tras la detección de un fallo de trayectoria de funcionamiento;
- 5
- 10 en el que dicho sistema está **caracterizado porque** dichos medios de procesamiento están dispuestos para precalcular un conjunto de trayectorias de recuperación para cada trayectoria de funcionamiento, y **porque** dichos medios de control están dispuestos para usar simultáneamente las trayectorias de recuperación de dicho conjunto de trayectorias de recuperación para tratar de establecer comunicaciones entre dicho nodo de origen y dicho nodo de destino, en caso de que se haya producido al menos un fallo en cada una de dicha trayectoria de funcionamiento.
- 15
15. Sistema según la reivindicación 14, en el que dichos medios de procesamiento se incluyen en un módulo (101) de cálculo de múltiples trayectorias y dichos medios de detección y de control se incluyen en un módulo (105) de controlador de capacidad de supervivencia de nodo óptico, estando dichos módulos comunicados bidireccionalmente entre sí a través de correspondientes submódulos (102, 106) de comunicación, y estando
- 20 incluidos o asociados con dicho nodo de origen.
16. Sistema según la reivindicación 15, en el que dichos medios de control están previstos para solicitar a dichos medios de procesamiento, a través de dichos submódulos (102, 106) de comunicación, trayectorias de recuperación para una trayectoria de funcionamiento, estando previstos dichos medios de procesamiento para enviar, también a
- 25 través de dichos submódulos (102, 106) de comunicación, dicho conjunto de trayectorias de recuperación a los medios de control tras recibir dicha petición.
17. Sistema según la reivindicación 16, en el que dicho módulo (105) de controlador de capacidad de supervivencia de nodo óptico comprende un submódulo (107) de memoria de trayectoria de recuperación, comunicado con dicho
- 30 submódulo (106) de comunicaciones para al menos recibir y almacenar dicho conjunto de trayectorias de recuperación, y con dichos medios de control para al menos recibir y almacenar datos de ajuste calculados por el último con respecto a cada una de las trayectorias de recuperación, para construirlas.
18. Sistema según la reivindicación 17, en el que dicho módulo (105) de controlador de capacidad de supervivencia de nodo óptico también comprende un submódulo (110) de señalización comunicado con los medios de control para
- 35 enviar a través de las trayectorias de recuperación correspondientes mensajes de recuperación de petición al nodo de destino y para recibir al menos un mensaje de recuperación de respuesta de éste.
19. Sistema según la reivindicación 18, que comprende segundos medios de procesamiento incluidos o asociados
- 40 con dicho nodo de destino para procesar los mensajes de recuperación de petición recibidos y enviar de vuelta dicho mensaje de recuperación de respuesta hacia el nodo de origen a través de una de dichas trayectorias de recuperación.
20. Sistema según la reivindicación 19, en el que se implementa el método según cualquiera de las reivindicaciones
- 45 1 a 13.

< 50 ms	Sin interrupción. Sin impacto en sesiones TCP
50 ms – 200 ms	< 5% de llamadas de voz desconectadas. Problemas en conmutación SS7 y ATM
200 ms – 2 s	Desbloqueo de protocolo TCP. Comienzan dinámicas de red menores
2 s – 10 s	La línea privada se desconecta. Se inician tiempos de espera de sesión TCP, errores de página web no disponible. Protocolo Hello entre encaminadores empieza a resultar afectado.
10 s – 5 min	Todas las llamadas y sesiones de datos se terminan. Los programas de capa de aplicación TCP/IP exceden el tiempo asignado. Los encaminadores emiten LSA en todos los enlaces fallidos, comienza actualización de topología y resincronización en toda la red.
más de 5 min	Efectos en el negocio. A partir de 1 hora, importante impacto social

Figura 1

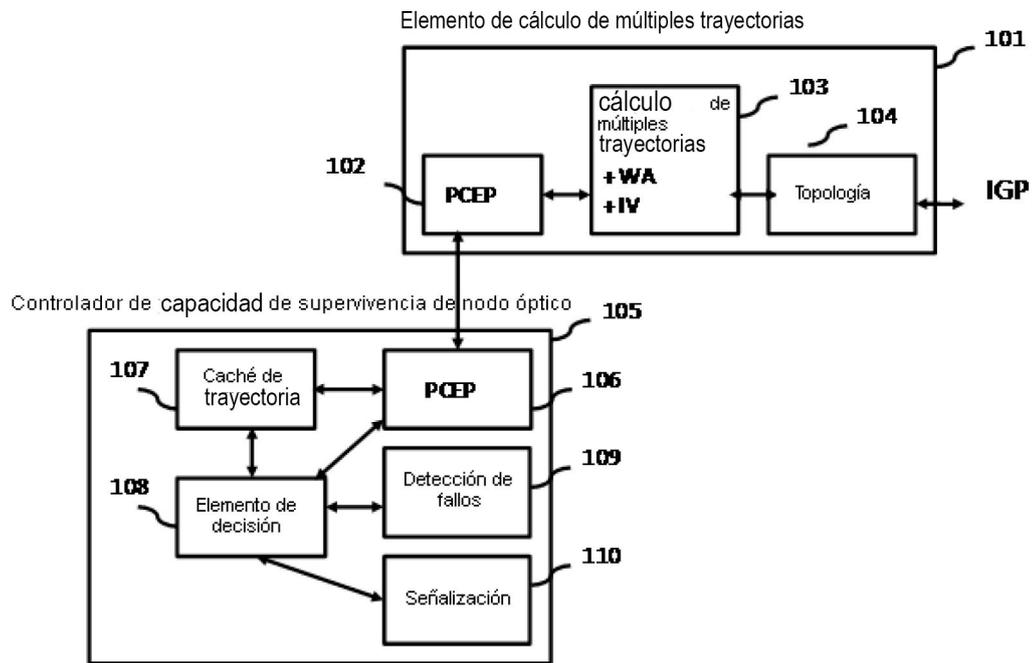


Figura 2

ID_LSP	Id de fallo	ID_LSP_recuperación	Origen	Destino	Trayectoria	Longitud de onda

Figura 3

ACK	ID_LSP	Id de fallo	ID_LSP_recuperación	Origen	Destino	Trayectoria

Figura 4

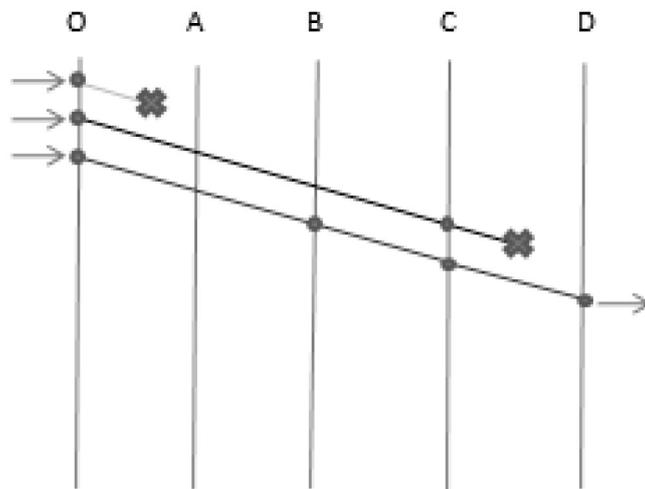


Figura 5

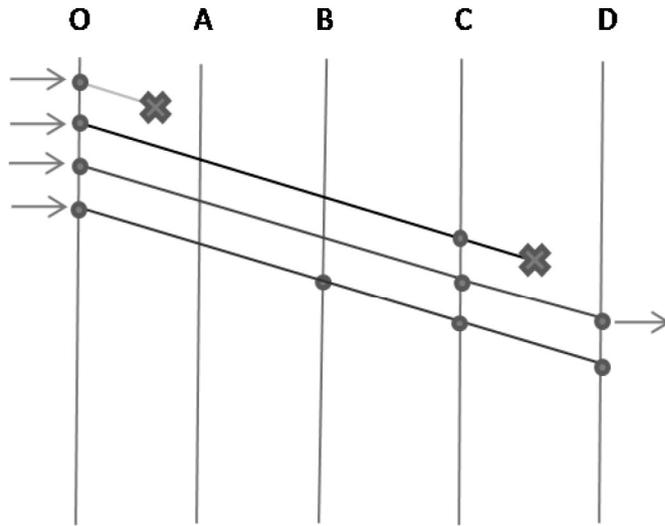


Figura 6

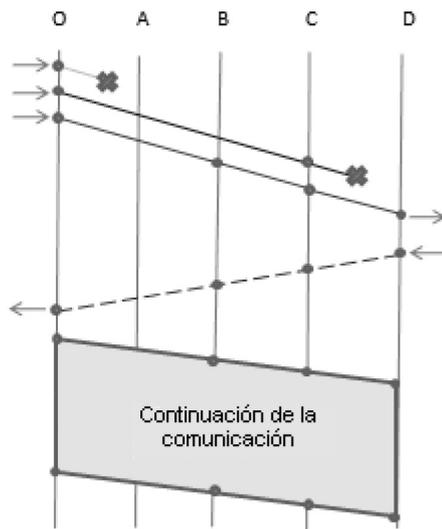


Figura 7