

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 757 911**

51 Int. Cl.:

H04J 14/02 (2006.01)

H04Q 11/00 (2006.01)

H04L 1/00 (2006.01)

H04Q 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.12.2016 E 16207433 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019 EP 3343816**

54 Título: **Transmisión de datos en una red IP con múltiples niveles de red central**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.04.2020

73 Titular/es:

**DEUTSCHE TELEKOM AG (100.0%)
Friedrich-Ebert-Allee 140
53113 Bonn, DE**

72 Inventor/es:

**WISSEL, FELIX;
GUNKEL, MATTHIAS;
MATTHEUS, ARNOLD y
FRANZKE, MARTIN**

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 757 911 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

Transmisión de datos en una red IP con múltiples niveles de red central

5 [0001] La invención se refiere a la transmisión de datos a través de una red IP con varios niveles de red central. La invención se refiere a un método para transmitir datos a través de una red IP con varios nodos de red y al menos dos niveles de red independientes con red central que presenta una estructura idéntica, a través de cuya aplicación se pueden aprovechar mejor las posibilidades que se generan mediante el uso de interfaces con velocidades de transmisión de datos flexibles en tales redes IP. En este caso, el método se proporciona preferiblemente para su uso en redes ópticas, es decir, en redes de transporte óptico (OTN = *Optical Transport Network* o DWDM = *Dense Wavelength Division Multiplexing* o "multiplexado denso por división en longitudes de onda"), pero sin limitarse a ellas. Aunque una limitación de la invención a la aplicación en redes ópticas, también según las reivindicaciones de la patente, se debe dar solo en relación con las reivindicaciones que se relacionan explícitamente con las redes ópticas, la invención se explicará a continuación, con respecto al ámbito de aplicación preferido hasta el momento, especialmente con referencia a las redes ópticas.

10 [0002] En general, el objetivo es lograr la mayor resistencia posible para las redes que sirven para la transmisión de datos, es decir, mejorar la resistencia de las redes, y por lo tanto también de las redes IP, frente a los errores que se producen, de modo que su utilidad para la transmisión de datos, que es lo más limitada posible, se mantenga incluso en caso de error. Un enfoque fundamental para lograr este objetivo es el diseño redundante de partes y elementos de red individuales de una red. Además, se está trabajando en soluciones que permitan continuar usando secciones de una red afectadas por un error después de una restauración de las secciones de rutas de datos que se utilizan hasta una reparación completa, al menos con una capacidad limitada en términos de la velocidad de transmisión de datos disponible.

20 [0003] En un futuro cercano, para este propósito se utilizarán interfaces con una velocidad de transmisión de datos variable, es decir, interfaces ópticas con una velocidad de transmisión de datos variable en las redes IP utilizadas en el contexto de la tecnología de transmisión óptica. En las redes ópticas, se espera que las velocidades de transmisión de datos de tales interfaces sean adaptables a los requisitos respectivos en un rango de 100 Gbit/s a 1.000 Gbit/s. En este caso, por ejemplo, será posible cambiar la velocidad de transmisión de datos de estas interfaces en intervalos de 100 Gbit/s. Sin embargo, son concebibles incluso graduaciones más finas en el cambio de la velocidad de transmisión de datos o granularidades de capacidad más finas de las interfaces correspondientes.

25 [0004] Técnicamente, la variabilidad variable de las velocidades de transmisión de datos es posible, por ejemplo, mediante el uso alternativo de diferentes formas de modulación, como la modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK = *Quadrature Phase-Shift Keying*), la modulación por amplitud en cuadratura (QAM = *Quadrature Amplitude Modulation*), es decir, en particular 8 QAM y 16 QAM, o también mediante la distribución del flujo de datos en varias longitudes de onda acopladas en el sentido de un denominado "transceptor variable de ancho de banda rebanable" (*Sliceable Bandwidth Variable Transceiver* (S-BVT)).

30 [0005] Una forma especial del primer enfoque es la denominada modulación híbrida o modulación híbrida por división de tiempo (TDHM = *Time Division Hybrid Modulation*), en la que las diferentes formas de modulación se usan alternativamente en intervalos de tiempo fijos. Mediante una definición adecuada de los intervalos de tiempo mencionados anteriormente, se puede realizar prácticamente cualquier velocidad efectiva de transmisión de datos. Independientemente del enfoque técnico utilizado en cada caso, las interfaces, en particular las interfaces ópticas, cuya velocidad de transmisión de datos se puede cambiar de manera flexible, también se denominan interfaces FlexRate. Independientemente del tipo respectivo de formación de una red (óptica o no óptica), las interfaces correspondientes también se denominarán sinónimas como tal a continuación.

35 [0006] En la EP 3 091 679 A1 se describe una red IP, es decir, una red de telecomunicaciones óptica correspondiente, cuyos nodos de red y elementos de red presentan tales interfaces FlexRate, que se usan de la manera descrita anteriormente.

40 [0007] La transmisión de datos a nivel físico, es decir, en el caso de una red óptica a nivel óptico, define la llamada capa de acceso a la red mediante el modelo de capas OSI. Por encima se encuentra la capa de red, que se caracteriza por la transmisión de datos por conmutación de paquetes de redes modernas, en particular mediante el uso del Protocolo de Internet (IP = *Internet Protocol*) y, por lo tanto, también puede denominarse nivel de IP. Un elemento muy importante del modelo de capas OSI es que las capas individuales están efectivamente separadas entre sí para que los requisitos que se implementan en cada capa se puedan llevar a cabo, independientemente de las condiciones en las otras capas o niveles del modelo de capas.

45 [0008] Sin embargo, esto también significa que, por ejemplo, no es posible reaccionar directamente a los cambios en la capa de acceso a la red en la capa de red suprayacente, es decir, por ejemplo, sobre el nivel de IP. Los protocolos de enrutamiento utilizados en redes IP o a nivel de IP son en este sentido independientes de la capacidad de la capa de acceso de red subyacente y de cualquier cambio que pueda ocurrir allí, es decir, de

las condiciones de la ruta de transmisión física. A nivel de IP se supone la disponibilidad principal de las rutas de datos en la capa de acceso a la red. Solo de esta manera es posible que las redes IP puedan determinar nuevas rutas entre fuentes de tráfico y sumideros en caso de error.

5 [0009] Para aumentar la fiabilidad de las redes de transmisión, existe una posibilidad, como ya se ha mencionado, de estructurar sus redes básicas de forma redundante, es decir, con al menos dos capas de red independientes que son preferiblemente idénticas en términos de su estructura. En tales redes, una distribución de carga entre los niveles de red de la red central se lleva a cabo generalmente con respecto a la velocidad de transmisión de datos, donde los datos se conducen a través de rutas alternativas equivalentes respectivamente, 10 dispuestas en los niveles individuales.

[0010] Una red central o red troncal presenta en cada caso una pluralidad de nodos de red y estos nodos de red interconectan los bordes de la red. En los nodos de red, las redes de acceso están conectadas a la red central. Los bordes de la red mencionados se realizan en los niveles individuales de la red central mediante cables, 15 respectivamente, en el caso de una red óptica mediante cables ópticos. Si se produce un error en un borde de uno de estos niveles, por ejemplo, como resultado de una rotura de fibra en el cable de una red óptica, se proponen, según el estado de la técnica y también según el uso de conceptos de red provistos de interfaces FlexRate, como se describen por ejemplo en la ya mencionada EP 3 091 679 A1, no es posible reaccionar fácilmente al error ocurrido con respecto a la distribución de carga mencionada anteriormente. En el peor de los casos, esto tiene la consecuencia de que en el nivel de red afectado por el error, aunque en principio todavía es posible una transmisión de datos debido a la adaptabilidad de las velocidades de transmisión de datos, los paquetes de datos individuales se pierden debido a una reducción de la velocidad de transmisión de datos disponible, mientras que al mismo tiempo la capacidad para la transmisión de estos paquetes de datos aún estaría disponible en otro nivel de red. 20

[0011] En relación al aspecto de la determinación de una ruta basada en enrutadores para la transmisión de datos a través de una red IP, existen otros aspectos logísticos, a saber, aspectos técnicos y económicos, o escenarios de aplicación relevantes para la transmisión de datos. En primer lugar, esto se llama "ingeniería de tráfico", cuya tarea es dirigir de manera óptima el volumen de tráfico global a través de una infraestructura existente. En segundo lugar, lograr una alta resistencia de las redes de paquetes, es decir, una alta resistencia del sistema de transmisión frente a errores o errores parciales, asegura, en cierta medida, una transmisión confiable para transmitir datos, incluso en el caso de una aparición de errores correspondientes. Esto se logra determinando nuevas rutas de reemplazo en caso de la interrupción de una ruta. 25

[0012] Para ambas aplicaciones u objetivos, es importante que la capacidad de transferencia total disponible para una ruta de transmisión o ruta de datos (la ruta de transmisión y la ruta de datos se consideran sinónimos en el contexto de la descripción) no cambie, porque un componente fundamental es la distribución de carga entre rutas alternativas equivalentes. Cada vez que los protocolos de enrutamiento encuentran dos o más rutas de datos entre los mismos dos enrutadores, que son realmente iguales en términos de una métrica establecida, es decir, una función de costos de ruta, el tráfico se divide entre estas rutas de datos equivalentes. El mecanismo utilizado para ello se llama "múltiple ruta de igual costo" ("*Equal Cost Multi Path (ECMP)*"). En este caso, siempre se intenta dirigir paquetes coincidentes el uno con el otro o secuencias de paquetes que pertenecen a la misma conexión de extremo a extremo en la misma ruta de datos para que el orden de los paquetes no se mezcle en diferentes rutas debido, por ejemplo, a diferentes longitudes largas. 30

[0013] Esto a su vez es importante para que otros mecanismos implementados en capas superiores no se vean perturbados. Esto se refiere en particular a la transmisión repetida de uno o varios paquetes perdidos, como se usa en las conexiones TCP (TCP = *Transmission Control Protocol* = "protocolo de control de transmisión"). Para este propósito, ECMP calcula un valor numérico entero a partir de los campos de protocolo relevantes (generalmente la dirección de remitente y de destino y la información del puerto correspondiente), de acuerdo con las reglas definidas. Todos los paquetes que pertenecen juntos según estas reglas se denominan "flujo", para la asignación de los cuales a una ruta de transmisión o ruta de datos a través de la red existe una regla de asignación fija. 35

[0014] Con respecto al requisito mencionado anteriormente, que existe según los requisitos explicados anteriormente, según el cual las capacidades de transmisión totales disponibles para una ruta de transmisión en la red no deberían cambiar, también plantea naturalmente una seria desventaja si las posibilidades ofrecidas principalmente debido al uso de interfaces FlexRate no se pueden usar debido a las restricciones del modelo de capas OSI. 40

[0015] El objeto de la invención es proporcionar un método para resolver los problemas mencionados anteriormente. Para este propósito, el método debe permitir, en particular, un uso más efectivo de las posibilidades que ofrece el uso de interfaces FlexRate, es decir, interfaces con una velocidad de transmisión de datos flexible, lo que hace posible utilizar en la práctica, de la mejor manera posible, la ventaja de la utilidad continua, aunque limitada, de los bordes de la red defectuosos. 45

[0016] El objetivo se logra mediante un método que presenta las características de la reivindicación 1 de la patente. Las reivindicaciones subordinadas proporcionan formas de realización o formas de realización adicionales ventajosas del método.

5 [0017] El método propuesto para la solución de la tarea de transmisión de datos a través de una red IP se basa en una red IP con una estructura que primero se explicará a continuación. De acuerdo con esta estructura, una red IP correspondiente consiste en una red central y una pluralidad de redes de acceso conectadas a la red central.

10 [0018] La red central mencionada anteriormente presenta varios nodos de red distribuidos de una manera separada espacialmente, en cada una de las cuales varias redes de acceso están conectadas a la red central. Los nodos de red de la red central están interconectados por los bordes de la red en forma de cables. Una propiedad muy importante de una red IP, para la cual se considera la aplicación del método descrito a continuación, es que, en este caso, sus elementos están diseñados de forma redundante para aumentar su fiabilidad. En términos concretos, esto significa que la red central presenta al menos dos niveles de red independientes que son idénticos en términos de su estructura. Dentro de cada uno de estos (y también en los siguientes) niveles de red, descritos como planos, todos los nodos de red ya mencionados están conectados entre sí por los bordes de la red. La conexión de los nodos de red es tal que no todos los nodos de red están conectados directa o directamente entre sí a los nodos de red del plano correspondiente, sino que todos los nodos de red de un plano están conectados entre sí, posiblemente a través de uno o más nodos de red, por los bordes de la red.

25 [0019] Los nodos de red de la red central están formados por cable óptico en una red óptica, dentro de cada plano, mediante *Label Switch Router* o “enrutador de conmutación de etiquetas” y bordes de la red interconectados. Las redes de acceso, en el caso de una red óptica, están conectadas a un enrutador de conmutación de etiquetas y, por lo tanto, a los nodos de red de un plano por medio de *Label Edge Routers* o “enrutadores frontera de etiquetado”, que también están conectados al enrutador de conmutación de etiquetas respectivo, a través de al menos un cable óptico. La conexión de las redes de acceso es tal que el enrutador frontera de etiquetado de cada red de acceso siempre está conectado a todos los niveles de red o al plan de la red central, es decir, está conectado con el enrutador de conmutación de etiqueta respectivo, con respecto al nodo de red en cuestión. En este caso, al menos el enrutador de conmutación de etiquetas, si corresponde, también el enrutador frontera de etiquetado están provistos de las interfaces con una velocidad de transmisión de datos flexible o de las interfaces FlexRate.

35 [0020] Una red IP, considerada en el contexto del método según la invención, comprende adicionalmente un sistema de gestión de red, por medio del cual se controla la interacción de los elementos de red mencionados anteriormente. Además, existe un sistema de gestión de elementos mediante el cual se controla la función de cada uno de estos elementos de red. La interacción de los elementos de red mencionada anteriormente está organizada de tal manera que los flujos de datos se dividen desde las redes de acceso a los niveles de red o al plano de la red central.

45 [0021] Con respecto a una red óptica, esto significa que el enrutador frontera de etiquetado, a través del cual las redes de acceso están conectadas a los nodos de red de la red central, concretamente a su enrutador de conmutación de etiquetado, distribuye preferiblemente un flujo de datos a la red central con respecto a la cantidad de datos transmitidos esencialmente de manera uniforme a los niveles de red de la red central. Esto significa que el enrutador frontera de etiquetado de una red de acceso conduce a cada uno de los enrutadores de conmutación de etiqueta conectados a él en el plano individual de la red central, con respecto a una proporción del volumen de datos en cada caso que se suministrará a la red central en el nodo de red en forma de flujos de datos.

50 [0022] Si se produce un error en la estructura explicada anteriormente de una red IP en el borde de la red dentro de un plano de la red central, por ejemplo debido a errores en uno o más cables o fibras de un cable que forma este borde, por lo que las interfaces FlexRate, en el lado de entrada y salida de este borde después de la restauración de las rutas de datos conducidas a través del borde de la red defectuoso, adaptan su velocidad de transmisión de datos a la velocidad de transmisión de datos del borde de la red que se ha reducido debido al error. El resultado de esto es que el borde que está afectado por el error, y esta es la ventaja de usar interfaces FlexRate, no falla completamente en la transmisión de datos, sino que solo puede usarse con una velocidad de transmisión de datos reducida.

60 [0023] Según el estado de la técnica, otra distribución de carga del tráfico de datos ahora no puede reaccionar a este hecho directamente, ya que la capa de red o el nivel de IP, como ya se explicó, es independiente con respecto a la capa de acceso a la red física del modelo de capas. Por el contrario, la distribución originalmente planificada, en gran medida uniforme, de los datos a transmitir se mantiene en todo el plano. Sin embargo, esto tiene la consecuencia de que pueden producirse pérdidas de datos no deseadas en el nivel de red con el borde de la red afectado por el error y, por lo tanto, que solo se puede usar con una velocidad de transmisión de datos reducida.

[0024] Sin embargo, esto se evita ventajosamente de acuerdo con el método según la invención. Esto se realiza reaccionando al error en la red central en el área de transición respectiva entre la red central y las redes de acceso conectadas a los nodos de red conectados, por el borde de la red afectada, a la red central, mediante un cambio de la distribución de carga. Para este propósito, el sistema de administración de red transmite una información sobre el error que ocurre en el borde de la red y sobre la velocidad de transmisión de datos reducida como resultado de este error, es decir, sobre la capacidad reducida de este borde de la red con respecto a la cantidad de datos que se pueden transmitir en una unidad de tiempo. Después de ingresar la información sobre el error, el sistema de gestión de elementos controla los elementos de red de la red IP en el nivel físico o en el nivel IP, de manera que al menos en cada uno de los nodos de red conectados por el borde de la red defectuoso, la cantidad de datos (velocidad de datos) suministrada por el plano afectado por el error en una unidad de tiempo se reduce a expensas del al menos otro nivel de red (plano).

[0025] Cabe señalar en este punto que los términos "velocidad de transmisión de datos" y "velocidad de datos" se utilizan básicamente como sinónimos en la medida en que se relacionan con una cantidad de datos (por ejemplo, Gbit) que se tienen que transmitir o se han transmitido en una unidad de tiempo (por ejemplo, en un segundo). No obstante, la razón de la ligera distinción en cuanto a terminología es que el término "velocidad de transmisión de datos" hace referencia a la capacidad de un elemento de red, como un borde de la red o una interfaz, para transmitir una cierta cantidad de datos dentro de la unidad de tiempo antes mencionada, mientras que el término "velocidad de datos" debe designar una cantidad de datos que se suministrarán o de hecho se han suministrado a una parte de la red dentro de esta unidad de tiempo.

[0026] Preferiblemente, se produce una reducción de la proporción suministrada por el borde de la red afectado por el fallo o el nivel de red a la velocidad de datos de los flujos de datos transmitidos en relación con la reducción producida en la velocidad de transmisión de datos en el borde de la red afectada por el error. Por lo tanto, si la velocidad de transmisión de datos de un borde de la red afectado por un error se reduce en un 25%, la proporción del flujo de datos suministrado a este borde se reduce preferiblemente también en un 25% con respecto a la velocidad de datos. Las formas de realización explicativas se llevarán a cabo más adelante con referencia a un ejemplo de realización.

[0027] Preferiblemente, el cambio de la distribución de carga, es decir, la reducción de la proporción relacionada con la velocidad de datos en el flujo de datos suministrado a la red central para el plano afectado por el error, se realiza suministrando los flujos de datos de al menos una de las redes de acceso conectadas a este plano, exclusivamente al plano de la red central no afectado por el error.

[0028] Como se puede ver en la forma de realización anterior, el problema de un cambio de la capacidad de transmisión (de la velocidad de transferencia de datos disponible), que ocurre por un lado con respecto a un borde de la red y, por otro lado, con respecto a una ruta de transmisión, en la medida de lo posible para mantener la capacidad de transmisión de la red, no se resuelve separando el tráfico al nivel de paquetes individuales o flujos de paquetes asociados mutuamente. En cambio, las relaciones intrínsecas entre los diferentes flujos de tráfico dentro de la red central (es decir, dentro de la nube LSR, a saber, la nube del enrutador de conmutación de etiquetas de la red central de una red óptica) se ignoran y la distribución de carga se controla en una escala de granularidad diferente. Por lo tanto, aunque el cambio de capacidad considerado se produce en la red central y debe abordarse de manera efectiva allí, para que no se produzca una pérdida de paquetes, la adaptación de la distribución de carga se proporciona fuera de la red central (fuera de la nube del enrutador de conmutación de etiquetas), es decir, en la distribución del tráfico sobre los planos y no en la distribución dentro del plano afectado.

[0029] Sobre la base de una información correspondiente, recibida en el sistema de gestión de elementos, sobre el error ocurrido, se proporcionan diferentes formas de controlar los elementos de red de la red IP para cambiar la distribución de carga entre los niveles de red o el plano de la red central. Como ya se puede ver en la forma de realización anterior, tales medidas pueden ser iniciadas por el sistema de gestión de elementos a nivel físico o a nivel de IP, este último relacionado con la capa de red en el modelo de capas OSI.

[0030] Para medidas a nivel de IP en el área de transición entre la red central y las redes de acceso conectadas a los nodos de red conectados por el borde de la red afectada a la red central o en el área de la conexión de un enrutador frontera de etiquetado respectivo de una o más redes de acceso con un enrutador de conmutación de etiquetas del borde de la red afectado por el error, hay varias opciones diferentes. Estas consisten en que:

- a) la métrica del enlace relativo a esa conexión se establece en el valor más alto posible; o
- b) la interfaz IP del enlace relacionado con esta conexión se apaga, o,
- c) para el enlace relacionado con esta conexión, se desactiva el IGP para que este enlace ya no exista.

[0031] Es común a todas las variantes antes mencionadas que, como resultado de su aplicación, la conexión entre la red de acceso respectiva y el nivel de red de la red central con el borde de la red afectado se interrumpa efectivamente, no en el nivel físico sino en el nivel de IP, es decir, con respecto a la capa de red. Como

resultado, los enrutadores ya no se "ven" entre sí en el nivel de IP, de modo que un enrutador respectivo de una red de acceso (enrutador frontera de etiquetado) al enrutador al final del borde de la red afectado de la red central (enrutador de conmutación de etiquetas) o en el nivel de red (plano) afectado, ya no puede reenviar ningún dato y, por lo tanto, reenviar todos los datos del (de los) plano(s) no afectado(s).

5

[0032] En las redes ópticas en las que el nivel óptico forma el nivel físico, una posibilidad de provocar una distribución de carga modificada de acuerdo con una forma de realización prevista del método inventivo consiste en, en la zona de transición entre el enrutador frontera de etiquetado de una red de acceso y la red central, más precisamente, en la zona de transición entre una red de acceso y su conexión con el enrutador de conmutación de etiquetas del borde de la red defectuoso en el plano afectado, activar en cierto modo una falsa alarma o simular un error en esta área.

10

[0033] Esto significa que el tratamiento del error que realmente ocurre en la red central, es decir, en un borde de la red de un plano de la red central, se desplaza efectivamente a la zona de transición entre la red central y una red de acceso al simular un error que en realidad está ausente en la zona externa de la red central. En este caso, mediante el error simulado en el área de transición o falsa alarma, se produce un enrutamiento dirigido del tráfico en el nivel de paquete, en un (posiblemente varios) plano(s) no afectados por el error realmente ocurrido. Esto es causado y controlado por el sistema de gestión de elementos, que se fortalece mediante la implementación de un software adecuado. En relación con esto, también basado en software, durante el procesamiento posterior de los datos de la alarma, se debe garantizar que estos errores generados artificialmente se identifiquen de manera adecuada para distinguirlos de los errores genuinos.

15

20

[0034] Para la generación de una tal falsa alarma o error que no existe realmente en el nivel óptico en la zona de transición entre los planos afectados de la red central y al menos una red de acceso, nuevamente se tienen en cuenta diferentes variantes. Estas consisten en:

25

a) apagar al menos un láser de transmisión del enrutador frontera de etiquetado de al menos una red de acceso conectada a la red central, a través del enrutador de conmutación de etiquetas en el borde de la red afectada, o,

30

b) en el caso de un receptor coherente, apagar un láser de recepción del enrutador de conmutación de etiquetas del plano afectado,

o, en el caso de la aplicación del método a través de una red ROADM (ROADM = *Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer* = "multiplexor óptico add-drop reconfigurable"), consisten en:

35

c) conmutar, de una manera opaca, un drop-port del ROADM de salida de un ROADM, asociado con al menos una red de acceso, o

d) conmutar, de una manera opaca, un add-port del ROADM de entrada de un ROADM, asociado con el enrutador de conmutación de etiquetas del plano afectado.

[0035] En todos los casos mencionados anteriormente, si el entramado técnico del enrutador de conmutación de etiquetas determina que un enlace, por ejemplo mediante el apagado de un láser de transmisión o la conmutación opaca de un puerto ROADM, aparentemente ya no existe, la información al respecto se distribuye a través del "protocolo de pasarela interna" (IGP = *Interior Gateway Protocol*) en la red. Este proceso dura aproximadamente un segundo. A continuación, todos los enrutadores envían sus paquetes a los enrutadores frontera de etiquetado afectados, es decir, a los enrutadores frontera de etiquetado de una red de acceso de recepción, solo a través del (de los) plano(s) intacto(s). En lo que respecta a la conmutación opaca de un puerto de un ROADM, dependiendo de su diseño concreto respectivo, esto se puede lograr, por ejemplo, girando un espejo muy pequeño de una gran cantidad del ROADM, de algún modo fuera de la ruta de transmisión. Lo mismo también es posible con los ROADM en cuyos puertos el acoplamiento o desacoplamiento de luz se realiza con la ayuda de prismas o rejillas ópticas.

40

45

[0036] A continuación, el enfoque fundamental del método según la invención y las condiciones dadas para la aplicación del método en una red IP adecuada, concretamente en una red óptica, se explicarán nuevamente con referencia a los dibujos. En este caso, los dibujos se usan menos como la representación del proceso en sí mismo, lo que evita en gran medida la posibilidad de representación, que como la representación de aspectos relacionados con la red. Sin embargo, en relación con las formas de realización dadas a los dibujos, el método se explica de nuevo, especialmente con referencia a valores numéricos en forma de un ejemplo de realización. Los dibujos muestran en detalle:

50

55

figura 1: la estructura básica de una red IP adecuada para la aplicación del método, a saber, una red óptica,

60

figura 2: una posible distribución de carga en una red IP correspondiente en relación con su estructura a la red según la figura 1,

figura 3: relaciones de tráfico más complejas en una red IP según el modelo mostrado en la figura 1,

figura 4: detalles de una posible configuración en un nodo de red de una red IP con una estructura según la figura 1.

[0037] La figura 1 muestra, en una representación esquemática y bastante simplificada, la estructura básica de una red IP óptica, que se basa en la solución basada en un método según la invención. En consecuencia, una tal red IP consiste en una red central 1 en forma de una nube LSR (nube de enrutadores de conmutación de etiquetas $7_1 - 7_n$) y varias redes de acceso $2_1 - 2_n$ conectadas a esta red central 1 a través de LER, es decir, enrutadores frontera de etiquetado $8_1 - 8_n$. En aras de la simplicidad, por un lado, solo se muestran algunos de los enrutadores de conmutación de etiquetas $7_1 - 7_n$ presentes en la red central 1 en dicha red IP y, por otro lado, con respecto a las redes de acceso $2_1 - 2_n$, a través de las cuales cada uno de una pluralidad de terminales permite el acceso a la red central 1 de la red IP para el intercambio de datos, solo se muestran los enrutadores frontera de etiquetado $8_1 - 8_n$.

[0038] Como se puede ver en la representación simbólica, según el ejemplo que se muestra, la red central 1 presenta dos niveles de red, es decir, planos, designado aquí como plano A y plano B. Ambos planos A, B son independientes entre sí, pero, como se puede observar, su estructura es idéntica. En consecuencia, dos enrutadores de conmutación de etiquetas $7_1 - 7_n$, a saber, un enrutador de conmutación de etiquetas $7_1 - 7_n$ por plano A, B están dispuestos en la estructura mostrada a modo de ejemplo en tres nodos de red $3_1 - 3_n$ de la red central 1. Dentro de cada plano A, B, los enrutadores de conmutación de etiquetas $7_1 - 7_n$ están interconectados a través de los bordes de la red $4_1 - 4_n$, que están formados por los respectivos cables ópticos.

[0039] Las redes de acceso $2_1 - 2_n$, es decir, sus enrutadores frontera de etiquetado $7_1 - 7_n$, están conectados, en las ubicaciones de red individuales representadas por los nodos de red $3_1 - 3_n$, con todos los enrutadores de conmutación de etiquetas $7_1 - 7_n$, en este caso con ambos planos A, B de la red central 1. Al menos los enrutadores de conmutación de etiquetas $7_1 - 7_n$, si es apropiado también los enrutadores frontera de etiquetado $8_1 - 8_n$, están equipados con las interfaces ópticas, no representadas aquí, con una velocidad de transmisión de datos flexible (interfaces FlexRate). Tampoco se representa en la figura el sistema de gestión de red, que controla la interacción de los elementos de red de la red, así como el sistema de gestión de elementos, mediante el cual se controlan las funciones de los elementos de red respectivos.

[0040] La figura 2 muestra, a modo de ejemplo, una posible distribución de carga, es decir, la distribución de la carga total causada por los flujos de tráfico entre las redes de acceso $2_1 - 2_n$ y sus enrutadores fronteras de etiquetado $8_1 - 8_n$ y los enrutadores de conmutación de etiquetas $7_1 - 7_n$ en la red central 1. En base a la representación, esta distribución de carga debe explicarse ahora primero para el caso del funcionamiento sin errores de la red y, posteriormente, con respecto a las circunstancias que ocurren después de la aparición de un error cuando se aplica el método según la invención.

[0041] Se supone que cada enrutador de conmutación de etiquetas $7_1 - 7_n$ con una capacidad de 400 Gbit/s está conectado a sus vecinos, respectivamente los enrutadores de conmutación de etiquetas $7_1 - 7_n$ adyacentes dentro del mismo plano A, B. En este caso, se aplica una regla de planificación, según la cual un tal enlace IP solo debe utilizarse hasta aproximadamente el 80%, ya que el tráfico de paquetes a menudo muestra un tipo de volatilidad con, por ejemplo, en el caso de eventos especiales o mensajes pendientes, a veces una carga que aumenta temporalmente de manera considerable. Una carga promedio del 80% proporciona así una estabilidad suficientemente buena. En total, la cantidad total de datos de $2 * 80% * 400 \text{ Gbit/s} = 640 \text{ Gbit/s}$ por plano A, B puede suministrarse en el LER 8_n , a la izquierda en el dibujo, con una utilización óptima de las conexiones.

[0042] Estos en total 1280 Gbit/s (por conexión 320 Gbit/s) pueden inicialmente distribuirse arbitrariamente con respecto al suministro a la red central 1 a los cinco enrutadores frontera de etiquetado $8_1 - 8_5$ que se muestran a la derecha, por lo que se transmiten en una distribución uniforme de estos a la red central 1. Un escenario sería que cada enrutador frontera de etiquetado $8_1 - 8_5$ generara alrededor de 250 Gbit/s de tráfico hacia la red central (el cálculo preciso sería de 256 Gbit/s).

[0043] Si, como resultado de una rotura de la fibra y una posterior restauración de la conexión óptica a lo largo del borde de la red 4_1 , la capacidad de transmisión (velocidad de transmisión de datos sobre el borde de la red 4_1) disminuye de 400 Gbit/s a 300 Gbit/s, entonces cada uno de los enrutadores frontera de etiquetado $8_1 - 8_5$, representados a la derecha en la figura 1, continuarían intentando aplicar 320 Gbit/s a este borde 4_1 sin usar el método según la invención u otras medidas adecuadas. Sin embargo, esto llevaría a una pérdida de datos o a una pérdida de paquetes de datos en una magnitud de 20 Gbit/s. Y esto sucede a pesar de que la capacidad total del plano A afectado (con ahora todavía $400 \text{ Gbit/s} + 300 \text{ Gbit/s} = 700 \text{ Gbit/s}$) en realidad sería suficiente para la carga del plano A con un volumen de datos de 640 Gbit/s.

[0044] Aquí es donde se aplica la solución según la invención. Por ejemplo, a partir de las cifras anteriores, sería suficiente desconectar la distribución de carga, en uno de los cinco enrutadores frontera de etiquetado $8_1 - 8_5$, es decir, conducir el tráfico de datos completo suministrado, exclusivamente del plano B no afectado, a través del enrutador frontera de etiquetado $8_1 - 8_5$ a la red central 1. Esto logra una asimetría entre los planos A, B de $4 * 128 \text{ Gbit/s}$ (plano A) en comparación con $6 * 128 \text{ Gbit/s}$ (plano B), es decir, de 512 Gbit/s (plano A) a 768 Gbit/s (plano B).

[0045] Sin tener que tomar medidas en la red central 1 en la zona del enrutador de conmutación de etiquetas $7_1 - 7_n$, por lo tanto, el tráfico de datos que se produce en total para la red central 1 por plano A, B puede transmitirse a través de la red central 1, ya que los 512 Gbit/s suministrados al plano A se distribuyen por la mitad a las dos conexiones establecidas dentro del plano A, con capacidades de 400 Gbit/s o 300 Gbit/s (en el caso de la conexión que involucra el borde de la red 4_1 afectado por el error) y los 768 Gbit/s, suministrados al plano B, en ambas conexiones intactas de 400 Gbit/s. En ningún caso se descarta el tráfico de datos o se pierden los paquetes de datos.

[0046] Los enlaces ascendentes o "up-links" entre los enrutadores frontera de etiquetado $8_1 - 8_n$ y los enrutadores de conmutación de etiquetas $7_1 - 7_n$, es decir, sus conexiones en la dirección de transmisión desde el enrutador frontera de etiquetado $8_1 - 8_n$ al enrutador de conmutación de etiquetas $7_1 - 7_n$, están dimensionados suficientemente en cada caso para conducir el tráfico completo de un enrutador de conmutación de etiquetas $8_1 - 8_n$ completamente en un plano A, B, porque los enrutadores frontera de etiquetado $8_1 - 8_n$ están protegidos contra un error de dicho enlace ascendente, que es el sentido de la conexión dual de cada enrutador frontera de etiquetado $8_1 - 8_n$ a la red central 1.

[0047] Las formas de realización anteriores se refieren inicialmente solo a una dirección del enrutador de conmutación de etiquetas $7_1 - 7_n$ a la trayectoria de transmisión del enrutador de conmutación de etiquetas $8_1 - 8_n$, en la que actúa la descarga propuesta del borde de la red 4_1 . En ese sentido, hasta ahora solo se ha considerado la relación de tráfico de enlace ascendente del enrutador frontera de etiquetado $8_1 - 8_n$. Evidentemente, también debe garantizarse que el tráfico de datos en el enlace descendente o "Down-Link" (en otras palabras, en relación con la dirección opuesta de transmisión desde los enrutadores frontera de etiquetado 8_n a la izquierda a los enrutadores frontera de etiquetado $8_1 - 8_5$ a la derecha) se desvíe del plano A afectado hacia el no dañado. En consecuencia, el tráfico de datos con respecto al enrutador frontera de etiquetado 8_n o de los enrutadores frontera de etiquetado, en realidad también en cifras mayores, del lado izquierdo (en el dibujo) se influencia de una manera correspondiente, es decir, mediante un control apropiado de los elementos de la red a través del sistema de gestión de elementos, en relación con una distribución de carga modificada.

[0048] La figura 3 debe aclarar, de manera similar en una representación simbólica o esquemática, relaciones de tráfico significativamente más complejas en una representación que se simplifica mucho de la manera indicada. Como se puede ver en la figura, otras relaciones de tráfico también pueden contribuir a la carga a lo largo de un enlace. El borde de la red representado 4_1 es el que se encuentra entre LSR 7_1 y el enrutador de conmutación de etiquetado 7_3 . Usando este borde de la red 4_1 , hay una conexión directa típica (ruta de datos 9, representada por la línea continua sólida) entre dos enrutadores frontera de etiquetado $8_1, 8_n$, que están conectados directamente a esos enrutadores de conmutación de etiquetas $7_1, 7_3$ que forman la entrada y salida de este borde de la red 4_1 .

[0049] Además, hay, por ejemplo, una conexión (ruta de datos 10, simbolizada por la línea en negrita discontinua) que, además del borde de la red considerado 4_1 , comprende bordes de la red con otros dos enrutadores de conmutación de etiquetas $7_5, 7_n$. Los enrutadores frontera de etiquetado conectados al LSR 7_5 y LSR 7_n solo contribuyen indirectamente a la carga total del borde de la red 4_1 , que conecta directamente los enrutadores LSR 7_1 y LSR 7_3 . Una forma de lidiar con esto sería un monitoreo continuo de las contribuciones de los elementos de red individuales (redes de acceso $2_1 - 2_n$ con enrutadores frontera de etiquetado $8_1 - 8_n$) a cada enlace LSR $7_1 - 7_n$. Sin embargo, esto no se recomienda, ya que crea una complejidad innecesaria, lo que lleva a un coste operativo adicional. En cambio, debe notarse en este punto que una descarga suficiente del borde de la red 4_1 entre el LSR 7_1 y el LSR 7_3 se puede lograr exclusivamente al conmutar los enrutadores frontera de etiquetado locales, es decir, los conectados a los enrutadores de conmutación de etiquetas $7_1, 7_3$ dispuestos en los extremos de este borde de la red 4_1 . Para realizar esto en ambas direcciones, solo se debe considerar la cantidad total de enrutadores frontera de etiquetado $8_1 - 8_n$ a la "izquierda" y "derecha" de la trayectoria considerada hasta ahora (borde de red afectado 4_1 con los LSR $7_1 - 7_n$ conectados a través de ellos), en la figura 3 se muestran los enrutadores frontera de etiquetado en los enrutadores de conmutación de etiquetas LSR 7_1 y LSR 7_3 .

[0050] La figura 4 muestra detalles de una posible configuración de redes de acceso $2_1 - 2_n$ dispuestas en un nodo de red 3_1 de la red central 1, donde, a su vez, solo sus enrutadores frontera de etiquetado $8_1 - 8_n$ (LER) se muestran como representativos de estas redes de acceso $2_1 - 2_n$. Según la configuración mostrada a modo de ejemplo en la figura, una pluralidad de redes de acceso $2_1 - 2_n$ conectadas a la red central 1 en un nodo de red 3_1 forman un grupo de red de acceso común 11. Como se puede ver, en este caso los enrutadores frontera de etiquetado $8_1 - 8_n$ de este grupo de red de acceso 11 están conectados por cables ópticos y también su conexión a los enrutadores de conmutación de etiquetas $7_1, 7_3$ de dos planos A; B de la red central 1.

[0051] El acoplamiento a los cables ópticos se realiza en el ejemplo que se muestra a través de ROADM. A pesar de la conexión anular, de alguna manera, existente sobre el cable óptico, entre los enrutadores frontera de etiquetado $8_1 - 8_n$, estos enrutadores están conectados, de manera directa, con los enrutadores de conmutación de etiquetas $7_1, 7_3$ del plano A, B de la red central 1, es decir, directamente y no sobre otro enrutador frontera de etiquetado $8_1 - 8_n$. La conexión directa se da aquí, por un lado, a nivel de IP y, por otro lado, se realiza físicamente de este modo, de manera que los datos de los enrutadores frontera de etiquetado individuales $8_1 - 8_n$

se conducen a la red central 1 usando respectivamente diferentes frecuencias de la señal portadora óptica (diferentes colores).

5 [0052] Como ya se ha enfatizado varias veces, las estructuras realmente encontradas en las redes ópticas IP en la práctica son significativamente más complejas que las representaciones simbólicas altamente simplificadas de los dibujos utilizados para explicar la invención en este punto. Con referencia a la figura 4, esto se muestra por el hecho de que una pluralidad de grupos de redes de acceso 11, que son comparables en términos de su estructura con el grupo de redes de acceso 11 que se muestra en la figura, generalmente están dispuestos en los nodos de red $3_1 - 3_n$ de la red central 1. A ese respecto, una posible forma de realización del método, que
10 considera esta estructura con una pluralidad de grupos de redes de acceso 11 dispuesta en un nodo de red $3_1 - 3_n$, viene dada por el hecho de que, en caso de error, se produce un cambio en la distribución de la carga, al separar un grupo de red de acceso completo 11, de algún modo, de uno de los planos A, B y suministrar todo el tráfico de este grupo de red de acceso 11 al otro plano A, B, no afectado por el error. Para reducir la proporción
15 suministrada al enrutador de conmutación de etiquetas $7_1 - 7_n$ del plano A, B, afectado por el error, en relación con la velocidad de datos, en todo el volumen de datos de todas las redes de acceso $2_1 - 2_n$ del nodo de red $3_1 - 3_n$, la separación del grupo de red de acceso 11 de este enrutador de conmutación de etiquetas respectivo $7_1 - 7_n$ se realiza a su vez a través de los mecanismos explicados anteriormente en el nivel óptico o en el nivel de IP, desconectando los láseres o conmutando de manera opaca los puertos ROADM en el nivel óptico o en el nivel de IP mediante cambios en la métrica, apagando las interfaces IP o desactivando el IGP para uno o más
20 enlaces.

REIVINDICACIONES

1. Método para transmitir datos a través de una red IP con una red central (1) que presenta una pluralidad de nodos de red ($3_1 - 3_n$) y al menos dos niveles de red independientes (A, B) con estructura idéntica, cuyos nodos de red ($3_1 - 3_n$) están interconectados cada uno dentro de los niveles de red (A, B) a través de los cables que forman los bordes de la red ($4_1 - 4_n$), y con una pluralidad de redes de acceso ($2_1 - 2_n$) conectadas a los nodos de red ($3_1 - 3_n$) en todos los niveles de red (A, B) de la red central (1), respectivamente, cuyos flujos de datos suministrados a la red central (1) se distribuyen, con respecto a la velocidad de datos, en todos los niveles de red (A, B) de la red central (1), donde la interacción de los elementos de red de la red IP está controlada por un sistema de gestión de red y la función de los elementos de red individuales por un sistema de gestión de elementos, y donde un borde de la red ($4_1 - 4_n$) de la red central (1) afectado por un error, después de una restauración de las rutas de datos (5, 9, 10) que utilizan este borde de la red ($4_1 - 4_n$) para transmitir datos, debido a una instalación de elementos de red al menos de la red central (1) con interfaces de velocidad de transmisión de datos flexible, continúa siendo útil, con una velocidad de transmisión de datos reducida, **caracterizado por el hecho de que** se reacciona al error en la red central (1) y, de esta manera, a la capacidad reducida, con respecto a la velocidad de transmisión de datos disponible, del borde de la red afectado ($4_1 - 4_n$) en la zona de transición respectiva entre la red central (1) y las redes de acceso ($2_1 - 2_n$) conectadas a la red central (1) en los nodos de red ($3_1 - 3_n$) conectados a través del borde de la red afectado ($4_1 - 4_n$), mediante un cambio de la distribución de la carga,

a) transmitiendo el sistema de gestión de red una información sobre el error que ocurre en el borde de la red ($4_1 - 4_n$) y su capacidad reducida, en términos de velocidad de transmisión de datos, en tiempo real al sistema de gestión de elementos y
 b) controlando los elementos de red de la red IP en el nivel físico o en el nivel IP a través del sistema de gestión de elementos, de manera que al menos en cada uno de los nodos de red ($3_1 - 3_n$) conectados por el borde de la red afectado por el error ($4_1 - 4_n$), la velocidad de datos suministrada por el plano de red (A, B) afectado por el error se reduce a expensas de al menos otro nivel de red (A, B).

2. Método según la reivindicación 1, donde la cantidad de datos que se suministra a la red central (1) en un nodo de red ($3_1 - 3_n$) dentro de una unidad de tiempo se divide por igual entre sus niveles de red (A, B) hasta que se produce un error, **caracterizado por el hecho de que** el sistema de gestión de elementos controla los elementos de red respectivos, en caso de un error, para cambiar la distribución de carga, de manera que la velocidad de datos suministrada del nivel de red (A, B) afectado por el error en los nodos de red ($3_1 - 3_n$) conectados a través del borde de la red afectado ($4_1 - 4_n$) se reduce en relación con la disminución en la velocidad de transmisión de datos disponible en el borde de la red afectado por el error ($4_1 - 4_n$) que se ha producido debido al error.

3. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que**, en los nodos de red ($3_1 - 3_n$) interconectados a través del borde de la red afectado ($4_1 - 4_n$), el volumen de datos suministrado a la red central (1) dentro de una unidad de tiempo, en cada caso, de al menos una de las redes de acceso ($2_1 - 2_n$) conectadas a la red central (1) en los mismos se suministra exclusivamente a, al menos, un nivel de red (A, B) de la red central (1) que no está afectado por el error.

4. Método según la reivindicación 3, **caracterizado por el hecho de que** se produce un cambio en la distribución de carga en la red central (1) a nivel de IP, donde, en los nodos de red ($3_1 - 3_n$) interconectados a través del borde de la red afectado por el error ($4_1 - 4_n$), bajo el control por el sistema de gestión de elementos, se interrumpe la conexión entre el nivel de red afectado por el error (A, B) de la red central (1) y al menos una red de acceso ($2_1 - 2_n$),

a) estableciendo la métrica de este enlace relacionado con esta conexión en el valor más alto posible o
 b) apagando la interfaz IP del enlace relacionado con esta conexión o
 c) desactivando el IGP, protocolo de pasarela interna, para el enlace relacionado con esta conexión, para que este enlace aparentemente ya no exista.

5. Método según la reivindicación 3 o 4, para el funcionamiento de una red IP óptica, en la que los niveles de red (A, B) de la red central (1) están formados por enrutadores de conmutación de etiquetas ($7_1 - 7_n$) interconectados por cables ópticos y equipados con interfaces ópticas con una velocidad de transmisión de datos flexible, a los cuales están conectadas las redes de acceso ($2_1 - 2_n$) a través de, en cada caso, un enrutador frontera de etiquetado ($8_1 - 8_n$), **caracterizado por el hecho de que** un cambio en la distribución de carga en la red central (1) se produce en el nivel óptico que representa el nivel físico, apagando, bajo el control del sistema de gestión de elementos, para cada enrutador de conmutación de etiquetas ($7_1 - 7_n$) para el cual se debe reducir la velocidad de datos suministrada a la red central (1) a través del mismo, al menos un láser de transmisión, destinado a transmitir datos a este enrutador de conmutación de etiquetas ($7_1 - 7_n$), o al menos un láser de recepción de un receptor coherente de este enrutador de conmutación de etiquetas ($7_1 - 7_n$).

6. Método según la reivindicación 3 o 4, para el funcionamiento de una red IP óptica, en la que los niveles de red (A, B) de la red central (1) están formados por enrutadores de conmutación de etiquetas ($7_1 - 7_n$) interconectados por cables ópticos y equipados con interfaces ópticas con una velocidad de transmisión de datos flexible, a los cuales están conectadas las redes de acceso ($2_1 - 2_n$) a través de, en cada caso, un enrutador frontera de etiquetado ($8_1 - 8_n$), donde la red óptica se realiza mediante el uso de ROADM, a saber, multiplexores add-drop reconfigurables, al menos en la conexión entre los enrutadores de conmutación de etiquetas ($7_1 - 7_n$) y los enrutadores frontera de etiquetado ($8_1 - 8_n$), **caracterizado por el hecho de que** se produce en el nivel óptico que representa el nivel físico un cambio de la distribución de carga en la red central (1), volviendo opaco, bajo el control del sistema de gestión de elementos, al menos un drop-port de la salida o el add-port de la entrada de al menos un ROADM, que está dispuesto en la conexión entre un enrutador frontera de etiquetado ($8_1 - 8_n$) de una red de acceso ($2_1 - 2_n$) y el enrutador de conmutación de etiquetas ($7_1 - 7_n$) del nivel de red (A, B) de la red central (1) afectado por el error.

7. Método según una de las reivindicaciones 4 a 6, para el funcionamiento de una red IP óptica, en la que los niveles de red (A, B) de la red central (1) están formados por enrutadores de conmutación de etiquetas ($7_1 - 7_n$) interconectados por cables ópticos y equipados con interfaces ópticas con una velocidad de transmisión de datos flexible, a los cuales están conectadas las redes de acceso ($2_1 - 2_n$) a través de, en cada caso, un enrutador frontera de etiquetado ($8_1 - 8_n$), y en el que múltiples redes de acceso ($2_1 - 2_n$) se combinan en al menos un nodo de red ($3_1 - 3_n$) de la red central (1) para formar un grupo de redes de acceso (11), donde los enrutadores frontera de etiquetado ($8_1 - 8_n$) de las redes de acceso ($2_1 - 2_n$) de este grupo de redes de acceso (11) están interconectados por los cables ópticos que también los conectan a los enrutadores de conmutación de etiquetas ($7_1 - 7_n$) del al menos un nodo de red ($3_1 - 3_n$), **caracterizado por el hecho de que**, para cambiar la distribución de carga, la velocidad de datos suministrada al nivel de red (A, B) afectado por el error, a saber, los enrutadores de conmutación de etiquetas ($7_1 - 7_n$) conectados por el borde de la red ($4_1 - 4_n$) afectado por el error, se reduce suministrando los flujos de datos respectivamente del al menos un grupo de redes de acceso (11) conectado a los enrutadores de conmutación de etiquetas ($7_1 - 7_n$), a través de sus enrutadores frontera de etiquetado ($8_1 - 8_n$), exclusivamente a, al menos, un nivel de red (A, B) de la red central (1) no afectado por el error.

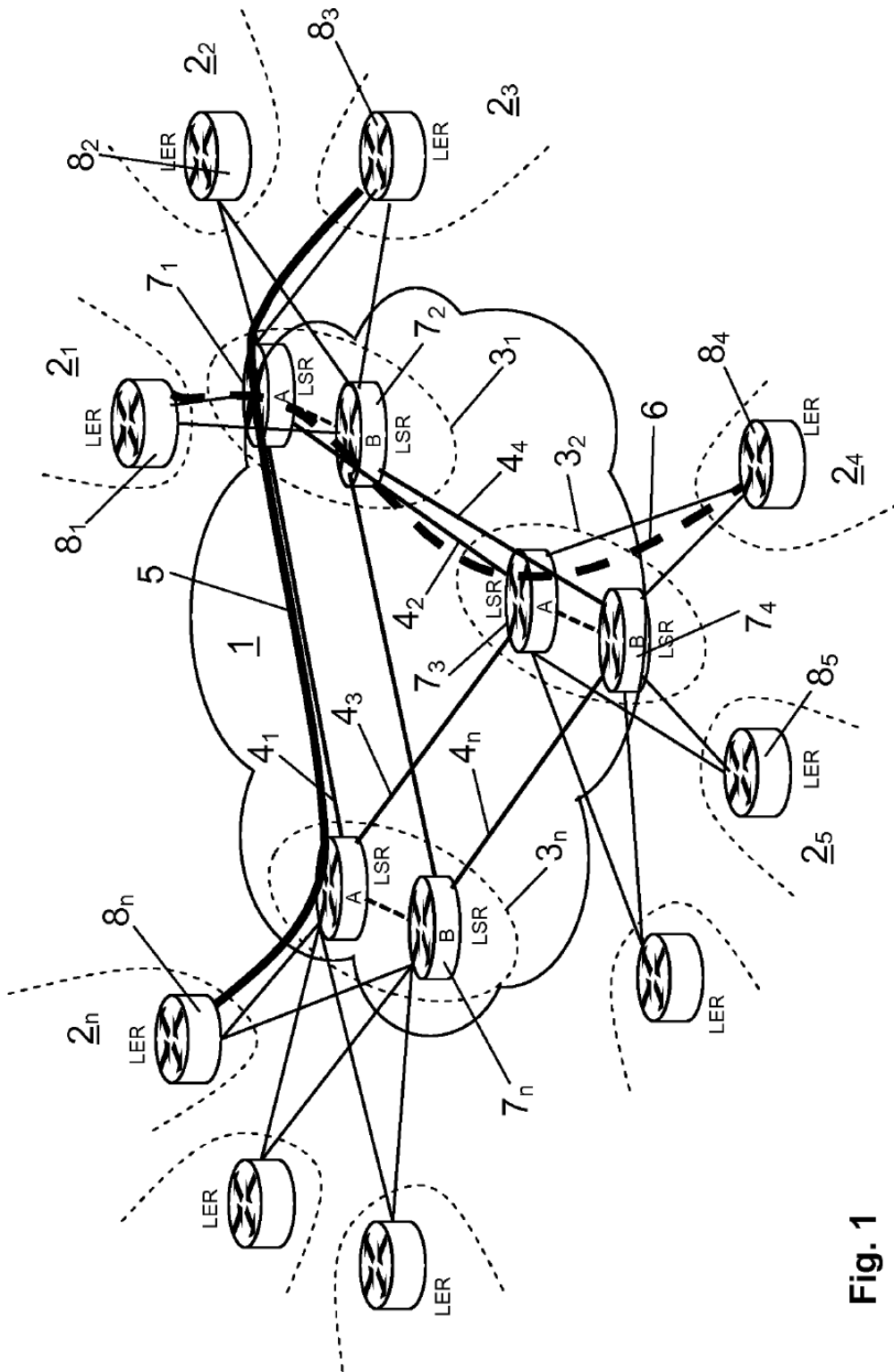


Fig. 1

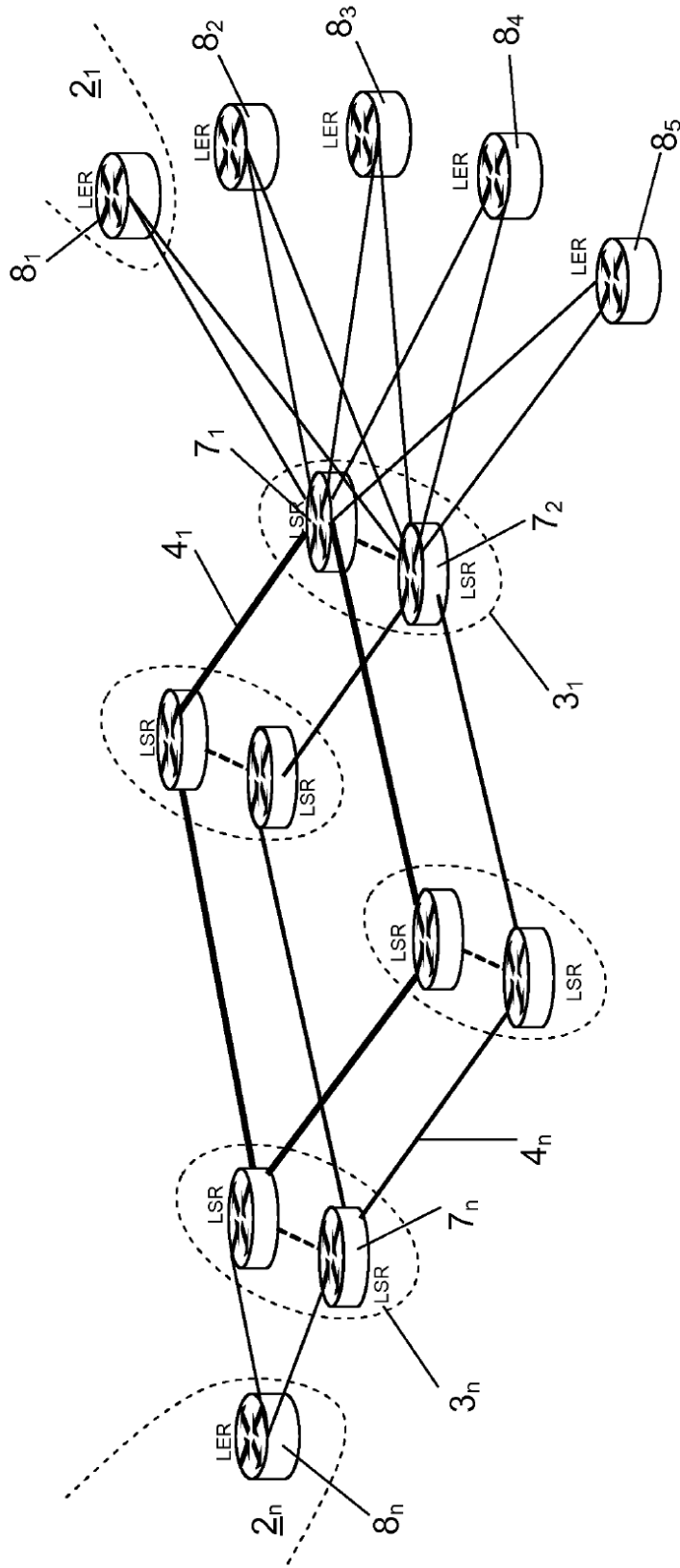


Fig. 2

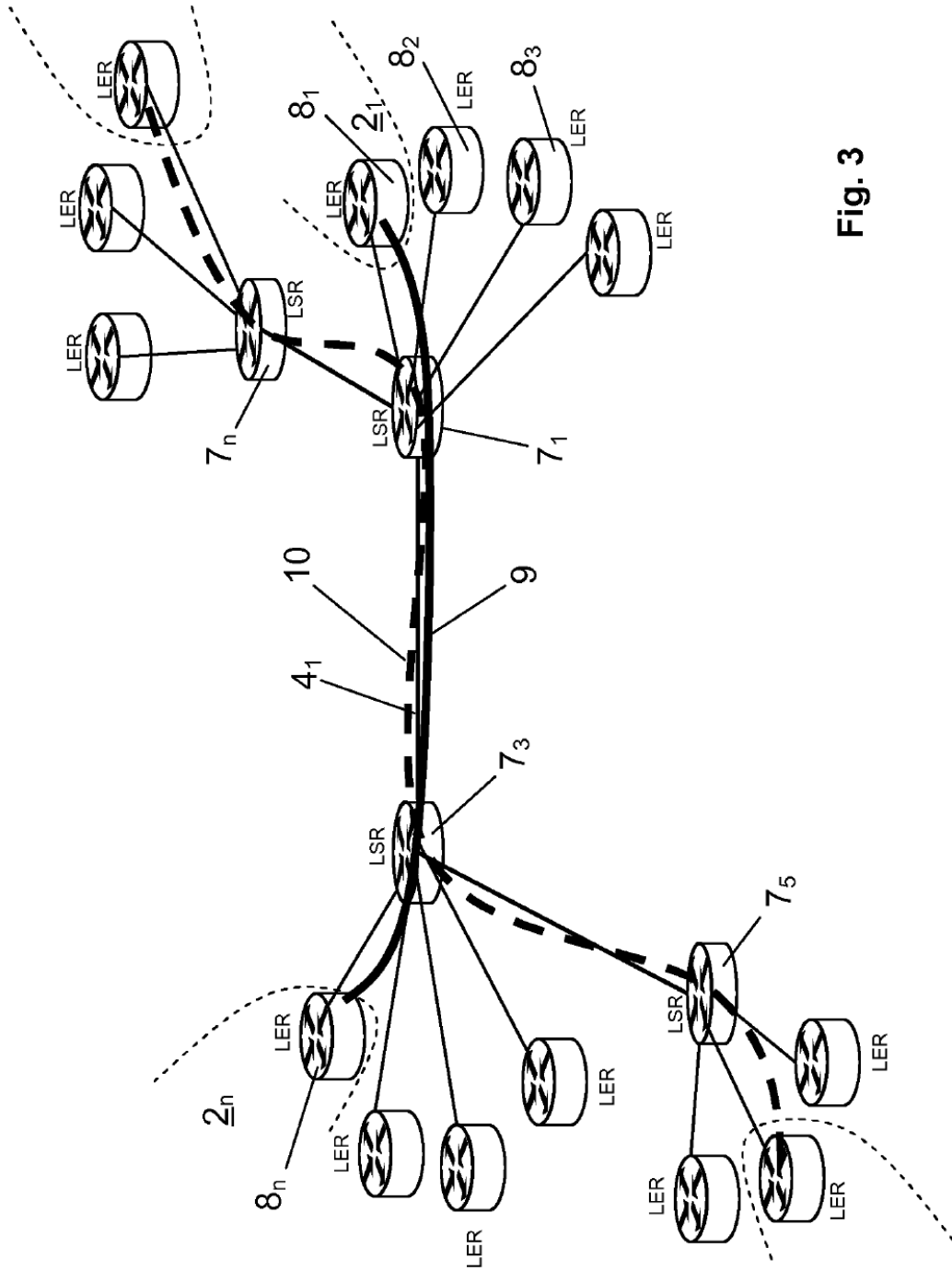


Fig. 3

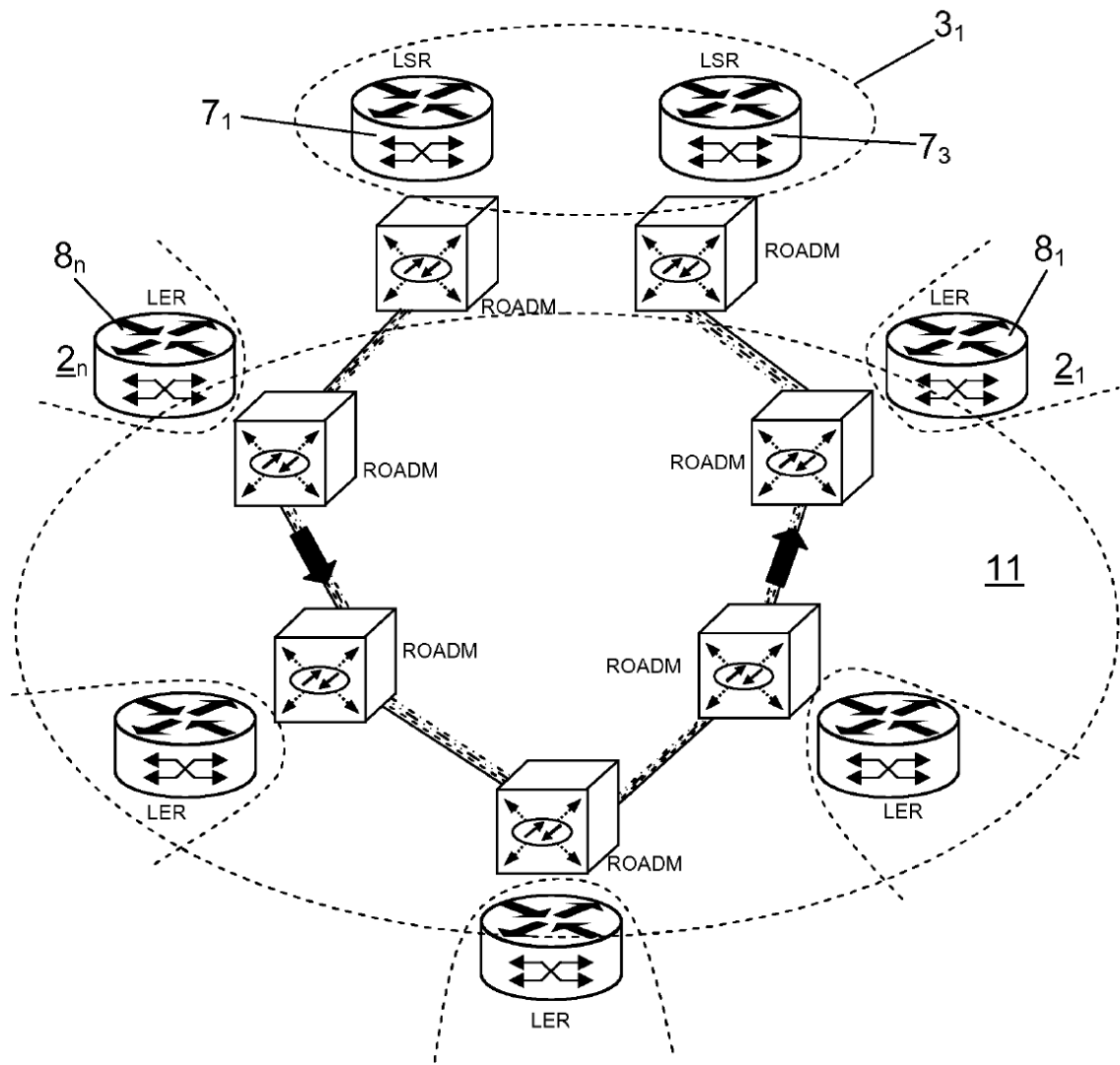


Fig. 4