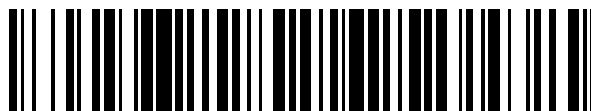


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 747 264**

51 Int. Cl.:

H04L 12/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.04.2015 PCT/CN2015/076911**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.10.2016 WO16165139**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.04.2015 E 15888844 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2019 EP 3280092**

54 Título: **Procedimiento y aparato de recuperación de fallos para red virtual**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.03.2020

73 Titular/es:
**HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD. (100.0%)
Huawei Administration Building, Bantian,
Longgang District
Shenzhen, Guangdong 518129, CN**

72 Inventor/es:

**LIN, YI y
HE, JIA**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 747 264 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

Procedimiento y aparato de recuperación de fallos para red virtual

5 Campo técnico

La presente invención se refiere al campo de las tecnologías de comunicaciones, y en particular, a un procedimiento y aparato de recuperación de fallos para una red virtual.

10 Antecedentes

15 Con el desarrollo de las tecnologías de Internet, especialmente con el rápido desarrollo de un centro de datos (DC), los clientes tienen una necesidad creciente de tráfico en la red de transporte. Por tanto, el cliente habitualmente no sólo necesita arrendar una conexión punto a punto para transmitir datos, sino que también necesita arrendar una red virtual para conectar múltiples puntos de acceso de servicio (por ejemplo, DC) del cliente. El cliente puede establecer, en la red virtual arrendada según un requisito del cliente, una conexión entre dos puntos de acceso de servicio cualesquiera para transmitir datos del cliente.

20 En la virtualización de redes, un recurso de nodo físico (un recurso informático, un recurso de transmisión, y similar) y un recurso de enlace físico (un ancho de banda) que están en una red física se dividen en recursos virtuales con una granularidad fina utilizando una tecnología de virtualización en una plataforma física compartida, y se realiza abstracción, división y combinación basándose en los recursos virtuales, para formar múltiples redes virtuales paralelas y programables aisladas entre sí. Específicamente, la tecnología de virtualización de redes se utiliza para abstraer una red de sustratos pública (SN), es decir, una red física, y proporcionar una interfaz programable unificada, y se mapean múltiples redes virtuales (VN) que están aisladas una de otra y tienen diferentes topologías con una infraestructura de la red de sustratos pública, para proporcionar servicios diferenciados para usuarios. La tecnología de virtualización de redes puede permitir que una red física soporte múltiples redes virtuales. En las redes virtuales, pueden utilizarse sistemas de protocolo independientes entre sí, y los recursos de nodos y enlaces en la red física pueden configurarse de manera apropiada según un requisito dinámicamente cambiante de un cliente, mejorando así la flexibilidad y diversidad de las redes virtuales. Un recurso físico, por ejemplo, un ancho de banda, en la red física se mapea con la red virtual, de modo que cuando se utiliza la red virtual, el cliente tiene la misma experiencia de usuario que la ofrecida por una red física exclusiva. Un proceso de mapeo de red virtual es una parte indispensable de la tecnología de virtualización de redes, y una función principal del proceso de mapeo es mapear de manera apropiada una petición de red virtual (Petición Virtual) del cliente con una red de sustratos proporcionada por un operario. En el proceso de mapeo, las redes virtuales tienen que separarse para evitar que las redes virtuales afecten una a otra, para garantizar la calidad de servicio (QoS) de cada usuario de red virtual; además, los recursos de red física subyacentes tienen que asignarse de manera apropiada en la mayor medida posible, para mejorar la utilización de recursos.

40 Cuando se proporciona un servicio de ancho de banda, un operario de transporte tiene que proporcionar a un cliente capacidad de recuperación de fallos de ancho de banda, es decir, cuando falla una red, el operario de transporte puede restablecer la transmisión de datos para el cliente. En la técnica anterior, el operario de transporte sólo puede realizar una recuperación de fallos para una conexión punto a punto en una red física. Por ejemplo, el operario de transporte establece una conexión de trayecto de trabajo en la red física, y los datos de servicio se transmiten en un trayecto de trabajo. Cuando falla el trayecto de trabajo, se vuelve a planificar un trayecto de recuperación separado del trayecto de trabajo en un recurso libre en la red física, y los datos de servicio se cambian al trayecto de recuperación para su transmisión. En la técnica anterior, se proporciona un mecanismo de recuperación de fallos sólo para una conexión punto a punto en una red física, y no se proporciona ningún mecanismo de recuperación de fallos para una red virtual correspondiente a la red física. Por consiguiente, se reduce la experiencia de usuario.

50 El documento CN 103634153A da a conocer un procedimiento de mapeo de red virtual para superar un fallo en el área de red física. Cuando falla la red física con la que se mapea la red virtual, los nodos virtuales o enlaces virtuales que se mapean con el área de fallo de la red física se recuperan mediante recuperación de incremento. Cuando los enlaces virtuales se mapean con el área de fallo, se vuelven a mapear los enlaces virtuales con los enlaces físicos fuera del área de fallo. Cuando los nodos virtuales y los enlaces virtuales se mapean con el área de fallo, se vuelven a mapear los nodos virtuales y enlaces virtuales con la red física fuera del área de fallo.

60 El documento WO 00/42746 A1 da a conocer un procedimiento para restablecer un trayecto virtual en respuesta a un fallo a lo largo del trayecto físico creado entre un primer nodo y un segundo nodo. Este procedimiento comienza descubriendo un trayecto físico alternativo del primer nodo y del segundo nodo. Entonces se restablece el trayecto virtual configurando un conjunto de conexiones entre los nodos que forman el trayecto físico alternativo.

65 El documento CN 103475504 A da a conocer un procedimiento de nuevo mapeo de red virtual, que incluye: cuando se produce un fallo en un nodo físico, se vuelve a mapear un conjunto de nodos virtuales afectados con un conjunto de nodos físicos candidatos del nodo físico. Además, se busca un conjunto de enlaces virtuales afectados por el

nodo físico defectuoso, y se vuelve a mapear el conjunto de enlaces virtuales afectados con un conjunto de enlaces físicos candidatos entre los pares de nodos físicos correspondientes.

5 El documento CN 102148737 A da a conocer un procedimiento de recuperación rápida de redes virtuales, que incluye las etapas siguientes: el proveedor de servicios notifica al proveedor de infraestructuras para que detecte la razón de un fallo en la red virtual cuando el proveedor de servicios aprende por la información de retroalimentación de usuario que la red virtual está defectuosa. El proveedor de infraestructuras comienza a detectar y evaluar si el fallo de red virtual está provocado por el fallo de los nodos físicos o el fallo de los enlaces físicos, y restablece la red virtual según algunos principios.

10 Sumario

15 En vista de esto, las formas de realización de la presente invención proporcionan un procedimiento de recuperación de fallos para una red virtual, un controlador de transporte, y un sistema, para solucionar el problema de no poder proporcionar ningún mecanismo de recuperación de fallos para la red virtual cuando falla la red virtual.

20 Según un primer aspecto, una forma de realización de la presente invención proporciona un procedimiento de recuperación de fallos para una red virtual, que incluye: determinar que falla un enlace físico en una red física, correspondiendo el enlace físico con el fallo a al menos un enlace virtual en la red virtual; y mapear el al menos un enlace virtual correspondiente al enlace físico con el fallo con un recurso físico sin fallo en la red física, satisfaciendo el recurso físico sin fallo un ancho de banda de transmisión de cada uno del al menos un enlace virtual; después de mapear el al menos un enlace virtual correspondiente al enlace físico con el fallo con el recurso físico sin fallo en la red física, el procedimiento incluye: determinar que existe una conexión virtual en el al menos un enlace virtual correspondiente al enlace físico con el fallo; y mapear la conexión virtual en una conexión física nueva establecida por el recurso físico sin fallo, satisfaciendo la conexión física nueva un ancho de banda de transmisión de la conexión virtual.

30 Con referencia al primer aspecto, en una primera implementación posible del primer aspecto, antes de mapear el al menos un enlace virtual correspondiente al enlace físico con el fallo con un recurso físico sin fallo en la red física, el procedimiento incluye: determinar, según un tipo de recuperación de fallos de red virtual, el al menos un enlace virtual que está en la red virtual y que corresponde al enlace físico con el fallo que es necesario recuperar, comprendiendo el tipo de recuperación de fallos de red virtual recuperación dinámica de topología virtual y recuperación reservada de topología virtual.

35 Con referencia al primer aspecto, o las primeras implementaciones posibles del primer aspecto, en una segunda implementación posible del primer aspecto, después de mapear el al menos un enlace virtual correspondiente al enlace físico con el fallo con un recurso físico sin fallo en la red física, el procedimiento incluye además: almacenar una relación de mapeo entre una topología de red virtual y el recurso físico sin fallo.

40 Con referencia al primer aspecto, o una cualquiera de las implementaciones posibles primera a segunda del primer aspecto, en una tercera implementación posible del primer aspecto, antes de que se reciba un mensaje de petición de recuperación de fallos, el procedimiento incluye: recibir un mensaje de petición de establecimiento de topología de red virtual de un controlador de cliente, llevando el mensaje de petición de establecimiento de topología de red virtual un parámetro de recurso de red virtual y un tipo de recuperación de fallos de red virtual; reservar, en un recurso físico libre en la red física, un recurso físico según el parámetro de recurso de red virtual y el tipo de recuperación de fallos de red virtual, satisfaciendo el recurso físico el parámetro de recurso de red virtual; y mapear el recurso físico con la red virtual.

50 Con referencia a las terceras implementaciones posibles del primer aspecto, en una cuarta implementación posible del primer aspecto, el parámetro de recurso de red virtual incluye un valor de tráfico de transmisión entre dos nodos de acceso de servicio cualesquiera.

55 Con referencia a las terceras implementaciones posibles del primer aspecto, en una quinta implementación posible del primer aspecto, el parámetro de recurso de red virtual incluye información de topología de red virtual, y la información de topología de red virtual incluye información de nodo virtual e información de enlace virtual.

60 Según un segundo aspecto, una forma de realización de la presente invención proporciona un aparato de recuperación de fallos para una red virtual, que incluye: un módulo de determinación, configurado para determinar que falla un enlace físico en una red física, correspondiendo el enlace físico con el fallo a al menos un enlace virtual en la red virtual; y un primer módulo de mapeo, configurado para mapear el al menos un enlace virtual correspondiente al enlace físico con el fallo con un recurso físico sin fallo en la red física, satisfaciendo el recurso físico sin fallo un ancho de banda de transmisión de cada uno del al menos un enlace virtual; el aparato incluye además: un segundo módulo de evaluación, configurado para determinar que existe una conexión virtual en el al menos un enlace virtual correspondiente al enlace físico con el fallo; y un segundo módulo de mapeo, configurado para mapear la conexión virtual en una conexión física nueva establecida por el recurso físico sin fallo, satisfaciendo la conexión física nueva un ancho de banda de transmisión de la conexión virtual.

- 5 Con referencia al segundo aspecto, en una primera implementación posible del segundo aspecto, el aparato incluye además un primer módulo de evaluación, configurado para determinar, según un tipo de recuperación de fallos de red virtual, el al menos un enlace virtual que está en la red virtual y que corresponde al enlace físico con el fallo que es necesario recuperar, comprendiendo el tipo de recuperación de fallos de red virtual recuperación dinámica de topología virtual y recuperación reservada de topología virtual.
- 10 Con referencia al segundo aspecto, o las primeras implementaciones posibles del segundo aspecto, en una segunda implementación posible del segundo aspecto, el aparato incluye además un módulo de almacenamiento, configurado para almacenar una relación de mapeo entre una topología de red virtual y el recurso físico sin fallo.
- 15 Con referencia al segundo aspecto, o una cualquiera de las implementaciones posibles primera a segunda del segundo aspecto, en una tercera implementación posible del segundo aspecto, el aparato incluye además: un módulo de recepción, configurado para recibir un mensaje de petición de establecimiento de topología de red virtual de un controlador de cliente, llevando el mensaje de petición de establecimiento de topología de red virtual un parámetro de recurso de red virtual y un tipo de recuperación de fallos de red virtual; un módulo de reserva de recursos, configurado para reservar, en un recurso físico libre en la red física, un recurso físico según el parámetro de recurso de red virtual y el tipo de recuperación de fallos de red virtual, satisfaciendo el recurso físico el parámetro de recurso de red virtual; y un tercer módulo de mapeo, configurado para mapear el recurso físico con la red virtual.
- 20 Con referencia a las terceras implementaciones posibles del segundo aspecto, en una cuarta implementación posible del segundo aspecto, el parámetro de recurso de red virtual incluye un valor de tráfico de transmisión entre dos nodos de acceso de servicio cualesquiera.
- 25 Con referencia a las terceras implementaciones posibles del segundo aspecto, en una quinta implementación posible del segundo aspecto, el parámetro de recurso de red virtual incluye información de topología de red virtual, y la información de topología de red virtual incluye información de nodo virtual e información de enlace virtual.
- 30 Según un tercer aspecto, una forma de realización de la presente invención proporciona un procedimiento de recuperación de fallos para una red virtual, incluyendo el mapeo de la red virtual con una red física: determinar que falla un enlace físico en la red física, correspondiendo el enlace físico a un enlace virtual en la red virtual; establecer un enlace de seguridad del enlace físico, correspondiendo un recurso físico en el enlace de seguridad a un recurso físico en el enlace físico; y mapear el enlace virtual con el enlace de seguridad.
- 35 Con referencia al tercer aspecto, en una primera implementación posible del tercer aspecto, el enlace físico y el enlace de seguridad corresponden a un mismo enlace virtual en la red virtual.
- 40 Con referencia al tercer aspecto, o la primera implementación posible del tercer aspecto, en una segunda implementación posible del tercer aspecto, el procedimiento incluye: después de que se establezca el enlace de seguridad, actualizar la red física, implementándose el mapeo del enlace virtual con el enlace de seguridad mapeando la red virtual con una red física actualizada.
- 45 Según un cuarto aspecto, una forma de realización de la presente invención proporciona un dispositivo de ordenador, que incluye un procesador, una memoria, un bus y una interfaz de comunicaciones, en el que: la memoria está configurada para almacenar una instrucción ejecutable por ordenador; el procesador y la memoria se conectan utilizando el bus; y cuando el ordenador se pone en funcionamiento, el procesador ejecuta la instrucción ejecutable por ordenador almacenada en la memoria, de modo que el ordenador realiza el procedimiento según uno cualquiera del primer aspecto o las implementaciones posibles del primer aspecto.
- 50 Según las soluciones técnicas proporcionadas en las formas de realización de la presente invención, un dispositivo de red (por ejemplo, un controlador de transporte) determina que falla un enlace físico en una red física, y el enlace físico con el fallo afecta a un enlace virtual en una red virtual; y el dispositivo de red mapea, en un recurso físico libre en la red física, el enlace virtual afectado por un fallo con un recurso físico sin fallo. Según las soluciones técnicas anteriores, la recuperación de fallos puede realizarse en la red virtual. Cuando falla un recurso físico correspondiente a la red virtual, la recuperación de fallos puede realizarse rápidamente en la red virtual, y la topología de la red virtual después de la recuperación de fallos es la misma que antes de que se produzca el fallo, mejorando así la experiencia de usuario.
- 55 Breve descripción de los dibujos
- 60 Para describir las soluciones técnicas en las formas de realización de la presente invención o en la técnica anterior más claramente, lo siguiente describe brevemente los dibujos adjuntos requeridos para describir los antecedentes y las formas de realización. Aparentemente, los dibujos adjuntos en la siguiente descripción muestran meramente algunas formas de realización de la presente invención, y un experto en la técnica todavía podrá deducir otros dibujos adjuntos o formas de realización según estos dibujos o descripción sin tener que hacer esfuerzos creativos, y la presente invención pretende cubrir todos estos dibujos adjuntos o formas de realización deducidos.
- 65

La figura 1 es un diagrama arquitectónico de virtualización de redes físicas;

5 la figura 2 es un diagrama de interacción de señalización de un procedimiento de recuperación de fallos para una red virtual según una forma de realización de la presente invención;

la figura 3 es un diagrama estructural de asignación de recursos de red física según una forma de realización de la presente invención;

10 la figura 4 es un ejemplo de un diagrama de flujo de un procedimiento de recuperación de fallos para una red virtual según una forma de realización de la presente invención;

la figura 5 es un diagrama esquemático de una estructura lógica de un controlador de transporte según una forma de realización de la presente invención; y

15 la figura 6 es un diagrama estructural esquemático de un dispositivo de ordenador según una forma de realización de la presente invención.

20 Descripción de formas de realización

Para que los objetivos, las soluciones técnicas y las ventajas de la presente invención sean más claros y comprensibles, lo siguiente describe además la presente invención en detalle con referencia a los dibujos adjuntos y las formas de realización. Se entenderá que las formas de realización específicas descritas en el presente documento se utilizan meramente para explicar la presente invención pero no pretenden limitar la presente invención. Aparentemente, las formas de realización descritas son meramente algunas pero no todas las formas de realización de la presente invención. Todas las demás formas de realización obtenidas por un experto en la técnica basándose en las formas de realización de la presente invención sin tener que hacer esfuerzos creativos entrarán dentro del alcance de protección de la presente invención.

30 La figura 1 muestra un diagrama arquitectónico de virtualización de redes físicas según una forma de realización de la presente invención. Una arquitectura de virtualización de redes físicas incluye una capa de red virtual y una capa de red física (es decir, una capa de red de infraestructura). La capa de red física incluye muchas redes de sustratos. Una red de sustratos se forma conectando nodos físicos utilizando enlaces físicos, y habitualmente se considera una red física formada interconectando recursos de infraestructura. Los nodos físicos comunes incluyen un enrutador, un conmutador, y similar, y los enlaces físicos incluyen una fibra óptica, un cable, un par trenzado, y similar. La capa de red virtual incluye muchas redes virtuales. Una red virtual se forma conectando nodos virtuales utilizando enlaces virtuales, y habitualmente se considera una red lógica establecida sobre una red de sustratos utilizando una tecnología de virtualización.

40 Específicamente, la red física mostrada en la figura 1 puede ser una OTN (Red de Transporte Óptico), y una red física de la red de transporte óptico incluye siete nodos físicos: A, B, C, D, E, F y G. Cada nodo físico puede ser una entidad de comunicaciones ópticas, por ejemplo, un dispositivo de OTN, y diferentes nodos físicos se conectan utilizando fibras ópticas. Los enlaces en la red pueden clasificarse en tipos tales como una ODU1 (Unidad de Datos de Canal Óptico 1, unidad de datos de canal óptico 1), una ODU2, una ODU3 y una ODU4 según una granularidad. Por ejemplo, se supone que un enlace en la red es un enlace de ODU2, y un ancho de banda del enlace de ODU2 es de 10 Gbps. En la red de transporte óptico, un T-C (Controlador de Transporte) se conecta a cada nodo físico utilizando un plano de control para controlar la red física. Específicamente, cada nodo físico tiene una unidad de procesamiento de mensajes de control, y múltiples unidades de procesamiento de mensajes de control de nodos físicos se interconectan utilizando la red física, para formar el plano de control. El plano de control es responsable de implementar funciones de control de llamadas y control de conexiones y puede recuperar una conexión cuando se produce un fallo. El T-C puede ser un servidor independiente con una CPU, una memoria, y similar. Alternativamente, el T-C puede implementarse en uno de los nodos físicos, y el nodo físico debería tener todas las funciones del controlador de transporte. El T-C puede utilizarse para realizar operaciones tales como establecimiento de conexión, detección de fallos y recuperación de fallos en la red física. Por ejemplo, un operario de transporte puede establecer una conexión de servicio extremo un extremo en la red física según un requisito de servicio de un cliente, y llevar un servicio utilizando la conexión de servicio establecida. Además, el controlador de transporte puede realizar operaciones tales como modificación y supresión en la conexión de servicio establecida.

60 Se supone que un cliente tiene cuatro DC, es decir, un DC1, un DC2, un DC3 y un DC4, y necesita arrendar una red física de una red de transporte para transferir tráfico entre el DC1, el DC2, el DC3 y el DC4. El DC1, el DC2, el DC3 y el DC4 se conectan respectivamente a los nodos B, F, D y C en la red física. Por tanto, los nodos B, F, D y C son nodos de acceso de servicio. La red física mostrada en la figura 1 puede proporcionarse por el operario de transporte, y mapeando la red virtual con un recurso físico en la red física, puede proporcionarse para el cliente una red virtual con un servicio específico y una estructura topológica esperada por el cliente. El recurso físico incluye un recurso de nodo físico y un recurso de enlace físico. El recurso de nodo físico puede incluir un recurso informático y un recurso de transmisión, y el recurso informático y el recurso de transmisión pueden incluir un recurso de

capacidad de procesamiento de una CPU en un nodo físico. El recurso de enlace físico puede incluir un recurso de ancho de banda, un retardo, fiabilidad, y similar. Un proceso de implementación de mapeo de red virtual puede dividirse en dos etapas: mapeo de nodo virtual y mapeo de enlace virtual. El mapeo de nodo virtual es un proceso de mapeo de un nodo virtual en la red virtual con un nodo físico correspondiente en la red física. El mapeo de enlace virtual es un proceso de mapeo de un enlace virtual en la red virtual con un trayecto físico correspondiente en la red física. Un proceso de mapeo de red virtual es un proceso de mapeo y configuración de una topología de red física y una topología de red virtual. Un nodo virtual puede corresponder a múltiples nodos físicos (una subred), y un enlace virtual puede pasar a través de múltiples nodos físicos (una subred). Basándose en una plataforma de red física compartida, en el proceso de mapeo de red virtual, debe considerarse el siguiente problema: cómo encontrar nodos físicos y enlaces físicos apropiados para nodos virtuales y enlaces virtuales en la topología de red virtual, para formar una topología física como resultado de mapeo. Verdaderamente, en el proceso de mapeo, deben considerarse varias limitaciones, tales como un requisito de recurso informático de un nodo virtual, un requisito de ancho de banda o retardo de un enlace virtual, y un requisito de topología. Una red virtual se construye basándose en un requisito de cliente, y los diferentes requisitos de cliente pueden llevar a diferentes topologías de red virtual, limitaciones de recursos, y similar. Por ejemplo, en una red virtual, cada nodo virtual requiere un recurso de CPU de 1 GHz, y cada enlace virtual requiere un recurso de ancho de banda de 10 Mbps. Además, puede haber otras limitaciones, tales como limitación de ubicación geográfica de un nodo virtual, y una limitación de retardo y una limitación de tasa de pérdida de paquetes de un enlace virtual durante la transmisión de datos. En el proceso de mapeo, es necesario satisfacer las limitaciones de la red virtual con respecto a estos requisitos de recursos. Por ejemplo, una red virtual proporcionada para el cliente incluye nodos virtuales vNE1 (Elemento de Red Virtual 1), vNE2, vNE3 y vNE4, que se mapean respectivamente con los nodos físicos B, F, D y C en la red física. Además, el tráfico de transmisión entre el DC1 y el DC2 puede llevarse sobre vNE1-vNE2, el tráfico de transmisión entre el DC1 y el DC3 puede llevarse sobre vNE1-vNE2-vNE3, y el tráfico de transmisión entre el DC1 y el DC4 puede llevarse sobre vNE1-vNE4; el tráfico de transmisión entre el DC2 y el DC3 puede llevarse sobre vNE2-vNE3, y el tráfico de transmisión entre el DC2 y el DC4 puede llevarse sobre vNE2-vNE3-vNE4; y el tráfico de transmisión entre el DC3 y el DC4 puede llevarse sobre vNE3-vNE4. Se utiliza un C-C (Controlador de Cliente) para controlar la red virtual arrendada por el cliente. Específicamente, el C-C puede ser un servidor independiente o dispositivo de ordenador. El C-C puede realizar operaciones tales como establecimiento de conexión, modificación de conexión y supresión de conexión en la red virtual. Por ejemplo, el cliente puede establecer, utilizando el C-C, una conexión de servicio extremo un extremo en la red virtual según un requisito de servicio, y utilizar la conexión de servicio establecida para llevar un servicio. Además, el cliente puede realizar operaciones tales como modificación y supresión en la conexión de servicio establecida.

En el siguiente proceso de descripción, se utilizan los siguientes conceptos, que se explican en el presente documento:

Enlace virtual: en una topología de red virtual, el enlace virtual es una conexión entre dos nodos virtuales cualesquiera conectados directamente. El enlace virtual proporciona un recurso de ancho de banda para una o varias conexiones virtuales.

Conexión virtual: en la topología de red virtual, la conexión virtual es una conexión de trayecto que se utiliza para llevar un servicio de datos y que va de un nodo virtual de origen a un nodo virtual sumidero, y puede pasar a través de al menos un enlace virtual y ocupar algunos o todos los recursos de ancho de banda en el enlace virtual a través del que pasa la conexión virtual.

Enlace físico: en una topología de red física, el enlace físico es una conexión entre dos nodos físicos cualesquiera conectados directamente. El enlace físico proporciona un recurso de ancho de banda para una o varias conexiones físicas.

Conexión física: en la topología de red física, la conexión física es una conexión de trayecto que se utiliza para llevar un servicio de datos y que va de un nodo físico de origen a un nodo físico sumidero, y puede pasar a través de al menos un enlace físico y ocupar algunos o todos los recursos de ancho de banda en el enlace físico a través del que pasa la conexión física.

La figura 2 es un diagrama de interacción de señalización de un procedimiento de recuperación de fallos para una red virtual según una forma de realización de la presente invención. En esta forma de realización, un T-C gestiona y controla una red física, y un C-C gestiona y controla una red virtual. El T-C y el C-C implementan el establecimiento de una topología de red virtual, la recuperación de fallos de enlace virtual y la recuperación de fallos de conexión virtual por medio de interacción de señalización. Un proceso de implementación específico es el siguiente:

S201. El C-C pide al T-C que establezca una topología de red virtual.

El C-C envía un mensaje de petición de establecimiento de topología de red virtual al T-C, llevando el mensaje un parámetro de recurso de red virtual y un tipo de recuperación de fallos de red virtual. En un proceso de implementación específico, el parámetro de recurso de red virtual puede incluir tráfico de transmisión entre dos nodos de acceso de servicios cualesquiera, o puede incluir información de topología de red virtual. La información de

topología de red virtual puede incluir específicamente información de nodo virtual e información de enlace virtual. La información de nodo virtual puede incluir un identificador de nodo de cada nodo virtual en la topología de red virtual. La información de enlace virtual puede incluir una relación de conexión entre nodos virtuales y un ancho de banda de transmisión de un enlace virtual. Específicamente, el tipo de recuperación de fallos de red virtual puede incluir recuperación dinámica de topología virtual y recuperación reservada de topología virtual. En la recuperación dinámica de topología virtual, para nodos físicos correspondientes a nodos virtuales en ambos extremos de cada enlace virtual, se configura por separado una conexión cruzada para un extremo de transmisión y un extremo de recepción en una sola dirección, y se envía un servicio en un trayecto de trabajo. Cuando falla un enlace físico en el trayecto de trabajo, se planifica un recurso físico nuevo para el enlace con el fallo en un recurso físico libre, y el servicio se cambia a un enlace físico correspondiente al recurso físico nuevo. En la recuperación reservada de topología virtual, para nodos físicos correspondientes a nodos virtuales en ambos extremos de cada enlace virtual, se configura por separado una conexión cruzada para un extremo de transmisión y un extremo de recepción en una sola dirección, y se envía un servicio en un trayecto de trabajo; y además, se reserva un recurso físico de recuperación de fallos en un recurso físico libre para el trayecto de trabajo, y cuando falla un enlace físico en el trayecto de trabajo, el servicio se cambia a un enlace físico correspondiente al recurso físico de recuperación de fallos. Como un enlace y un servicio que son de una red de transporte son habitualmente bidireccionales, la configuración se realiza habitualmente tanto para una dirección de transmisión como para una dirección de recepción de un nodo en cada extremo del enlace. El recurso físico libre incluye un recurso físico disponible que no se arrenda ni reserva por la red virtual y que no está ocupado por otra conexión física. El recurso físico en el presente documento es principalmente un recurso de ancho de banda. Generalmente, el enlace físico tiene un recurso de ancho de banda específico.

En un ejemplo de una implementación de la presente invención, el T-C establece la topología de red virtual. Específicamente, el parámetro de recurso de red virtual incluye información sobre el requisito de un cliente para un recurso de red virtual, por ejemplo, el parámetro de recurso de red virtual puede incluir información de matriz de requisito de tráfico entre dos DC cualesquiera. En la tabla 1 se muestra información de matriz de requisito de tráfico entre dos DC cualesquiera de los cuatro DC mostrados en la figura 1.

Tabla 1

| Relación de conexión entre DC | Tráfico |
|-------------------------------|-----------|
| DC1-DC2 | 1,25 Gbps |
| DC1-DC3 | 2,5 Gbps |
| DC1-DC4 | 5 Gbps |
| DC2-DC3 | 5 Gbps |
| DC2-DC4 | 2,5 Gbps |
| DC3-DC4 | 5 Gbps |

En otro ejemplo, el C-C planifica la topología de red virtual. El C-C puede planificar, según la información de matriz de requisito de tráfico entre dos DC cualesquiera, la topología de red virtual que satisface la información de matriz de requisito de tráfico entre los DC. El parámetro de recurso de red virtual incluye información sobre la topología de red virtual planificada por el C-C, tal como información de nodo virtual e información de enlace virtual. En la tabla 2 se muestra la información de topología de red virtual de la red virtual preestablecida mostrada en la figura 1.

Tabla 2

| Enlace virtual | Ancho de banda de transmisión |
|----------------|-------------------------------|
| vNE1-vNE2 | 3,75 Gbps |
| vNE2-vNE3 | 10 Gbps |
| vNE3-vNE4 | 7,5 Gbps |
| vNE1-vNE4 | 5 Gbps |

La topología de red virtual planificada satisface la información de matriz de requisito de tráfico del cliente, por ejemplo:

el tráfico requerido de 1,25 Gbps entre el DC1 y el DC2 puede llevarse sobre el vNE1-vNE2;

el tráfico requerido de 2,5 Gbps entre el DC1 y el DC3 puede llevarse sobre el vNE1-vNE2-vNE3;

el tráfico requerido de 5 Gbps entre el DC1 y el DC4 puede llevarse sobre el vNE1-vNE4;

el tráfico requerido de 5 Gbps entre el DC2 y el DC3 puede llevarse sobre el vNE2-vNE3;

el tráfico requerido de 2,5 Gbps entre el DC2 y el DC4 puede llevarse sobre el vNE2-vNE3-vNE4; y

el tráfico requerido de 5 Gbps entre el DC3 y el DC4 puede llevarse sobre el vNE3-vNE4.

S202. El T-C establece la topología de red virtual para el C-C.

5 El T-C planifica, en un recurso físico libre en la red física, un recurso físico según el parámetro de recurso de red virtual y el tipo de recuperación de fallos de red virtual que están en el mensaje de petición de establecimiento de topología de red virtual enviado por el C-C, y mapea el recurso físico con la red virtual. Específicamente, el parámetro de recurso de red virtual puede incluir al menos una de la información de matriz de requisito de tráfico entre dos DC cualesquiera o la información de topología de red virtual. El recurso físico libre en la red física incluye
10 un recurso físico disponible que no se arrenda o reserva por la red virtual y que no está ocupado por otra conexión física. En un proceso de implementación específico, se utiliza un ejemplo en el que el tipo de recuperación de fallos de red virtual es la recuperación dinámica de topología virtual para la descripción.

15 En un ejemplo de una implementación de la presente invención, el T-C establece la topología de red virtual. El T-C puede planificar la topología de red virtual según la información de matriz de requisito de tráfico que está entre dos DC cualesquiera y que se envía por el C-C. Además, el T-C puede planificar una topología de red virtual vNE1-vNE2-vNE3-vNE4 según la información de matriz de requisito de tráfico entre dos DC cualesquiera y el tipo de recuperación de fallos de red virtual (por ejemplo, la recuperación dinámica de topología virtual) que se envía por el C-C, y planificar, en el recurso físico libre en la red física, el recurso físico. Por ejemplo, según la información de
20 matriz de requisito de tráfico que está entre los DC y que se muestra en la tabla 1, el T-C puede reservar un recurso físico de 5 Gbps en un enlace físico B-C, reservar un recurso físico de 7,5 Gbps en un enlace físico D-C, reservar un recurso físico de 10 Gbps en un enlace físico F-D y reservar un recurso físico de 3,75 Gbps en ambos de los enlaces físicos B-G y G-F. Un nodo B es un nodo de acceso de servicio del DC1; un nodo F es un nodo de acceso de servicio del DC2; un nodo D es un nodo de acceso de servicio del DC3; y un nodo C es un nodo de acceso de servicio del DC4.
25

El T-C mapea la topología de red virtual vNE1-vNE2-vNE3-vNE4 con el recurso físico reservado. El nodo virtual vNE1 corresponde a algunos o todos los recursos del nodo físico B; el nodo virtual vNE2 corresponde a algunos o
30 todos los recursos del nodo físico F; el nodo virtual vNE3 corresponde a algunos o todos los recursos físicos del nodo físico D; y el nodo virtual vNE4 corresponde a algunos o todos los recursos físicos del nodo físico C. El enlace virtual vNE1-vNE2 corresponde a los recursos físicos reservados en los enlaces físicos B-G y G-F en la red física; el enlace virtual vNE2-vNE3 corresponde al recurso físico reservado en el enlace físico F-D en la red física; el enlace virtual vNE3-vNE4 corresponde al recurso físico reservado en el enlace físico D-C en la red física; y el enlace virtual vNE1-vNE4 corresponde al recurso físico reservado en el enlace físico B-C en la red física.
35

La topología de red virtual planificada satisface la información de matriz de requisito de tráfico del cliente. Por ejemplo:

40 el tráfico requerido de 1,25 Gbps entre el DC1 y el DC2 puede llevarse sobre el vNE1-vNE2;

el tráfico requerido de 2,5 Gbps entre el DC1 y el DC3 puede llevarse sobre el vNE1-vNE2-vNE3;

el tráfico requerido de 5 Gbps entre el DC1 y el DC4 puede llevarse sobre el vNE1-vNE4;

45 el tráfico requerido de 5 Gbps entre el DC2 y el DC3 puede llevarse sobre el vNE2-vNE3;

el tráfico requerido de 2,5 Gbps entre el DC2 y el DC4 puede llevarse sobre el vNE2-vNE3-vNE4; y

50 el tráfico requerido de 5 Gbps entre el DC3 y el DC4 puede llevarse sobre el vNE3-vNE4.

En otro ejemplo, el C-C planifica la topología de red virtual. El T-C puede planificar, en el recurso físico libre en la red física, el recurso físico según la información de topología de red virtual de una red virtual previamente planificada y el tipo de recuperación de fallos de red virtual (por ejemplo, la recuperación dinámica de topología virtual) que se envía por el C-C. La información de topología de red virtual incluye la información de nodo virtual y la información de
55 enlace virtual. Por ejemplo, según la información de topología de red virtual mostrada en la tabla 2, el T-C puede reservar un recurso físico de 5 Gbps en un enlace físico B-C, reservar un recurso físico de 7,5 Gbps en un enlace físico D-C, reservar un recurso físico de 10 Gbps en un enlace físico F-D y reservar un recurso físico de 3,75 Gbps en ambos de los enlaces físicos B-G y G-F. Un nodo B es un nodo de acceso de servicio del DC1; un nodo F es un nodo de acceso de servicio del DC2; un nodo D es un nodo de acceso de servicio del DC3; y un nodo C es un nodo de acceso de servicio del DC4.
60

El T-C mapea un recurso físico reservado con una topología de red virtual vNE1-vNE2-vNE3-vNE4 planificada previamente por el C-C. El nodo virtual vNE1 corresponde a algunos o todos los recursos del nodo físico B; el nodo virtual vNE2 corresponde a algunos o todos los recursos del nodo físico F; el nodo virtual vNE3 corresponde a algunos o todos los recursos físicos del nodo físico D; y el nodo virtual vNE4 corresponde a algunos o todos los recursos físicos del nodo físico C. El enlace virtual vNE1-vNE2 corresponde a los recursos físicos reservados en los
65

enlaces físicos B-G y G-F en la red física; el enlace virtual vNE2-vNE3 corresponde al recurso físico reservado en el enlace físico F-D en la red física; el enlace virtual vNE3-vNE4 corresponde al recurso físico reservado en el enlace físico D-C en la red física; y el enlace virtual vNE1-vNE4 corresponde al recurso físico reservado en el enlace físico B-C en la red física.

5 S203. El T-C envía un mensaje de respuesta de establecimiento de topología de red virtual al C-C.

10 Después de que el T-C establezca la topología de red virtual, el T-C almacena y mantiene información tal como la información de topología de red virtual de la red virtual establecida, y una relación de mapeo entre la topología de red virtual y el recurso físico en la red física. La relación de mapeo entre la topología de red virtual y el recurso físico en la red física incluye: una relación de mapeo entre un nodo virtual y un nodo físico, una relación de mapeo entre un enlace virtual y un enlace físico, y una relación de mapeo entre un recurso de ancho de banda en el enlace virtual y un recurso de ancho de banda en el enlace físico. Además, el T-C envía el mensaje de respuesta de establecimiento de topología de red virtual al C-C.

15 En un ejemplo de una implementación de la presente invención, el T-C establece la topología de red virtual. El mensaje de respuesta de establecimiento de topología de red virtual enviado por el T-C al C-C puede llevar información que indica un éxito de establecimiento de topología de red virtual, y además puede llevar información de topología de red virtual, tal como información de nodo virtual y/o información de enlace virtual.

20 En otro ejemplo, el C-C planifica la topología de red virtual. El mensaje de respuesta de establecimiento de topología de red virtual enviado por el T-C al C-C lleva información que indica un éxito de establecimiento de topología de red virtual, pero no lleva información de topología de red virtual.

25 S204. El C-C establece una conexión virtual en una red virtual.

30 Después de obtener la información de topología de red virtual, el C-C puede controlar la red virtual. Por ejemplo, se establece una conexión en la red virtual para transferir un servicio entre DC. En un proceso de implementación específico, el C-C calcula, en la red virtual según información de recursos de red virtual e información de requisito de tráfico real entre los DC durante la transferencia de servicio, una conexión virtual que satisface la información de matriz de requisito de tráfico entre un DC de origen y un DC sumidero.

35 Por ejemplo, se supone que necesita establecerse una conexión con un ancho de banda de 1,25 Gbps entre el DC1 y el DC3, y un trayecto calculado por el C-C en la topología de red virtual es vNE1-vNE2-vNE3. El C-C respectivamente reserva un recurso de 1,25 Gbps en los enlaces virtuales vNE1-vNE2 y vNE2-vNE3, y establece una conexión virtual vNE1-vNE2-vNE3. Como un nodo virtual no tiene una entidad, y sólo se almacena información de nodo en el C-C y el T-C, el "establecimiento de una conexión virtual" mencionado en el presente documento significa en esencia que el C-C cambia información de nodo virtual e información de enlace virtual en una base de datos en la que el C-C almacena la red virtual. Por ejemplo, para el nodo virtual vNE2, el C-C almacena información sobre una "conexión cruzada entre un recurso de 1,25 Gbps a la izquierda del vNE2 y un recurso de 1,25 Gbps a la derecha del vNE2".

S205. El C-C proporciona una orden de establecimiento de conexión física al T-C.

45 Después de establecer la conexión virtual vNE1-vNE2-vNE3 en la red virtual, el C-C envía la orden de establecimiento de conexión física al T-C, y establece conexiones cruzadas entre nodos físicos en la red física según conexiones cruzadas entre nodos virtuales, para establecer una conexión física correspondiente para la conexión virtual vNE1-vNE2-vNE3.

50 S206. El T-C mapea la conexión virtual en una conexión física según la conexión virtual establecida por el C-C.

55 Después de recibir la orden de establecimiento de conexión física enviada por el C-C, el T-C mapea, en el recurso físico en la red física, la conexión virtual vNE1-vNE2-vNE3 en la red virtual en la conexión física según la información de topología de red virtual almacenada y la relación de mapeo almacenada entre la topología de red virtual y el recurso físico en la red física, y establece una conexión cruzada en cada nodo físico.

Específicamente, el tipo de recuperación de fallos de red virtual es la recuperación dinámica de topología virtual.

60 El T-C asigna, a un enlace virtual vNE1-vNE2, un recurso de ancho de banda de 1,25 Gbps en recursos de ancho de banda de 3,75 Gbps reservados en los enlaces físicos B-G y G-F a través de los pasa un recurso físico correspondiente al enlace virtual, y realiza las operaciones siguientes: configurar, en el primer nodo de servicio, es decir, un nodo B, una conexión cruzada entre un puerto de lado de acceso del DC1 y un recurso de ancho de banda de 1,25 Gbps asignado en el B-G; y configurar, en un nodo G, una conexión cruzada entre un recurso de ancho de banda de 1,25 Gbps asignado en el B-G y un recurso de ancho de banda de 1,25 Gbps asignado en el G-F.

65

El T-C asigna, a un enlace virtual vNE2-vNE3, un recurso de ancho de banda de 1,25 Gbps en un recurso de ancho de banda de 10 Gbps reservado en un enlace físico F-D a través del que pasa un recurso físico correspondiente al enlace virtual, y realiza las operaciones siguientes: configurar, en un nodo F, una conexión cruzada entre un recurso de ancho de banda de 1,25 Gbps asignado en el G-F y un recurso de ancho de banda de 1,25 Gbps asignado en el F-D; y configurar, en el último nodo de servicio, es decir, un nodo D, una conexión cruzada entre un recurso de ancho de banda de 1,25 Gbps asignado en el F-D y un puerto de lado de acceso del DC3.

Cabe indicar que como un enlace y un servicio que son de una red de transporte son habitualmente bidireccionales, un nodo en un extremo del enlace es tanto un nodo de extremo de transmisión en una dirección como un nodo de extremo de recepción en la otra dirección. Como dos direcciones son simétricas, en la anterior descripción sólo se describe una de las dos direcciones.

S207. El T-C devuelve, al C-C, un mensaje de éxito de establecimiento de conexión.

Después de establecer la conexión física para el C-C, el T-C actualiza la información de topología de red virtual. Por ejemplo, un recurso físico, es decir, un recurso de ancho de banda de 1,25 Gbps, correspondiente a la conexión virtual vNE1-vNE2-vNE3 está ocupado, y el T-C devuelve el mensaje de éxito de establecimiento de conexión al C-C.

S208. El T-C detecta un fallo de enlace físico, y vuelve a mapear un enlace virtual afectado por el fallo con un recurso físico nuevo en una red física.

Cuando falla un enlace físico en la red física, un nodo en un extremo del enlace físico con el fallo comunica información de alarma de fallo al T-C después de detectar el fallo. Específicamente, una manera en la que el nodo en el extremo del enlace físico con el fallo detecta el fallo incluye: para un enlace unidireccional, un nodo en un extremo aguas abajo del enlace físico con el fallo detecta el fallo; y para un enlace bidireccional, los nodos en ambos extremos del enlace físico con el fallo detectan el fallo. El T-C determina si el enlace físico con el fallo afecta a un enlace virtual en la red virtual, es decir, si algunos o todos los recursos físicos en el enlace físico con el fallo se mapean con el enlace virtual en la red virtual; y si algunos o todos los recursos físicos en el enlace físico con el fallo se mapean con el enlace virtual en la red virtual, el enlace físico con el fallo afecta al enlace virtual en la red virtual. Además, el T-C puede determinar, según el tipo de recuperación de fallos de red virtual, si es necesario recuperar el enlace virtual afectado por el fallo. Si es necesario recuperar el enlace virtual, el T-C vuelve a planificar, en el recurso físico libre en la red física, es decir, un recurso físico no arrendado o no reservado, un recurso físico nuevo entre nodos físicos correspondientes a nodos virtuales en ambos extremos del enlace virtual afectado por el fallo, y mapea el enlace virtual afectado por el fallo con el recurso físico nuevo en la red física. El recurso físico nuevo satisface un ancho de banda de transmisión del enlace virtual afectado por el fallo.

Por ejemplo, como se muestra en la figura 3 (sólo se muestran los nodos A, B, F y G en la figura 3), se supone que falla un enlace físico B-G. El T-C determina que un recurso de ancho de banda de 3,75 Gbps en el B-G corresponde a un enlace virtual vNE1- vNE2 en la red virtual. Por tanto, el enlace físico con el fallo B-G afecta al enlace virtual vNE1-vNE2 en la red virtual. Además, el T-C aprende que un recurso de ancho de banda en el enlace virtual vNE1-vNE2 es de 3,75 Gbps, el nodo virtual vNE1 corresponde al nodo físico B, y el nodo virtual vNE2 corresponde al nodo físico F. Por tanto, el T-C reserva, en un recurso físico libre entre los nodos físicos B y F, un recurso físico nuevo, y mapea el enlace virtual vNE1-vNE2 con el recurso físico nuevo. Por ejemplo, el T-C reserva un recurso de ancho de banda de 3,75 Gbps en un enlace físico B-A, y reserva un recurso de ancho de banda de 3,75 Gbps en un enlace físico A-F, y a continuación mapea el enlace virtual vNE1-vNE2 con los recursos de ancho de banda de 3,75 Gbps en los enlaces físicos B-A y A-F.

El T-C actualiza y almacena una relación de mapeo entre la topología de red virtual y el recurso físico nuevo en la red física, por ejemplo, una relación de mapeo entre el enlace virtual vNE1-vNE2 y los recursos de ancho de banda de 3,75 Gbps en los enlaces físicos B-A y A-F. Después de haberse mapeado con el recurso físico nuevo, la topología de red virtual puede permanecer invariable, y es la misma que antes del mapeado con el recurso físico nuevo.

S209. El T-C restablece una conexión física nueva para una conexión virtual afectada por el fallo.

El T-C consulta la conexión virtual afectada por el fallo, es decir, en un enlace virtual a través del que pasa la conexión virtual, al menos un enlace virtual está afectado por el enlace físico con el fallo; y restablece la conexión física nueva en el recurso físico nuevo correspondiente a la conexión virtual afectada por el fallo. La conexión física nueva satisface un ancho de banda de transmisión de la conexión virtual afectada por el fallo. Además, después de restablecer la conexión física nueva, el T-C puede mantener la topología de red virtual invariable.

Por ejemplo, un recurso físico, es decir, un recurso de ancho de banda de 1,25 Gbps, correspondiente a la conexión virtual vNE1-vNE2-vNE3 establecida en S204 pasa a través de los enlaces virtuales vNE1-vNE2 y vNE2-vNE3. Un recurso físico correspondiente al enlace virtual vNE1-vNE2 cambia, es decir, los recursos de ancho de banda de 1,25 Gbps en los enlaces físicos B-G y G-F cambian a los recursos de ancho de banda de 1,25 Gbps en los enlaces

físicos B-A y A-F. Por tanto, el T-C necesita restablecer una conexión cruzada nueva entre los nodos físicos en el recurso físico correspondiente al enlace virtual vNE1-vNE2.

5 Cuando la red de transporte es una OTN, se supone que cada enlace en la red física es un enlace de ODU2 con un ancho de banda de 10 Gbps, los recursos de ancho de banda en el enlace son discretos, cada recurso de ancho de banda de 1,25 Gbps es una ranura de tiempo, y hay ocho ranuras de tiempo en total en el enlace de ODU2. Como se muestra en la figura 3, hay ocho líneas en total en cada uno de los enlaces físicos B-A, A-F, B-G y G-F, incluyendo cinco líneas discontinuas y tres líneas continuas y que representan las ocho ranuras de tiempo en el enlace de ODU2. Las líneas discontinuas representan ranuras de tiempo que están en los enlaces físicos y que no están ocupadas por la red virtual, y las líneas continuas representan ranuras de tiempo que están en los enlaces físicos y que están ocupadas por la red virtual. Específicamente, para un nodo físico B correspondiente a un nodo virtual vNE1 en un extremo del enlace virtual vNE1-vNE2: se supone que las ranuras de tiempo n.º 1 a n.º 3 en el enlace físico B-G se utilizan por un enlace virtual antes de que se produzca un fallo, la conexión virtual establecida en S204 ocupa una ranura de tiempo n.º 1 en el B-G, y las ranuras de tiempo n.º 5 a n.º 7 en el enlace físico B-A se reasignan para el enlace virtual después de que se produzca el fallo. Una conexión cruzada está configurada en el nodo B, y una "conexión cruzada que está entre P1 y una ranura de tiempo n.º 1 de P2" se cambia a una "conexión cruzada que está entre P1 y una ranura de tiempo n.º 5 de P7". Puede seleccionarse cualquier ranura de tiempo inactiva de las ranuras de tiempo n.º 5 a n.º 7 en el B-A. Para un nodo físico F correspondiente a un nodo virtual vNE2 en el otro extremo del enlace virtual vNE1-vNE2: se supone que las ranuras de tiempo n.º 3 a n.º 5 en el enlace físico G-F se utilizan por un enlace virtual antes de que se produzca un fallo, la conexión virtual establecida en S204 ocupa una ranura de tiempo n.º 3 en el enlace físico G-F, y las ranuras de tiempo n.º 2 a n.º 4 en el enlace físico A-F se reasignan para el enlace virtual después de que se produzca el fallo. Una conexión cruzada está configurada en el nodo F, y una "conexión cruzada que está entre una ranura de tiempo n.º 3 de P5 y una ranura de tiempo n.º 1 de P6" se cambia a una "conexión cruzada entre una ranura de tiempo n.º 2 de P10 y la ranura de tiempo n.º 1 de P6". Puede seleccionarse cualquier ranura de tiempo inactiva de las ranuras de tiempo n.º 2 a n.º 4 en el A-F. Para un nodo intermedio G en un recurso físico correspondiente al enlace virtual vNE1-vNE2 antes de que se produzca el fallo: puede suprimirse una conexión cruzada establecida en el nodo G para el enlace virtual vNE1-vNE2 afectado por el fallo. Por ejemplo, se suprime una conexión cruzada entre una ranura de tiempo n.º 1 de P3 y una ranura de tiempo n.º 3 de P4 que está en el nodo G. Para un nodo intermedio A en un recurso físico correspondiente al enlace virtual vNE1-vNE2 tras la recuperación del fallo: para el enlace virtual vNE1-vNE2 afectado por el fallo, se asigna un recurso de ranura de tiempo y se establece una conexión cruzada. Por ejemplo, después de que el nodo A determine que la ranura de tiempo n.º 5 está asignada en el enlace físico B-A y que la ranura de tiempo n.º 2 está asignada en el enlace físico A-F, se establece una conexión cruzada entre una ranura de tiempo n.º 5 de P8 y una ranura de tiempo n.º 2 de P9 en el nodo A.

Según la solución técnica proporcionada en esta forma de realización de la presente invención, un controlador de transporte mapea, según información que es sobre un enlace físico con el fallo y que se lleva en un mensaje de petición de recuperación de fallos recibido, un enlace virtual correspondiente al enlace físico con el fallo con un recurso físico sin fallo en una red física, de modo que pueda realizarse una recuperación de fallos en una red virtual. Cuando falla un recurso físico correspondiente a la red virtual, la recuperación de fallos puede realizarse rápidamente en la red virtual, y un servicio llevado en un enlace virtual después de la recuperación de fallos es el mismo que antes de que se produzca el fallo, de modo que un cliente no necesita ajustar la red virtual cuando se produce el fallo, mejorando así la experiencia de usuario.

La figura 4 es un ejemplo de un diagrama de flujo de un procedimiento de recuperación de fallos para una red virtual según una forma de realización de la presente invención. En un proceso de implementación específico, el procedimiento puede realizarse por un controlador de transporte T-C en un lado de operario, y el T-C puede ser un servidor o un dispositivo de ordenador. El procedimiento incluye específicamente las etapas siguientes:

S401. Determinar que falla un enlace físico en una red física, correspondiendo el enlace físico con el fallo a al menos un enlace virtual en la red virtual.

En un proceso de implementación específico, antes de que falle el enlace físico, en primer lugar se establece una topología de red virtual. Específicamente, el controlador de transporte recibe un mensaje de petición de establecimiento de topología de red virtual enviado por un controlador de cliente. El mensaje de petición de establecimiento de topología de red virtual lleva al menos uno de un parámetro de recurso de red virtual o un tipo de recuperación de fallos de red virtual; y el controlador de transporte reserva, en un recurso físico libre en la red física según el parámetro de recurso de red virtual y/o el tipo de recuperación de fallos de red virtual, un recurso físico que satisface el parámetro de recurso de red virtual, y mapea el recurso físico reservado con la red virtual, para formar la topología de red virtual. Específicamente, el tipo de recuperación de fallos de red virtual incluye recuperación dinámica de topología virtual y recuperación reservada de topología virtual.

Hay dos implementaciones para el establecimiento de la red virtual. Una implementación es: el parámetro de recurso de red virtual incluye tráfico de transmisión entre dos nodos de acceso de servicio cualesquiera, y el controlador de transporte reserva, en el recurso físico libre en la red física según el tráfico de transmisión entre dos nodos de acceso de servicio cualesquiera, el recurso físico que satisface el parámetro de recurso de red virtual. La otra

- implementación es: el controlador de cliente puede planificar previamente la topología de red virtual según el tráfico de transmisión entre dos nodos de acceso de servicio cualesquiera, es decir, información de matriz de requisito de tráfico. Por tanto, el parámetro de recurso de red virtual puede incluir información de topología de red virtual, tal como información de nodo virtual e información de enlace virtual. La información de enlace virtual puede incluir un ancho de banda de transmisión de un enlace virtual. El controlador de transporte reserva, en el recurso físico libre en la red física, el recurso físico para la red virtual según la información de topología de red virtual de la red virtual planificada previamente, tal como la información de nodo virtual, la información de enlace virtual y el ancho de banda de transmisión del enlace virtual.
- Después de establecer la red virtual, el controlador de transporte almacena y mantiene la información de topología de red virtual de la red virtual establecida, y una relación de mapeo entre la topología de red virtual y el recurso físico en la red física. Además, el T-C envía un mensaje de respuesta de establecimiento de topología de red virtual al C-C.
- S402. Mapear el al menos un enlace virtual correspondiente al enlace físico con el fallo con un recurso físico sin fallo en la red física, satisfaciendo el recurso físico sin fallo un ancho de banda de transmisión de cada uno del al menos un enlace virtual.
- En un proceso de implementación específico, el controlador de transporte mapea el al menos un enlace virtual correspondiente al enlace físico con el fallo con un recurso físico nuevo en la red física. El recurso físico nuevo es un recurso físico libre sin fallo, es decir, un recurso físico no arrendado o no reservado. Además, el recurso físico nuevo satisface el ancho de banda de transmisión del enlace virtual en la red virtual. Además, el controlador de transporte almacena una relación de mapeo entre la topología de red virtual y el recurso físico nuevo.
- Específicamente, puede establecerse una conexión física en el enlace físico con el fallo. En este caso, el controlador de transporte consulta si la conexión física establecida en el enlace físico con el fallo corresponde a una conexión virtual en la red virtual. Si hay una conexión virtual correspondiente a la conexión física, el controlador de transporte mapea, en el recurso físico sin fallo, la conexión virtual correspondiente en una conexión física nueva, y establece una conexión cruzada entre nodos físicos en la conexión física nueva.
- En esta forma de realización de la presente invención, un dispositivo de transporte determina que falla un enlace físico en una red física, y el enlace físico con el fallo afecta a un enlace virtual en una red virtual; y el dispositivo de transporte mapea, en un recurso físico libre en la red física, el enlace virtual afectado por un fallo con un recurso físico sin fallo. Según la solución técnica anterior, puede realizarse una recuperación de fallos en la red virtual. Cuando falla un recurso físico correspondiente a la red virtual, la recuperación de fallos puede realizarse rápidamente en la red virtual, y una topología de la red virtual después de la recuperación de fallos es la misma que antes de que se produzca el fallo, mejorando así la experiencia de usuario.
- La figura 5 es un diagrama esquemático de una estructura lógica de un controlador de transporte según una forma de realización de la presente invención. Como se muestra en la figura 5, el controlador de transporte puede ser un servidor independiente, o puede estar dispuesto en uno de los nodos físicos en una red física como una unidad funcional. Específicamente, el controlador de transporte puede incluir un módulo de determinación 501 y un primer módulo de mapeo 502.
- El módulo de determinación 501 está configurado para determinar que falla un enlace físico en la red física, correspondiendo el enlace físico con el fallo a al menos un enlace virtual en la red virtual.
- Específicamente, el controlador de transporte incluye además un primer módulo de evaluación, configurado para determinar, según un tipo de recuperación de fallos de la red virtual, el al menos un enlace virtual que está en la red virtual y que corresponde al enlace físico con el fallo que es necesario recuperar.
- El primer módulo de mapeo 502 está configurado para mapear el al menos un enlace virtual correspondiente al enlace físico con el fallo con un recurso físico sin fallo en la red física, satisfaciendo el recurso físico sin fallo un ancho de banda de transmisión de cada uno del al menos un enlace virtual.
- El primer módulo de mapeo 502 está configurado para mapear el al menos un enlace virtual correspondiente al enlace físico con el fallo con un recurso físico nuevo en la red física. El recurso físico nuevo es un recurso físico libre sin fallo, es decir, un recurso físico no arrendado o no reservado. Además, el recurso físico nuevo satisface el ancho de banda de transmisión del enlace virtual en la red virtual. El controlador de transporte incluye además un módulo de almacenamiento, configurado para almacenar una relación de mapeo entre una topología de red virtual y el recurso físico nuevo.
- Específicamente, el controlador de transporte incluye además un segundo módulo de evaluación, configurado para determinar que existe una conexión virtual en el al menos un enlace virtual correspondiente al enlace físico con el fallo. El controlador de transporte incluye además un segundo módulo de mapeo, configurado para: si hay una conexión virtual correspondiente a una conexión física, mapear, en el recurso físico sin fallo, la conexión virtual

correspondiente en una conexión física nueva, y establecer una conexión cruzada entre nodos físicos en la conexión física nueva.

En esta forma de realización de la presente invención, un dispositivo de transporte determina que falla un enlace físico en una red física, y el enlace físico con el fallo afecta a un enlace virtual en una red virtual; y el dispositivo de transporte mapea, en un recurso físico libre en la red física, el enlace virtual afectado por un fallo con un recurso físico sin fallo. Según la solución técnica anterior, puede realizarse una recuperación de fallos en la red virtual. Cuando falla un recurso físico correspondiente a la red virtual, la recuperación de fallos puede realizarse rápidamente en la red virtual, y una topología de la red virtual después de la recuperación de fallos es la misma que antes de que se produzca el fallo, mejorando así la experiencia de usuario.

La figura 6 es un diagrama estructural esquemático de un dispositivo de ordenador 600 según una forma de realización de la presente invención. Como se muestra en la figura 6, el dispositivo de ordenador 600 incluye un procesador 601, una memoria 602, una interfaz de entrada/salida 603, una interfaz de comunicaciones 604 y un bus 605. El procesador 601, la memoria 602, la interfaz de entrada/salida 603 y la interfaz de comunicaciones 604 implementan conexiones de comunicación mutuas utilizando el bus 605.

El procesador 601 puede ser una unidad de procesamiento central (CPU) general, un microprocesador, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), o al menos un circuito integrado, y está configurado para ejecutar un programa relacionado, para implementar una solución técnica proporcionada en esta forma de realización de la presente invención.

La memoria 602 puede ser una memoria de sólo lectura (ROM), un dispositivo de almacenamiento estático, un dispositivo de almacenamiento dinámico, o una memoria de acceso aleatorio (Memoria de Acceso Aleatorio, RAM). La memoria 602 puede almacenar un sistema operativo y otro programa de aplicación. Cuando se implementa la solución técnica proporcionada en esta forma de realización de la presente invención utilizando software o firmware, el código de programa utilizado para implementar la solución técnica proporcionada en esta forma de realización de la presente invención se almacena en la memoria 602, y se ejecuta por el procesador 601.

La interfaz de entrada/salida 603 está configurada para recibir información y datos introducidos, y datos de salida, tal como un resultado de operación.

La interfaz de comunicaciones 604 utiliza un aparato de transceptor, por ejemplo pero sin limitarse a un transceptor, para implementar la comunicación entre el dispositivo de ordenador 600 y otro dispositivo o una red de comunicaciones.

El bus 605 puede incluir un canal para transferir información entre partes (tal como el procesador 601, la memoria 602, la interfaz de entrada/salida 603 y la interfaz de comunicaciones 604) del dispositivo de ordenador 600.

En un proceso de implementación específico, un controlador de transporte ejecuta el código almacenado en la memoria 602 utilizando el procesador 601, para implementar lo siguiente: determinar que falla un enlace físico en una red física, correspondiendo el enlace físico con el fallo a al menos un enlace virtual en la red virtual; y mapear el al menos un enlace virtual correspondiente al enlace físico con el fallo con un recurso físico sin fallo en la red física, satisfaciendo el recurso físico sin fallo un ancho de banda de transmisión de cada uno del al menos un enlace virtual.

En esta forma de realización de la presente invención, un dispositivo de transporte determina que falla un enlace físico en una red física, y el enlace físico con el fallo afecta a un enlace virtual en una red virtual; y el dispositivo de transporte mapea, en un recurso físico libre en la red física, el enlace virtual afectado por un fallo con un recurso físico sin fallo. Según la solución técnica anterior, puede realizarse una recuperación de fallos en la red virtual. Cuando falla un recurso físico correspondiente a la red virtual, la recuperación de fallos puede realizarse rápidamente en la red virtual, y una topología de la red virtual después de la recuperación de fallos es la misma que antes de que se produzca el fallo, mejorando así la experiencia de usuario.

Cabe indicar que, aunque en la figura 6 sólo se muestra el procesador 601, la memoria 602, la interfaz de entrada/salida 603, la interfaz de comunicaciones 604 y el bus 605 del dispositivo de ordenador 600, en un proceso de implementación específico, un experto en la técnica entenderá que el dispositivo de ordenador 600 incluye además otro dispositivo requerido para el funcionamiento normal. Además, un experto en la técnica entenderá que, según un requisito específico, el dispositivo de ordenador 600 puede incluir además un dispositivo de hardware que implementa otra función adicional. Además, un experto en la técnica entenderá que el dispositivo de ordenador 600 también puede incluir sólo los dispositivos requeridos para implementar las formas de realización de la presente invención, pero no necesariamente incluye todos los dispositivos mostrados en la figura 6.

Un experto en la técnica puede entender que, cada aspecto de la presente invención o una implementación posible de cada aspecto puede implementarse específicamente como un sistema, un procedimiento, o un producto de programa informático. Por tanto, cada aspecto de la presente invención o una implementación posible de cada

5 aspecto puede utilizar formas de realización de sólo hardware, formas de realización de sólo software (incluyendo firmware, software residente, y similar), o formas de realización con una combinación de software y hardware, que de manera uniforme se denominan "circuito", "módulo" o "sistema" en el presente documento. Además, cada aspecto de la presente invención o la implementación posible de cada aspecto puede adoptar una forma de un producto de programa informático, haciendo referencia el producto de programa informático a código de programa legible por ordenador almacenado en un medio legible por ordenador.

10 El medio legible por ordenador puede ser un medio de señalización legible por ordenador o un medio de almacenamiento legible por ordenador. El medio de almacenamiento legible por ordenador incluye pero no se limita a un sistema, dispositivo o aparato electrónico, magnético, óptico, electromagnético, infrarrojo o semiconductor, o cualquier combinación apropiadas de los mismos, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de sólo lectura (ROM), una memoria de sólo lectura programable borrable (EPROM o memoria *flash*), una fibra óptica y una memoria de sólo lectura de disco compacto (CD-ROM).

15 Un procesador en un ordenador lee el código de programa legible por ordenador almacenado en un medio legible por ordenador, de modo que el procesador pueda realizar una función y una acción especificada en cada etapa o una combinación de etapas en un diagrama de flujo; se genera un aparato para implementar una función y una acción especificada en cada bloque o una combinación de bloques en un diagrama de bloques.

20 Todo el código de programa legible por ordenador puede ejecutarse en un ordenador de usuario, o parte puede ejecutarse en un ordenador de un usuario mientras que parte se ejecuta en un ordenador remoto, o todo el código puede ejecutarse en un ordenador remoto o un servidor. También cabe indicar que, en algunas soluciones de implementación alternativas, cada etapa en los diagramas de flujo o funciones especificados en cada bloque en los diagramas de bloques pueden no producirse en el orden ilustrado. Por ejemplo, dos etapas consecutivas o dos bloques en la ilustración, que son dependientes de una función implicada, pueden ejecutarse en realidad sustancialmente al mismo tiempo, o estos bloques pueden ejecutarse a veces en un orden inverso.

30 Un experto en la técnica puede ser consciente de que, en combinación con los ejemplos descritos en las formas de realización dadas a conocer en esta memoria descriptiva, las unidades y etapas de algoritmo pueden implementarse mediante hardware electrónico o una combinación de software de ordenador y hardware electrónico. El que las funciones se realicen por hardware o software depende de las aplicaciones particulares y las limitaciones de diseño de las soluciones técnicas. Un experto en la técnica puede utilizar diferentes procedimientos para implementar las funciones descritas para cada aplicación particular, pero no se considerará que la implementación vaya más allá del alcance de la presente invención.

35 Además de las ya mencionadas anteriormente, pueden realizarse muchas modificaciones y variaciones de las formas de realización anteriores sin apartarse del alcance de la invención definido en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de recuperación de fallos para una red virtual, que comprende:

5 determinar (S401) que falla un enlace físico (B-G) en una red física, correspondiendo el enlace físico con el fallo (B-G) a al menos un enlace virtual (vNE1-vNE2) en la red virtual; y

10 mapear (S402) el al menos un enlace virtual (vNE1-vNE2) correspondiente al enlace físico con el fallo (B-G) con un recurso físico sin fallo (B-A-F) en la red física, satisfaciendo el recurso físico sin fallo un ancho de banda de transmisión de cada uno del al menos un enlace virtual;

comprendiendo el procedimiento después de mapear el al menos un enlace virtual correspondiente al enlace físico con el fallo con el recurso físico sin fallo en la red física,:

15 determinar que existe una conexión virtual (vNE1-vNE2-vNE3) en el al menos un enlace virtual (vNE1-vNE2) correspondiente al enlace físico con el fallo (B-G); y

20 mapear la conexión virtual (vNE1-vNE2-vNE3) en una conexión física nueva (B-A-F-D) establecida por el recurso físico sin fallo (B-A-F), satisfaciendo la conexión física nueva un ancho de banda de transmisión de la conexión virtual.

2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que antes de mapear el al menos un enlace virtual correspondiente al enlace físico con el fallo con un recurso físico sin fallo en la red física, el procedimiento comprende:

25 determinar, según un tipo de recuperación de fallos de red virtual, el al menos un enlace virtual que está en la red virtual y que corresponde al enlace físico con el fallo que es necesario recuperar, comprendiendo el tipo de recuperación de fallos de red virtual recuperación dinámica de topología virtual y recuperación reservada de topología virtual.

3. El procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que después de mapear el al menos un enlace virtual correspondiente al enlace físico con el fallo con un recurso físico sin fallo en la red física, el procedimiento comprende además:

35 almacenar una relación de mapeo entre una topología de red virtual y el recurso físico sin fallo.

4. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que antes de determinar que falla el enlace físico en la red física, el procedimiento comprende:

40 recibir un mensaje de petición de establecimiento de topología de red virtual de un controlador de cliente, llevando el mensaje de petición de establecimiento de topología de red virtual un parámetro de recurso de red virtual y un tipo de recuperación de fallos de red virtual;

45 reservar, en un recurso físico libre en la red física, un recurso físico según el parámetro de recurso de red virtual y el tipo de recuperación de fallos de red virtual, satisfaciendo el recurso físico el parámetro de recurso de red virtual; y

mapear el recurso físico con la red virtual.

5. El procedimiento según la reivindicación 4, en el que el parámetro de recurso de red virtual comprende un valor de tráfico de transmisión entre dos nodos de acceso de servicio cualesquiera.

6. El procedimiento según la reivindicación 4, en el que el parámetro de recurso de red virtual comprende información de topología de red virtual, y la información de topología de red virtual comprende información de nodo virtual e información de enlace virtual.

7. Un aparato de recuperación de fallos para una red virtual, que comprende:

60 un módulo de determinación (501), configurado para determinar que falla un enlace físico (B-G) en una red física, correspondiendo el enlace físico con el fallo (B-G) a al menos un enlace virtual (vNE1-vNE2) en la red virtual; y

un primer módulo de mapeo (502), configurado para mapear el al menos un enlace virtual (vNE1-vNE2) correspondiente al enlace físico con el fallo (B-G) con un recurso físico sin fallo (B-A-F) en la red física, satisfaciendo el recurso físico sin fallo un ancho de banda de transmisión de cada uno del al menos un enlace virtual;

65 un segundo módulo de evaluación, configurado para determinar que existe una conexión virtual (vNE1-vNE2-vNE3) en el al menos un enlace virtual (vNE1-vNE2) correspondiente al enlace físico con el fallo (B-G); y

un segundo módulo de mapeo, configurado para mapear la conexión virtual (vNE1-vNE2-vNE3) en una conexión física nueva (B-A-F-D) establecida por el recurso físico sin fallo (B-A-F), satisfaciendo la conexión física nueva un ancho de banda de transmisión de la conexión virtual.

5 8. El aparato según la reivindicación 7, que comprende además:
un primer módulo de evaluación, configurado para determinar, según un tipo de recuperación de fallos de red virtual, el al menos un enlace virtual que está en la red virtual y que corresponde al enlace físico con el fallo que es necesario recuperar, comprendiendo el tipo de recuperación de fallos de red virtual recuperación dinámica de topología virtual y recuperación reservada de topología virtual.

9. El aparato según la reivindicación 7 u 8, que comprende además:

15 un módulo de almacenamiento, configurado para almacenar una relación de mapeo entre una topología de red virtual y el recurso físico sin fallo.

10. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, que comprende además:

20 un módulo de recepción, configurado para recibir un mensaje de petición de establecimiento de topología de red virtual de un controlador de cliente, llevando el mensaje de petición de establecimiento de topología de red virtual un parámetro de recurso de red virtual y el tipo de recuperación de fallos de red virtual;

25 un módulo de reserva de recursos, configurado para reservar, en un recurso físico libre en la red física, un recurso físico según el parámetro de recurso de red virtual y el tipo de recuperación de fallos de red virtual, satisfaciendo el recurso físico el parámetro de recurso de red virtual; y

un tercer módulo de mapeo, configurado para mapear el recurso físico con la red virtual.

30 11. El aparato según la reivindicación 10, en el que el parámetro de recurso de red virtual comprende un valor de tráfico de transmisión entre dos nodos de acceso de servicio cualesquiera.

35 12. El aparato según la reivindicación 10, en el que el parámetro de recurso de red virtual comprende información de topología de red virtual, y la información de topología de red virtual comprende información de nodo virtual e información de enlace virtual.

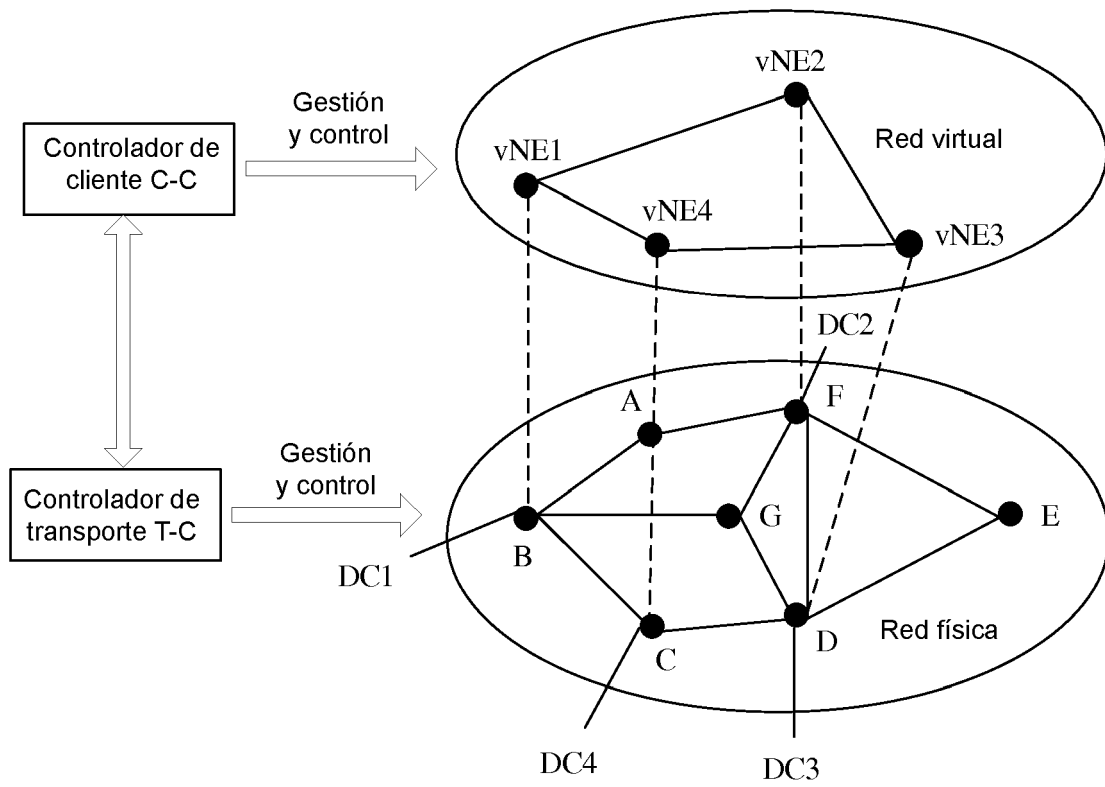


FIG. 1

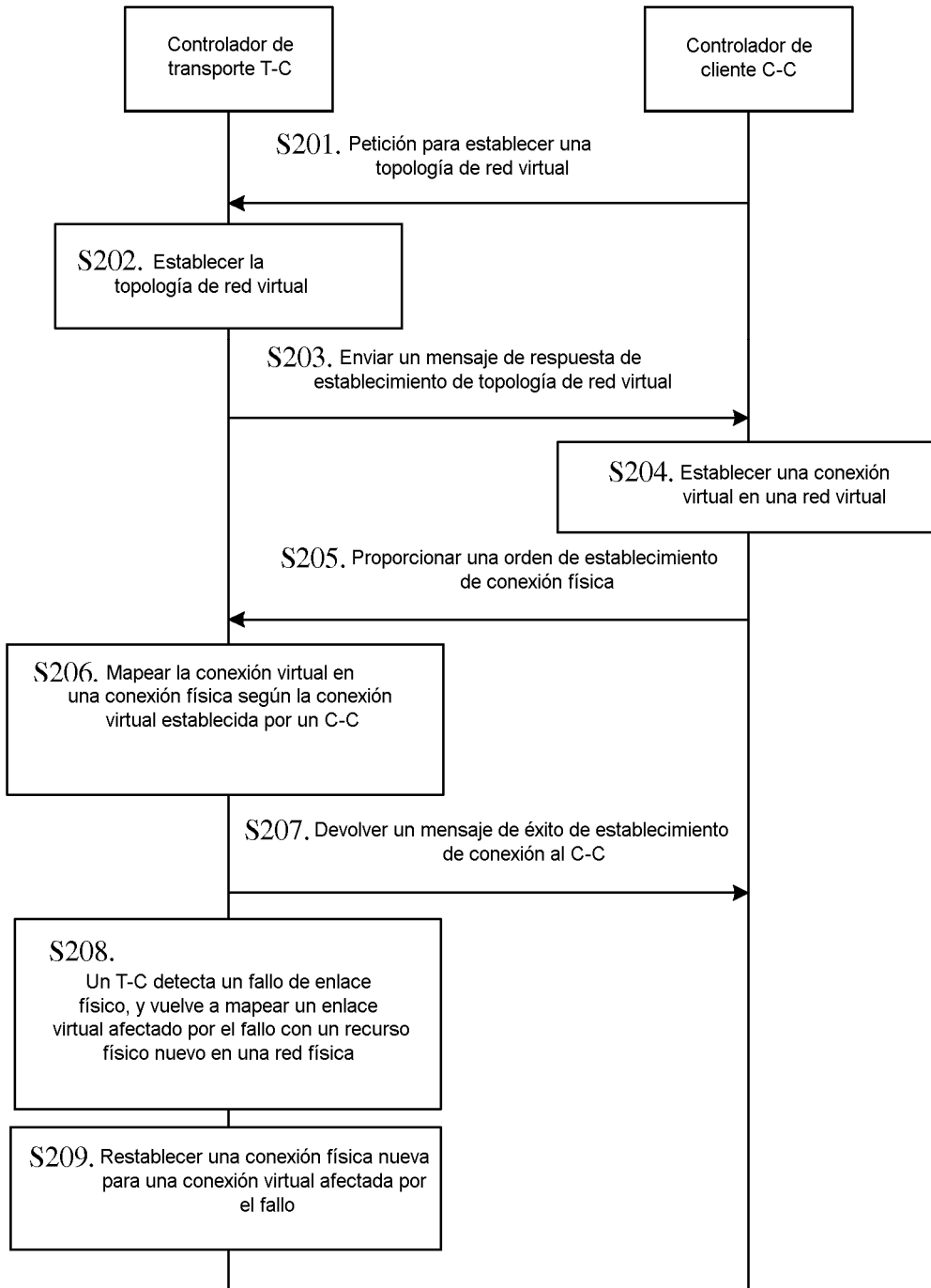


FIG. 2

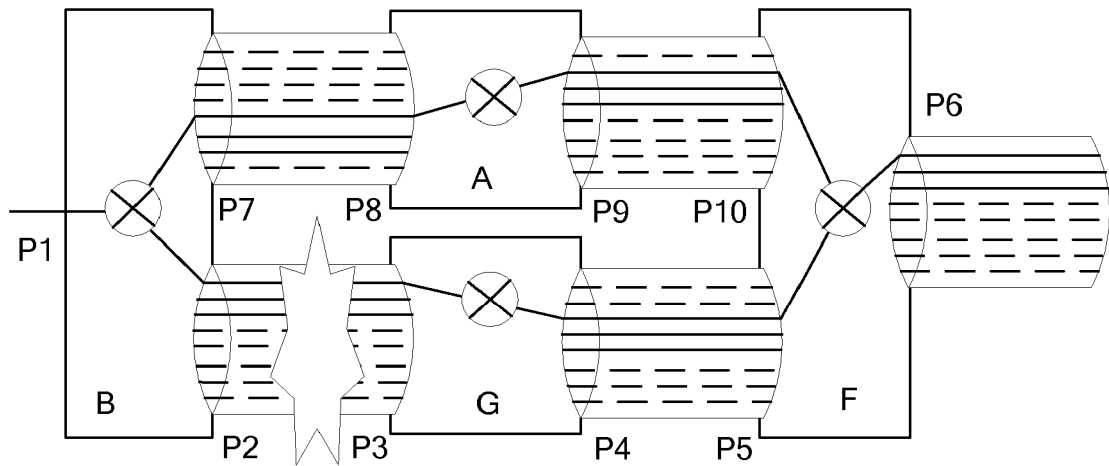


FIG. 3

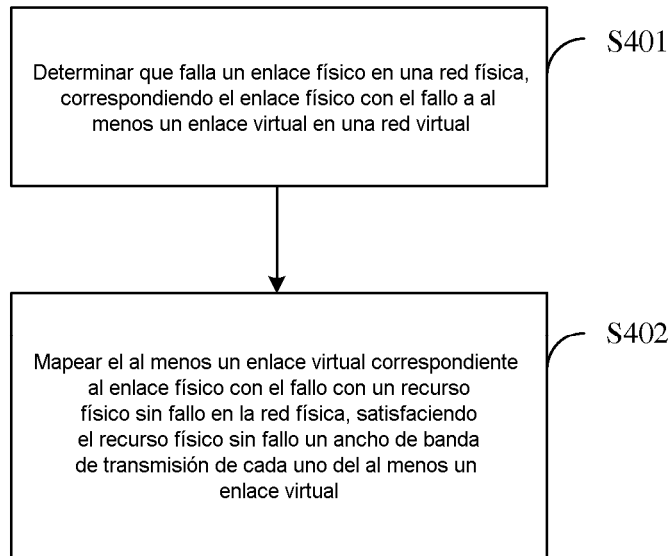


FIG. 4

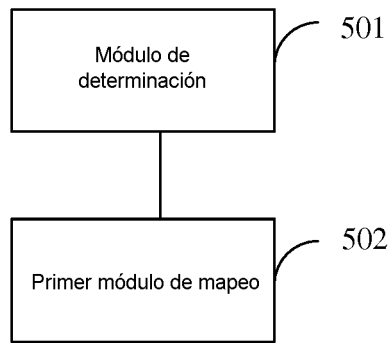


FIG. 5

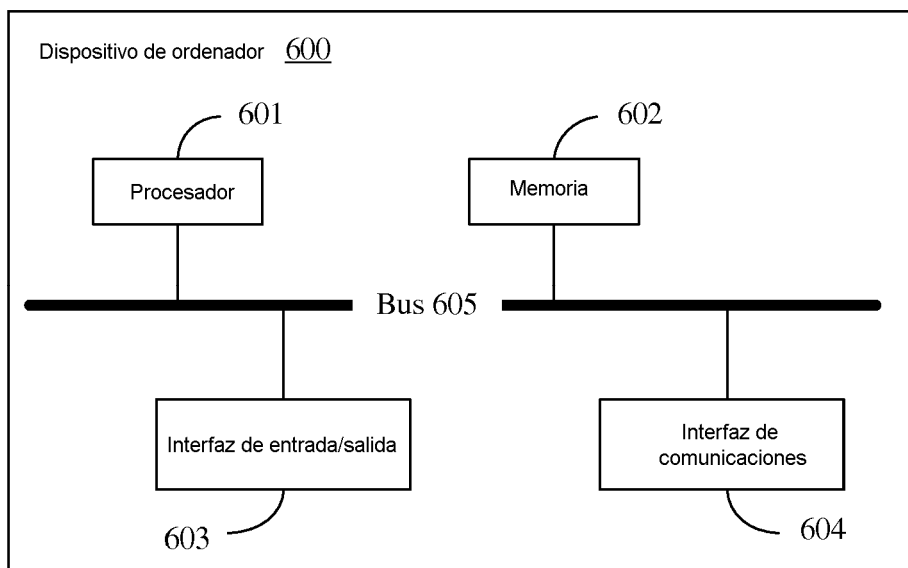


FIG. 6