

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 988 966**

51 Int. Cl.:

H04L 41/12 (2012.01)

H04L 41/14 (2012.01)

H04W 28/16 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.05.2019** **PCT/CN2019/088967**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.01.2020** **WO20001220**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.05.2019** **E 19824449 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2024** **EP 3813303**

54 Título: **Método y aparato de virtualización para nodo de elemento de red físico, y dispositivo y medio de almacenamiento**

30 Prioridad:

29.06.2018 CN 201810695749

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

22.11.2024

73 Titular/es:

ZTE CORPORATION (100.0%)
ZTE Plaza, Keji Road South, Hi-Tech Industrial
Park Nanshan
Shenzhen Guangdong 518057, CN

72 Inventor/es:

WANG, DAJIANG y
WANG, ZHENYU

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 988 966 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

Método y aparato de virtualización para nodo de elemento de red físico, y dispositivo y medio de almacenamiento

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere, pero no está limitada a, el campo técnico de la comunicación y, en particular, a un método para la virtualización de un nodo de elemento de red físico, un dispositivo y un medio de almacenamiento.

Antecedentes

- 10 Los servicios de red de la tecnología de comunicaciones móviles de quinta generación (5G) tienen altos requisitos en cuanto a índices de rendimiento como precisión de reloj, retardo y fiabilidad. Generalmente se considera que una red de transporte óptica (OTN) se implementa en una red de transporte intermedia y de retorno de 5G, y los recursos de red en la OTN se segmentan con un algoritmo de optimización de recursos mediante el uso de un nivel de retardo del acuerdo de nivel de servicio (SLA) como estrategia de optimización de segmentación, para satisfacer los requisitos de retardo de diversos servicios 5G que ocupan los recursos de segmento correspondientes. Las capas del modelo de red de interconexión de sistemas abiertos (OSI) afectan el retardo. Generalmente, antes de la implementación del algoritmo de segmentación de red, existe la necesidad de calcular un valor de acumulación de retardo entre cada par de nodos de elementos de red adyacentes en base a la topología de la red física OTN en la tecnología existente y de acuerdo con los factores que afectan el retardo en las capas del OSI, y formar un mapa topológico de atributo de retardo OTN. Sobre esta base, se implementa el algoritmo de segmentación de red que utiliza la estrategia de optimización del retardo como función objetivo. Por ejemplo, Guerzoni et. al divulga un método para la virtualización de un nodo de red físico, cf. Guerzoni, R., et al. "Virtual Link Mapping for Delay Critical Services in SDN-enabled 5G Networks". NetSoft 2015, 1.^a Conferencia IEEE sobre softwarización de la red IEEE, 2015. Además, la solicitud de patente europea EP 3121997A1 propone un método para proporcionar un servicio en una red de comunicación, en el que el servicio comprende al menos una función de red virtual y al menos una ruta de red virtual, en el que al menos una función de red virtual y al menos una ruta de red virtual se van a implementar en la red de comunicación.

- 30 En la tecnología existente, la acumulación de retardo entre cada par de nodos de elementos de red adyacentes y el retardo de conmutación provocado al pasar por cada nodo de elementos de red están relacionados con las propiedades del dispositivo del nodo correspondiente. Para un nodo de elemento de red que se ejecuta con una sola tecnología de conmutación y un único atributo de programación, los parámetros de retardo son únicos y fijos.

- 35 Sin embargo, para un nodo de elemento de red con un atributo funcional de programación híbrida de capa 0 (L0)/L1/L2, en el proceso de pasar a través de diferentes capas OSI de un nodo, los valores de retardo correspondientes son diferentes. En este caso, la topología de la red física OTN no puede cubrir diversos retardos de conmutación que aparecen, cuando un servicio pasa a través de diferentes capas de conmutación del nodo de elemento de red, en un escenario de red de nodo de elemento de red de programación híbrida. Por lo tanto, en la estrategia de optimización del retardo, el cálculo de la ruta de retardo más corta no se puede implementar debido a "la incertidumbre del atributo de retardo del objeto de cálculo".

- 40 Resumen

- 45 En vista de esto, se espera que las realizaciones de la presente invención proporcionen un método para la virtualización del nodo de elemento de red físico, un dispositivo y un medio de almacenamiento. Las características del método para la virtualización del nodo de elemento de red físico, el dispositivo y el medio de almacenamiento de acuerdo con las realizaciones de la presente divulgación se establecen en el conjunto de reivindicaciones adjunto.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es un diagrama de flujo de un método para la virtualización del nodo de elemento de red físico de acuerdo con una realización de la presente invención;

- 50 La Fig. 2 es una realización de un mapa topológico de atributos de retardo OTN de un nodo con una capacidad de programación híbrida L2/L1/L0;

La Fig. 3 es un diagrama esquemático de un modelo de nodo de dispositivo con una función de programación híbrida L0/L1/L2;

La Fig. 4 es un modelo de retardo de virtualización de un nodo de elemento de red físico que actúa como primer o último nodo de una conexión de servicio o enlace virtual OVPN de acuerdo con una realización de la presente invención;

5 La Fig. 5 es un modelo de retardo de virtualización de un nodo de elemento de red físico que actúa como un nodo intermedio de una conexión de servicio o enlace virtual OVPN y que tiene sólo dos enlaces físicos externos de fibra óptica de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Fig. 6 es un modelo de retardo de virtualización de un nodo de elemento de red físico que actúa como un nodo intermedio de una conexión de servicio o enlace virtual OVPN y que tiene tres enlaces físicos externos de fibra óptica de acuerdo con una realización de la presente invención;

10 La Fig. 7 es un modelo de retardo de virtualización de un nodo de elemento de red físico que actúa como un nodo intermedio de una conexión de servicio o enlace virtual OVPN y que tiene una pluralidad de (más de tres) enlaces físicos externos de fibra óptica de acuerdo con una realización de la presente invención;

15 La Fig. 8 es un diagrama esquemático de un mapa topológico de retardo de red virtual cuando los nodos físicos A y E actúan como primer o último nodo de una conexión de servicio o enlace virtual OVPN, respectivamente, de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Fig. 9 es un diagrama esquemático de un mapa topológico de retardo de red virtual cuando los nodos físicos B y D actúan como primer o último nodo de una conexión de servicio o enlace virtual OVPN, respectivamente, de acuerdo con una realización de la presente invención;

20 La Fig. 10 es un diagrama de flujo de un método para la virtualización de un nodo de elemento de red físico de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Fig. 11 es un diagrama esquemático de autocirculación en un nodo virtual y determinación de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Fig. 12 es un diagrama estructural de un dispositivo para virtualización de un nodo de elemento de red físico de acuerdo con una realización de la presente invención; y

25 La Fig. 13 es un diagrama estructural de un aparato de nodo de elemento de red físico de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada

30 A continuación se describirán con más detalle realizaciones de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos. Si bien en los dibujos adjuntos se muestran realizaciones de la presente invención, debe entenderse que la invención puede implementarse de diversas formas sin estar limitada por las realizaciones aquí expuestas. Más bien, estas realizaciones se proporcionan para permitir una comprensión más profunda de la presente invención y para permitir que se comunique todo el alcance de la presente invención a los expertos en la técnica.

35 Una realización de la presente invención proporciona un método para la virtualización de un nodo de elemento de red físico. Como se muestra en la Fig. 1, el método incluye las siguientes etapas.

En una etapa de S101, se establece una estructura de enlace de retardo de conmutación correspondiente a un enlace de programación del nodo de elemento de red físico, donde se permite programar un servicio para una función de conmutación correspondiente a través del enlace de programación cuando el servicio pasa a través del nodo de elemento de red físico.

40 En una etapa de S102, se genera un modelo de retardo de virtualización del nodo de elemento de red físico de acuerdo con la estructura del enlace de retardo de conmutación.

45 En esta realización de la presente invención, al establecer una estructura de enlace de retardo de conmutación para un enlace de programación de un nodo de elemento de red, se puede generar un modelo de retardo de virtualización del nodo de elemento de red físico de acuerdo con la estructura de enlace de retardo de conmutación. En consecuencia, el problema de que la topología de la red física OTN en la tecnología existente no puede cubrir diversos retardos de conmutación que aparece cuando un servicio pasa a través de diferentes capas de conmutación del nodo de elemento de red de programación híbrida se puede resolver de manera efectiva, y los requisitos para el cálculo de la ruta de retardo más corta se puede satisfacer de manera efectiva en los escenarios de aplicación de la tecnología de segmentación 5G.

50 En esta realización de la presente invención, la capa de conmutación generalmente corresponde a una función de conmutación, por ejemplo, capas de modelo de red OSI en un modelo de red OSI, donde las capas de modelo de red OSI pueden incluir: una capa L0, es decir, la capa 0ª en el modelo de red OSI; una capa L1, es decir, la primera capa en el modelo de red OSI; una capa L2, es decir, la segunda capa en el modelo de red

OSI; y una capa L3, es decir, la tercera capa en el modelo de red OSI. En esta realización de la presente invención, el nodo de elemento de red de programación híbrida se refiere a un nodo de elemento de red con una capacidad de programación funcional de conmutación híbrida, por ejemplo, un nodo de elemento de red que tiene al menos dos capas o todas las capas de las capas del modelo de red OSI anterior. En esta realización de la presente invención, la estructura de enlace de retardo de conmutación es una estructura de enlace virtual correspondiente al retardo preestablecido. En algunas realizaciones, el método también incluye una etapa de configurar valores de retardo para enlaces de retardo adaptativos entre capas.

Los servicios de red en 5G tienen requisitos más altos para índices de rendimiento tales como precisión de reloj, retardo y fiabilidad, entre los cuales se requiere que la precisión del reloj alcance el nivel de nanosegundos y el retardo se requiere para alcanzar el nivel de microsegundos. Para satisfacer los requisitos de servicio de ancho de banda, retardo, fiabilidad y similares, han surgido conceptos de servicio como comunicación ultra confiable y de baja latencia (uRLLC), comunicación de tipo máquina masiva (mMTC) y banda ancha móvil mejorada (eMBB), y las convencionales estrategias de calidad del servicio (QoS) ya no pueden satisfacer los requisitos anteriores. La tecnología de segmentación de red puede asignar diferentes recursos de red a diferentes servicios. Una red física independiente se divide en una pluralidad de redes lógicas, y la preasignación y optimización previa de los recursos se realiza además de acuerdo con el nivel del acuerdo de nivel de servicio (SLA) de los segmentos, para controlar con precisión el ancho de banda y el retardo de servicios en diferentes segmentos y hacer un uso completo y efectivo de los recursos de la red.

Como parte importante de la arquitectura de red del sistema 5G, generalmente se considera que la red de transporte óptica (OTN) se implementa en una red intermedia y de retorno de 5G, y los recursos de red en la OTN se segmentan con un algoritmo de optimización de recursos mediante el uso del nivel de retardo SLA como una estrategia de optimización de segmentación, para satisfacer los requisitos de retardo de diversos servicios 5G que ocupan los recursos de segmentación correspondientes. Esta es una tecnología clave para que OTN satisfaga los requisitos de red 5G. En el modelo de red OSI, los factores que afectan el retardo se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Retardo de cada capa correspondiente al modelo de red OSI

capa OSI	Nodo de elemento de red	Retardo
L0	Dispositivo óptico (ROADM, multiplexor/demultiplexor, filtro, acoplador)	Nivel de nanosegundos
L0	Amplificador óptico EDFA	Nivel de 100 ns
L0	Fibra óptica (incluido DCF para compensación de dispersión)	5 ms/km 5 ms/1000 km
L1	Nodo OTN (encapsulación/desencapsulación, codificador EFC, conmutación)	Nivel de 10 μ s-100 μ s, independiente de la carga
L2	Conmutador L2	Nivel de 1 ms a 10 ms, dependiente de la carga
L3	Enrutador, conmutador L3, etc.	Nivel de 1 ms a 10 ms, dependiente de la carga

Generalmente, antes de implementar el algoritmo de segmentación, es necesario calcular un valor de acumulación de retardo entre cada par de nodos de elementos de red adyacentes sobre la base de la topología de red física OTN en la tecnología existente y de acuerdo con los factores descritos en la Tabla 1, y formar un mapa topológico de atributos de retardo OTN, como se muestra en Fig. 2. Sobre esta base, se implementa el algoritmo de segmentación de red utilizando la estrategia de optimización del retardo como función objetivo.

El algoritmo de segmentación de red generalmente contiene un subalgoritmo que toma la Fig. 2 como objeto de cálculo y calcula la ruta de retardo más corta entre un par específico de nodos de elementos de red. El retardo más corto requiere que la suma de los valores de acumulación de retardo entre cada par de nodos de elementos de red adyacentes en la ruta entre el par especificado de nodos de elementos de red, y el retardo de conmutación de cada nodo que pasa en esta ruta, sea el más pequeño. Generalmente, el valor de acumulación de retardo entre cada par de nodos de elementos de red adyacentes y el valor de retardo de conmutación de cada nodo de elemento de red que se pasa están relacionados con los atributos del dispositivo

del nodo correspondiente. Para un nodo de elemento de red de programación única con una sola capacidad técnica de conmutación, estos parámetros de retardo son únicos y fijos.

Sin embargo, para un modelo de nodo de dispositivo de red con una función de programación híbrida L0/L1/L2 que se muestra en la Fig. 3, en el proceso de pasar a través de diferentes capas de conmutación del nodo, los valores de retardo son diferentes. En este caso, la topología de la Fig. 2 no puede cubrir diversos retardos de conmutación que aparecen cuando un servicio pasa a través de diferentes capas de conmutación del nodo en un escenario de red de nodos de programación híbrida. Por lo tanto, el cálculo de la ruta de retardo más corta no se puede implementar debido a "la incertidumbre del atributo de retardo del objeto de cálculo". Sin embargo, en esta realización de la presente invención, los requisitos para el cálculo de la ruta de retardo más corta pueden satisfacerse efectivamente en los escenarios de aplicación de la tecnología de segmentación 5G.

En algunas realizaciones, la estructura de enlace de retardo de conmutación es al menos una matriz de retardo de conmutación. El proceso de establecer una estructura de enlace de retardo de conmutación correspondiente a un enlace de programación del nodo de elemento de red físico incluye las siguientes etapas.

Cuando el nodo de elemento de red físico es un primer nodo o un último nodo, se establece una matriz de retardo de conmutación correspondiente al enlace de programación del nodo de elemento de red físico.

Cuando el nodo de elemento de red físico es un nodo intermedio, una matriz de retardo de conmutación correspondiente al enlace de programación del nodo de elemento de red físico se establece entre cada dos enlaces físicos.

Específicamente, como se muestra en la Fig. 4, cuando el nodo de elemento de red físico es un primer nodo o un último nodo, se puede establecer una matriz de retardo de conmutación, donde una línea discontinua en esta figura muestra una matriz de retardo de conmutación, donde A'0, A'1, A'2 y A'2' representan una primera capa virtual, una segunda capa virtual, una tercera capa virtual y una cuarta capa virtual, respectivamente, y cada capa virtual está compuesta por un nodo virtual. Como se muestra en la Fig. 5, cuando el nodo de elemento de red físico es un nodo intermedio y tiene dos enlaces físicos, donde A'01 y A'02 consiste en un par de nodos virtuales de la primera capa virtual, A'11 y A'12 consiste en un par de nodos virtuales de la segunda capa virtual, A'21 y A'22 consisten en un par de nodos virtuales de la tercera capa virtual, y A'2' 1' y A'2'2' consisten en un par de nodos virtuales de la cuarta capa virtual. Como se muestra en la Fig. 6, cuando el nodo de elemento de red físico es un nodo intermedio y tiene tres enlaces físicos, se puede establecer una matriz de retardo de conmutación entre cada dos de los tres enlaces físicos. De manera similar, como se muestra en la Fig. 7, cuando el nodo de elemento de red físico es un nodo intermedio y tiene más de tres enlaces físicos, se puede establecer una matriz de retardo de conmutación entre cada dos de los más de tres enlaces físicos.

En un escenario de aplicación de la tecnología 5G, la programación de enlaces para un servicio que pasa a través del nodo de elemento de red físico híbrido incluye lo siguiente: L0xL0; L0-L1xL1-L0; L0-L1-L2xL2-L1-L0; L0-L2xL2-L0 (donde "x" representa la función de conmutación de la capa correspondiente).

Dado que cada servicio está programado para pasar a través de diferentes capas de conmutación, el retardo de conmutación total de cada servicio que pasa a través del nodo de programación híbrido es diferente para diferentes tipos de programación. Cuando el cálculo de la ruta se realiza mediante una estrategia de optimización del retardo en una red definida por software (SDN) o una red óptica conmutada automáticamente basada en multiplexación por división de longitud de onda (WDM) (WDM)/OTN (WASON), es necesario considerar las características del tipo de programación de conmutación del nodo de programación híbrido. La expresión del modelo de nodo único que se muestra en la Fig. 2 no puede satisfacer los requisitos del cálculo de la ruta de retardo. Por lo tanto, en esta realización de la presente invención, se genera un modelo de retardo de virtualización mediante una tecnología de virtualización de nodos, y el nodo de elemento de red físico que tiene las características de los tipos de programación anteriores se puede expresar en forma de una topología de cálculo de ruta, de modo que se pueden satisfacer los requisitos de un algoritmo que utiliza la optimización del retardo como estrategia objetivo.

Sobre esta base, en algunas realizaciones, la capa de conmutación es una capa de modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI). El proceso de establecer una matriz de retardo de conmutación correspondiente a un enlace de programación del nodo de elemento de red físico incluye las siguientes etapas.

Una pluralidad de capas virtuales se establece de acuerdo con el modelo de capas OSI del nodo de elemento de red físico.

Los enlaces de retardo adaptativo entre capas se establecen entre la pluralidad de capas virtuales de acuerdo con el enlace de programación.

La matriz de retardo de conmutación se establece de acuerdo con la pluralidad de capas virtuales y los enlaces de retardo adaptativos entre capas.

En las etapas anteriores, la pluralidad de capas virtuales incluye una primera capa virtual correspondiente a la capa L0, una segunda capa virtual correspondiente a la capa L1 y una tercera capa virtual correspondiente a la capa L2.

- 5 En algunas realizaciones, la tercera capa virtual incluye una primera subcapa virtual y una segunda subcapa virtual, y el proceso de establecer enlaces de retardo adaptativos entre capas entre la pluralidad de capas virtuales puede incluir las siguientes etapas, como se muestra en las Figs. 4-7.

Un primer enlace de retardo adaptativo entre capas se establece entre la primera capa virtual y la segunda capa virtual.

- 10 Un segundo enlace de retardo adaptativo entre capas se establece entre la segunda capa virtual y la primera subcapa virtual.

Un tercer enlace de retardo adaptativo entre capas se establece entre la primera subcapa virtual y la segunda subcapa virtual.

En algunas realizaciones, el proceso de establecer una pluralidad de capas virtuales de acuerdo con la capa del modelo OSI del nodo de elemento de red físico incluye las siguientes etapas.

- 15 Cuando el nodo de elemento de red físico es un primer nodo o un último nodo, como se muestra en la Fig. 4, una pluralidad de nodos virtuales se establece de acuerdo con la capa del modelo OSI, y cada uno de los nodos virtuales forma una capa virtual.

- 20 Cuando el nodo de elemento de red físico es un nodo intermedio, como se muestra en las Figs. 5-7, una pluralidad de capas virtuales se establece de acuerdo con la capa del modelo OSI, cada una de las capas virtuales está compuesta por un par de nodos virtuales, y un enlace de retardo adaptativo entre capas se establece entre el par de nodos virtuales de cada una de las capas virtuales.

En algunas realizaciones, también es posible incluir la configuración de valores de retardo para enlaces de retardo adaptativos entre capas.

- 25 En algunas realizaciones, el par de nodos virtuales incluye un primer nodo virtual y un segundo nodo virtual; el enlace de retardo adaptativo entre capas entre dos capas virtuales cualesquiera incluyen un primer enlace de retardo adaptativo entre capas y un segundo enlace de retardo adaptativo entre capas; y el proceso de establecer enlaces de retardo adaptativos entre capas entre la pluralidad de capas virtuales incluye además las siguientes etapas, como se muestra en las Figs. 5-7.

- 30 El primer enlace de retardo adaptativo entre capas se establece entre los primeros nodos virtuales de cualesquiera dos capas virtuales, y el segundo enlace de retardo adaptativo entre capas se establece entre segundos nodos virtuales de cualesquiera dos capas virtuales.

- 35 En la topología del atributo de retardo OTN mostrada en la Fig. 2, si el nodo A del elemento de red es un nodo con una función de programación híbrida L0/L1/L2, es equivalente a que el nodo de elemento de red físico correspondiente al nodo A pueda abstraerse en los modelos de retardo de virtualización mostrados en las Figs. 4, 5, 6 y 7. El modelo de retardo de virtualización también se puede expresar como una estructura de virtualización, un modelo de virtualización o similar.

En estos ejemplos, cuando el nodo de elemento de red físico actúa como primer o último nodo de una conexión de servicio o enlace virtual OVPN, el modelo de retardo de virtualización del nodo de elemento de red físico se describe como la Fig. 3.

- 40 1. Un nodo de elemento de red físico, en el sentido de un dispositivo de red, se abstrae en un modelo de retardo de virtualización en una región punteada discontinua.

2. Enlace1, Enlace2 ..., Enlacen representan enlaces físicos de este nodo de elemento de red, correspondientes a los enlaces físicos de fibra óptica conectados a la topología externa.

- 45 3. Los nodos A'0, A'1, A'2 y A'2' representan las capas virtuales (la primera capa virtual, la segunda capa virtual, la primera subcapa virtual y la segunda subcapa virtual) correspondientes a las capas L0, L1, L2 y L2 del nodo de programación híbrido, respectivamente, y A'2' pueden representar el espejo de A'2.

- 50 4. L'01 representa el enlace de retardo adaptativo entre capas entre las capas L0 y L1, con un retardo de 600 ns; L'12 representa el enlace de retardo adaptativo entre capas entre las capas L1 y L2, con un retardo de 500 ns; y L'02 representa el enlace adaptativo entre las capas L0 y L2, con un retardo de 400 ns. Cada enlace de retardo adaptativo entre capas puede tener un valor de retardo preestablecido.

Cuando el nodo del dispositivo físico actúa como un nodo intermedio de una conexión de servicio o enlace virtual OVPN y tiene solo dos enlaces físicos externos de fibra óptica, el modelo de retardo de virtualización del nodo de red físico se describe como en la Fig. 4.

- 5 1. Un nodo de elemento de red físico, en el sentido de un dispositivo de red, se abstrae en un modelo de retardo de virtualización en una región punteada discontinua.
2. Enlace1 y Enlace2 representan los enlaces físicos de este nodo, correspondientes a los enlaces físicos de fibra óptica conectados a la topología externa; y, los valores de retardo del enlace físico correspondientes al Enlace1 y al Enlace2 dependen de factores tales como la distancia de transmisión externa y no se representarán aquí.
- 10 3. Además, la estructura del modelo de retardo de virtualización de este nodo de elemento de red incluye 4 pares de nodos virtuales, 4 enlaces de retardo de conmutación interna de nodo y 3 pares de enlaces de retardo adaptativos entre capas internas del nodo, donde cada par de nodos virtuales representa la entrada o salida de la capa de conmutación correspondiente; cada enlace de retardo de conmutación está marcado con el valor de retardo de conmutación de este nodo de dispositivo en esta capa de conmutación; y cada enlace de retardo adaptativo entre capas internas también está marcado con el valor de retardo adaptativo. El enlace de retardo de conmutación interna (es decir, el enlace de retardo adaptativo entre capas) se puede describir específicamente a continuación.
- 15 El par de nodos de virtualización correspondiente a la conmutación de capa L0: el valor de retardo de conmutación para el enlace de retardo de conmutación L'00 entre los nodos de entrada y salida A'01 y A'02 se ilustra como 500 ns.
- 20 El par de nodos de virtualización correspondiente a la conmutación de capa L1: el valor de retardo de conmutación para el enlace de retardo de conmutación L'11 entre los nodos de entrada y salida A'11 y A'12 se ilustra como 5 μ s.
- 25 El par de nodos de virtualización correspondiente a la función de conmutación de capa L2: el valor de retardo de conmutación para el enlace de retardo de conmutación L'22 entre los nodos de entrada y salida A'21 y A'22 se ilustra como 10 μ s.
- El valor de retardo para el correspondiente par de enlace de retardo adaptativo entre capas L'01 y L'10 entre las capas L0 y L1 se ilustra como 1 μ s.
- 30 El valor de retardo para el correspondiente par de enlace de retardo adaptativo entre capas L'12 y L'21 entre las capas L1 y L2 se ilustra como 3 μ s.
- El par de nodos A'2'1' y A'2'2' son los nodos espejo de A'21 y A'22, respectivamente; L'2'2' es el enlace de retardo de conmutación de espejo de L'22, y el valor de retardo para L'2' 1' debe ser el mismo que el de L'22; L'02 y L'20 consiste del par de enlaces de retardo adaptativo entre las capas L0 y L2, y los valores de retardo tanto para L'02 como para L'20 son 2 μ s; y, el par de nodos A'2'1' y A'2'2' y el enlace de retardo de conmutación L'2'2' entre este par de nodos, así como el par de enlaces de retardo adaptativo L'02 y L'20, se utilizan para describir el tipo de programación de servicio de L0-L2 $\times$ L2-L0 que no pasa a través de la capa L1.
- 35 El par de nodos A'2'1' y A'2'2' son los nodos espejo de A'21 y A'22, respectivamente; L'2'2' es el enlace de retardo de conmutación de espejo de L'22, y el valor de retardo para L'2' 1' debe ser el mismo que el de L'22; L'02 y L'20 consiste del par de enlaces de retardo adaptativo entre las capas L0 y L2, y los valores de retardo tanto para L'02 como para L'20 son 2 μ s; y, el par de nodos A'2'1' y A'2'2' y el enlace de retardo de conmutación L'2'2' entre este par de nodos, así como el par de enlaces de retardo adaptativo L'02 y L'20, se utilizan para describir el tipo de programación de servicio de L0-L2 $\times$ L2-L0 que no pasa a través de la capa L1.
- 40 En algunas realizaciones, antes o después de la etapa de establecer una estructura de enlace de retardo de conmutación correspondiente a un enlace de programación del nodo de elemento de red físico, el método incluye además las siguientes etapas. El enlace de programación es un enlace que permite programar un servicio en una capa de conmutación correspondiente cuando el servicio pasa a través del nodo de elemento de red físico.
- 45 Cuando la primera capa virtual está compuesta por un nodo virtual, un enlace físico del nodo de elemento de red físico se establece en este nodo virtual.
- Cuando la primera capa virtual está compuesta por un par de nodos virtuales, un enlace físico del nodo de elemento de red físico se establece en cada uno de los dos nodos virtuales en el par de nodos virtuales; o, un nodo virtual externo correspondiente a cada puerto físico del nodo de elemento de red físico se establece, un enlace físico del nodo de elemento de red físico se establece en cada nodo virtual externo, y un enlace virtual interno para conectar los nodos virtuales externos correspondientes se establecen en cada uno de los dos nodos virtuales del par de nodos virtuales.
- 50 Por ejemplo, cuando el nodo del dispositivo físico actúa como un nodo intermedio de una conexión de servicio o enlace virtual OVPN y tiene tres enlaces físicos externos de fibra óptica, el modelo de retardo de virtualización del nodo de red físico se describe en la Fig. 6.
1. Un nodo físico, en el sentido de un dispositivo de red, se abstrae en una estructura de modelo de virtualización en una región mostrada por el gran círculo punteado discontinuo.

2. Enlace1, Enlace2 y Enlace3 representan los enlaces físicos de este nodo correspondientes a los enlaces físicos de fibra óptica conectados a la topología externa; y, los valores de retardo del enlace correspondientes al Enlace1, Enlace2 y Enlace3 dependen de factores tales como la distancia de transmisión externa y no se tendrán en cuenta aquí.
- 5 3. Los puertos físicos del enlace de fibra óptica de este nodo se abstraen en los nodos virtuales externos P'1, P'2 y P'3, respectivamente.
4. Debe haber una matriz de retardo de conmutación entre dos nodos virtuales externos cualesquiera, y hay matrices de retardo de conmutación A', B' y C', respectivamente.
- 10 5. EnlaceP'11 y EnlaceP'12, EnlaceP'21 y EnlaceP'22, EnlaceP'31 y EnlaceP'32 son enlaces virtuales internos que conectan los nodos virtuales externos P'1, P'2 y P'3 a las matrices de retardo de conmutación A', B' y C', respectivamente, y son descripciones topológicas abstractas de la relación general del modelo de virtualización de nodos. El valor del retardo puede expresarse como 0 μ s.
- 15 6. Los significados de los modelos de las matrices de retardo de conmutación A', B' y C' son los mismos y todos se refieren a las características de retardo de diferentes modelos de programación de conmutación cuando el servicio pasa por las capas L0, L1 y L2. Ahora, la descripción se dará tomando como ejemplo la matriz de retardo de conmutación A'. La matriz de retardo de conmutación A' contiene 4 pares de subnodos virtuales, 4 enlaces de retardo de conmutación interna de matriz y 3 pares de enlaces de retardo adaptativos entre capas interna de matriz. Cada par de subnodos virtuales representa la entrada o salida de la capa de conmutación correspondiente. Cada enlace de retardo de conmutación tiene un valor de retardo de conmutación del servicio correspondiente en esta capa de conmutación, que se puede obtener mediante la configuración del atributo del enlace. Cada enlace de retardo adaptativo entre capas interna de la matriz también tiene un valor de retardo adaptativo correspondiente, que puede obtenerse mediante la configuración del atributo del enlace. Cada subnodo virtual y enlace en la matriz de retardo de conmutación A' se definen a continuación.
- 20 El par de nodos de virtualización correspondiente a la conmutación de la capa L0: el enlace de retardo de conmutación entre los nodos de entrada y salida A'01 y A'02 es A'L'0.
- 25 El par de nodos de virtualización correspondiente a la conmutación de capa L1: el enlace de retardo de conmutación entre los nodos de entrada y salida A' 11 y A'1 2 es A'L'1.
- El par de nodos de virtualización correspondiente a la función de conmutación de capa L2: el enlace de retardo de conmutación entre los nodos de entrada y salida A'21 y A'22 es A'L'2.
- 30 El par de enlaces de retardo adaptativo correspondiente entre las capas L0 y L1 es A'L'01 y A'L'10.
- El par de enlaces de retardo adaptativo correspondiente entre las capas L2 y L2 es A'L'12 y A'L'21.
- El par de nodos virtuales A'2'1' y A'2'2' son los nodos espejo de A'21 y A'22, respectivamente; A'L'2' es el enlace de retardo de conmutación de espejo de A'L'2, y el valor de retardo para A'L'2' debe ser el mismo que el de A'L'2; A'L'02 y A'L'20 consiste del par de enlaces de retardo adaptativo entre las capas L0 y L2; y, el par de nodos A'2'1' y A'2'2' y el enlace de retardo de conmutación A'L'2' entre este par de nodos, así como el par de enlaces de retardo adaptativo A'L'02 y A' L'20, se utilizan para describir el tipo de programación de servicio de L0-L2 $\times$ L2-L0 que va desde la capa L0 a la capa L2 y no pasa a través de la capa L1.
- 35 Por supuesto, cuando el nodo del dispositivo físico actúa como un nodo intermedio de una conexión de servicio o enlace virtual OVPN y tiene más de tres enlaces físicos externos de fibra óptica, el modelo de retardo de virtualización abstraído del nodo de red físico se describe en la Fig. 7.
- 40 1. Un nodo físico, en el sentido de un dispositivo de red, se abstrae en una estructura de modelo de virtualización en una región mostrada por el gran círculo punteado discontinuo.
2. La línea discontinua en la línea punteada discontinua representa una expansión similar del modelo de virtualización del nodo físico con el aumento del número de enlaces físicos externos de fibra óptica de este nodo físico.
- 45 3. La definición de la matriz de retardo de conmutación en esta figura es la misma que la de la Fig. 6.
4. Cabe señalar que los nodos virtuales utilizados para representar los puertos físicos del enlace de fibra óptica en el modo de retardo de virtualización deben estar emparejados entre sí y conectados a una matriz de retardo de conmutación a través de dos enlaces virtuales internos.
- 50 5. Esta estructura de modelo garantiza que, en caso de que un servicio pase a través de un nodo intermedio con una capacidad de programación híbrida L2/L1/L0, el servicio debe pasar a través de una matriz de conmutación de retardo interno al pasar por cualquier par de puertos físicos de enlace de fibra óptica de entrada

y salida de este nodo. En consecuencia, el retardo generado por el servicio al pasar por este nodo se expresa con precisión en forma de estructura del modelo utilizando el lenguaje topológico del mapa.

Basado en los modelos de retardo de virtualización descritos en las Figs. 4-7, si se supone que A, C y E en el "mapa topológico de atributo de retardo OTN" en la Fig. 2 son nodos de elementos de red físicos con una función de programación híbrida L0/L1/L2 y los nodos Banda D son nodos de elementos de red físicos con solo una función de programación L0, en un escenario específico, la Fig. 2 se puede resumir y definir como el modelo de retardo de virtualización en la Fig. 8 o 9. La Fig. 8 muestra un modelo de retardo de virtualización correspondiente a la optimización del retardo de ruta cuando los nodos de elementos de red físicos A y E actúan como primer o último nodo de una conexión de servicio o enlace virtual OVPN, respectivamente. La Fig. 9 muestra un modelo de retardo de virtualización correspondiente a la optimización del retardo de ruta cuando los nodos de elementos de red físicos B y D actúan como primer o último nodo de una conexión de servicio o enlace virtual OVPN, respectivamente. Los nodos en los modelos de retardo de virtualización a la derecha de las Figs. 8 y 9 son nodos topológicos del mapa con el mismo significado lógico algorítmico en el mapa topológico; y los enlaces en los modelos de retardo de virtualización a la derecha de las Figs. 7 y 8 son enlaces topológicos de mapas con el mismo significado de lógica algorítmica en el mapa topológico.

Una realización de la presente invención proporciona un método para la virtualización de un nodo de elemento de red físico. Como se muestra en la Fig. 10, el método de optimización del retardo de ruta, basado en el modelo de retardo de virtualización generado anteriormente, incluye las siguientes etapas.

En una etapa de S201, se establece una estructura de enlace de retardo de conmutación correspondiente a un enlace de programación del nodo de elemento de red físico, donde el enlace de programación es un enlace que permite programar un servicio en una capa de conmutación correspondiente cuando el servicio pasa a través del nodo de elemento de red físico, mientras que los retardos de conmutación de las capas de conmutación son diferentes entre sí.

En una etapa de S202, se genera un modelo de retardo de virtualización del nodo de elemento de red físico de acuerdo con el enlace físico y la estructura del enlace de retardo de conmutación.

En una etapa de 203, se genera un mapa topológico de retardo de red virtual de la red de transporte óptica de acuerdo con el modelo de retardo de virtualización de cada nodo de elemento de red físico en la red de transporte óptica.

En una etapa de S204, se realiza un recorrido en las ramas de la ruta del mapa topológico de retardo de la red virtual y se realiza una optimización del retardo de ruta.

En esta realización de la presente invención, el modelo de retardo de virtualización se introduce en la red de transporte óptica, de modo que el problema de que la topología de la red física OTN en la tecnología existente no puede cubrir diversos retardos de conmutación aparecidos cuando un servicio pasa a través de diferentes capas de conmutación del nodo de elemento de red de programación híbrida se puede resolver de manera efectiva sobre la base de la optimización del retardo de ruta, y los requisitos para el cálculo de la ruta de retardo más corta se pueden satisfacer de manera efectiva en los escenarios de aplicación de la tecnología de segmentación 5G.

En algunas realizaciones, la estructura de enlace de retardo de conmutación es al menos una matriz de retardo de conmutación. La optimización del retardo de ruta puede incluir además las siguientes etapas.

Durante el recorrido del nodo topológico actual de la ruta actual, si un nodo topológico actual y un nodo topológico del siguiente salto del nodo topológico actual pertenecen a un mismo nodo de elemento de red físico, pero pertenecen a diferentes matrices de retardo de conmutación, el nodo topológico del siguiente salto se omite y el recorrido continúa en otros nodos topológicos del siguiente salto.

Tomando el escenario de red descrito en la Fig. 9 como ejemplo, las etapas de optimización del retardo de ruta de la conexión de servicio o mapeo de enlace virtual OVPN son los siguientes.

En la etapa 1, la topología de red en la Fig. 2 se convierte en una topología de retardo de red virtual a la derecha de la Fig. 9.

En la etapa 2, un motor de algoritmo calcula una ruta de optimización del retardo entre los nodos B' y D', tomando la optimización del retardo como función objetivo.

En una etapa 3, durante un recorrido realizado en ramas de ruta con un algoritmo Dijkstra o KSP, cuando se pasa a través de un nodo en una determinada topología, se determina el atributo de un nodo del siguiente salto a este nodo.

En la etapa 4, si el nodo topológico del siguiente salto y los nodos topológicos por los que se ha pasado en esta ruta pertenecen a un mismo nodo de elemento de red físico (por ejemplo, el círculo punteado discontinuo

indicado por el nodo A a la derecha de la Fig. 9) pero pertenecen a diferentes matrices de retardo de conmutación, este nodo topológico se omite (esta etapa se utiliza para evitar una situación en la que "la autocirculación de la ruta se forma en una topología virtual que pertenece a un mismo nodo físico, en el proceso de cálculo con un algoritmo). Por ejemplo, como se muestra en la Fig. 11, se omitirá una rama del siguiente salto marcada con "X" del nodo topológico A2', y el algoritmo seleccionará una rama del siguiente salto marcada con "√". De lo contrario, la ruta de retardo entre los nodos B' y D' formará un bucle en la topología virtual de A.

En la etapa 5, el recorrido continúa en otros nodos del siguiente salto hasta este nodo, hasta que se encuentra un nodo del siguiente salto que no satisface la condición de la etapa 4.

En una etapa 6, se continúa el cálculo de acuerdo con el mecanismo de procesamiento con el algoritmo Dijkstra o KSP.

Una realización de la presente invención proporciona un dispositivo para la virtualización de un nodo de elemento de red físico. Como se muestra en la Fig. 12, el dispositivo incluye los siguientes módulos.

Un módulo de mapeo de enlace de programación 1201 está configurado para establecer una estructura de enlace de retardo de conmutación correspondiente a un enlace de programación del nodo de elemento de red físico, donde el enlace de programación es un enlace que permite programar un servicio en una capa de conmutación correspondiente cuando el servicio pasa a través del nodo de elemento de red físico.

Un módulo de generación 1202 está configurado para generar un modelo de retardo de virtualización del nodo de elemento de red físico de acuerdo con la estructura del enlace de retardo de conmutación.

En esta realización de la presente invención, al establecer una estructura de enlace de retardo de conmutación para un enlace de programación de un nodo de elemento de red, se puede generar un modelo de retardo de virtualización del nodo de elemento de red físico de acuerdo con la estructura de enlace de retardo de conmutación. En consecuencia, el problema de que la topología de una red móvil (particularmente una red física OTN) en la tecnología existente no puede cubrir diversos retardos de conmutación que aparecen cuando un servicio pasa a través de diferentes capas de conmutación del nodo de elemento de red de programación híbrida se puede resolver de manera efectiva, y los requisitos para el cálculo de la ruta de retardo más corta se pueden satisfacer de manera efectiva en los escenarios de aplicación de la tecnología de segmentación 5G.

En algunas realizaciones, la estructura de enlace de retardo de conmutación es al menos una matriz de retardo de conmutación, y el módulo de mapeo de enlace de programación 1201 está configurado además para: establecer una matriz de retardo de conmutación correspondiente al enlace de programación del nodo de elemento de red físico cuando el nodo de elemento de red físico es un primer nodo o un último nodo; y establecer, entre cada dos enlaces físicos, una matriz de retardo de conmutación correspondiente al enlace de programación del nodo de elemento de red físico cuando el nodo de elemento de red físico es un nodo intermedio.

En algunas realizaciones, la capa de conmutación es una capa de modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI); y, durante el establecimiento de una matriz de retardo de conmutación correspondiente al enlace de programación del nodo de elemento de red físico, el módulo de mapeo de enlace físico 1202 está configurado para establecer una pluralidad de capas virtuales de acuerdo con la capa de modelo OSI del nodo de elemento de red físico, establecer enlaces de retardo adaptativos entre capas entre la pluralidad de capas virtuales de acuerdo con el enlace de programación, y establecer la matriz de retardo de conmutación de acuerdo con la pluralidad de capas virtuales y los enlaces de retardo adaptativos entre capas.

En algunas realizaciones, la capa de modelo OSI incluye una capa L0, una capa L1 y una capa L2; y, la pluralidad de capas virtuales incluye una primera capa virtual correspondiente a la capa L0, una segunda capa virtual correspondiente a la capa L1 y una tercera capa virtual correspondiente a la capa L2.

En algunas realizaciones, la tercera capa virtual incluye una primera subcapa virtual y una segunda subcapa virtual; y, durante el establecimiento de enlaces de retardo adaptativo entre capas entre la pluralidad de capas virtuales, el módulo de mapeo de enlaces de programación 1201 está configurado para: establecer un primer enlace de retardo adaptativo entre capas entre la primera capa virtual y la segunda capa virtual, establecer un segundo enlace de retardo adaptativo entre capas entre la segunda capa virtual y la primera subcapa virtual, y establecer un tercer enlace de retardo adaptativo entre capas entre la primera subcapa virtual y la segunda subcapa virtual.

En algunas realizaciones, durante el establecimiento de una pluralidad de capas virtuales de acuerdo con la capa de modelo OSI del nodo de elemento de red físico, el módulo de mapeo de enlaces de programación 1201 está configurado para: establecer una pluralidad de nodos virtuales de acuerdo con la capa de modelo OSI cuando el nodo de elemento de red físico es un primer nodo o un último nodo, formando cada uno de los nodos virtuales una capa virtual; y establecer una pluralidad de capas virtuales de acuerdo con la capa de modelo OSI cuando el nodo de elemento de red físico es un nodo intermedio, estando compuesta cada una de

las capas virtuales por un par de nodos virtuales, y establecer un enlace de retardo adaptativo entre capas entre el par de nodos virtuales de cada una de las capas virtuales.

En algunas realizaciones, el par de nodos virtuales incluye un primer nodo virtual y un segundo nodo virtual; el enlace de retardo adaptativo entre capas entre dos capas virtuales cualesquiera incluye un primer enlace de retardo adaptativo entre capas y un segundo enlace de retardo adaptativo entre capas; y, durante el establecimiento de enlaces de retardo adaptativos entre capas entre la pluralidad de capas virtuales, el módulo de mapeo de enlaces de programación 1202 se configura además para: establecer el primer enlace de retardo adaptativo entre capas entre los primeros nodos virtuales de cualesquiera dos capas virtuales, y establecer el segundo enlace de retardo adaptativo entre capas entre segundos nodos virtuales de cualquiera de las dos capas virtuales.

En algunas realizaciones, el dispositivo incluye además un módulo de mapeo de enlace físico configurado para: cuando la primera capa virtual está compuesta por un nodo virtual, establecer un enlace físico del nodo de elemento de red físico en este nodo virtual; cuando la primera capa virtual esté compuesta por un par de nodos virtuales, establecer un enlace físico del nodo de elemento de red físico en cada uno de los dos nodos virtuales en este par de nodos virtuales; o, establecer un nodo virtual externo correspondiente a cada puerto físico del nodo de elemento de red físico, establecer un enlace físico del nodo de elemento de red físico en cada nodo virtual externo y establecer, en cada uno de los dos nodos virtuales del par de nodos virtuales, un enlace virtual interno para conectar los nodos virtuales externos correspondientes.

En alguna realización, el dispositivo incluye además un módulo de optimización de retardo configurado para generar un mapa topológico de retardo de red virtual de la red de transporte óptica de acuerdo con el modelo de retardo de virtualización de cada nodo de elemento de red físico en la red de transporte óptica, recorrer ramas de la ruta del mapa topológico de retardo de la red virtual y realizar la optimización de retardo de ruta.

En algunas realizaciones, la estructura de enlace de retardo de conmutación es al menos una matriz de retardo de conmutación; el módulo de optimización de retardo está configurado para realizar optimización de retardo de ruta, y además configurado para: durante el recorrido del nodo topológico actual de la ruta actual, si un nodo topológico del siguiente salto del nodo topológico actual y el nodo topológico actual pertenece al mismo nodo de elemento de red físico pero que pertenecen a diferentes matrices de retardo de conmutación, omite el nodo topológico del siguiente salto y continúa recorriendo otros nodos topológicos del siguiente salto.

Una realización de la presente invención proporciona además un aparato de nodo de elemento de red físico. Como se muestra en la Fig. 13, el aparato incluye una memoria 1301 y un procesador 1302, la memoria 1301 almacena un programa informático para la virtualización del nodo de elemento de red físico, y el procesador 1302 ejecuta el programa informático para implementar el método para la virtualización del nodo de elemento de red físico proporcionado en las realizaciones de la presente invención.

Una realización de la presente invención proporciona un medio de almacenamiento legible por ordenador. El medio de almacenamiento legible por ordenador almacena un programa informático. El programa informático puede ser ejecutado por al menos un procesador, para implementar el método de virtualización del nodo de elemento de red físico proporcionado en las realizaciones de la presente invención.

Cabe señalar que, en este contexto, los términos "comprende", "incluye" o cualquier otra variante de los mismos pretenden abarcar inclusiones no exclusivas tales como un proceso, método, artículo o aparato que incluye una serie de elementos incluidos no sólo esos elementos, sino también otros elementos que no están explícitamente enumerados, o elementos inherentes a dicho proceso, método, artículo o aparato. Sin más limitaciones, el/los elemento(s) definido(s) por la declaración "comprenden un ...," no excluyen elementos idénticos adicionales en el proceso, método, artículo o aparato que incluye el elemento.

El número de realización anterior de la presente invención es simplemente para descripción y no representa las ventajas o desventajas de la realización.

Con la descripción de las realizaciones anteriores, un experto en la técnica comprenderá claramente que el método de las realizaciones anteriores puede implementarse mediante software más una plataforma de hardware general necesaria y, por supuesto, también puede implementarse mediante hardware, pero en muchos casos la primera es una mejor implementación. Sobre la base de tal comprensión, los esquemas técnicos de la presente invención, esencialmente o una porción de la tecnología que contribuye a la tecnología existente, pueden incorporarse en forma de un producto de software almacenado en un medio de almacenamiento (por ejemplo, una ROM/RAM, un disco magnético, un disco óptico), que incluye varias instrucciones para hacer que un terminal (que puede ser un teléfono móvil, un ordenador, un servidor, un aire acondicionado o un aparato de red, etc.) realice los métodos descritos en las diversas realizaciones de la presente invención.

Las realizaciones de la presente invención se han descrito anteriormente con referencia a los dibujos adjuntos, pero la presente invención no se limita a las realizaciones mencionadas anteriormente, las realizaciones mencionadas anteriormente son meramente ilustrativas pero no limitantes, y los expertos en la técnica,

inspirados en la presente invención, pueden realizar diversas formas sin apartarse del alcance de los propósitos y reivindicaciones de la presente invención, todas las cuales caen dentro de la protección de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la virtualización de un nodo de elemento de red físico, que comprende las etapas de:

establecer (S101, S201) una estructura de enlace de retardo de conmutación correspondiente a un enlace de programación del nodo de elemento de red físico, en donde el enlace de programación es un enlace que permite programar un servicio en una capa de conmutación correspondiente cuando el servicio pasa a través del nodo de elemento de red físico; y

generar un modelo de retardo de virtualización del nodo de elemento de red físico de acuerdo con la estructura del enlace de retardo de conmutación;

el método caracterizado porque
- 10 la estructura de enlace de retardo de conmutación es al menos una matriz de retardo de conmutación, y la etapa de establecer (S101, S201) una estructura de enlace de retardo de conmutación correspondiente a un enlace de programación del nodo de elemento de red físico comprende:

cuando el nodo de elemento de red físico es un primer nodo o un último nodo, establecer una matriz de retardo de conmutación correspondiente al enlace de programación del nodo de elemento de red físico; y
- 15 cuando el nodo de elemento de red físico es un nodo intermedio, establecer, entre cada dos enlaces físicos, una matriz de retardo de conmutación correspondiente al enlace de programación del nodo de elemento de red físico.
2. El método de la reivindicación 1, en el que la capa de conmutación es una capa de modelo OSI de interconexión de sistema abierto; la etapa de establecer una matriz de retardo de conmutación correspondiente a un enlace de programación del nodo de elemento de red físico comprende:

establecer una pluralidad de capas virtuales de acuerdo con la capa del modelo OSI del nodo de elemento de red físico;

establecer una pluralidad de enlaces de retardo adaptativos entre capas entre la pluralidad de capas virtuales de acuerdo con el enlace de programación; y
- 25 establecer la matriz de retardo de conmutación de acuerdo con la pluralidad de capas virtuales y los enlaces de retardo adaptativos entre capas.
3. El método de la reivindicación 2, en el que la capa de modelo OSI comprende una capa L0, una capa L1 y una capa L2; la pluralidad de capas virtuales comprende una primera capa virtual correspondiente a la capa L0, una segunda capa virtual correspondiente a la capa L1 y una tercera capa virtual correspondiente a la capa L2.
- 30 4. El método de la reivindicación 3, en el que la tercera capa virtual comprende una primera subcapa virtual y una segunda subcapa virtual, y la etapa de establecer una pluralidad de enlaces de retardo adaptativos entre capas entre la pluralidad de capas virtuales comprende:

establecer un primer enlace de retardo adaptativo entre capas entre la primera capa virtual y la segunda capa virtual;

establecer un segundo enlace de retardo adaptativo entre capas entre la segunda capa virtual y la primera subcapa virtual; y

establecer un tercer enlace de retardo adaptativo entre capas entre la primera subcapa virtual y la segunda subcapa virtual.
- 40 5. El método de la reivindicación 2, en el que la etapa de establecer una pluralidad de capas virtuales de acuerdo con la capa del modelo OSI del nodo de elemento de red físico comprende:

cuando el nodo de elemento de red físico es un primer nodo o un último nodo, establecer una pluralidad de nodos virtuales de acuerdo con la capa del modelo OSI, formando cada uno de los nodos virtuales una capa virtual; y
- 45 cuando el nodo de elemento de red físico es un nodo intermedio, establecer una pluralidad de capas virtuales de acuerdo con la capa del modelo OSI, estando compuesta cada una de las capas virtuales por un par de nodos virtuales, y establecer un enlace de retardo adaptativo entre capas entre el par de nodos virtuales de cada una de las capas virtuales.
6. El método de la reivindicación 5, en el que el par de nodos virtuales comprende un primer nodo virtual y un segundo nodo virtual; el enlace de retardo adaptativo entre capas entre dos capas virtuales cualesquiera

comprenden un primer enlace de retardo adaptativo entre capas y un segundo enlace de retardo adaptativo entre capas; y la etapa de establecer una pluralidad de enlaces de retardo adaptativos entre capas entre la pluralidad de capas virtuales comprende, además:

- 5 establecer el primer enlace de retardo adaptativo entre capas entre los primeros nodos virtuales de cualesquiera dos capas virtuales, y establecer el segundo enlace de retardo adaptativo entre capas entre segundos nodos virtuales de cualesquiera dos capas virtuales.

7. El método de la reivindicación 3 o 4, que comprende además:

cuando la primera capa virtual está compuesta por un nodo virtual, establecer un enlace físico del nodo de elemento de red físico en este nodo virtual; y

- 10 cuando la primera capa virtual está compuesta por un par de nodos virtuales, establecer un enlace físico del nodo de elemento de red físico en cada uno de los dos nodos virtuales en el par de nodos virtuales; o, establecer un nodo virtual externo correspondiente a cada puerto físico del nodo de elemento de red físico, establecer un enlace físico del nodo de elemento de red físico en cada nodo virtual externo, y establecer, en cada uno de los dos nodos virtuales del par de nodos virtuales, un enlace virtual interno para conectar los nodos virtuales
15 externos correspondientes.

8. El método de una cualquiera de una las reivindicaciones 1 a 7, después de la etapa de generar un modelo de retardo de virtualización del nodo de elemento de red físico de acuerdo con la estructura de enlace de retardo de conmutación, que comprende:

- 20 generar un mapa topológico de retardo de red virtual de una red de transporte óptica de acuerdo con el modelo de retardo de virtualización de cada nodo de elemento de red físico en la red de transporte óptica; y

recorrer todas las ramas de ruta del mapa topológico de retardo de la red virtual y realizar la optimización del retardo de ruta.

9. El método de la reivindicación 8, en el que la estructura del enlace de retardo de conmutación es al menos una matriz de retardo de conmutación, y la etapa de realizar la optimización del retardo de ruta comprende:

- 25 durante el recorrido de un nodo topológico actual de una ruta actual, si un nodo topológico del siguiente salto del nodo topológico actual y el nodo topológico actual pertenecen a un mismo nodo de elemento de red físico y pertenecen a diferentes matrices de retardo de conmutación, omitir el nodo topológico del siguiente salto, y continuar recorriendo otros nodos topológicos del siguiente salto.

10. Un dispositivo para virtualización de un nodo de elemento de red físico, que comprende:

- 30 un módulo de mapeo de enlace de programación (1201) configurado para establecer una estructura de enlace de retardo de conmutación correspondiente a un enlace de programación del nodo de elemento de red físico, en donde el enlace de programación es un enlace que permite programar un servicio en una capa de conmutación correspondiente cuando pasa el servicio a través del nodo de elemento de red físico; y

- 35 un módulo de generación (1202) configurado para generar un modelo de retardo de virtualización del nodo de elemento de red físico de acuerdo con la estructura del enlace de retardo de conmutación;

el dispositivo caracterizado porque

- 40 la estructura de enlace de retardo de conmutación es al menos una matriz de retardo de conmutación, y el módulo de mapeo de enlace de programación (1201) está configurado además para: establecer una matriz de retardo de conmutación correspondiente al enlace de programación del nodo de elemento de red físico cuando el nodo de elemento de red físico es un primer nodo o un último nodo; y establecer, entre cada dos enlaces físicos, una matriz de retardo de conmutación correspondiente al enlace de programación del nodo de elemento de red físico cuando el nodo de elemento de red físico es un nodo intermedio.

- 45 11. El dispositivo de la reivindicación 10, en el que la capa de conmutación es una capa de modelo OSI de interconexión de sistema abierto; y, durante el establecimiento de una matriz de retardo de conmutación correspondiente al enlace de programación del nodo de elemento de red físico, el módulo de mapeo de enlace físico (1201) está configurado para: establecer una pluralidad de capas virtuales de acuerdo con la capa de modelo OSI del nodo de elemento de red físico, establecer una pluralidad de enlaces de retardo adaptativos entre capas entre la pluralidad de capas virtuales de acuerdo con el enlace de programación, y establecer la matriz de retardo de conmutación de acuerdo con la pluralidad de capas virtuales y los enlaces de retardo
50 adaptativos entre capas.

12. El dispositivo de la reivindicación 11, en el que la capa de modelo OSI comprende una capa L0, una capa L1 y una capa L2; y la pluralidad de capas virtuales comprende una primera capa virtual correspondiente a la

capa L0, una segunda capa virtual correspondiente a la capa L1 y una tercera capa virtual correspondiente a la capa L2.

- 5 13. El dispositivo de la reivindicación 12, en el que la tercera capa virtual comprende una primera subcapa virtual y una segunda subcapa virtual; y, durante el establecimiento de una pluralidad de enlaces de retardo adaptativos entre capas entre la pluralidad de capas virtuales, el módulo de mapeo de enlaces de programación (1201) está configurado para: establecer un primer enlace de retardo adaptativo entre capas entre la primera capa virtual y la segunda capa virtual, establecer un segundo enlace de retardo adaptativo entre capas entre la segunda capa virtual y la primera subcapa virtual, y establecer un tercer enlace de retardo adaptativo entre capas entre la primera subcapa virtual y la segunda subcapa virtual.
- 10 14. El dispositivo de la reivindicación 11, en el que durante el establecimiento de una pluralidad de capas virtuales de acuerdo con la capa del modelo OSI del nodo de elemento de red físico, el módulo de mapeo de enlaces de programación (1201) está configurado para: establecer una pluralidad de nodos virtuales de acuerdo con la capa del modelo OSI cuando el nodo de elemento de red físico es un primer nodo o un último nodo, formando cada uno de los nodos virtuales una capa virtual; y establecer una pluralidad de capas virtuales de
15 acuerdo con la capa del modelo OSI cuando el nodo de elemento de red físico es un nodo intermedio, cada una de las capas virtuales está compuesta por un par de nodos virtuales, y establecer un enlace de retardo adaptativo entre capas entre el par de nodos virtuales de cada una de las capas virtuales.
- 20 15. Un medio de almacenamiento legible por ordenador que almacena un programa informático para la virtualización de un nodo de elemento de red físico, en el que el programa informático es ejecutable mediante al menos un procesador, para implementar las etapas del método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

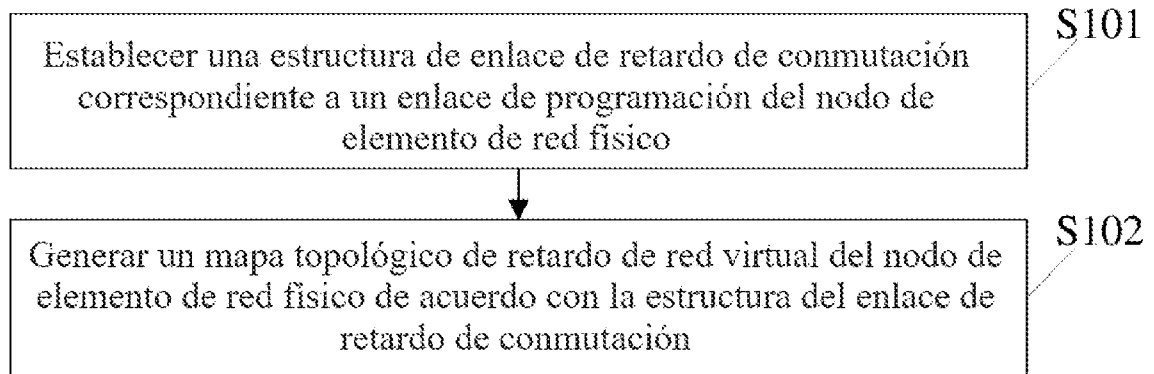


FIG. 1

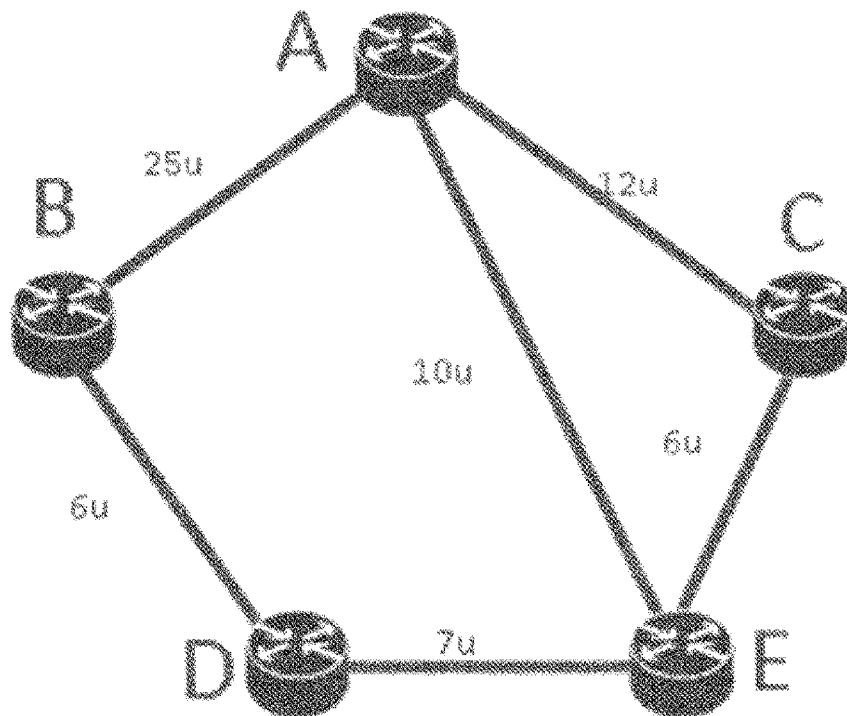


FIG. 2

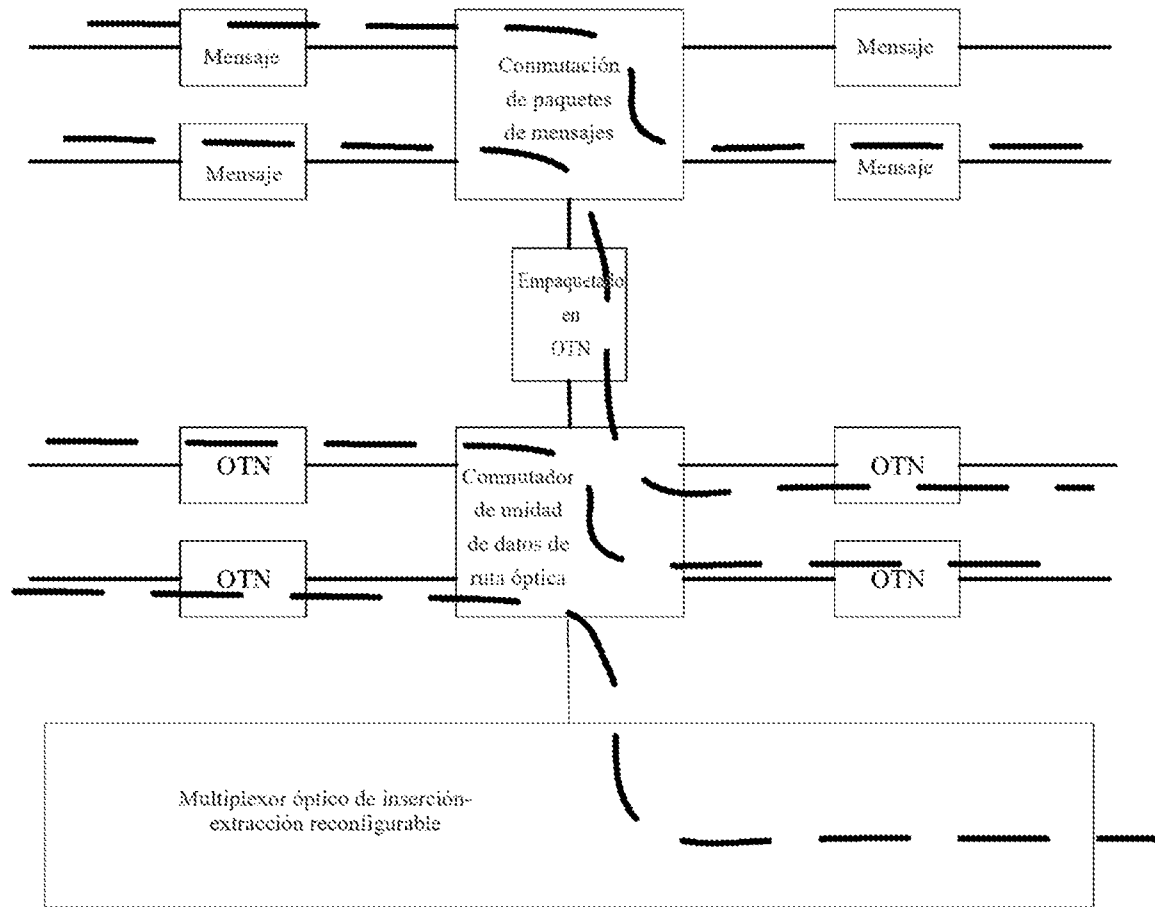


FIG. 3

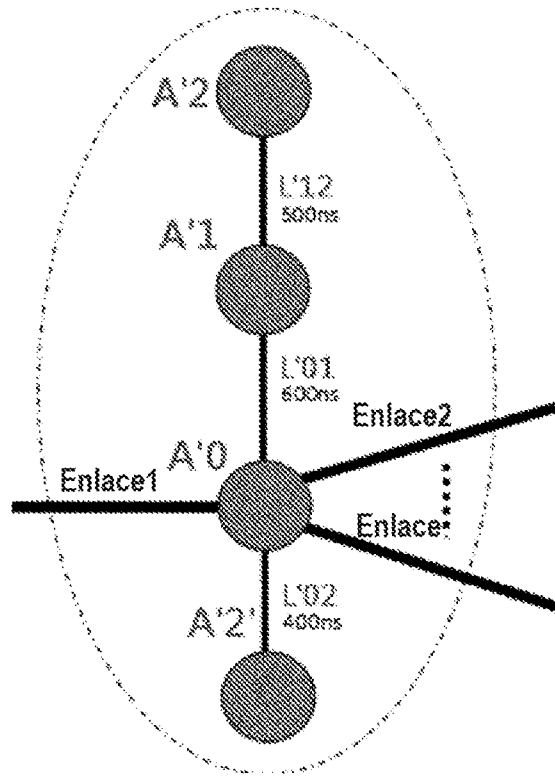


FIG. 4

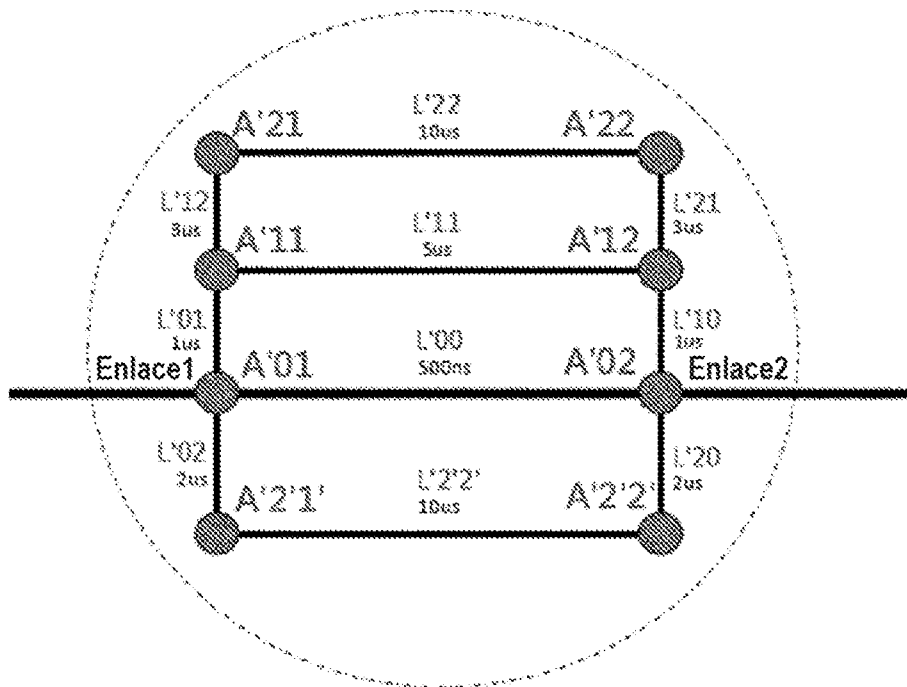


FIG. 5

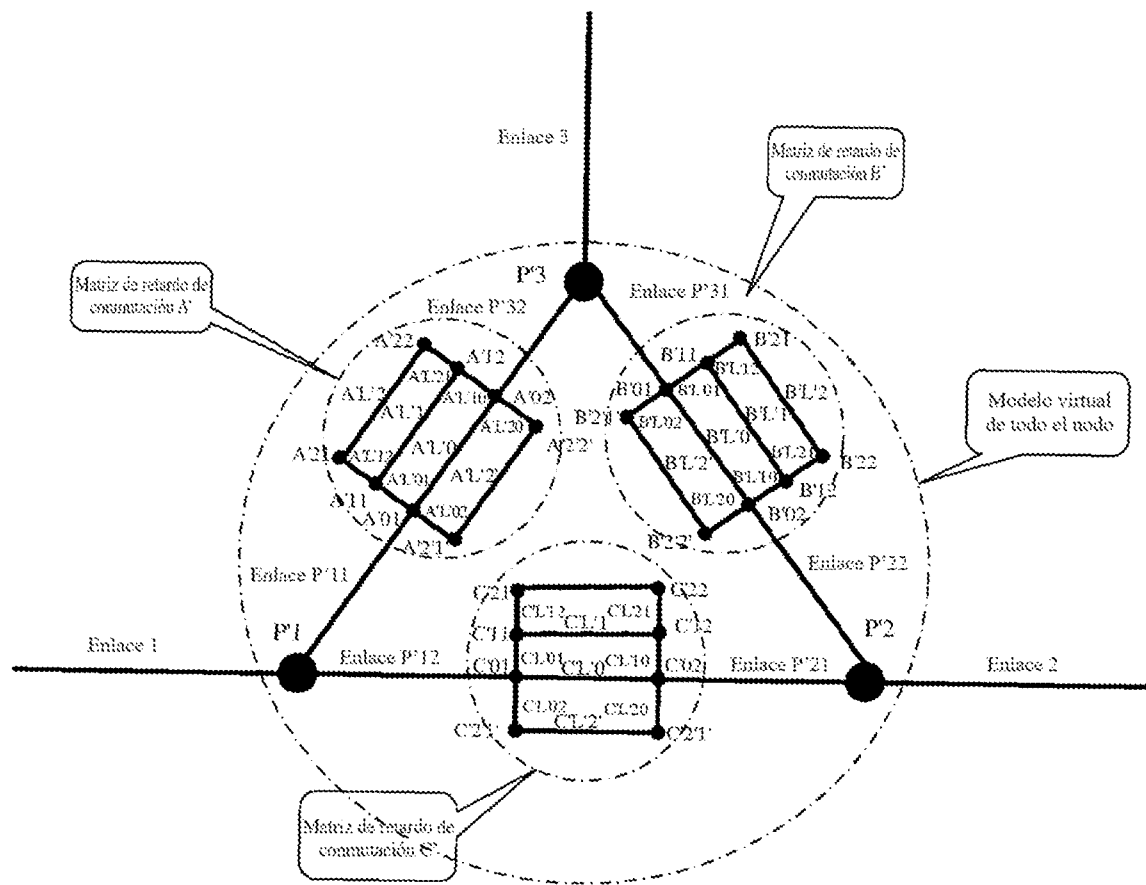


FIG. 6

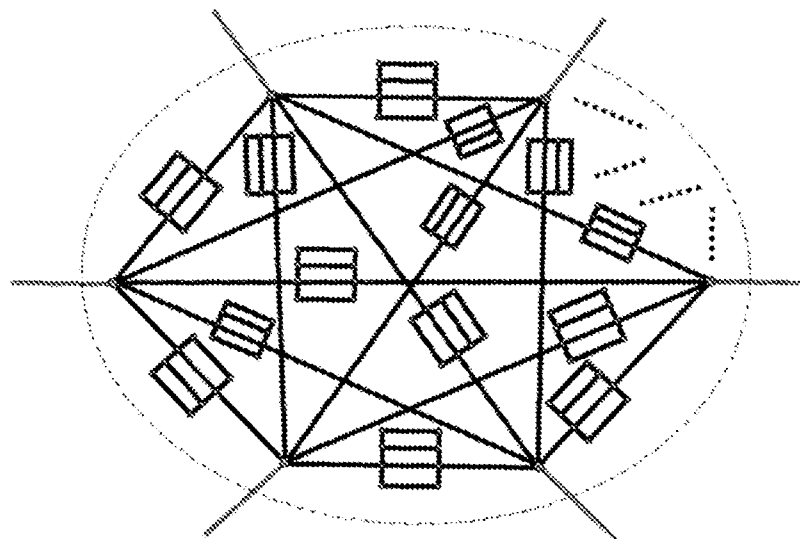


FIG. 7

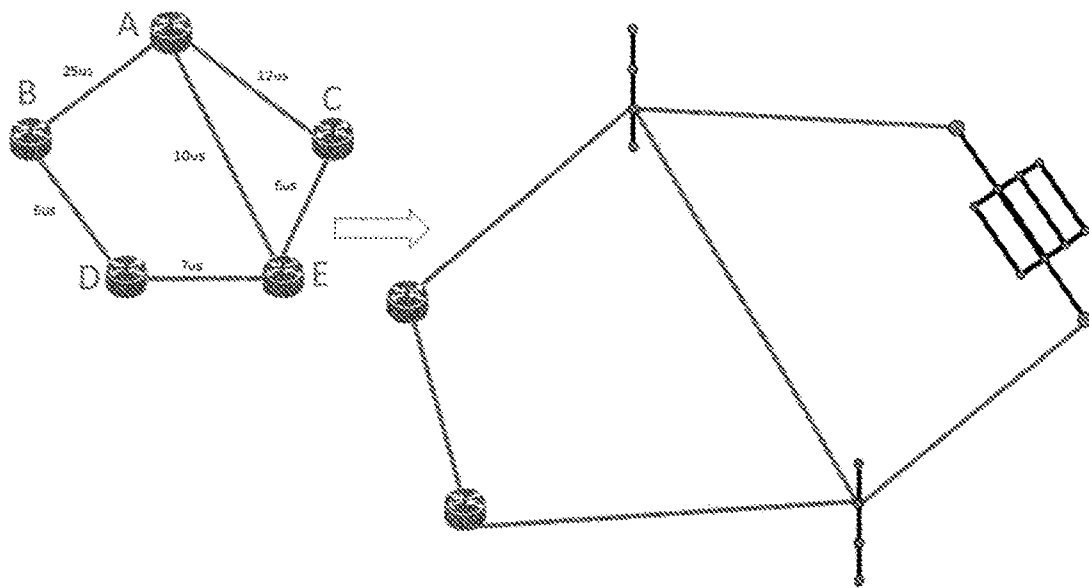


FIG. 8

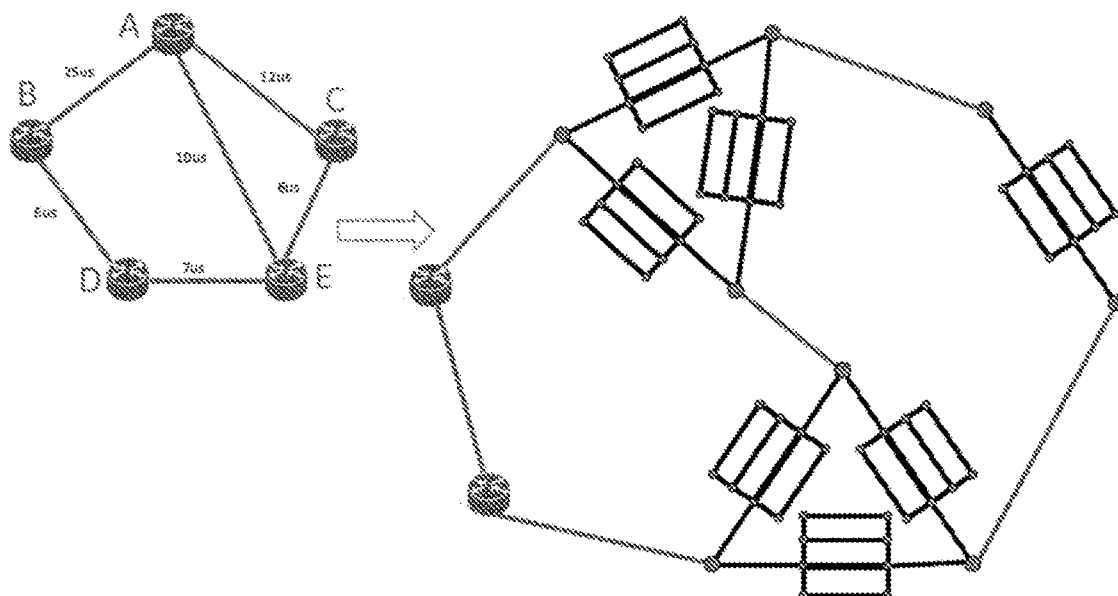


FIG. 9

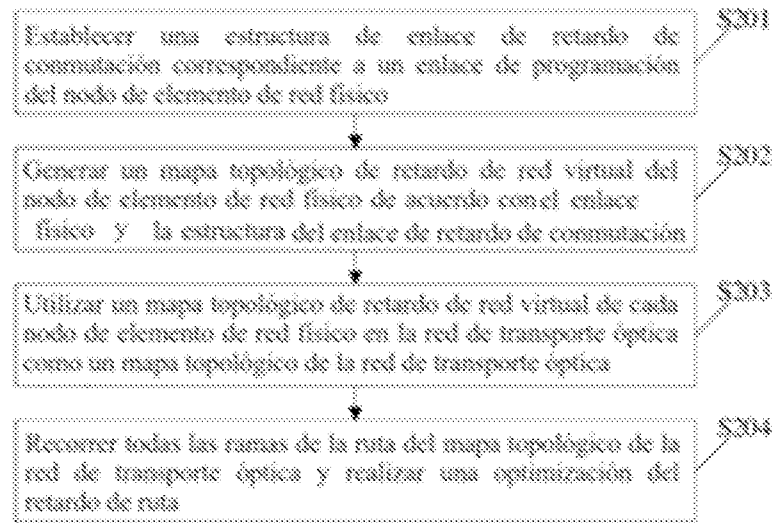


FIG. 10

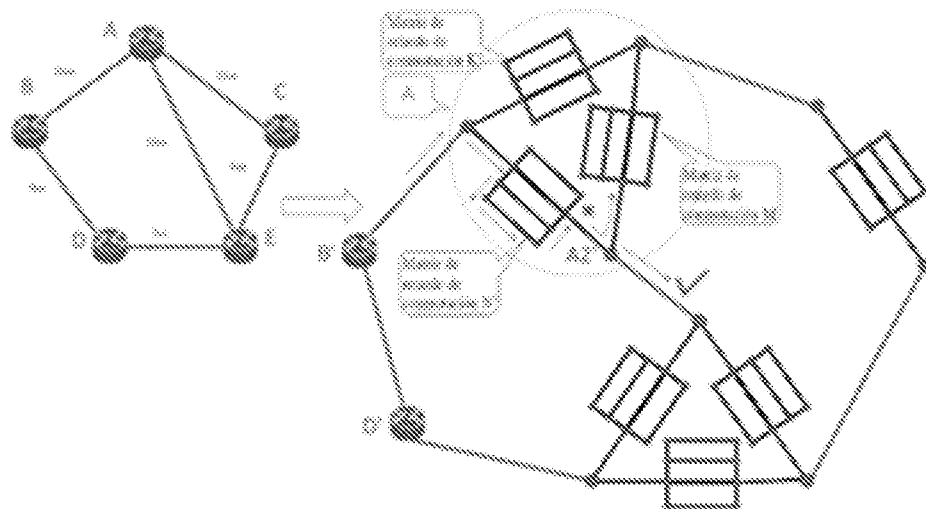


FIG. 11

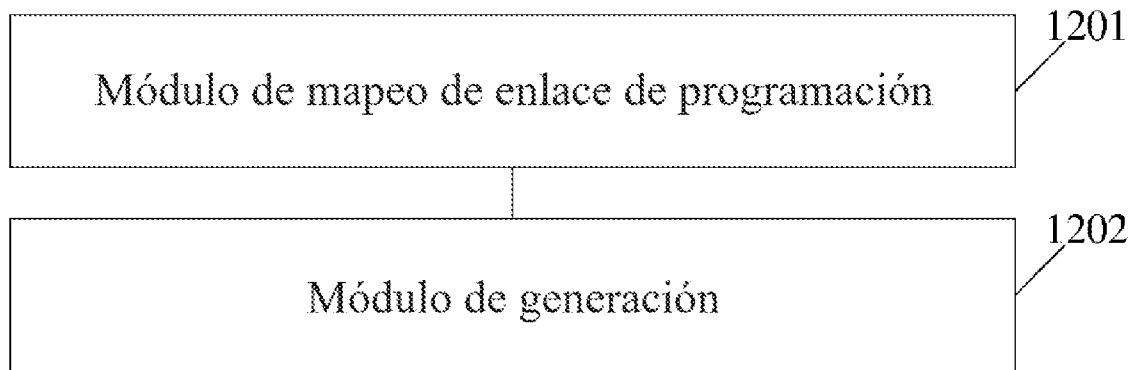


FIG. 12

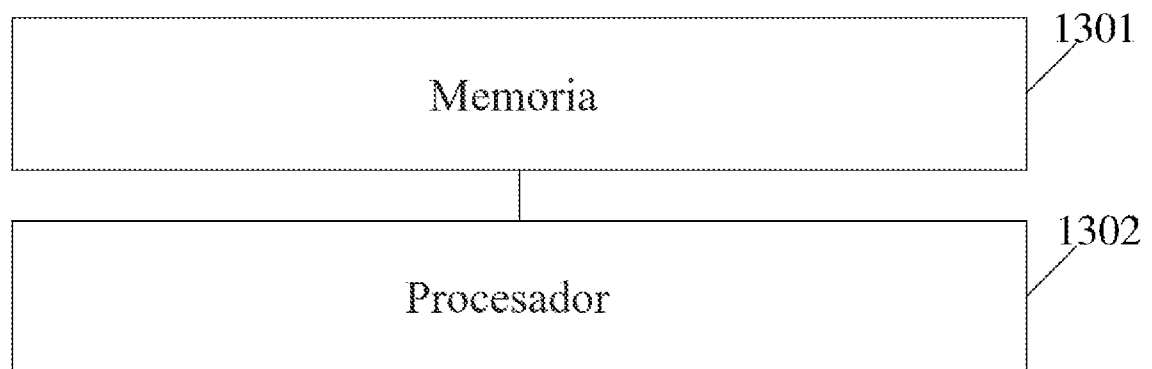


FIG. 13