

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 842 446**

51 Int. Cl.:

H04L 12/925 (2013.01)

H04L 12/715 (2013.01)

H04L 12/721 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.02.2017 PCT/CN2017/073406**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.09.2017 WO17152735**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2017 E 17762421 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.10.2020 EP 3429142**

54 Título: **Método y sistema para implementar una función de SDO, y sistema de SDON**

30 Prioridad:

11.03.2016 CN 201610139937

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

14.07.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**WANG, DAJIANG y
WANG, ZHENYU**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 842 446 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 sistema para implementar una función de SDO, y sistema de SDON

5 **Campo técnico**

La presente divulgación se refiere al campo de la comunicación a través de una red óptica y en particular a un método para implementar Definición de Software de un dispositivo Óptico (SDO), un controlador de múltiples dominios de una Red Óptica Definida por Software (SDON) y un controlador de un solo dominio de la SDON.

10 **Antecedentes**

En el campo de la comunicación óptica, hace años que en la industria se ha iniciado la investigación en la transmisión más allá de 100 Gigabytes por segundo (Gb/s) para cumplir con un mayor ancho de banda de transmisión, una mayor distancia de transmisión, mayor sensibilidad en la recepción, etc., y disminuir el coste de la transmisión óptica. Una era de transmisión óptica más allá de 100 G, tal como los de 400 Gb/s o incluso 1 Terabytes por segundo (Tb/s), etc., está a la vuelta de la esquina.

Una ventaja técnica y potencia de aplicar una red óptica elástica más allá de 100 G no puede ponerse a pleno funcionamiento, si un modelo de un recurso (tal como un espectro, un ancho de banda, un modo de modulación, etc.) de una red óptica que puede planificarse de forma flexible como se proporciona en una transmisión más allá de 100 G no puede programarse directamente según necesite un usuario de una capa de aplicación. En años recientes se ha lanzado una arquitectura de una red óptica basándose en una SDON, que permite que un usuario ajuste un recurso para la transmisión óptica de forma dinámica mediante programación de software, permitiendo una mejor adaptación a una demanda de un servicio, mejorando la utilización de una red. Con una arquitectura de red óptica basada en SDON, puede programarse un recurso para la transmisión óptica, tal como un dispositivo, un nodo, una red, etc.

La capacidad y característica para programar un recurso para la transmisión óptica puede basarse en la capacidad de programar un dispositivo óptico, que permite que un equipo de nodo se caracterice por una programabilidad flexible. Tal capacidad de programar puede estar abierta a un usuario de una capa de aplicación, para permitir que toda una red de transferencia óptica tenga una característica definida por software más fuerte, mejorando la utilización de recursos y rendimiento general de una red óptica, soportando más aplicaciones de red óptica. Por lo tanto, es de vital importancia implementar un dispositivo óptico programable.

Sin embargo, no ha habido ni ninguna solución específica ni una arquitectura de SON para soportar SDO en la industria. Un problema significativo que presiona por una solución en un control futuro de una transmisión óptica más allá de 100 G es como permitir, basándose en una arquitectura de SDON existente, que un usuario programe un recurso, tal como un modo de modulación, etc., de una red óptica elástica más allá de 100 G basándose en un atributo de ajuste de un dispositivo óptico.

De acuerdo con el documento EP 2 843 888 A1, un controlador centralizado proporciona una configuración de trayectoria de red de extremo a extremo dinámica a través de múltiples capas de red. En particular, el controlador centralizado gestiona una configuración de trayectoria de red de extremo a extremo que provisiona una trayectoria tanto en la capa de red de transporte (por ejemplo, óptica) y la capa de red de servicio (por ejemplo, IP/MPLS). El controlador centralizado realiza el cálculo de trayectoria para una trayectoria óptica en la capa de red de transporte y para una trayectoria en la capa red de servicio que transporta tráfico de red en la trayectoria de transporte óptica subyacente, basándose en información obtenida por parte del controlador centralizado de los componentes de red subyacentes en ambas capas.

El documento EP 1 659 729 A1 divulga un método para seleccionar una trayectoria de transmisión de datos de servicio en tiempo real, que comprende establecer una capa de control de portador independiente que comprende más de un gestor de recursos de red portadora entre una capa de control de servicio y una red portadora. El método comprende adicionalmente: después de que un gestor de recursos de red portadora de origen que se conecta a la capa de control de servicio recibe una petición de conexión para un servicio en tiempo real, seleccionar y determinar de forma ordenada, desde el gestor de recursos de red portadora de origen hacia un gestor de recursos de red portadora de destino, una trayectoria de ruta intra dominio para el servicio en tiempo real en un dominio de gestión que corresponde a cada gestor de recursos de red portadora, y una trayectoria de ruta inter dominio entre dominios de gestión adyacentes que corresponde a gestores de recursos de red portadora adyacentes. Basándose en diferentes estrategias se selecciona una trayectoria de transmisión de datos de servicio en tiempo real.

Sumario

Realizaciones en este documento proporcionan un método y sistema para implementar SDO, y un sistema de una SDON, capaz de permitir, basándose en una arquitectura de SDON existente, que un usuario programe un recurso de una red óptica elástica más allá de 100 G basándose en un atributo de ajuste de un dispositivo óptico, tal como

un modo de modulación, etc.

Las características del método y dispositivo de acuerdo con la presente divulgación se definen en las reivindicaciones independientes, y las características preferibles de acuerdo con la presente invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

El primer módulo de determinación, el primer módulo de encaminamiento/ajuste, el primer módulo de generación, el primer módulo de envío de peticiones, el segundo módulo de envío de peticiones, el segundo módulo de determinación, el primer módulo de modificación de parámetros, el tercer módulo de envío de peticiones y/o el cuarto módulo de envío de peticiones pueden implementarse por una unidad de procesamiento central (CPU), un procesador de señales digitales (DSP), un Campo de Matrices de Puertas Programables (FPGA), etc.

El primer módulo de recepción, el segundo módulo de encaminamiento/ajuste, el segundo módulo de generación, el segundo módulo de recepción y/o el segundo módulo de modificación de parámetros pueden implementarse mediante una CPU, un DSP, un FPGA, etc.

Efectos beneficiosos de las realizaciones en este documento son como se indican a continuación.

Con la solución, se diseña un sistema nuevo de una SDON basándose en cálculo de trayectoria de conexión de un controlador existente de una SDON. Se añade un ajuste de dispositivo óptico por salto de trayectoria sobre la base de arquitectura de un controlador de una SDON. Se añade el ajuste de trayectoria durante el establecimiento de una conexión de un servicio. Un atributo de un dispositivo óptico se define por software mediante un ajuste de atributos, implementando un mecanismo funcional importante de SDO, para permitir que un usuario de una capa de aplicación programe y defina un recurso de un dispositivo óptico elástico más allá de 100 G.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de flujo de acuerdo con una realización en este documento.

La Figura 2 es un diagrama de flujo de acuerdo con una realización en este documento.

La Figura 3 es un diagrama de flujo de acuerdo con una realización en este documento.

La Figura 4 es un diagrama de flujo de acuerdo con una realización en este documento.

La Figura 5 es un diagrama de bloques de una estructura global de acuerdo con una realización en este documento.

La Figura 6 es un diagrama de bloques de una estructura global de acuerdo con una realización en este documento.

La Figura 7 es un diagrama de una estructura de contenido de información sobre una entrada de Openflow de un parámetro para la configuración de un atributo de una conexión cruzada inter dominio en este documento.

Descripción detallada

Realizaciones ilustrativas en este documento se desarrollarán a continuación con referencia a los dibujos. Obsérvese que aunque realizaciones ilustrativas en este documento se muestran en los dibujos, la presente divulgación puede implementarse en diversas formas sin estar limitada por las realizaciones ilustradas en este documento. En su lugar, las realizaciones se proporcionan para permitir un completo entendimiento de la presente divulgación, y para ofrecer el alcance completo de la presente divulgación a los expertos en la materia.

Como se muestra en la Figura 1, un método para implementar Definición de Software de un dispositivo Óptico (SDO) de acuerdo con una realización en este documento puede aplicarse a un controlador de múltiples dominios de una Red Óptica Definida por Software (SDON) en un sistema de la SDON. El método incluye opciones como se indica a continuación.

En la opción 101, se recibe cuando una petición para establecer una conexión de un servicio enviado por una capa de aplicación, se determina si la petición para establecer la conexión del servicio es una petición para establecer una conexión de un servicio de cruce de dominios.

La petición para establecer la conexión del servicio puede incluir una restricción de encaminamiento en el encaminamiento de una conexión a establecer, una estrategia de ajuste salto a salto, etc. La restricción de encaminamiento puede incluir un atributo de servicio de Ancho de Banda por Demanda (BOD). La estrategia de ajuste salto a salto puede incluir información de petición de ajuste, tal como un modo de modulación, etc.

En la opción 102, cuando la petición es para un servicio de cruce de dominios, se ejecuta un algoritmo de encaminamiento y ajuste de acuerdo con la restricción de encaminamiento y la estrategia de ajuste salto a salto, y de acuerdo con información sobre el rendimiento de un nodo de dispositivo óptico en un límite de dominio e información sobre una petición para establecer una conexión de un servicio inter dominio. Tanto la información sobre el rendimiento del nodo de dispositivo óptico en el límite de dominio como la información sobre la petición para establecer la conexión del servicio inter dominio se incluyen en la petición para establecer la conexión del servicio.

Quando se determina que la petición para establecer la conexión del servicio es la petición para establecer la conexión del servicio de cruce de dominios, la petición para establecer la conexión del servicio de cruce de dominios puede dividirse en dos partes a procesar, es decir, una parte inter dominio y una parte dentro de un solo dominio. La opción procesa principalmente la petición para establecer la conexión del servicio de la parte inter dominio. Información sobre un recurso en una capa de red virtual de cruce de dominios puede tener que adquirirse en tiempo real. La información sobre el recurso en la capa de red virtual de cruce de dominios puede incluir información sobre el rendimiento de un nodo de dispositivo óptico en un límite de dominio. Por ejemplo, la información sobre el recurso en la capa de red virtual de cruce de dominios puede incluir información sobre un modelo de un nodo de dispositivo óptico tal como un transmisor/receptor óptico, un amplificador óptico, un compensador de dispersión ajustable, etc. Cuando se determina que la petición para establecer la conexión del servicio es la petición para establecer la conexión del servicio de cruce de dominios, se ejecuta un algoritmo de encaminamiento y ajuste de acuerdo con la información sobre el rendimiento del nodo de dispositivo óptico en el límite de dominio, para procesar en respuesta la parte de la petición para establecer la conexión del servicio inter dominio en la petición para establecer la conexión del servicio.

Información sobre el rendimiento de un nodo de dispositivo óptico en un límite de dominio puede incluir información sobre topología del nodo, información sobre un estado de funcionamiento, información sobre rendimiento físico del dispositivo óptico, etc. Un algoritmo de encaminamiento y ajuste puede incluir una función de al menos uno de un algoritmo para Encaminamiento y Asignación de Longitud de Onda (RWA), un algoritmo para Encaminamiento y Asignación de Espectro (RSA) o un algoritmo para Equilibrio de Potencia de Amplificador (APB).

En la opción 103, una trayectoria para la conexión del servicio inter dominio y un parámetro para configurar un atributo de una conexión cruzada inter dominio se generan de acuerdo con un resultado de la ejecución del algoritmo de encaminamiento y ajuste. La trayectoria para la conexión del servicio inter dominio corresponde a la información sobre la petición para establecer la conexión del servicio inter dominio. El parámetro para configurar el atributo de la conexión cruzada inter dominio es de un nodo de dispositivo óptico en la trayectoria para la conexión del servicio inter dominio.

Un algoritmo de encaminamiento y ajuste puede servir para restringir y optimizar el cálculo de trayectoria. Una trayectoria para la conexión del servicio inter dominio y un parámetro para configurar un atributo de una conexión cruzada inter dominio de un nodo de dispositivo óptico en la trayectoria para la conexión del servicio inter dominio pueden adquirirse de acuerdo con un resultado de la ejecución del algoritmo de encaminamiento y ajuste como se indica a continuación. El establecimiento de una trayectoria para una conexión inter dominio puede controlarse generando, y configurando un parámetro para, una conexión cruzada óptica o una conexión cruzada digital (OXC/DXC) en un nodo en un límite de dominio en cada conexión de un servicio. Puede generarse un parámetro para configurar un atributo de una conexión cruzada inter dominio para permitir que una capa de aplicación realice una operación adicional más adelante, tal como borrar, modificar un atributo de, buscar, etc., una trayectoria para una conexión de un servicio y un nodo de dispositivo óptico en la misma.

Puede generarse un parámetro de este tipo para configurar un atributo de una conexión cruzada inter dominio durante el establecimiento de una conexión de un servicio. El parámetro generado puede enviarse a una capa de equipo para controlar en encaminamiento de la capa de equipo, para completar la definición de software de un dispositivo óptico. Un parámetro de este tipo para configurar un atributo de una conexión cruzada inter dominio puede ser información sobre una entrada de Openflow de una conexión cruzada óptica (OXC), que se aplica a cualquier equipo de transmisión óptica y en particular a equipo de transmisión óptica más allá de 100 G.

Con el método, se diseña un sistema nuevo de una SDON basándose en cálculo de trayectoria de conexión de un controlador existente de una SDON. Se añade un ajuste de dispositivo óptico por salto de trayectoria sobre la base de arquitectura de un controlador de una SDON. Se añade el ajuste de trayectoria durante el establecimiento de una conexión de un servicio. Un atributo de un dispositivo óptico se define por software mediante un ajuste de atributos, implementando un mecanismo funcional importante de SDO, para permitir que un usuario de una capa de aplicación programe y defina un recurso de un dispositivo óptico elástico más allá de 100 G.

Después de que se ha determinado si la petición para establecer la conexión del servicio es una petición para establecer una conexión de un servicio de cruce de dominios, cuando la petición es para un servicio de cruce de dominios, información sobre una petición para establecer una conexión de un servicio intra dominio en la petición para establecer la conexión del servicio puede enviarse a un controlador de un único dominio de una SDON que corresponde a la petición para establecer la conexión del servicio intra dominio.

En concreto, cuando la petición para establecer la conexión del servicio es la petición para establecer la conexión del servicio de cruce de dominios, mientras se está procesando la parte de la petición para establecer la conexión del servicio inter dominio en la petición para establecer la conexión del servicio, la información sobre la petición para establecer la conexión del servicio intra dominio en la petición para establecer la conexión del servicio puede enviarse directamente a un controlador de un único dominio de una SDON que corresponde a la petición para establecer la conexión del servicio intra dominio, para procesarse.

Después de que se ha determinado si la petición para establecer la conexión del servicio es una petición para establecer una conexión de un servicio de cruce de dominios, cuando la petición no es para un servicio de cruce de dominios, la petición para establecer la conexión del servicio puede enviarse a un controlador de un único dominio de una SDON que corresponde a la petición para establecer la conexión del servicio.

Cuando la petición para establecer la conexión del servicio no es una petición para establecer una conexión de un servicio de cruce de dominios, la petición para establecer la conexión del servicio puede tomarse como información sobre la petición para establecer la conexión del servicio intra dominio, que puede enviarse directamente a un controlador de un único dominio de una SDON que corresponde a la petición para establecer la conexión del servicio intra dominio, para procesarse.

Un método para implementar Definición de Software de un dispositivo Óptico (SDO) de acuerdo con una realización en este documento puede aplicarse a un controlador de múltiples dominios de una Red Óptica Definida por Software (SDON) en un sistema de la SDON.

El método incluye opciones como se indica a continuación. Cuando se recibe una petición para establecer una conexión de un servicio enviado por una capa de aplicación, se determina si la petición para establecer la conexión del servicio es una petición para establecer una conexión de un servicio de cruce de dominios. La petición para establecer la conexión del servicio puede incluir una restricción de encaminamiento en el encaminamiento de una conexión a establecer, una estrategia de ajuste salto a salto, etc. Cuando la petición es para un servicio de cruce de dominios, se ejecuta un algoritmo de encaminamiento y ajuste de acuerdo con la restricción de encaminamiento y la estrategia de ajuste salto a salto, y de acuerdo con información sobre el rendimiento de un nodo de dispositivo óptico en un límite de dominio e información sobre una petición para establecer una conexión de un servicio inter dominio. Tanto la información sobre el rendimiento del nodo de dispositivo óptico en el límite de dominio como la información sobre la petición para establecer la conexión del servicio inter dominio se incluyen en la petición para establecer la conexión del servicio. Una trayectoria para la conexión del servicio inter dominio y un parámetro para configurar un atributo de una conexión cruzada inter dominio se generan de acuerdo con un resultado de la ejecución del algoritmo de encaminamiento y ajuste. La trayectoria para la conexión del servicio inter dominio corresponde a la información sobre la petición para establecer la conexión del servicio inter dominio. El parámetro para configurar el atributo de la conexión cruzada inter dominio es de un nodo de dispositivo óptico en la trayectoria para la conexión del servicio inter dominio.

Como se muestra en la Figura 2, después de que se han generado una trayectoria para la conexión del servicio inter dominio y un parámetro para configurar un atributo de una conexión cruzada inter dominio de acuerdo con un resultado de la ejecución del algoritmo de encaminamiento y ajuste, el método puede incluir adicionalmente opciones como se indica a continuación.

En la opción 201, se recibe cuando una petición de ajuste para ajustar un nodo de dispositivo óptico en una trayectoria para una conexión de un servicio enviado por la capa de aplicación, puede determinarse si la trayectoria para la conexión del servicio es una trayectoria para la conexión del servicio de cruce de dominios.

La petición de ajuste puede incluir información sobre un atributo de ajuste.

Cuando la trayectoria para la conexión del servicio es una trayectoria para la conexión del servicio de cruce de dominios, la petición de ajuste puede dividirse en dos partes a procesar, es decir, una parte de petición para ajuste inter dominio y una parte de petición para ajustar dentro de un solo dominio.

En la opción 202, cuando la trayectoria es para el servicio de cruce de dominios, el parámetro para configurar el atributo de la conexión cruzada inter dominio puede modificarse de acuerdo con la información sobre el atributo de ajuste e información de petición de ajuste que corresponde a la trayectoria para la conexión del servicio inter dominio en la petición de ajuste.

Cuando la trayectoria para la conexión del servicio es una trayectoria para la conexión del servicio de cruce de dominios, el parámetro para configurar el atributo de la conexión cruzada inter dominio puede modificarse de acuerdo con una parte de petición para ajuste inter dominio en la petición de ajuste enviada por un usuario de una capa de aplicación.

Con el método, un usuario de una capa de aplicación puede modificar un parámetro para configurar un atributo de una conexión cruzada inter dominio de un nodo en una trayectoria para una conexión de un servicio en línea en arquitectura de SDON. Se añade una función de ajuste de atributos de dispositivo óptico por salto de trayectoria, de tal forma que un atributo de un dispositivo óptico se define por software mediante un ajuste de atributo.

Después de que se ha determinado si la trayectoria para la conexión del servicio es una trayectoria para la conexión del servicio de cruce de dominios, cuando la trayectoria es para el servicio de cruce de dominios, información de petición de ajuste que corresponde a una trayectoria para una conexión de un servicio intra dominio en la petición de

ajuste puede enviarse a un controlador de un único dominio de una SDON que corresponde a la trayectoria para la conexión del servicio intra dominio.

En concreto, cuando la trayectoria para la conexión del servicio es una trayectoria para la conexión del servicio de cruce de dominios, mientras se está procesando una parte de petición para ajuste inter dominio en la petición de ajuste, una parte de petición para ajuste intra dominio puede enviarse directamente a un controlador de un único dominio de una SDON que corresponde a la petición para ajuste intra dominio, para ajustarse.

Después de que se ha determinado si la trayectoria para la conexión del servicio es una trayectoria para la conexión del servicio de cruce de dominios, cuando la trayectoria no es para un servicio de cruce de dominios, la petición de ajuste puede enviarse a un controlador de un único dominio de una SDON que corresponde a la petición de ajuste.

Cuando la trayectoria para la conexión del servicio no es ninguna trayectoria para la conexión del servicio de cruce de dominios, puede determinarse que la petición de ajuste es una petición para ajustar un atributo de nodo intra dominio, que puede enviarse directamente a un controlador de un único dominio de una SDON que corresponde a la petición para ajustar el atributo de nodo intra dominio, para procesarse.

Un parámetro de este tipo para configurar un atributo de una conexión cruzada inter dominio puede incluir al menos: un número de un puerto de entrada óptico; un número de portadoras de entrada óptica; una frecuencia central adoptada por una portadora de entrada óptica; una anchura espectral de canal adoptada por la portadora de entrada óptica; un modo de modulación adoptado por la portadora de entrada óptica; un número de un puerto de salida óptica; un número de portadoras de salida óptica; una frecuencia central adoptada por una portadora de salida óptica; una anchura espectral de canal adoptada por la portadora de salida óptica; y un modo de modulación adoptado por la portadora de salida óptica, etc.

Puede generarse un parámetro de este tipo para configurar un atributo de una conexión cruzada inter dominio durante el establecimiento de una conexión de un servicio. El parámetro generado puede enviarse a una capa de equipo para controlar el encaminamiento de la capa de equipo. Un parámetro de este tipo para configurar un atributo de una conexión cruzada inter dominio puede ser información sobre una entrada de Openflow de una conexión cruzada óptica (OXC), que se aplica a cualquier equipo de transmisión óptica y en particular a equipo de transmisión óptica más allá de 100 G. Puede definirse un atributo de un puerto de una OXC de acuerdo con una dirección desde un origen a un destino de una conexión de un servicio de OXC como se indica a continuación. Un puerto aguas arriba de un cruce puede ser un puerto de entrada óptico. Un puerto aguas debajo de un cruce puede ser un puerto de salida óptica.

Información sobre una entrada de Openflow de una OXC puede incluir principalmente: un número de un puerto de entrada óptico; un número de portadoras de entrada óptica; una frecuencia central adoptada por una portadora de entrada óptica; una anchura espectral de canal adoptada por la portadora de entrada óptica; un modo de modulación adoptado por la portadora de entrada óptica; un número de un puerto de salida óptica; un número de portadoras de salida óptica; una frecuencia central adoptada por una portadora de salida óptica; una anchura espectral de canal adoptada por la portadora de salida óptica; y un modo de modulación adoptado por la portadora de salida óptica, etc., como se muestra en la Figura 7.

Una frecuencia central puede tener un valor en una forma tal como $193,1 \text{ THz} + k \cdot 0,00625 \text{ THz}$ (siendo k un número entero). Una anchura espectral de canal puede tener un valor en una forma tal como $12,5 \text{ GHz} \cdot h$ (siendo h un número entero positivo). Un modo de modulación puede tener un valor en una forma tal como 4, que indica Modulación por Desplazamiento de Fase Cuaternaria de Doble Polarización (DP-QPSK); 16, que indica multiplexación 16 Modulación por Amplitud en Cuadratura de Doble Polarización (DP-16QAM); 64, que indica multiplexación 64 Modulación por Amplitud en Cuadratura de Doble Polarización (DP-64QAM), etc.

Una estrategia de ajuste salto a salto puede incluir al menos un parámetro de ajuste de: eficacia espectral, un modo de modulación, un número de portadoras o tolerancia para una Relación Señal a Ruido Óptica (OSNR) de un transceptor óptico; o un intervalo de potencia de salida o un intervalo de potencia de entrada de un amplificador óptico, etc.

Con la introducción de recepción coherente, Multiplexación por División Ortogonal de Frecuencia (OFDM) basada en múltiples portadoras está a punto de desarrollarse. Para cada conexión de un servicio transmitido en múltiples portadoras en un sistema más allá de 100 G, puede tener que determinarse información tal como un modo de modulación, una anchura espectral de señal, una frecuencia central de cada portadora en una entrada de una OXC, etc. Pueden estar implicados dos casos, principalmente. Para un nodo de equipo en una conexión de un servicio con capacidad de planificación híbrida tanto de luz como electricidad o con capacidad de servir como un transpondedor en una red de transferencia óptica (OTN). Información sobre una entrada de Openflow de una OXC en el puerto de entrada óptico y/o el puerto de salida óptica puede derivarse mediante restricción de encaminamiento y optimización de estrategia de ajuste respectivamente de acuerdo con un indicador tal como una distancia aguas arriba de transferencia, una distancia aguas abajo de transferencia de la OXC, tolerancia para una OSNR, etc. Para un nodo de equipo solo con capacidad de cruce óptico, puede tener que seguirse un principio tal como continuidad,

consistencia de espectros, etc., para garantizar la consistencia de información sobre entradas en un puerto de entrada óptico y un puerto de salida óptica de un cruce.

Como se muestra en la Figura 3, un método para implementar Definición de Software de un dispositivo Óptico (SDO) de acuerdo con una realización en este documento puede aplicarse a un controlador de un único dominio de una Red Óptica Definida por Software (SDON) en un sistema de la SDON. El método incluye opciones como se indica a continuación.

En la opción 301, se recibe una petición para establecer una conexión de un servicio enviado por un controlador de múltiples dominios de una Red Óptica Definida por Software (SDON).

La petición para establecer la conexión del servicio incluye una restricción de encaminamiento en el encaminamiento de una conexión a establecer, una estrategia de ajuste salto a salto, etc.

Una petición para establecer una conexión de un servicio enviado por un controlador de múltiples dominios de una SDON puede incluir una petición para establecer una conexión de un servicio sin cruce de dominios enviado al controlador de los múltiples dominios de la SDON por un usuario de una capa de aplicación, parte de una petición para establecer una conexión de un servicio de cruce de dominios que solicita establecer una conexión de un servicio intra dominio enviado al controlador de los múltiples dominios de la SDON por un usuario de una capa de aplicación, etc.

En la opción 302, se ejecuta un algoritmo de encaminamiento y ajuste de acuerdo con la restricción de encaminamiento, la estrategia de ajuste salto a salto, la petición para establecer la conexión del servicio, información sobre el rendimiento de un nodo de dispositivo óptico dentro de un dominio, etc.

Información sobre el rendimiento de un modelo de un nodo de dispositivo óptico dentro de un dominio, tal como información sobre un recurso en una capa de red virtual de cruce de dominios que incluye información sobre un modelo tal como un transmisor/receptor óptico, un amplificador óptico, un compensador de dispersión ajustable, etc., puede tener que adquirirse en tiempo real. Puede procesarse una petición para establecer una conexión de un servicio, y puede ejecutarse un algoritmo de encaminamiento y ajuste basándose en información sobre el rendimiento de un nodo de dispositivo óptico dentro de un dominio. El cálculo para ajuste de encaminamiento durante el establecimiento de una conexión de un servicio puede realizarse de acuerdo con una estrategia introducida por un usuario de una capa de aplicación para cumplir totalmente una necesidad del usuario.

Información sobre el rendimiento de un nodo de dispositivo óptico dentro de un dominio puede incluir información sobre topología del nodo, información sobre un estado de funcionamiento, información sobre rendimiento físico del dispositivo óptico, etc. Un algoritmo de encaminamiento y ajuste puede incluir una función de al menos uno de un algoritmo para Encaminamiento y Asignación de Longitud de Onda (RWA), un algoritmo para Encaminamiento y Asignación de Espectro (RSA) o un algoritmo para Equilibrio de Potencia de Amplificador (APB).

En la opción 303, una trayectoria para la conexión del servicio que corresponde a la petición para establecer la conexión del servicio y un parámetro para configurar un atributo de una conexión cruzada intra dominio de un nodo de dispositivo óptico en la trayectoria para la conexión del servicio se generan de acuerdo con un resultado de la ejecución del algoritmo de encaminamiento y ajuste.

Un algoritmo de encaminamiento y ajuste puede servir para restringir y optimizar el cálculo de trayectoria. Una trayectoria para la conexión del servicio y un parámetro para configurar un atributo de una conexión cruzada intra dominio de un nodo de dispositivo óptico en la trayectoria para la conexión del servicio pueden adquirirse de acuerdo con un resultado de la ejecución del algoritmo de encaminamiento y ajuste como se indica a continuación. El establecimiento de una trayectoria para una conexión intra dominio puede controlarse generando, y configurando un parámetro para, una conexión cruzada óptica o una conexión cruzada digital (OXC/DXC) en un nodo intra dominio en cada conexión de un servicio. Puede generarse un parámetro para configurar un atributo de una conexión cruzada intra dominio para permitir que una capa de aplicación realice una operación adicional más adelante, tal como borrar, modificar un atributo de, buscar, etc., una trayectoria para una conexión de un servicio y un nodo de dispositivo óptico en la misma.

Puede generarse un parámetro de este tipo para configurar un atributo de una conexión cruzada intra dominio durante el establecimiento de una conexión de un servicio. El parámetro generado puede enviarse a una capa de equipo para controlar en encaminamiento de la capa de equipo, para completar la definición de software de un dispositivo óptico. Un parámetro de este tipo para configurar un atributo de una conexión cruzada intra dominio puede ser información sobre una entrada de Openflow de una conexión cruzada óptica (OXC), que se aplica a cualquier equipo de transmisión óptica y en particular a equipo de transmisión óptica más allá de 100 G.

Con el método, se diseña un sistema nuevo de una SDON basándose en cálculo de trayectoria de conexión de un controlador existente de una SDON. Se añade un ajuste de dispositivo óptico por salto de trayectoria sobre la base de arquitectura de un controlador de una SDON. Se añade el ajuste de trayectoria durante el establecimiento de una

conexión de un servicio. Un atributo de un dispositivo óptico se define por software mediante un ajuste de atributos, implementando un mecanismo funcional importante de SDO, para permitir que un usuario de una capa de aplicación programe y defina un recurso de un dispositivo óptico elástico más allá de 100 G.

- 5 Un ajuste en línea adicional de una trayectoria para una conexión de un servicio generada y establecida con el método se describe como se indica a continuación. Como se muestra en la Figura 4, el método puede incluir adicionalmente opciones como se indica a continuación.

- 10 En la opción 401, puede recibirse una petición de ajuste para ajustar el nodo de dispositivo óptico en la trayectoria para la conexión del servicio enviado por el controlador de los múltiples dominios de la SDON.

La petición de ajuste puede incluir información sobre un atributo de ajuste.

- 15 En la opción 402, el parámetro para configurar el atributo de la conexión cruzada intra dominio puede modificarse de acuerdo con la información sobre el atributo de ajuste.

- 20 Cuando la trayectoria para la conexión del servicio es una trayectoria para la conexión del servicio de cruce de dominios, el parámetro para configurar el atributo de la conexión cruzada intra dominio puede modificarse de acuerdo con una parte de petición para ajuste intra dominio en información de ajuste enviada por un usuario de una capa de aplicación.

- 25 Con el método, un usuario de una capa de aplicación puede modificar un atributo de ajuste de un nodo en una conexión de un servicio en línea en arquitectura de SDON, de tal forma que un parámetro para configurar un atributo de un nodo en una trayectoria para una conexión de un servicio puede modificarse en línea. Se añade una función de ajuste de atributos de dispositivo óptico por salto de trayectoria, de tal forma que un atributo de un dispositivo óptico se define por software mediante un ajuste de atributo.

- 30 Un parámetro de este tipo para configurar un atributo de una conexión cruzada intra dominio puede incluir al menos: un número de un puerto de entrada óptico; un número de portadoras de entrada óptica; una frecuencia central adoptada por una portadora de entrada óptica; una anchura espectral de canal adoptada por la portadora de entrada óptica; un modo de modulación adoptado por la portadora de entrada óptica; un número de un puerto de salida óptica, un número de portadoras de salida óptica; una frecuencia central adoptada por una portadora de salida óptica; una anchura espectral de canal adoptada por la portadora de salida óptica; y un modo de modulación adoptado por la portadora de salida óptica, etc.

- 35 Puede generarse un parámetro de este tipo para configurar un atributo de una conexión cruzada intra dominio durante el establecimiento de una conexión de un servicio. El parámetro generado puede enviarse a una capa de equipo para controlar el encaminamiento de la capa de equipo. Un parámetro de este tipo para configurar un atributo de una conexión cruzada intra dominio puede ser información sobre una entrada de Openflow de una conexión cruzada óptica (OXC), que se aplica a cualquier equipo de transmisión óptica y en particular a equipo de transmisión óptica más allá de 100 G. Puede definirse un atributo de un puerto de una OXC de acuerdo con una dirección desde un origen a un destino de una conexión de un servicio de OXC como se indica a continuación. Un puerto aguas arriba de un cruce puede ser un puerto de entrada óptico. Un puerto aguas debajo de un cruce puede ser un puerto de salida óptica.

- 45 Información sobre una entrada de Openflow de una OXC puede incluir principalmente: un número de un puerto de entrada óptico; un número de portadoras de entrada óptica; una frecuencia central adoptada por una portadora de entrada óptica; una anchura espectral de canal adoptada por la portadora de entrada óptica; un modo de modulación adoptado por la portadora de entrada óptica; un número de un puerto de salida óptica, un número de portadoras de salida óptica; una frecuencia central adoptada por una portadora de salida óptica; una anchura espectral de canal adoptada por la portadora de salida óptica; y un modo de modulación adoptado por la portadora de salida óptica, etc., como se muestra en la Figura 7.

- 50 Una frecuencia central puede tener un valor en una forma tal como $193,1 \text{ THz} + k \cdot 0,00625 \text{ THz}$ (siendo k un número entero). Una anchura espectral de canal puede tener un valor en una forma tal como $12,5 \text{ GHz} \cdot h$ (siendo h un número entero positivo). Un modo de modulación puede tener un valor en una forma tal como 4, que indica Modulación por Desplazamiento de Fase Cuaternaria de Doble Polarización (DP-QPSK); 16, que indica multiplexación 16 Modulación por Amplitud en Cuadratura de Doble Polarización (DP-16QAM); 64, que indica multiplexación 64 Modulación por Amplitud en Cuadratura de Doble Polarización (DP-64QAM), etc.

- 60 Una estrategia de ajuste salto a salto puede incluir al menos un parámetro de ajuste de: eficacia espectral, un modo de modulación, un número de portadoras o tolerancia para una Relación Señal a Ruido Óptica (OSNR) de un transceptor óptico; o un intervalo de potencia de salida o un intervalo de potencia de entrada de un amplificador óptico, etc.

- 65 Con la introducción de recepción coherente, Multiplexación por División Ortogonal de Frecuencia (OFDM) basada en

múltiples portadoras está a punto de desarrollarse. Para cada conexión de un servicio transmitido en múltiples portadoras en un sistema más allá de 100 G, puede tener que determinarse información tal como un modo de modulación, una anchura espectral de señal, una frecuencia central de cada portadora en una entrada de una OXC, etc. Pueden estar implicados dos casos, principalmente. Para un nodo de equipo en una conexión de un servicio con capacidad de planificación híbrida tanto de luz como electricidad o con capacidad de servir como un transpondedor en una red de transferencia óptica (OTN). Información sobre una entrada de Openflow de una OXC en el puerto de entrada óptico y/o el puerto de salida óptica puede derivarse mediante restricción de encaminamiento y optimización de estrategia de ajuste respectivamente de acuerdo con un indicador tal como una distancia aguas arriba de transferencia, una distancia aguas abajo de transferencia de la OXC, tolerancia para una OSNR, etc. Para un nodo de equipo solo con capacidad de cruce óptico, puede tener que seguirse un principio tal como continuidad, consistencia de espectros, etc., para garantizar la consistencia de información sobre entradas en un puerto de entrada óptico y un puerto de salida óptica de un cruce.

A continuación se describe la construcción de modelo matemático y llamada de algoritmo, según se implica en la ejecución del algoritmo de encaminamiento y ajuste de acuerdo con la restricción de encaminamiento y la estrategia de ajuste salto a salto en realizaciones anteriormente mencionadas.

Basándose en información adquirida en tiempo real sobre el rendimiento de un nodo de dispositivo óptico en un límite de dominio o dentro de un dominio, una topología de una red de un nodo de dispositivo óptico dentro de un dominio (es decir, nodo de dispositivo óptico intra dominio) y un nodo de dispositivo óptico en un límite de dominio, es decir, entre dominios (es decir, nodo de dispositivo óptico inter dominio), pueden tomarse como un modelo gráfico $G(N,L)$ con N nodos y L enlaces unidireccionales. Un parámetro relacionado con la topología de la red y una petición de servicio pueden expresarse usando un símbolo como se indica a continuación.

N es un conjunto de nodos en la red.

L es un conjunto de enlaces unidireccionales en la red.

L_{ij} es un enlace unidireccional desde un nodo de origen i a un nodo de destino j . $L_{ij} \in L$.

La correspondencia entre una distancia de transferencia de un canal óptico en la red y eficacia espectral puede ser como se indica a continuación.

$$R(b, \eta) = \alpha b^{-1} + \beta \eta^{-1} + \gamma$$

$R(b, \eta)$ puede ser la distancia de transferencia, en unidades de km .

α, β, γ pueden ser coeficientes de optimización.

b puede ser una tasa de bits de transferencia, en unidades de $Gbps$.

η puede ser la eficiencia espectral, en unidades de $bit/símbolo$ (bit por símbolo). La eficiencia espectral puede tener una correspondencia de uno a uno con el modo de modulación. En concreto, un cierto modo de modulación producirá una eficacia espectral que corresponde al cierto modo de modulación. La correspondencia entre una distancia de transferencia de un canal óptico y eficacia espectral es la correspondencia entre una distancia de transferencia de un canal óptico y un modo de modulación.

Un parámetro de la petición de servicio y configuración de red relacionado con una petición para establecer una conexión de un servicio puede definirse como se indica a continuación.

D puede indicar un conjunto de peticiones de servicio unidireccionales.

D_{sd} puede indicar una petición de servicio unidireccional desde un nodo de origen s a un nodo de destino d . $D_{sd} \in D$.

b_{sd} puede indicar una tasa de bits requerida por un servicio D_{sd} , en unidades de $Gbps$.

η_{sd} puede indicar una eficacia espectral que corresponde a un modo de modulación designado.

$S_{n, sd}$ puede indicar una relación entre una petición de servicio y un nodo. Si un nodo n es el nodo de origen de una petición de servicio D_{sd} (es decir, $n=s$), entonces $S_{n, sd} = -1$. Si el nodo n es el nodo de destino de la petición de servicio D_{sd} (es decir, $n=d$), entonces $S_{n, sd} = 1$. De lo contrario, $S_{n, sd} = 0$ (es decir, $n \neq s, n \neq d$).

G puede ser un ancho de banda de espectros protectores, en unidades de GHz .

Un parámetro de un recurso de espectro de la red relacionada con una petición para establecer una conexión de un

servicio puede definirse como se indica a continuación.

c puede ser un índice de una frecuencia máxima que usa cualquier servicio.

- 5 F_{sd} puede ser un índice de una frecuencia de inicio ocupada por una petición de servicio D_{sd} .

$V_{ij,sd}$ puede indicar un atributo para asignar un enlace. Si un enlace L_{ij} se asigna a un servicio D_{sd} , entonces $V_{ij,sd} = 1$. De lo contrario, $V_{ij,sd} = 0$.

- 10 $\delta_{sd,s'd'}$ puede identificar una secuencia de índices de frecuencias de inicio ocupadas por peticiones de servicio D_{sd} y $D_{s'd'}$. Si $F_{sd} \leq F_{s'd'}$, $\delta_{sd,s'd'} = 1$. Si $F_{sd} > F_{s'd'}$, $\delta_{sd,s'd'} = 0$.

Puede asignarse un espectro bajo una restricción como se indica a continuación.

- 15
$$c \geq F_{sd} + B_{sd}, \forall D_{sd} \in D$$

B_{sd} puede ser un ancho de banda de espectros requeridos por una petición de servicio D_{sd} bajo una eficacia espectral designada η_{sd} . $B_{sd} = b_{sd} \times \eta_{sd}^{-1}$

- 20 Una trayectoria para un servicio puede ser de no conexión en bucle bajo una restricción como se indica a continuación.

$$\sum_{L_{ij} \in L, j=n} V_{ij,sd} - \sum_{L_{ij} \in L, i=n} V_{ij,sd} = S_{n,sd}, \quad \forall n \in N, D_{sd} \in D$$

- 25 Los espectros pueden ser de no solapamiento bajo una restricción como se indica a continuación.

$$\forall D_{sd}, D_{s'd'} \in D,$$

$$\delta_{sd,s'd'} + \delta_{s'd',sd} = 1$$

- 30
$$F_{sd} - F_{s'd'} \leq T(1 - \delta_{sd,s'd'} + 2 - V_{ij,sd} - V_{ij,s'd'})$$

$$F_{sd} - F_{s'd'} + B_{sd} + G \leq (T + G) \times (1 - \delta_{sd,s'd'} + 2 - V_{ij,sd} - V_{ij,s'd'})$$

- 35 T puede indicar cualquier recurso de espectro requerido por un servicio de la red.

$$T = \sum_{D_{sd} \in D} b_{sd} \times \eta_{sd}^{-1}$$

η_{sd}^{-1} puede indicar la eficiencia espectral del servicio D_{sd} .

- 40
$$\eta_{sd,MIN}^{-1} \leq \eta_{sd}^{-1} \leq \eta_{sd,MAX}^{-1}$$

Un dispositivo óptico, tal como el de una red óptica elástica más allá de 100 G, puede definirse por software como se indica a continuación.

- 45 Un recurso, tal como una longitud de onda, un modo de modulación, un ancho de banda de espectros, una frecuencia central, etc., ocupado por un servicio, puede transformarse y ajustarse de forma flexible en un transpondedor óptico eléctrico óptico (OEO) renovable en una trayectoria para el servicio en una red óptica elástica más allá de 100 G. En general, un nodo de transpondedor OEO de este tipo puede denominarse como un nodo renovable. Una red que contiene un nodo renovable puede considerarse en dos escenas de aplicación como se indica a continuación.

En la escena 1, un nodo renovable en una trayectoria para un servicio se ha preestablecido en una petición para establecer una conexión de un servicio enviado por una capa de aplicación.

- 55 En la escena 2, no se preestablece un nodo renovable en una trayectoria para un servicio, y puede tener que calcularse dinámicamente.

Un parámetro del mismo puede definirse como se indica a continuación.

- 60

l_{ij} puede ser una longitud de un enlace L_{ij} , en unidades de km .

R_{sd} puede be una distancia de transferencia de un servicio D_{sd} que corresponde a una eficacia espectral designada.

5 N^r puede ser un conjunto de nodos renovables.

$Y_{n,sd}$ puede ser una distancia desde un nodo n en un canal óptico a un extremo de origen de un segmento pasante en el canal óptico a través del cual pasa un servicio D_{sd} , si el nodo n está en el canal óptico asignado al servicio D_{sd} . De lo contrario, si el nodo n no está en el canal óptico asignado al servicio D_{sd} , $Y_{n,sd} = 0$.

10 $U_{ij,sd}$ puede ser una distancia desde un nodo i en un canal óptico a un extremo de origen de un segmento pasante en el canal óptico a través del cual pasa un servicio D_{sd} , si todo un enlace L_{ij} se ha asignado al servicio D_{sd} . De lo contrario si no todo el enlace L_{ij} se ha asignado al servicio D_{sd} ($V_{ij,sd} = 0$), entonces $U_{ij,sd} = 0$. En concreto, $U_{ij,sd} = V_{ij,sd} Y_{i,sd}$ sin otra restricción.

15 I_n puede indicar un nodo renovable. Si el nodo n es un nodo renovable, entonces $I_n = 1$. De lo contrario, $I_n = 0$.

$N_{n,c}$ puede ser un número de canales eléctricos renovables en un nodo n .

20 $I_{n,sd}$ puede indicar la renovabilidad del nodo n . Si un servicio D_{sd} es renovable en el nodo n , entonces $I_{n,sd} = 1$. De lo contrario, $I_{n,sd} = 0$. Si $I_{n,sd} = 1$, entonces el nodo n debe ser un nodo renovable, en concreto, $I_n = 1$, y el servicio D_{sd} usa un canal de capa eléctrica renovable del nodo.

25 $X_{ij,sd}$ puede ser para calcular una distancia de $Y_{n,sd}$, y puede asumir un valor basándose en si la renovabilidad se produce en un nodo i . Si $I_{i,sd} = 0$, $X_{ij,sd} = U_{ij,sd}$. De lo contrario, $X_{ij,sd} = 0$.

Con la escena 1, puede que deba tenerse en cuenta una restricción como se indica a continuación.

30

$$U_{ij,sd} \leq V_{ij,sd} R_{sd}$$

$$U_{ij,sd} \leq Y_{i,sd}$$

$$Y_{i,sd} - U_{ij,sd} \leq R_{sd}(1 - V_{ij,sd})$$

$$Y_{n,sd} = \begin{cases} \text{si } \exists L_{ij}, i \in N^r \text{ y } V_{ij,sd} = 1, \sum_{L_{ij} \in L: j=n} l_{ij} V_{ij,sd} \\ \text{de lo contrario } \sum_{L_{ij} \in L: j=n} U_{ij,sd} + l_{ij} V_{ij,sd} \end{cases}$$

35

Con la escena 2, puede que deba tenerse en cuenta una restricción como se indica a continuación.

40

$$Y_{n,sd} = \sum_{L_{ij} \in L: j=n} X_{ij,sd} + l_{ij} V_{ij,sd}$$

Un número de canales eléctricos OEO en cada nodo renovable puede limitarse por una restricción como se indica a continuación.

45

$$N_{n,c} = \sum_{D_{sd} \in D} I_{n,sd}$$

$$I_n N_{n,cMAX} \geq N_{n,c}$$

Un parámetro del mismo puede definirse como se indica a continuación.

50 $N_{n,cMAX}$ puede ser un número máximo de canales eléctricos renovables que pueden tener un nodo renovable n .

55 Cuando un nodo en la red soporta transformación de longitud de onda, la frecuencia de un enlace ocupado por un servicio introducido en un nodo renovable puede diferir de la obtenida por el nodo. Para expresar tal flexibilidad en la planificación de frecuencia, puede definirse una frecuencia de inicio a lo largo de un enlace a través del cual viaja un servicio, siendo un parámetro del mismo definido como se indica a continuación.

$F_{ij, sd}$ puede ser un índice de una frecuencia de inicio de un servicio D_{sd} en un enlace L_{ij} . $\eta_{sd, ij}^{-1}$ puede ser recíproca de una eficacia espectral del servicio D_{sd} en el enlace L_{ij} .

- 5 En este caso, los espectros pueden ser de no solapamiento bajo una restricción como se indica a continuación.

$$\sum_{L_{ij} \in L: j=n} F_{ij, sd} - \sum_{L_{ij} \in L: i=n} F_{ij, sd} \geq -T \times (I_{n, sd} + |S_{n, sd}|)$$

$$\sum_{L_{ij} \in L: j=n} F_{ij, sd} - \sum_{L_{ij} \in L: i=n} F_{ij, sd} \leq T \times (I_{n, sd} + |S_{n, sd}|)$$

- 10 De acuerdo con una restricción de este tipo, si un nodo n es un nodo intermedio en un servicio D_{sd} , es decir, $n \neq s$, $n \neq d$, y para el servicio D_{sd} , el nodo n no soporta renovabilidad, entonces una distribución de frecuencias de inicio introducidas en el nodo n deben ser iguales a una distribución de frecuencias de inicio obtenidas por el nodo n .

- 15 Similar a la transformación de longitud de onda, cuando un nodo soporta transformación de un modo de modulación, puede diferir una eficacia espectral de un enlace a través del cual pasa un servicio. En concreto, una eficacia espectral de un enlace aguas arriba de un nodo renovable intermedio a través del que pasa un servicio puede diferir de la de un enlace aguas abajo del nodo. Una eficacia espectral puede definirse a lo largo de un enlace a través del cual viaja un servicio. En concreto, un modo de modulación puede transformarse bajo una restricción como se indica a continuación.

$$\sum_{L_{ij} \in L: j=n} \eta_{sd, ij}^{-1} - \sum_{L_{ij} \in L: i=n} \eta_{sd, ij}^{-1} \geq -\eta_{sd, MAX}^{-1} \times (I_{n, sd} + |S_{n, sd}|)$$

$$\sum_{L_{ij} \in L: j=n} \eta_{sd, ij}^{-1} - \sum_{L_{ij} \in L: i=n} \eta_{sd, ij}^{-1} \leq \eta_{sd, MAX}^{-1} \times (I_{n, sd} + |S_{n, sd}|)$$

- 25 De acuerdo con una restricción de este tipo (similar a una restricción para la transformación de longitud de onda), un modo de modulación puede transformarse solo en un nodo que soporta renovabilidad de servicio. En concreto, $I_{n, sd} = 1$.
- 30 De acuerdo con la restricción, considerando un coste del uso de un recurso de un nodo renovable, puede construirse una función objetivo como se indica a continuación para equilibrar el uso de un recurso espectral óptico y el coste de un recurso renovable.

$$\min \left\{ ac + (1-a) \sum_{n \in N} I_n \right\} \quad (16)$$

- 35 El coeficiente $\alpha \in [0,1]$ puede indicar una relación entre costes de uso de los dos recursos. La función objetivo puede servir para minimizar una suma de costes de uso de los dos recursos de acuerdo con una relación designada entre los costes. Cuando no puede determinarse la relación entre costes de los recursos, los dos recursos pueden asignarse usando la fórmula (16) de acuerdo con un estado de configuración de recursos para un equipo actual.

- 40 Para resumir, mientras un algoritmo de encaminamiento y ajuste se está ejecutando de acuerdo con la restricción de encaminamiento y la estrategia de ajuste salto a salto, puede construirse un modelo matemático para implementar el algoritmo de encaminamiento y ajuste. Una restricción anteriormente mencionada, la función objetivo puede servir como una condición, un parámetro, etc., introducido en el algoritmo. Puede ejecutarse una Programación Lineal de Enteros Mixtos (MILP). Finalmente, pueden asignarse un espectro óptico, un recurso renovable, etc., tal como un número de portadoras, una frecuencia central, una anchura espectral de canal, un modo de modulación por salto en una trayectoria para un servicio inter/intra dominio, etc.

- 50 Como se muestra en la Figura 5, un sistema para implementar Definición de Software de un dispositivo Óptico (SDO) incluye un primer módulo de determinación 501, un primer módulo de encaminamiento/ajuste 502 y un primer módulo de generación 503.

El primer módulo de determinación 501 se dispone para: en respuesta a la recepción de una petición para establecer una conexión de un servicio enviado por una capa de aplicación, determinar si la petición para establecer la conexión del servicio es una petición para establecer una conexión de un servicio de cruce de dominios. La petición para establecer la conexión del servicio incluye una restricción de encaminamiento en el encaminamiento de una conexión a establecer y una estrategia de ajuste salto a salto.

El primer módulo de encaminamiento/ajuste 502 se dispone para: en respuesta a la determinación de que la petición es para un servicio de cruce de dominios, ejecutar un algoritmo de encaminamiento y ajuste de acuerdo con la restricción de encaminamiento y la estrategia de ajuste salto a salto, y de acuerdo con información sobre el rendimiento de un nodo de dispositivo óptico en un límite de dominio e información sobre una petición para establecer una conexión de un servicio inter dominio. Tanto la información sobre el rendimiento del nodo de dispositivo óptico en el límite de dominio como la información sobre la petición para establecer la conexión del servicio inter dominio se incluyen en la petición para establecer la conexión del servicio.

El primer módulo de generación 503 se dispone para: generar, de acuerdo con un resultado de la ejecución del algoritmo de encaminamiento y ajuste, una trayectoria para la conexión del servicio inter dominio y un parámetro para configurar un atributo de una conexión cruzada inter dominio. La trayectoria para la conexión del servicio inter dominio corresponde a la información sobre la petición para establecer la conexión del servicio inter dominio. El parámetro para configurar el atributo de la conexión cruzada inter dominio es de un nodo de dispositivo óptico en la trayectoria para la conexión del servicio inter dominio.

Puede generarse un parámetro de este tipo para configurar un atributo de una conexión cruzada inter dominio durante el establecimiento de una conexión de un servicio. El parámetro generado puede enviarse a una capa de equipo para controlar en encaminamiento de la capa de equipo, para completar la definición de software de un dispositivo óptico. Un parámetro de este tipo para configurar un atributo de una conexión cruzada inter dominio puede ser información sobre una entrada de Openflow de una conexión cruzada óptica (OXC), que se aplica a cualquier equipo de transmisión óptica y en particular a equipo de transmisión óptica más allá de 100 G.

El sistema puede incluir adicionalmente un primer módulo de envío de peticiones 504.

El primer módulo de envío de peticiones 504 puede disponerse para: en respuesta a la determinación de que la petición no es para un servicio de cruce de dominios, enviar la petición para establecer la conexión del servicio a un controlador de un único dominio de una Red Óptica Definida por Software (SDON) que corresponde a la petición para establecer la conexión del servicio.

El sistema puede incluir adicionalmente un segundo módulo de envío de peticiones 505.

El segundo módulo de envío de peticiones 505 puede disponerse para: en respuesta a la determinación de que la petición es para un servicio de cruce de dominios, enviar información sobre una petición para establecer una conexión de un servicio intra dominio en la petición para establecer la conexión del servicio a un controlador de un único dominio de una Red Óptica Definida por Software (SDON) que corresponde a la petición para establecer la conexión del servicio intra dominio.

El sistema puede incluir adicionalmente un segundo módulo de determinación 506 y un primer módulo de modificación de parámetros 507.

El segundo módulo de determinación 506 puede disponerse para: en respuesta a la recepción de una petición de ajuste para ajustar un nodo de dispositivo óptico en una trayectoria para una conexión de un servicio enviado por la capa de aplicación, determinar si la trayectoria para la conexión del servicio es una trayectoria para la conexión del servicio de cruce de dominios. La petición de ajuste puede incluir información sobre un atributo de ajuste.

El primer módulo de modificación de parámetros 507 puede disponerse para: en respuesta a la determinación de que la trayectoria es para el servicio de cruce de dominios, modificar el parámetro para configurar el atributo de la conexión cruzada inter dominio de acuerdo con la información sobre el atributo de ajuste e información de petición de ajuste que corresponde a la trayectoria para la conexión del servicio inter dominio en la petición de ajuste.

El sistema puede incluir adicionalmente un tercer módulo de envío de peticiones 508.

El tercer módulo de envío de peticiones 508 puede disponerse para: en respuesta a la determinación de que la trayectoria es para el servicio de cruce de dominios, enviar información de petición de ajuste que corresponde a una trayectoria para una conexión de un servicio intra dominio en la petición de ajuste a un controlador de un único dominio de una Red Óptica Definida por Software (SDON) que corresponde a la trayectoria para la conexión del servicio intra dominio.

El sistema puede incluir adicionalmente un cuarto módulo de envío de peticiones 509.

El cuarto módulo de envío de peticiones 509 puede disponerse para: en respuesta a la determinación de que la trayectoria no es para un servicio de cruce de dominios, enviar la petición de ajuste a un controlador de un único dominio de una Red Óptica Definida por Software (SDON) que corresponde a la petición de ajuste.

5 Un parámetro de este tipo para configurar un atributo de una conexión cruzada inter dominio puede incluir al menos: un número de un puerto de entrada óptico; un número de portadoras de entrada óptica; una frecuencia central adoptada por una portadora de entrada óptica; una anchura espectral de canal adoptada por la portadora de entrada óptica; un modo de modulación adoptado por la portadora de entrada óptica; un número de un puerto de salida óptica, un número de portadoras de salida óptica; una frecuencia central adoptada por una portadora de salida óptica; una anchura espectral de canal adoptada por la portadora de salida óptica; y un modo de modulación adoptado por la portadora de salida óptica, etc.

15 Una estrategia de ajuste salto a salto puede incluir al menos un parámetro de ajuste de: eficacia espectral, un modo de modulación, un número de portadoras o tolerancia para una Relación Señal a Ruido Óptica (OSNR) de un transceptor óptico; o un intervalo de potencia de salida o un intervalo de potencia de entrada de un amplificador óptico, etc.

20 El sistema para implementar SDO puede ser un controlador de múltiples dominios de una SDON.

Con el sistema, basándose en cálculo de trayectoria de conexión de un controlador existente de una SDON, se añade ajuste de dispositivo óptico por salto de trayectoria sobre la base de arquitectura de un controlador de una SDON. Se añade el ajuste de trayectoria durante el establecimiento de una conexión de un servicio. Un atributo de un dispositivo óptico se define por software mediante un ajuste de atributo. Un usuario de una capa de aplicación puede modificar un parámetro para configurar un atributo de una conexión cruzada inter dominio de un nodo en una trayectoria para una conexión de un servicio en línea en arquitectura de SDON. Se añade una función de ajuste de atributos de dispositivo óptico por salto de trayectoria, implementando un mecanismo funcional importante de SDO, para permitir que un usuario de una capa de aplicación programe y defina un recurso de un dispositivo óptico elástico más allá de 100 G.

30 Como se muestra en la Figura 6, un sistema para implementar Definición de Software de un dispositivo Óptico (SDO) en este documento incluye un primer módulo de recepción 601, un segundo módulo de encaminamiento/ajuste 602 y un segundo módulo de generación 603.

35 El primer módulo de recepción 601 se dispone para: recibir una petición para establecer una conexión de un servicio enviado por un controlador de múltiples dominios de una Red Óptica Definida por Software (SDON). La petición para establecer la conexión del servicio incluye una restricción de encaminamiento en el encaminamiento de una conexión a establecer y una estrategia de ajuste salto a salto.

40 El segundo módulo de encaminamiento/ajuste 602 se dispone para: ejecutar un algoritmo de encaminamiento y ajuste de acuerdo con la restricción de encaminamiento, la estrategia de ajuste salto a salto, la petición para establecer la conexión del servicio e información sobre el rendimiento de un nodo de dispositivo óptico dentro de un dominio.

45 El segundo módulo de generación 603 se dispone para: generar, de acuerdo con un resultado de la ejecución del algoritmo de encaminamiento y ajuste, una trayectoria para la conexión del servicio que corresponde a la petición para establecer la conexión del servicio y un parámetro para configurar un atributo de una conexión cruzada intra dominio de un nodo de dispositivo óptico en la trayectoria para la conexión del servicio.

50 Puede generarse un parámetro de este tipo para configurar un atributo de una conexión cruzada intra dominio durante el establecimiento de una conexión de un servicio. El parámetro generado puede enviarse a una capa de equipo para controlar en encaminamiento de la capa de equipo, para completar la definición de software de un dispositivo óptico. Un parámetro de este tipo para configurar un atributo de una conexión cruzada intra dominio puede ser información sobre una entrada de Openflow de una conexión cruzada óptica (OXC), que se aplica a cualquier equipo de transmisión óptica y en particular a equipo de transmisión óptica más allá de 100 G.

El sistema puede incluir adicionalmente un segundo módulo de recepción 604 y un segundo módulo de modificación de parámetros 605.

60 El segundo módulo de recepción 604 puede disponerse para: recibir una petición de ajuste para ajustar el nodo de dispositivo óptico en la trayectoria para la conexión del servicio enviado por el controlador de los múltiples dominios de la SDON. La petición de ajuste puede incluir información sobre un atributo de ajuste.

65 El segundo módulo de modificación de parámetros 605 puede disponerse para: modificar el parámetro para configurar el atributo de la conexión cruzada intra dominio de acuerdo con la información sobre el atributo de ajuste.

Un parámetro de este tipo para configurar un atributo de una conexión cruzada intra dominio puede incluir al menos: un número de un puerto de entrada óptico; un número de portadoras de entrada óptica; una frecuencia central adoptada por una portadora de entrada óptica; una anchura espectral de canal adoptada por la portadora de entrada óptica; un modo de modulación adoptado por la portadora de entrada óptica; un número de un puerto de salida óptica; un número de portadoras de salida óptica; una frecuencia central adoptada por una portadora de salida óptica; una anchura espectral de canal adoptada por la portadora de salida óptica; y un modo de modulación adoptado por la portadora de salida óptica, etc.

Una estrategia de ajuste salto a salto puede incluir al menos un parámetro de ajuste de: eficacia espectral, un modo de modulación, un número de portadoras o tolerancia para una Relación Señal a Ruido Óptica (OSNR) de un transceptor óptico; o un intervalo de potencia de salida o un intervalo de potencia de entrada de un amplificador óptico, etc.

El sistema para implementar SDO puede ser un controlador de un único dominio de una SDON.

Con el sistema, basándose en cálculo de trayectoria de conexión de un controlador existente de una SDON, se añade ajuste de dispositivo óptico por salto de trayectoria sobre la base de arquitectura de un controlador de una SDON. Se añade el ajuste de trayectoria durante el establecimiento de una conexión de un servicio. Un atributo de un dispositivo óptico se define por software mediante un ajuste de atributo. Un usuario de una capa de aplicación puede modificar un parámetro para configurar un atributo de una conexión cruzada intra dominio de un nodo en una trayectoria para una conexión de un servicio en línea en arquitectura de SDON. Se añade una función de ajuste de atributos de dispositivo óptico por salto de trayectoria, implementando un mecanismo funcional importante de SDO, para permitir que un usuario de una capa de aplicación programe y defina un recurso de un dispositivo óptico elástico más allá de 100 G.

Un sistema de una SDON en este documento puede incluir el sistema para implementar SDO de acuerdo con la realización y el sistema para implementar SDO de acuerdo con la realización anterior.

Lo que se describe en este documento son realizaciones. Obsérvese que los expertos en la materia pueden hacer diversas modificaciones y variaciones sin alejarse del principio de la presente divulgación. Tales modificaciones y variaciones también pertenecen al alcance de protección de la presente divulgación.

Aplicabilidad industrial

Con las realizaciones en este documento, se diseña un sistema nuevo de una SDON basándose en cálculo de trayectoria de conexión de un controlador existente de una SDON. Se añade un ajuste de dispositivo óptico por salto de trayectoria sobre la base de arquitectura de un controlador de una SDON. Se añade el ajuste de trayectoria durante el establecimiento de una conexión de un servicio. Un atributo de un dispositivo óptico se define por software mediante un ajuste de atributos, implementando un mecanismo funcional importante de SDO, para permitir que un usuario de una capa de aplicación programe y defina un recurso de un dispositivo óptico elástico más allá de 100 G.

REIVINDICACIONES

1. Un método para implementar Definición de Software de un dispositivo Óptico, SDO, que comprende:

5 en respuesta a la recepción de una petición para establecer una conexión de un servicio enviado por una capa de aplicación, determinar, por parte de un controlador de múltiples dominios de una Red Óptica Definida por Software, SDON, si la petición para establecer la conexión del servicio es una petición para establecer una conexión de un servicio de cruce de dominios (101), comprendiendo la petición para establecer la conexión del servicio una restricción de encaminamiento en el encaminamiento de una conexión a establecer y una estrategia de ajuste salto a salto;

10 en respuesta a la determinación de que la petición no es para un servicio de cruce de dominios, enviar, por parte del controlador de los múltiples dominios de la SDON, la petición para establecer la conexión del servicio a un controlador de un solo dominio de la SDON que corresponde a la petición para establecer la conexión del servicio;

15 en respuesta a la determinación de que la petición es para un servicio de cruce de dominios, ejecutar (102), por parte del controlador de los múltiples dominios de la SDON, un algoritmo de encaminamiento y ajuste de acuerdo con la restricción de encaminamiento y la estrategia de ajuste salto a salto, y de acuerdo con información sobre el rendimiento de un nodo de dispositivo óptico en un límite de dominio e información sobre una petición para establecer una conexión de un servicio inter dominio, estando tanto la información sobre el rendimiento del nodo de dispositivo óptico en el límite de dominio como la información sobre la petición para establecer la conexión del servicio inter dominio comprendidas en la petición para establecer la conexión del servicio;

20 generar (103), por parte del controlador de los múltiples dominios de la SDON de acuerdo con un resultado de la ejecución del algoritmo de encaminamiento y ajuste, una trayectoria para la conexión del servicio inter dominio y un parámetro para configurar un atributo de una conexión cruzada inter dominio, correspondiendo la trayectoria para la conexión del servicio inter dominio a la información sobre la petición para establecer la conexión del servicio inter dominio, siendo el parámetro para configurar el atributo de la conexión cruzada inter dominio el de un nodo de dispositivo óptico en la trayectoria para la conexión del servicio inter dominio;

25 enviar, por parte del controlador de los múltiples dominios de la SDON, información sobre una petición para establecer una conexión de un servicio intra dominio en la petición para establecer la conexión del servicio a un controlador de un solo dominio de la SDON que corresponde a la petición para establecer la conexión del servicio intra dominio.

35 2. El método de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:

después de la generación, por parte del controlador de los múltiples dominios de la SDON de acuerdo con un resultado de la ejecución del algoritmo de encaminamiento y ajuste, de una trayectoria para la conexión del servicio inter dominio y un parámetro para configurar un atributo de una conexión cruzada inter dominio,

40 en respuesta a la recepción de una petición de ajuste para ajustar un nodo de dispositivo óptico en una trayectoria para una conexión de un servicio enviado por la capa de aplicación, determinar (201), por parte del controlador de los múltiples dominios de la SDON, si la trayectoria para la conexión del servicio es una trayectoria para la conexión del servicio de cruce de dominios, comprendiendo la petición de ajuste información sobre un atributo de ajuste;

45 en respuesta a la determinación de que la trayectoria es para el servicio de cruce de dominios, modificar (202), por parte del controlador de los múltiples dominios de la SDON, el parámetro para configurar el atributo de la conexión cruzada inter dominio de acuerdo con la información sobre el atributo de ajuste e información de petición de ajuste que corresponde a la trayectoria para la conexión del servicio inter dominio en la petición de ajuste.

50 3. El método de la reivindicación 2, que comprende adicionalmente:

después de la determinación, por parte del controlador de los múltiples dominios de la SDON, de si la trayectoria para la conexión del servicio es una trayectoria para la conexión del servicio de cruce de dominios,

55 en respuesta a la determinación de que la trayectoria es para el servicio de cruce de dominios, enviar, por parte del controlador de los múltiples dominios de la SDON, información de petición de ajuste, que corresponde a una trayectoria para la conexión del servicio intra dominio en la petición de ajuste, a un controlador de un solo dominio de la SDON que corresponde a la trayectoria para la conexión del servicio intra dominio.

60 4. El método de la reivindicación 2, que comprende adicionalmente:

después de la determinación, por parte del controlador de los múltiples dominios de la SDON, de si la trayectoria para la conexión del servicio es una trayectoria para la conexión del servicio de cruce de dominios,

65 en respuesta a la determinación de que la trayectoria no es para un servicio de cruce de dominios, enviar, por parte del controlador de los múltiples dominios de la SDON, la petición de ajuste a un controlador de un solo dominio de la SDON que corresponde a la petición de ajuste.

5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el parámetro para configurar el atributo de la conexión cruzada inter dominio comprende al menos:

un número de un puerto de entrada óptica; un número de portadoras de entrada óptica; una frecuencia central adoptada por una portadora de entrada óptica; una anchura espectral de canal adoptada por la portadora de entrada óptica; un modo de modulación adoptado por la portadora de entrada óptica; un número de un puerto de salida óptica; un número de portadoras de salida óptica; una frecuencia central adoptada por una portadora de salida óptica; una anchura espectral de canal adoptada por la portadora de salida óptica; y un modo de modulación adoptado por la portadora de salida óptica.

6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la estrategia de ajuste salto a salto comprende al menos un parámetro de ajuste de: eficacia espectral, un modo de modulación, un número de portadoras o tolerancia para una Relación Señal a Ruido Óptica (OSNR) de un transceptor óptico; o un intervalo de potencia de salida o un intervalo de potencia de entrada de un amplificador óptico.

7. Un método para implementar Definición de Software de un dispositivo Óptico, SDO, que comprende:

recibir (301), por parte de un controlador de un único dominio de una Red Óptica Definida por Software, SDON, una petición para establecer una conexión de un servicio enviado por un controlador de múltiples dominios de la SDON, comprendiendo la petición para establecer la conexión del servicio una restricción de encaminamiento en el encaminamiento de una conexión a establecer y una estrategia de ajuste salto a salto;

ejecutar (302), por parte del controlador de un solo dominio de la SDON, un algoritmo de encaminamiento y ajuste de acuerdo con la restricción de encaminamiento, la estrategia de ajuste salto a salto, la petición para establecer la conexión del servicio e información sobre el rendimiento de un nodo de dispositivo óptico dentro de un dominio;

generar (303), por parte del controlador de un solo dominio de la SDON de acuerdo con un resultado de la ejecución del algoritmo de encaminamiento y ajuste, una trayectoria para la conexión del servicio que corresponde a la petición para establecer la conexión del servicio y un parámetro para configurar un atributo de una conexión cruzada intra dominio de un nodo de dispositivo óptico en la trayectoria para la conexión del servicio.

8. El método de la reivindicación 7, que comprende adicionalmente:

recibir (401), por parte del controlador de un solo dominio de la SDON, una petición de ajuste para ajustar el nodo de dispositivo óptico en la trayectoria para la conexión del servicio enviado por el controlador de los múltiples dominios de la SDON, comprendiendo la petición de ajuste información sobre un atributo de ajuste; modificar (402), por parte del controlador de un solo dominio de la SDON, el parámetro para configurar el atributo de la conexión cruzada intra dominio de acuerdo con la información sobre el atributo de ajuste.

9. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 8, en donde el parámetro para configurar el atributo de la conexión cruzada intra dominio comprende al menos:

un número de un puerto de entrada óptica; un número de portadoras de entrada óptica; una frecuencia central adoptada por una portadora de entrada óptica; una anchura espectral de canal adoptada por la portadora de entrada óptica; un modo de modulación adoptado por la portadora de entrada óptica; un número de un puerto de salida óptica; un número de portadoras de salida óptica; una frecuencia central adoptada por una portadora de salida óptica; una anchura espectral de canal adoptada por la portadora de salida óptica; y un modo de modulación adoptado por la portadora de salida óptica.

10. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 8, en donde la estrategia de ajuste salto a salto comprende al menos un parámetro de ajuste de: eficacia espectral, un modo de modulación, un número de portadoras o tolerancia para una Relación Señal a Ruido Óptica (OSNR) de un transceptor óptico; o un intervalo de potencia de salida o un intervalo de potencia de entrada de un amplificador óptico.

11. Un controlador de múltiples dominios de una Red Óptica Definida por Software, SDON, que comprende un primer módulo de determinación (501), un primer módulo de encaminamiento/ajuste (502), un primer módulo de generación (503), un primer módulo de envío de peticiones (504) y un segundo módulo de envío de peticiones (505),

en donde el primer módulo de determinación (501) está dispuesto para: en respuesta a la recepción de una petición para establecer una conexión de un servicio enviado por una capa de aplicación, determinar si la petición para establecer la conexión del servicio es una petición para establecer una conexión de un servicio de cruce de dominios, comprendiendo la petición para establecer la conexión del servicio una restricción de encaminamiento en el encaminamiento de una conexión a establecer y una estrategia de ajuste salto a salto, en donde el primer módulo de envío de peticiones (504) está dispuesto para: en respuesta a la determinación de que la petición no es para un servicio de cruce de dominios, enviar la petición para establecer la conexión del servicio a un controlador de un solo dominio de la SDON que corresponde a la petición para establecer la conexión del servicio, en donde el primer módulo de encaminamiento/ajuste (502) está dispuesto para: en

respuesta a la determinación de que la petición es para un servicio de cruce de dominios, ejecutar un algoritmo de encaminamiento y ajuste de acuerdo con la restricción de encaminamiento y la estrategia de ajuste salto a salto, y de acuerdo con información sobre el rendimiento de un nodo de dispositivo óptico en un límite de dominio e información sobre una petición para establecer una conexión de un servicio inter dominio, estando tanto la información sobre el rendimiento del nodo de dispositivo óptico en el límite de dominio como la información sobre la petición para establecer la conexión del servicio inter dominio comprendidas en la petición para establecer la conexión del servicio,

en donde el primer módulo de generación (503) está dispuesto para: generar, de acuerdo con un resultado de la ejecución del algoritmo de encaminamiento y ajuste, una trayectoria para la conexión del servicio inter dominio y un parámetro para configurar un atributo de una conexión cruzada inter dominio, correspondiendo la trayectoria para la conexión del servicio inter dominio a la información sobre la petición para establecer la conexión del servicio inter dominio, siendo el parámetro para configurar el atributo de la conexión cruzada inter dominio el de un nodo de dispositivo óptico en la trayectoria para la conexión del servicio inter dominio,

en donde el segundo módulo de envío de peticiones (505) está dispuesto para: en respuesta a la determinación de que la petición es para un servicio de cruce de dominios, enviar información sobre una petición para establecer una conexión de un servicio intra dominio en la petición para establecer la conexión del servicio a un controlador de un solo dominio de la SDON que corresponde a la petición para establecer la conexión del servicio intra dominio.

12. Un controlador de un único dominio de una Red Óptica Definida por Software, SDON, que comprende un primer módulo de recepción (601), un segundo módulo de encaminamiento/ajuste (602) y un segundo módulo de generación (603),

en donde el primer módulo de recepción (601) está dispuesto para: recibir una petición para establecer una conexión de un servicio enviado por un controlador de múltiples dominios de la SDON, comprendiendo la petición para establecer la conexión del servicio una restricción de encaminamiento en el encaminamiento de una conexión a establecer y una estrategia de ajuste salto a salto,

en donde el segundo módulo de encaminamiento/ajuste (602) está dispuesto para: ejecutar un algoritmo de encaminamiento y ajuste de acuerdo con la restricción de encaminamiento, la estrategia de ajuste salto a salto, la petición para establecer la conexión del servicio e información sobre el rendimiento de un nodo de dispositivo óptico dentro de un dominio,

en donde el segundo módulo de generación (603) está dispuesto para: generar, de acuerdo con un resultado de la ejecución del algoritmo de encaminamiento y ajuste, una trayectoria para la conexión del servicio que corresponde a la petición para establecer la conexión del servicio y un parámetro para configurar un atributo de una conexión cruzada intra dominio de un nodo de dispositivo óptico en la trayectoria para la conexión del servicio.

13. Un sistema de la SDON, que comprende el controlador de los múltiples dominios de la SDON de la reivindicación 11 y el controlador de un solo dominio de la SDON de la reivindicación 12.

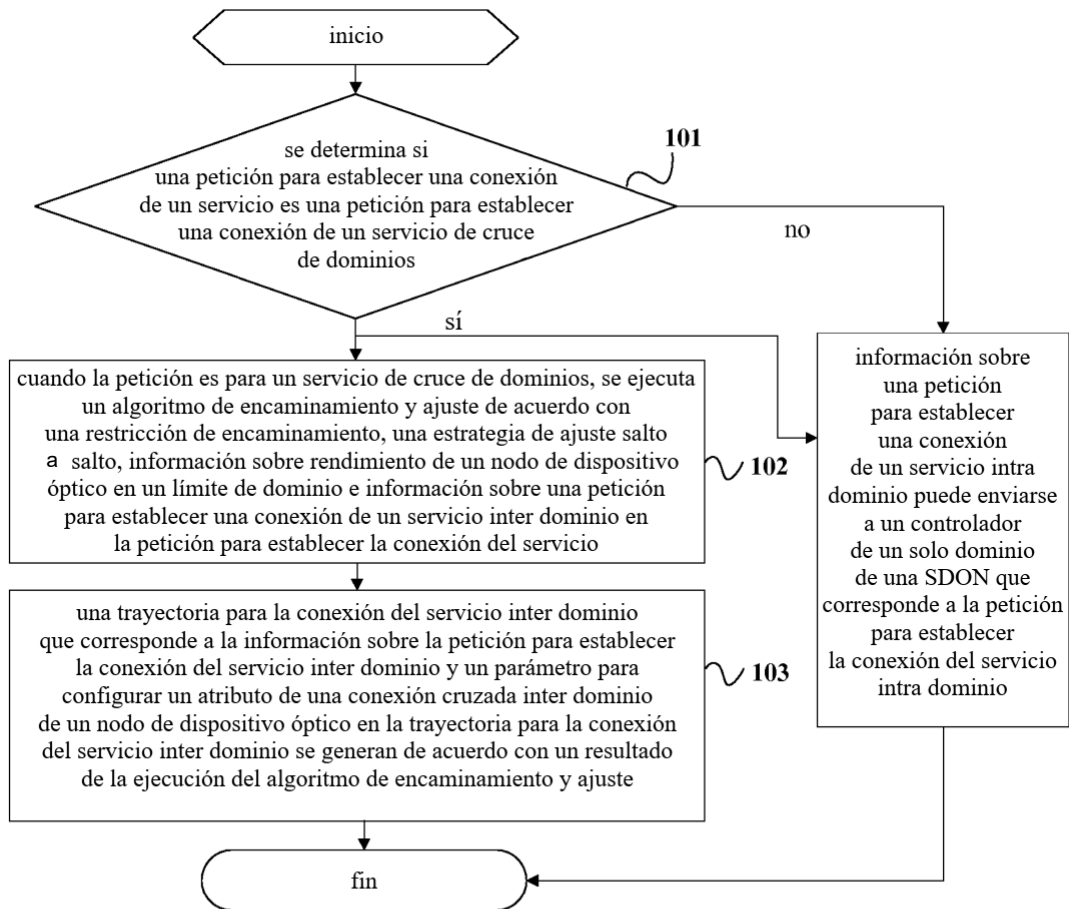


FIG. 1

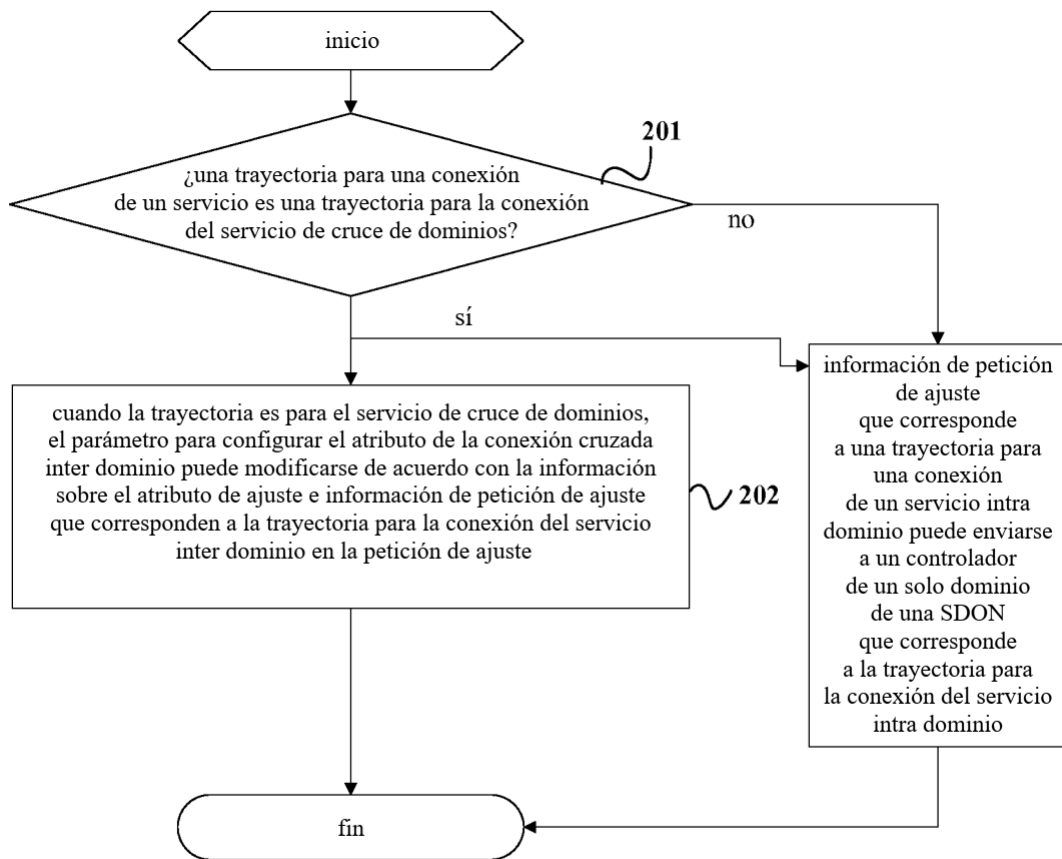


FIG. 2

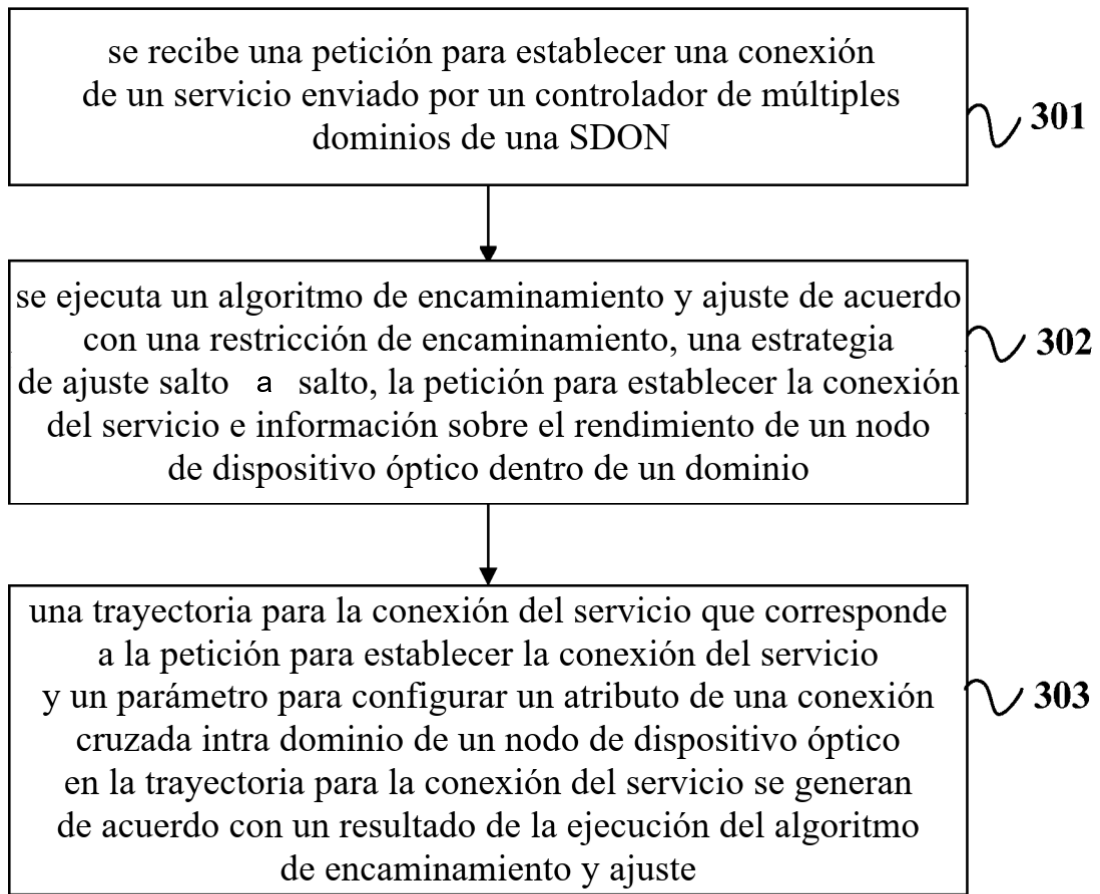


FIG. 3

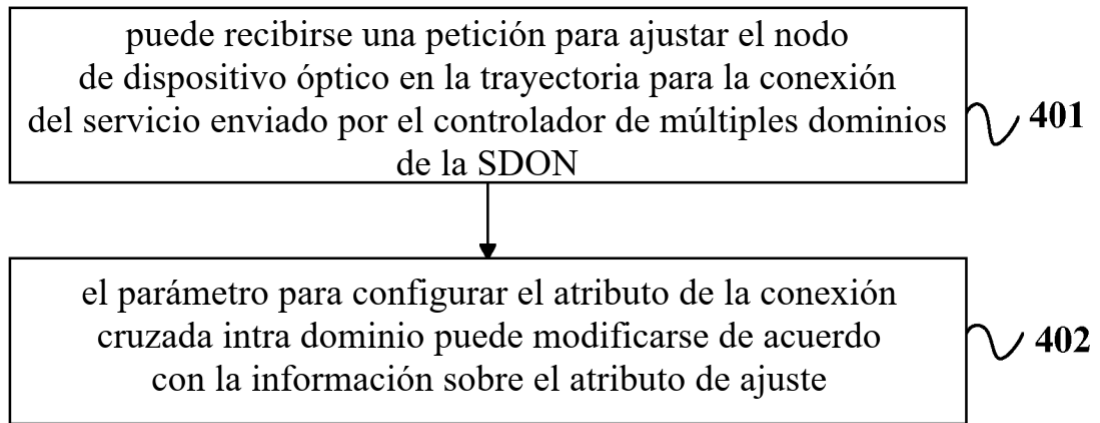


FIG. 4

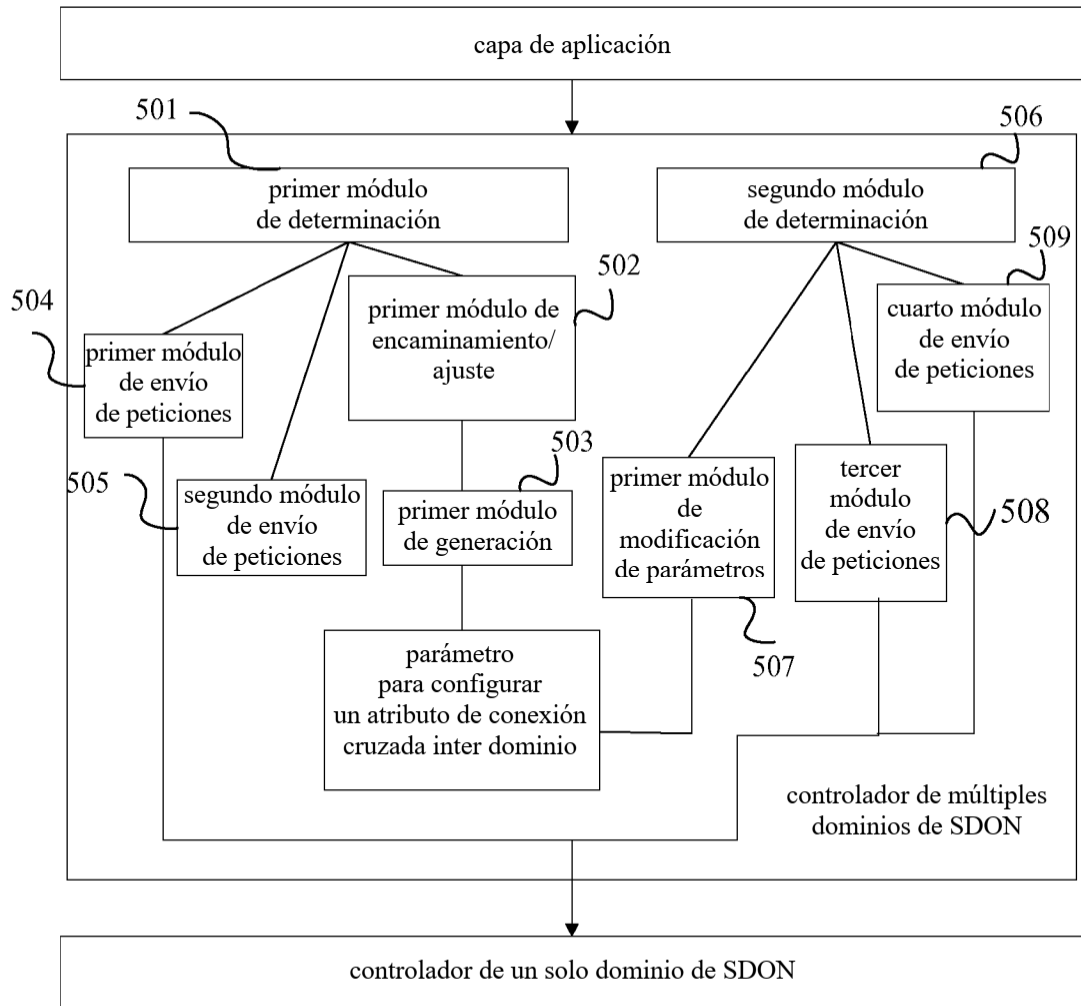


FIG. 5

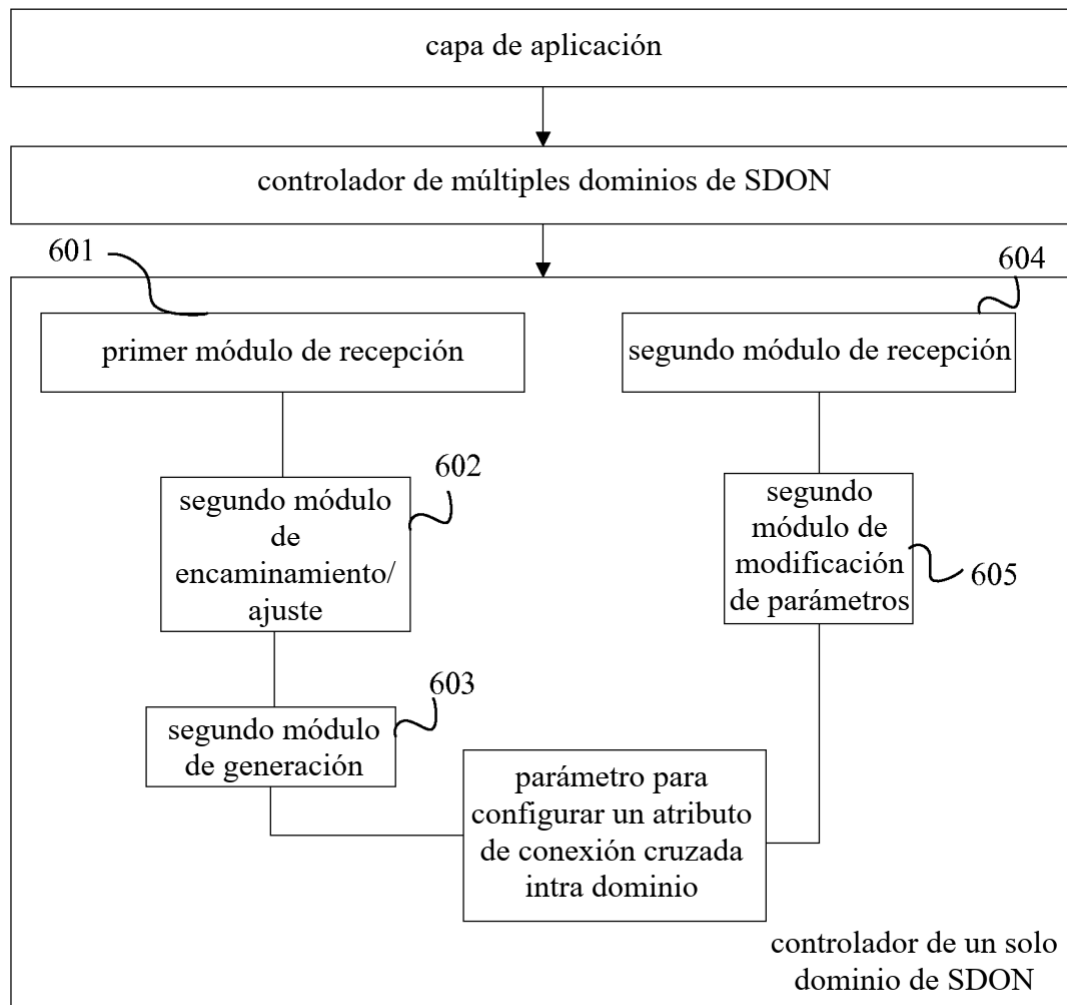


FIG. 6

número de puerto de entrada óptico	número de portadoras m	frecuencia central 1	anchura espectral de canal 1	modo de modulación 1
		frecuencia central 2	anchura espectral de canal 2	modo de modulación 2
		.	.	.
		frecuencia central m	anchura espectral de canal m	modo de modulación m
número de puerto de entrada óptico	número de portadoras n	frecuencia central 1	anchura espectral de canal 1	modo de modulación 1
		frecuencia central 2	anchura espectral de canal 2	modo de modulación 2
		.	.	.
		frecuencia central n	anchura espectral de canal n	modo de modulación n

FIG. 7