

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 980 532**

51 Int. Cl.:

H04J 14/02 (2006.01)

H04Q 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.06.2019 E 19179522 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2024 EP 3582417**

54 Título: **Controlador de sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia y método de control del mismo**

30 Prioridad:

11.06.2018 US 201862683037 P

09.07.2018 US 201862695776 P

25.04.2019 CN 201910338492

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.10.2024

73 Titular/es:

DELTA ELECTRONICS, INC. (100.0%)
No. 252, Shanying Road Guishan District
Taoyuan City 333, TW

72 Inventor/es:

YUANG, MARIA CHI-JUI;
TIEN, PO-LUNG y
RUAN, WEI-ZHANG

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 980 532 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

Controlador de sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia y método de control del mismo

5 **Antecedentes****Campo técnico**

10 La divulgación se refiere a un sistema de red de centro de datos perimetral y a un método de control de sistema de red de centro de datos perimetral, particularmente a un sistema de red de túnel óptico aplicado al sistema de red de centro de datos perimetral y a un método de control del mismo.

Descripción de la técnica relacionada

15 Las redes de centros de datos (DCN) se utilizan en centros de datos en la nube o centros de datos perimetrales para proporcionar una estructura de red fiable y eficaz, que puede soportar diversas aplicaciones y servicios que están basados en la nube, basados en el perímetro u orientados a empresas, tales como la informática en la nube, informática perimetral, almacenamiento de datos, minería de datos, redes sociales, etc.

20 En una red de centro de datos que utiliza conmutadores eléctricos convencionales para intercambiar datos, una tasa de transmisión de la red de centro de datos estará limitada por la capacidad de intercambio de datos de los conmutadores electrónicos convencionales. Además, el proceso de transmisión de datos en la red de centro de datos implica una gran cantidad de conversiones óptico-eléctricas y conversiones eléctrico-ópticas, lo que provocará un gran consumo de potencia. Los conmutadores electrónicos convencionales también requieren una gran cantidad de cálculos para determinar cómo encaminar paquetes durante la transmisión de datos. El cálculo realizado por los conmutadores electrónicos convencionales consume una gran cantidad de potencia, aumenta la latencia de transmisión de datos y eleva un coste para refrigerar el sistema de red de centro de datos. Adicionalmente, cuando se forma y se fija una estructura de sistema de los conmutadores electrónicos convencionales es difícil renovar la estructura de sistema para soportar más bastidores o servidores con rendimiento superior. Para aumentar una tasa de transmisión de la red de centro de datos que utiliza los conmutadores electrónicos convencionales, se requiere que se sustituyan o mejoren los conmutadores electrónicos existentes, de manera que provoca un coste más alto para establecer o mantener la red de centro de datos que utiliza los conmutadores electrónicos convencionales.

35 El documento US 2014/193154 A1 divulga sistemas y métodos para modificar dinámicamente las etapas de transmisión y recepción de WDM (individualmente o en combinación), que incluyen la codificación de señales de cliente, mapeándolas a subcanales dentro o a través de canales de la UIT, modulándolas en frecuencias subportadoras y multiplexándolas juntas para transmisión óptica.

40 El documento US 8705954 B2 divulga un sistema de transmisión totalmente óptico que incluye una matriz de conmutador óptico, una pluralidad de componentes ópticos que se comunican a través de la matriz de conmutador óptico y un conmutador de la parte superior de bastidor (ToR) acoplado a cada componente óptico. Cada conmutador ToR se comunica con los componentes ópticos y con otros conmutadores ToR.

Sumario

45 Un aspecto de la presente invención se refiere a un método de control de sistema de red de acuerdo con la reivindicación 1.

50 Otro aspecto de la presente invención se refiere a un controlador de sistema de red de acuerdo con la reivindicación 7.

Breve descripción de los dibujos

55 La Figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 2 es un diagrama esquemático de un subsistema de adición-supresión óptico (OADS) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

60 La Figura 3A es un diagrama de relación de conexión del módulo de transmisión de cada OADS entre el módulo de transmisión en la misma unidad de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 3B y la Figura 3C son diagramas esquemáticos del conflicto provocado por un combinador y el conflicto provocado por un demultiplexor respectivamente.

65 La Figura 3D es un diagrama esquemático de intra unidades y la orientación de la señal óptica en la unidad de

acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra un subsistema de interconexión de conmutador óptico (OSIS) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 5 es un diagrama esquemático de diseño interno de un submódulo de conmutación óptica de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 6 es un diagrama esquemático de un módulo de tejido de interconexión y un submódulo de migración tras error de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 7A es un diagrama esquemático de una red de interconexión entre subsistemas de interconexión de conmutación óptica en una red de segundo nivel de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 7B es una vista esquemática parcialmente ampliada de la Figura 7A.

La Figura 8A es un diagrama esquemático de la operación de un tejido de protección de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 8B es un diagrama de flujo del método de determinación de la unidad de microcontrol 410 en el mecanismo de interrogación de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 8C y la Figura 8D son diagramas esquemáticos de operaciones de la unidad de microcontrol que ejecuta el mecanismo de interrupción de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 9 es un diagrama esquemático de rutas de túnel óptico de inter unidades entre las unidades de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 10A y la Figura 10B son diagramas esquemáticos de la configuración de los submódulos de conmutación óptica del subsistema de interconexión de conmutación óptica, respectivamente, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 11A es un diagrama esquemático de un diseño de una ruta de protección en la unidad de la red de primer nivel de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 11B es un diagrama esquemático de un diseño de una ruta de protección en la unidad de la red de primer nivel T1 de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 12 es un diagrama esquemático de un diseño de una ruta de protección entre la red de primer nivel y la red de segundo nivel de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 13 es un diagrama esquemático de un sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 14 es un diagrama de bloques funcional de un controlador de SDN de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

La Figura 15A y la Figura 15B son diagramas de bloques funcionales detallados de un controlador de SDN de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 16 es un diagrama esquemático de túneles ópticos entre uno cualquiera del subsistema de adición-supresión óptico y otro del subsistema de adición-supresión óptico en la red de túnel óptico construida por el submódulo de preasignación de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 17 es un diagrama esquemático de túneles ópticos entre uno específico del subsistema de adición-supresión óptico y el otro del subsistema de adición-supresión óptico en la red de túnel óptico construida por el submódulo de preasignación de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 18 es un diagrama esquemático de un algoritmo para construir la red de túnel óptico mediante el submódulo de preasignación de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 19 es un diagrama de flujo de la operación del submódulo de preasignación de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 20A y la Figura 20B son diagramas esquemáticos de la división de túneles de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 21 es un diagrama de flujo del procesamiento del túnel de carga alta de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

5 La Figura 22A y la Figura 22B son diagramas esquemáticos de la fusión de túneles de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 23 es un diagrama de flujo del procesamiento del túnel de carga baja de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

10 La Figura 24 es un diagrama esquemático de un algoritmo de asignación de túnel óptico de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

15 La Figura 25 es un diagrama de bloques funcional detallado de un controlador de SDN de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

La Figura 26 es un diagrama esquemático de retransmisor de túnel de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

20 La Figura 27 es un diagrama de bloques funcional detallado de un controlador de SDN de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

La Figura 28 es un diagrama esquemático del cálculo de tasas de flujo de datos del túnel óptico de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

25 La Figura 29 es un diagrama esquemático del algoritmo de la función de ruta de encaminamiento intra-unidad de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

30 La Figura 30 es un diagrama esquemático de la construcción del túnel óptico intra-unidad de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 31 es un diagrama esquemático del algoritmo de la función de ruta de encaminamiento inter-unidad de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

35 La Figura 32 es un diagrama esquemático de la construcción del túnel óptico entre módulos de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

Descripción detallada

40 En este documento, el término "acoplado" puede denominarse también "eléctricamente acoplado" y "acoplado por fibra óptica", y el término "conectado" puede denominarse "eléctricamente conectado" y "conectado por fibra óptica". "Acoplado" y "conectado" pueden usarse también para indicar que dos o más elementos cooperan o interactúan entre sí. Se entenderá que, aunque los términos "primero", "segundo", etc., pueden usarse en el presente documento para describir diversos elementos, estos elementos no deberían estar limitados por estos términos. Estos términos se usan para distinguir un elemento de otro. Por ejemplo, un primer elemento podría llamarse un segundo elemento, y, de manera similar, un segundo elemento podría llamarse un primer elemento, sin alejarse del alcance de realizaciones. En esta divulgación, los términos mencionados 1x1, 1x2, 1x3, 2x1, 2x2, 5x1, 6x4 y NxM ilustran la cantidad de terminales de entrada y la cantidad de terminales de salida, tal como 1 entrada y 1 salida, 1 entrada y 2 salidas, 1 entrada y 3 salidas, 2 entradas y 1 salida, 2 entradas y 2 salidas, 5 entradas y 1 salida, 6 entradas y 4 salidas, y N entradas y M salidas respectivamente.

50 Por favor, hágase referencia a la Figura 1. La Figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación. En algunas realizaciones, el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 puede aplicarse al sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia (OPTUNS) en el centro de datos perimetral para sustituir al sistema de red de múltiples niveles y de conmutación eléctrica complicado en el centro de datos.

55 Como se muestra en la Figura 1, en algunas realizaciones, el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 incluye una red de primer nivel T1 y una red de segundo nivel T2. La red de primer nivel T1 y la red de segundo nivel T2 pueden interconectarse por una fibra monomodo. En algunas realizaciones, la red de primer nivel T1 y la red de segundo nivel T2 son redes de conmutación óptica respectivamente.

60 Como se muestra en la Figura 1, en algunas realizaciones, la red de primer nivel T1 incluye una pluralidad de unidades, como las unidades P1-P4 mostradas en la figura. En esta realización, las unidades P1-P4 son unidades de nodos ópticos respectivamente. Para facilidad de entendimiento y de simplificación de la descripción, no se muestran algunas unidades de la red de primer nivel T1 en la Figura 1.

Una cualquiera de las unidades P1-P4 en la red de primer nivel T1 incluye una pluralidad de subsistemas de adición-supresión ópticos (OADS) 200a-200e como nodos ópticos. Los OADS están configurados para transmitir datos, a través de una pluralidad de conmutadores en la parte superior del bastidor (de tipo "Top of Rack") (ToR) ToRa y ToRb respectivamente, con servidores en una correspondiente pluralidad de bastidores 900a y 900b. Como se muestra en la Figura 1, en algunas realizaciones, cada unidad P1-P4 incluye cinco OADS respectivamente. Para facilidad de descripción, se ilustran únicamente dos conjuntos de conmutadores ToR ToRa, ToRb y bastidores 900a, 900b en el diagrama.

En la práctica, los OADS restantes también están conectados a sus correspondientes servidores a través de los correspondientes conmutadores ToR para realizar la transmisión de datos. Además, puede ajustarse la cantidad de OADS incluidos en cada unidad P1-P4 de acuerdo con el requisito real. La Figura 1 es simplemente ilustrativa y la presente divulgación no está limitada a la misma.

Tomando el OADS 200a como un ejemplo, uno cualquiera de los OADS en la unidad P1 incluye un primer módulo de transmisión 210 y un segundo módulo de transmisión 220. El primer módulo de transmisión 210 está configurado para realizar transmisión de datos en una primera banda de frecuencia. El segundo módulo de transmisión 220 está configurado para realizar transmisión de datos en una segunda banda de frecuencia diferente de la primera banda de frecuencia. En algunas realizaciones, el primer módulo de transmisión 210 y el segundo módulo de transmisión 220 son módulos de transmisión óptica respectivamente. La primera banda de frecuencia es una banda de longitud de onda en un intervalo de longitud de onda específico, y la segunda banda de frecuencia es otra banda de longitud de onda en otro rango de longitud de onda específico. Como se muestra en la Figura 1, en la misma unidad P1, el primer módulo de transmisión de uno cualquiera de los OADS (es decir, el OADS 200a) está conectado a los primeros módulos de transmisión 210 del OADS adyacente (es decir, el OADS 200b) para formar un primer anillo de transmisión. De manera similar, el segundo módulo de transmisión de uno cualquiera de los OADS (es decir, el OADS 200a) está conectado a los segundos módulos de transmisión 220 del OADS adyacente (es decir, el OADS 200b) para formar un segundo anillo de transmisión. En algunas realizaciones, los primeros módulos de transmisión 210 en el primer anillo de transmisión están conectados entre sí a través de una fibra óptica, y los segundos módulos de transmisión 220 en el segundo anillo de transmisión están conectados entre sí a través de una fibra óptica.

Debería observarse que, en algunas realizaciones, las primeras bandas de frecuencia configuradas en los primeros módulos de transmisión de cada OADS 200a-200e en la misma unidad son diferentes entre sí, y las segundas bandas de frecuencia configuradas en los segundos módulos de transmisión de cada OADS 200a-200e son diferentes entre sí. El detalle del módulo, la configuración de la banda de frecuencia y la operación específica de los OADS 200a-200e se describirá en los siguientes párrafos con los correspondientes diagramas.

Como se muestra en la Figura 1, en algunas realizaciones, la red de segundo nivel T2 comprende una pluralidad de subsistemas de interconexión de conmutación óptica (OSIS) 400a-400e como nodos ópticos. Estructuralmente, cualesquiera de los OSIS 400a-400e transmite una correspondiente señal óptica de transmisión lateral a través de la correspondiente primera línea para implementar la comunicación entre cada uno de los OSIS 400a-400e. En otras palabras, los OSIS 400a-400e están interconectados entre sí con fibra óptica en una estructura que es similar a la red de malla, de modo que la red de fibra entre cualquier par de OSIS 400a-400e y la red de fibra entre cualquier otro par de los OSIS 400a-400e operan independientemente entre sí. En algunas realizaciones, la red de fibra óptica entre los OSIS 400a-400e puede implementarse con fibra de cinta. Por lo tanto, la conexión entre los OSIS 400a-400e también parece que es una estructura de malla con forma de anillo R2 en expresión hacia afuera.

Los OSIS 400a-400e están configurados para recibir, respectivamente, señales ópticas del OADS de la red de primer nivel T1, después de realizar conmutación de ruta y tránsito de conmutación de longitud de onda óptica hacia abajo a otro OADS de la red de primer nivel T1.

Un controlador de red definido por software (controlador de SDN) 500 está configurado para emitir correspondientes señales de control a cada uno de los conmutadores ToR ToRa, ToRb, los OADS 200a-200e y los OSIS 400a-400e para crear túneles ópticos y planificar los túneles ópticos. Por lo tanto, puede implementarse la transmisión de datos en el sistema entre cada servidor utilizando señales ópticas a través de las redes de fibra óptica en la red de primer nivel T1 y la red de segundo nivel T2.

Debería observarse que, las cantidades de los OSIS y de los OADS ilustradas en la Figura 1 son simplemente ilustrativas y la presente divulgación no está limitada a lo mismo. En diversas realizaciones, la cantidad de los OSIS 400a-400e y de los OADS 200a-200e del sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 puede aumentarse y / o reducirse de manera incremental de acuerdo con el requisito real y se mantiene la operación normal del sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100. Por lo tanto, el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 tiene un alto grado de flexibilidad de despliegue.

Como resultado, en el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100, seleccionando una combinación de longitud de onda particular de los OSIS 400a-400e, los OADS 200a-200e y las señales ópticas, puede establecerse el túnel óptico (es decir, la combinación de ruta óptica más longitud de onda óptica) para el intercambio de datos entre

bastidores y bastidores para conseguir una latencia ultra baja de transmisión de datos.

Además, en algunas realizaciones, puede aplicarse la tecnología de multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM) en el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100. Utilizando un transceptor de DWDM, pueden usarse diversas longitudes ópticas para transmitir datos al mismo tiempo en el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100. Sin embargo, el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 en la presente divulgación no está limitado a tecnología de DWDM. El sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 puede implementarse también con otra multiplexación por división de longitud de onda (WDM) u otra tecnología de transmisión óptica multiplexada equivalente. De esta manera, el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 puede conseguir baja latencia, alto ancho de banda, consumo de baja potencia, y tiene mejor rendimiento que el sistema de red de conmutación eléctrica usado en el centro de datos existente.

Para facilidad de descripción, los siguientes párrafos son la descripción con los diagramas relevantes para los OADS 200a-200e de la red de primer nivel T1 y el diseño de su estructura de red, los OSIS 400a-400e de la red de segundo nivel T2 y el diseño de su estructura de red, el diseño de la estructura de interconexión entre la red de primer nivel T1 y la red de segundo nivel T2, el diseño de la ruta de protección de la red de primer nivel T1 y el diseño de la ruta de protección de la red de segundo nivel T2.

Por favor, hágase referencia a la Figura 2. La Figura 2 es un diagrama esquemático del OADS 200 de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación. El OADS 200 es un nodo de conmutación principal para crear túneles ópticos entre los bastidores de la red de primer nivel T1 para transmisión de datos. Como se muestra en la Figura 2, el OADS 200 incluye dos o más módulos de transmisión independientes, tales como un primer módulo de transmisión 210 y un segundo módulo de transmisión 220. El primer módulo de transmisión 210 y el segundo módulo de transmisión 220 usan diferente banda de longitud de onda secuencialmente. En algunas realizaciones, las bandas de longitud de onda usadas por el primer módulo de transmisión 210 y el segundo módulo de transmisión 220 son adyacentes entre sí. Específicamente, la banda de longitud de onda es una pluralidad de combinaciones de longitud de onda específicas dispuestas en orden ascendente por su frecuencia (es decir, la frecuencia equivale a la velocidad de la luz dividida entre la longitud de onda).

Como se muestra en la Figura 2, el primer y segundo módulos de transmisión 210 y 220, respectivamente, incluyen los multiplexores 212 y 222 como submódulos de entrada. Además, el primer y segundo módulos de transmisión 210 y 220, respectivamente, incluyen los submódulos de conmutación 214 y 224 y los demultiplexores 216 y 226 como submódulos de salida. Específicamente, el submódulo de conmutación 214 en el primer módulo de transmisión 210 incluye un primer divisor SP11, un segundo divisor SP12, un amplificador de señal óptica EFDA1, un primer conmutador selectivo de longitud de onda WSS11 y un segundo conmutador selectivo de longitud de onda WSS12. De manera similar, el submódulo de conmutación 224 del segundo módulo de transmisión 220 también incluye un tercer divisor SP21, un cuarto divisor SP22, un amplificador de señal óptica EFDA2, un tercer conmutador selectivo de longitud de onda WSS21 y un cuarto conmutador selectivo de longitud de onda WSS22. El multiplexor 222 (cuya función y operación pueden hacer referencia al multiplexor 212 del primer módulo de transmisión 210 en la siguiente realización), conectado al correspondiente de los ToR, está configurado para recibir, a través de una pluralidad de puertos de adición, una pluralidad de segundas señales ópticas aguas arriba (UL9-UL16) desde el conmutador ToR, y combinar las segundas señales ópticas aguas arriba (UL9-UL16) en una segunda señal óptica compuesta Sig21. El tercer divisor SP21 (cuya función y operación pueden hacer referencia al primer divisor SP11 del submódulo de conmutación 214 en la siguiente realización), depositado en el segundo anillo de transmisión Anillo2, está configurado para recibir y duplicar la segunda señal óptica compuesta Sig21 como una quinta señal óptica de transmisión lateral TSh5 y una tercera señal óptica de transmisión de enlace ascendente TSu3, transmitir la quinta señal óptica de transmisión lateral TSh5 a través del segundo anillo de transmisión Anillo2 al segundo módulo de transmisión 220 de otro OADS en la misma unidad y transmitir la tercera señal óptica de transmisión de enlace ascendente TSu3 a través de un segundo puerto longitudinal 221. El amplificador de señal óptica EFDA2 (cuya función y operación pueden hacer referencia al amplificador de señal óptica EFDA1 del submódulo de conmutación 214 en la siguiente realización), depositado en el segundo anillo de transmisión Anillo2 y conectado al tercer divisor SP21, está configurado para amplificar la quinta señal óptica de transmisión lateral TSh5 y emitir la quinta señal óptica de transmisión lateral TSh5' al segundo módulo de transmisión 220 de otro OADS en la misma unidad. El cuarto divisor SP22 (cuya función y operación pueden hacer referencia al segundo divisor SP12 del submódulo de conmutación 214 en la siguiente realización), depositado en el segundo anillo de transmisión Anillo2, está configurado para recibir y duplicar la quinta señal óptica de transmisión lateral TSh5', recibida desde el módulo de transmisión 220 de otro OADS en la misma unidad, como una tercera señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd3 y una sexta señal óptica de transmisión lateral TSh6, y transmitir la sexta señal óptica de transmisión lateral TSh6 a través del segundo anillo de transmisión Anillo2. El tercer conmutador selectivo de longitud de onda WSS21 (cuya función y operación pueden hacer referencia a la primera longitud de onda selectiva WSS11 del submódulo de conmutación 214 en la siguiente realización), acoplado al segundo anillo de transmisión Anillo2, está configurado para recibir la tercera señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd3 desde el cuarto divisor SP22 o recibir una cuarta señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd4 desde el OSIS 400e, y emitir selectivamente la tercera señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd3 o la cuarta señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd4. El cuarto conmutador selectivo de longitud de onda WSS22 (cuya función y operación pueden hacer referencia a la segunda longitud de onda selectiva WSS12 del submódulo de conmutación 214 en la siguiente realización), dispuesto en el segundo anillo

de transmisión Anillo2, está configurado para recibir la sexta señal óptica de transmisión lateral TSh6 y emitir una séptima señal óptica de transmisión lateral TSh7 al tercer divisor SP21. El tercer divisor SP21 está configurado adicionalmente para recibir y duplicar la séptima señal óptica de transmisión lateral TSh7 como una octava señal óptica de transmisión lateral TSh7d y una cuarta señal óptica de transmisión de enlace ascendente TSu4, transmitir a través del segundo anillo de transmisión Anillo2 la octava señal óptica de transmisión lateral TSh7d, y transmitir, a través del segundo puerto longitudinal 221, la cuarta señal óptica de transmisión de enlace ascendente TSu4 al OSIS 400e. Cuando se corta la ruta óptica desde el OADS 200a hasta el OADS 200b en el primer anillo de transmisión Anillo1, el controlador de red definido por software 500 establece de manera correspondiente el conmutador ToR, el tercer conmutador selectivo de longitud de onda WSS21 y el cuarto conmutador selectivo de longitud de onda WSS22 del segundo módulo de transmisión 220 para crear el túnel óptico desde el OADS 200a hasta el OADS 200b en el segundo anillo de transmisión Anillo2.

El multiplexor 212 es como un submódulo de entrada del primer módulo de transmisión 210. De manera similar, el multiplexor 222 es como un submódulo de entrada del segundo módulo de transmisión 220. En la estructura, el multiplexor 212, 222 está conectado al OADS 200 correspondiente (es decir, el conmutador ToR), de los conmutadores ToR. El multiplexor 212, 222 que tiene una pluralidad de puertos de adición, está configurado para recibir una pluralidad de primeras señales ópticas aguas arriba UL1-UL8, una pluralidad de segundas señales ópticas aguas arriba UL9-UL16, y combinar las primeras señales ópticas aguas arriba UL1-UL8 y las segundas señales ópticas aguas arriba UL9-UL16 en una primera señal óptica compuesta Sig11 y una segunda señal óptica compuesta Sig21.

Específicamente, cada puerto de adición de los multiplexores 212 y 222 está acoplado con fibra óptica a un transmisor de los diversos transceptores de DWDM en un puerto de entrada-salida del conmutador ToR en el bastidor, en el que el transceptor de DWDM es el que corresponde a la banda de longitud de onda del puerto de adición. En algunas realizaciones, cada puerto de adición del multiplexor 212 y 222 está configurado para recibir señales con una longitud de onda fija. Un puerto de adición en el multiplexor 212 o 222 recibe una señal con una longitud de onda específica.

Como se muestra en la Figura 2, las primeras señales ópticas aguas arriba UL1-UL8 tienen una pluralidad de longitudes de onda $\lambda 1$ - $\lambda 8$ en la primera banda de frecuencia respectivamente. De manera similar, las segundas señales ópticas aguas arriba UL9-UL16 tienen una pluralidad de longitudes de onda $\lambda 9$ - $\lambda 16$ en la segunda banda de frecuencia respectivamente. De esta manera, los multiplexores 212 y 222 pueden recibir, desde el conmutador ToR, las señales ópticas de la banda de longitud de onda (es decir, la longitud de onda $\lambda 1$ - $\lambda 8$ y $\lambda 9$ - $\lambda 16$) configurada en el primer módulo de transmisión 210 y el segundo módulo de transmisión 220, y combinar las diferentes señales de longitud de onda ópticas en una fibra óptica para que se transmita como la primera señal óptica compuesta Sig11 y la segunda señal óptica compuesta Sig21.

El submódulo de conmutación 214 del primer módulo de transmisión 210 incluye el primer divisor SP11, el amplificador de señal óptica EDFA1, el segundo divisor SP12, el primer conmutador selectivo de longitud de onda WSS11, y el segundo conmutador selectivo de longitud de onda WSS12. De manera similar, el segundo módulo de transmisión 220 del submódulo de conmutación 224 también incluye el tercer divisor SP21, el amplificador de señal óptica EDFA2, el cuarto divisor SP22, el tercer conmutador selectivo de longitud de onda WSS21 y el cuarto conmutador selectivo de longitud de onda WSS22.

La función principal de los submódulos de conmutación 214 y 224 es cargar sucesivamente la primera señal óptica compuesta Sig11 y la segunda señal óptica compuesta Sig21 transmitidas desde el submódulo de entrada (es decir, los multiplexores 212 y 222) al OSIS 400a y 400e en la red de segundo nivel T2 o transmitir, al este u oeste, al otro OADS 200 en la misma unidad, y conmutar las señales ópticas transmitidas desde el otro OADS 200 en la misma unidad al submódulo de entrada (es decir, los demultiplexores 216 y 226). Por ejemplo, los OADS en la unidad P2 en la Figura 1 pueden transmitir/recibir las señales ópticas a/desde los otros cuatro OADS en la misma unidad P2. Con el mismo principio, los OADS en cada unidad en la Figura 1 pueden transmitir/recibir las señales ópticas a/desde los otros cuatro OADS en la misma unidad.

Para facilidad de explicación, en los siguientes párrafos, se tomará el primer módulo de transmisión 210 como un ejemplo para describir la operación de cada componente. Los componentes en el segundo módulo de transmisión 220 y la operación del segundo módulo de transmisión 220 son similares al primer módulo de transmisión 210, y, por lo tanto, no se describen en el presente documento.

Como se muestra en la Figura 2, en la estructura, el primer divisor SP11, dispuesto en el primer anillo de transmisión Anillo1, está configurado para recibir y duplicar la señal óptica compuesta SP11 como una primera señal óptica de transmisión lateral TSh1 y una primera señal óptica de transmisión de enlace ascendente TSu1, transmitir a través del primer anillo de transmisión Anillo1 la primera señal óptica de transmisión lateral TSh1, y transmitir, a través del primer puerto longitudinal 211, la primera señal óptica de transmisión de enlace ascendente TSu1 al OSIS 400a.

En algunas realizaciones, el amplificador de señal óptica EDFA1 puede implementarse con un amplificador de fibra dopada con erbio (EDFA). El amplificador de señal óptica EDFA1, dispuesto en el primer anillo de transmisión Anillo1 y acoplado al primer divisor SP11, está configurado para amplificar la primera señal óptica de transmisión lateral TSh1 y emitir la primera señal óptica de transmisión lateral TSh1' al primer módulo de transmisión 210 de otros OADS en la

misma unidad. Por lo tanto, en la realización mostrada en la Figura 2, el amplificador de señal óptica EDFA1 puede amplificar la potencia de la señal óptica transmitida al oeste para garantizar que tiene suficiente potencia para transmitirse al destino, pero la presente divulgación no está limitada en la dirección de transmisión al oeste. En aplicaciones reales, la dirección de transmisión puede ajustarse de acuerdo con la configuración de red.

Como se muestra en la Figura 2, en la estructura, el segundo divisor SP12 dispuesto en el primer anillo de transmisión Anillo1, está configurado para recibir y duplicar una primera señal óptica de transmisión lateral TSh1', recibida desde el primer módulo de transmisión 210 de otros OADS 200 en la misma unidad de nodo óptico, como una primera señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd1 y una segunda señal óptica de transmisión lateral TSh2, y transmitir la segunda señal óptica de transmisión lateral TSh2 a través del primer anillo de transmisión Anillo1.

El primer conmutador selectivo de longitud de onda WSS11, acoplado al primer anillo de transmisión Anillo1, configurado para recibir la primera señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd1 desde el divisor SP12 o recibir una segunda señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd2 desde el OSIS 400a, y emitir selectivamente la primera señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd1 o la segunda señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd2 como la señal óptica compuesta Sig12 al demultiplexor 216.

Específicamente, el primer conmutador selectivo de longitud de onda WSS11 es un conmutador selectivo de longitud de onda 2x1 (2 entradas y 1 salida), que está configurado para seleccionar la señal de longitud de onda específica para que pase para emitir la correspondiente señal óptica al demultiplexor 216. En algunas realizaciones, el conmutador selectivo de longitud de onda 2x1 puede implementarse incluyendo dos conmutadores selectivos de longitud de onda 1x1 y un combinador 2x1, integrando, a través del combinador, dos señales ópticas seleccionadas por dos conmutadores selectivos de longitud de onda 1x1 y emitiendo la señal óptica compuesta combinada Sig12 al demultiplexor 216 del submódulo de recepción.

El segundo conmutador selectivo de longitud de onda WSS12, dispuesto en el primer anillo de transmisión Anillo1, configurado para recibir la segunda señal óptica de transmisión lateral TSh2 y emitir una tercera señal óptica de transmisión lateral TSh3 al primer divisor SP1. El primer divisor SP1 está configurado adicionalmente para recibir y duplicar la tercera señal óptica de transmisión lateral TSh3 como una cuarta señal óptica de transmisión lateral TSh3d y una segunda señal óptica de transmisión de enlace ascendente TSu2. La cuarta señal óptica de transmisión lateral TSh3d se transmite a través del primer anillo de transmisión Anillo1 por el primer divisor SP11 y la segunda señal óptica de transmisión de enlace ascendente TSu2 se transmite a través del primer puerto longitudinal 211 por el primer divisor SP11 al OSIS 400a.

En otras palabras, el primer divisor SP11 es un divisor 2x2 (2 entradas 2 salidas), e incluye dos puertos de entrada y dos puertos de salida, uno de los cuales está configurado para recibir la primera señal óptica compuesta Sig11. El primer divisor SP11 está configurado para duplicar la primera señal óptica compuesta recibida Sig11 a los dos puertos de salida. El otro puerto de entrada está configurado para recibir la tercera señal óptica transmitida lateral TSh3. El primer divisor SP11 está configurado para duplicar la tercera señal óptica de transmisión lateral TSh3 a los dos puertos de salida. Un puerto de salida del primer divisor SP11 está configurado para emitir la primera señal óptica de transmisión lateral TSh1 o la cuarta señal óptica de transmisión lateral TSh3d, y el otro puerto de salida está configurado para emitir la primera señal óptica de transmisión de enlace ascendente TSu1 o la segunda señal óptica de transmisión de enlace ascendente TSu2. El segundo divisor SP12 es un divisor 1x2 (1 entrada y 2 salidas) y duplica y divide la primera señal óptica de transmisión lateral TSh1', recibida desde el primer módulo de transmisión 210 de otros OADS en la misma unidad de nodo óptico, en dos haces. En la realización mostrada en la Figura 2, en la que se transmite continuamente una como la segunda señal óptica de transmisión óptica lateral TSh2 al oeste a otros OADS en la misma unidad P1 y se transmite la otra como la primera señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd1 hacia abajo hasta el módulo de recepción óptico (es decir, el demultiplexor 216). Sin embargo, la presente divulgación no está limitada en la dirección de transmisión al oeste. En aplicaciones reales, la dirección de transmisión puede ajustarse de acuerdo con la configuración de red.

La segunda señal óptica de transmisión lateral TSh2 pasa a través del segundo conmutador de selección de longitud de onda 1x1 WSS12, y el segundo conmutador de selección de longitud de onda WSS12 selecciona la señal de longitud de onda óptica específica de la segunda señal óptica de transmisión lateral TSh2 como la tercera señal óptica de transmisión lateral TSh3. A continuación, a través del primer divisor SP11 que duplica y divide, en la realización mostrada en la Figura 2, se transmite continuamente una señal óptica como la cuarta señal óptica de transmisión lateral TSh3d al oeste hasta los otros OADS en la misma unidad óptica, y se emite la otra señal óptica como la segunda señal óptica de transmisión de enlace ascendente TSu2 al correspondiente OSIS 400a. Sin embargo, la presente divulgación no está limitada en la dirección de transmisión al oeste. En aplicaciones reales, la dirección de transmisión puede ajustarse de acuerdo con la configuración de red.

Por favor, hágase referencia a la Figura 3A junta. La Figura 3A es un diagrama de relación de conexión del primer módulo de transmisión 210 y del segundo módulo de transmisión 220 de cada OADS 200a-200e en la misma unidad de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

Debería observarse que, como se muestra en la Figura 3A, en algunas realizaciones, el primer módulo de transmisión

210 y el segundo módulo de transmisión 220 de cada uno de los OADS 200a-200e transmiten, a través del primer anillo de transmisión Anillo1 y del segundo anillo de transmisión Anillo2 respectivamente, las señales ópticas de transmisión lateral TSh1-TSh3 y TSh3d. Las direcciones ópticas de transmisión en el primer anillo de transmisión Anillo1 y en el segundo anillo de transmisión Anillo2 son opuestas entre sí. Por ejemplo, cada uno de los primeros módulos de transmisión 210 transmite señales en una dirección hacia el oeste (es decir, una dirección en el sentido de las agujas del reloj) con el primer anillo de transmisión Anillo1, y cada uno de los segundos módulos de transmisión 220 transmite señales hacia el este (es decir, en dirección contraria en el sentido de las agujas del reloj) con el segundo anillo de transmisión Anillo2. Pero la divulgación no está limitada a lo mismo. En otras realizaciones, el primer anillo de transmisión Anillo1 y el segundo anillo de transmisión Anillo2 pueden transmitir también las señales ópticas de transmisión lateral TSh1-TSh3 y TSh3d en la misma dirección de transmisión óptica.

Además, como se muestra en la Figura 3A, el primer módulo de transmisión 210 de los OADS 200a-200e está acoplado al OSIS 400a a través de una pluralidad de correspondientes primeros puertos longitudinales (mostrados por flechas de línea continua en la figura) respectivamente. El segundo módulo de transmisión 220 de los OADS 200a-200e está acoplado, a través de una pluralidad de correspondientes segundos puertos longitudinales (mostrados por flechas de línea discontinua en la Figura), al OSIS 400e que es adyacente al OSIS 400a.

Por favor, hágase referencia de nuevo a la Figura 2. Como se muestra en la Figura 2, los demultiplexores 216 y 226 son como los submódulos de salida del OADS 200. Estructuralmente, los demultiplexores 216 y 226 están acoplados a, respectivamente, el primer conmutador selectivo de longitud de onda WSS11 y WSS21, conectado al correspondiente de los conmutadores ToR, están configurados para recibir y demultiplexar la primera señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd1 o la segunda señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd2 como una pluralidad de señales ópticas aguas abajo DL1-DL8 y DL9-DL16 y transmitir las señales ópticas aguas abajo DL1-DL8 y DL9-DL16 al conmutador ToR.

Específicamente, el demultiplexor 216 y 226 que incluye el DEMUX cíclico individualmente, está configurado para recibir la señal óptica compuesta Sig12 y Sig 22, que incluye cada longitud de onda, desde el conmutador de longitud de onda selectivo WSS11 y WSS21, y filtrar selectivamente las señales ópticas con una longitud de onda específica para pasar para entrar a un correspondiente puerto de supresión. Por ejemplo, se supone que el sistema de túnel óptico definido por inteligencia usa en total 40 clases de longitudes de onda (que están dispuestas en frecuencia ascendente λ_1 - λ_{40}), y cada banda de longitud de onda incluye ocho longitudes de onda, incluyendo cada primer módulo de transmisión 210 y segundo módulo de transmisión 220, individuales, ocho puertos de supresión. Por lo tanto, el DEMUX cíclico que tiene ocho canales puede disponer las siguientes 40 longitudes de onda como máximo en orden de acuerdo con el periodo, y seleccionar la señal de longitud de onda, por el conmutador selectivo de longitud de onda WSS11 y WSS21, para entrar en el demultiplexor 216 y 226. Las ocho longitudes de onda seleccionadas por el conmutador selectivo de longitud de onda WSS11 y WSS21 entran en, individualmente, los correspondientes ocho puertos de supresión del demultiplexor 216 del primer módulo de transmisión 210, en el que únicamente entra una correspondiente señal de longitud de onda que se ha seleccionado en cada puerto de supresión al mismo tiempo. Por ejemplo, en una realización, la configuración de longitud de onda del demultiplexor cíclico se muestra en la tabla 1 a continuación:

(Tabla 1: configuración de longitud de onda del demultiplexor cíclico)

Puerto de supresión	longitud de onda recibida					
1	λ_1	λ_9	λ_{17}	λ_{25}	λ_{33}	
2	λ_2	λ_{10}	λ_{18}	λ_{26}	λ_{34}	
3	λ_3	λ_{11}	λ_{19}	λ_{27}	λ_{35}	
4	λ_4	λ_{12}	λ_{20}	λ_{28}	λ_{36}	
5	λ_5	λ_{13}	λ_{21}	λ_{29}	λ_{37}	
6	λ_6	λ_{14}	λ_{22}	λ_{30}	λ_{38}	
7	λ_7	λ_{15}	λ_{23}	λ_{31}	λ_{39}	
8	λ_8	λ_{16}	λ_{24}	λ_{32}	λ_{40}	

Como se muestra en la tabla 1 en la presente realización, la primera longitud de onda de cada banda de longitud de onda (λ_1 , λ_9 , λ_{17} , λ_{25} , λ_{33}) entra en el primer puerto de supresión, la segunda longitud de onda (λ_2 , λ_{10} , λ_{18} , λ_{26} , λ_{34}) entra en el segundo puerto de supresión, y así sucesivamente. Cada puerto de supresión está conectado a la fibra óptica a un receptor de los transceptores de DWDM en un puerto de entrada-salida del conmutador ToR en el bastidor, en el que el transceptor de DWDM es el que corresponde a la banda de longitud de onda del módulo del puerto de supresión. Por ejemplo, el primer puerto de supresión puede estar conectado al receptor del transceptor de DWDM con la primera longitud de onda λ_1 en la banda de frecuencia del puerto de entrada-salida del conmutador ToR en el bastidor. De esta manera, cada puerto de supresión del demultiplexor 216 y 226 puede recibir una pluralidad de señales ópticas con número cíclico de longitud de onda.

Debería observarse que, si se transmiten las señales ópticas con la misma longitud de onda a través de la misma fibra óptica del primer módulo de transmisión 210 y del segundo módulo de transmisión 220 al mismo tiempo, la interferencia de las señales puede provocar conflicto. Por favor, hágase referencia a la Figura 3B y a la Figura 3C juntas. La Figura 3B y la Figura 3C son diagramas esquemáticos del conflicto provocado por un combinador y el conflicto provocado por un demultiplexor respectivamente. Como se muestra en la Figura 3B, cuando el primer conmutador selectivo de longitud de onda WSS11 recibe la primera señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd1 desde el segundo divisor SP12, y recibe las señales ópticas, que incluyen la misma longitud de onda (es decir, λ_1), en la segunda señal óptica transmitida de enlace descendente TSd2 desde el OSIS 400a, y si los dos conmutadores selectivos de longitud de onda 1×1 en el primer conmutador selectivo de longitud de onda 2×1 WSS11 seleccionan λ_1 para que pase, pueden combinarse simultáneamente las dos señales ópticas con la longitud de onda λ_1 en una fibra óptica a través del combinador 2×1 y emitirse al demultiplexor 216 para provocar conflicto.

Como se muestra en la Figura 3C, el segundo tipo de conflicto es un conflicto provocado por el demultiplexor 216. Debido al diseño del demultiplexor cíclico, cada puerto de supresión puede recibir cinco clases de longitudes de onda dispuestas de acuerdo con el orden del ciclo de longitud de onda (mostrado en la tabla anterior 1). Se supone que el primer conmutador selectivo de longitud de onda WSS11 recibe la primera señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd1 desde el divisor SP12, y la segunda señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd2, el OSIS 400a, y selecciona, respectivamente, la señal óptica con longitud de onda λ_1 en la primera señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd1 y la señal óptica con longitud de onda λ_9 en la segunda señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd2 para que pase. Incluso aunque pueden combinarse satisfactoriamente los dos haces con diferentes longitudes de onda en una fibra óptica como la señal óptica compuesta Sig12 y transmitirse al demultiplexor 216, después de pasar a través del demultiplexor 216, la señal óptica con longitud de onda λ_1 y con longitud de onda λ_9 puede introducirse en el mismo puerto de supresión (es decir, el primer puerto de supresión). Finalmente, la longitud de onda de la señal óptica con λ_1 y con longitud de onda λ_9 puede llegar al mismo receptor del transmisor de DWDM. Puesto que el receptor del mismo transceptor de DWDM puede recibir únicamente una señal de longitud de onda al mismo tiempo, de lo contrario puede aparecer interferencia. Tendrá lugar un conflicto en este punto. Por lo tanto, en algunas realizaciones, debido al diseño de la recepción del demultiplexor 216, incluso dos túneles ópticos que usan diferentes longitudes de onda λ_1 , λ_9 pueden provocar conflictos. Por lo tanto, es necesario realizar el control de planificación de túnel de la red de túnel óptico a través del controlador de red definido por software (controlador de SDN) 500 para evitar que tengan lugar condiciones de conflicto y optimizar la tasa de utilización de la red de túnel óptico.

La descripción anterior es para los módulos y operaciones internas del OADS 200. A continuación, los siguientes párrafos son la descripción para el diseño de la estructura de red de la interconexión de los OADS 200a-200e para formar la unidad P1. Por favor, hágase referencia a la Figura 3A de nuevo. Como se muestra en la Figura 3A, los OADS 200a-200e forman una unidad P1 con conexión de fibra óptica en serie. Como se ha descrito anteriormente, una cantidad de los OADS 200a-200e que están conectados en serie en una unidad depende de la cantidad de longitudes de onda configuradas en cada primer módulo de transmisión independiente 210 y un segundo módulo de transmisión 220 y la cantidad total de tipos de longitud de onda soportados por el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100. El primer módulo de transmisión 210 y el segundo módulo de transmisión 220 de cada OADS 200a-200e pueden estar conectados en serie al correspondiente primer módulo de transmisión 210 y al segundo módulo de transmisión 220 del OADS adyacente 200a-200e, formando una red con forma de anillo. Por lo tanto, una unidad incluirá una pluralidad de redes en anillo independientes.

La longitud de onda de banda de frecuencia usada por cada módulo de transmisión (es decir, el primer módulo de transmisión 210) que pertenece al mismo anillo de transmisión (es decir, el primer anillo de transmisión Anillo1) no puede repetirse entre sí y estar dispuesta en una dirección en dirección contraria en el sentido de las agujas del reloj ascendente de acuerdo con la frecuencia de longitud de onda. Además, puesto que los anillos de transmisión son independientes entre sí, puede reutilizarse la misma longitud de onda en diferentes anillos. Como alternativa, en algunas realizaciones, los tipos y cantidades de las longitudes de onda usadas en el primer anillo de transmisión Anillo1 y el segundo anillo de transmisión Anillo2 son iguales.

Tomando la estructura de la unidad P1 en la Figura 3A como un ejemplo, se usan dos fibras ópticas para conectar en serie el correspondiente primer módulo de transmisión 210 y el segundo módulo de transmisión 220 en los OADS 200a-200e respectivamente. Entre ellos, el primer anillo de transmisión Anillo1 transmite la señal óptica al oeste (es decir, en dirección en el sentido de las agujas del reloj), y el segundo anillo de transmisión Anillo2 transmite la señal óptica al este (es decir, en dirección contraria en el sentido de las agujas del reloj). El primer módulo de transmisión 210 del primer OADS 200a en el primer anillo de transmisión Anillo1 usa la banda de frecuencia que incluye la longitud de onda λ_1 - λ_8 . El primer módulo de transmisión 210 del siguiente OADS 200e en el este usa la banda de frecuencia que incluye la longitud de onda λ_9 - λ_{16} . El primer módulo de transmisión 210 del siguiente OADS 200e en el este usa la banda de frecuencia que incluye la longitud de onda λ_{17} - λ_{24} , y así sucesivamente.

Debe observarse, particularmente, que la longitud de onda banda de frecuencia usada por cada segundo módulo de transmisión 220 en el segundo anillo de transmisión Anillo2 puede desplazarse y ser adyacente a la usada por el primer módulo de transmisión 210. Por ejemplo, el segundo módulo de transmisión 220 del primer OADS 200a usa la longitud de onda λ_9 - λ_{16} (desplazada y adyacente a la longitud de onda λ_1 - λ_8 usada por el primer módulo de

transmisión 210 del OADS 200a). El segundo módulo de transmisión 220 del siguiente OADS 200e en el este usa la longitud de onda λ_{17} - λ_{24} (desplazada y adyacente a la longitud de onda λ_9 - λ_{16} usada por el primer módulo de transmisión 210 del OADS 200e). El segundo módulo de transmisión 220 del siguiente OADS 200d en el este usa la longitud de onda λ_{25} - λ_{32} , y así sucesivamente. En otras palabras, en la misma unidad P1, la primera banda de frecuencia configurada en el primer módulo de transmisión 210 en el OADS 200a y la segunda banda de frecuencia configurada en el segundo módulo de transmisión 220 en el OADS 200b incluyen la misma combinación de longitud de onda.

Una configuración de este tipo permite que cada uno de los OADS 200a-200e soporte 16 anchos de banda de longitud de onda. La cantidad máxima de OADS 200 que pueden conectarse en serie en una unidad P1 depende del tipo de longitud de onda usada por el sistema. Tomando la estructura en la Figura 1 como un ejemplo, suponiendo que el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 soporta un total de 40 clases de longitudes de onda, entonces pueden conectarse en serie cinco módulos de serie independientes con diferentes bandas de longitud de onda en un anillo independiente. Es equivalente a conectar cinco OADS 200a-200e (como se muestra en la Figura 3A) en serie en una unidad P1.

Además, los tipos y cantidades de longitudes de onda de transmisión usadas en cada uno de los anillos de transmisión Anillo1 y Anillo2 son iguales, por lo que se usan cuarenta longitudes de onda (λ_1 - λ_{40}) en el primer anillo de transmisión Anillo1, y el segundo anillo de transmisión Anillo2 también usa λ_1 - λ_{40} . En esta estructura de diseño con forma de anillo, unos OADS 200a-200e pueden transmitir las señales ópticas al este u oeste y recibir las señales ópticas desde el otro OADS en la misma unidad P1.

Además, la estructura de red en anillo de la unidad incluye dos características de diseño, que son el diseño de estructura incremental y la característica de la reutilización de longitud de onda. Se describirá en detalle el contenido específico en los siguientes párrafos.

El espíritu del diseño de estructura incremental se manifiesta en dos modos de despliegue. El primero es aumentar gradualmente y concatenar los nodos de los OADS 200a-200e requeridos en una unidad de acuerdo con la cantidad requerida de bastidores. El segundo es aumentar gradualmente la cantidad de anillos de transmisión independientes Anillo1 y Anillo2 en una unidad P1.

Por ejemplo, puesto que el OADS utiliza un diseño modular, y cada unidad de la red de primer nivel T1 utiliza una estructura de diseño con forma de anillo, es posible conectar diferentes cantidades de los OADS 200a-200e en una unidad de manera flexible. En otras palabras, a medida que aumenta la demanda, pueden añadirse gradualmente los OADS requeridos 200a-200e y concatenarse en una unidad de acuerdo con la cantidad de bastidores requerida. Por ejemplo, cuando la cantidad de bastidores requerida es pequeña (es decir, tres bastidores), puede haber únicamente tres OADS 200a-200c conectados en una serie con forma de anillo en la unidad P1. Cuando aumenta la cantidad de bastidores requeridos (es decir, cinco bastidores), puede ampliarse la unidad P1 para incluir cinco OADS 200a-200e en una serie con forma de anillo.

Además, puede añadirse la cantidad de anillos de transmisión independientes Anillo1 y Anillo2 en la misma unidad. Por ejemplo, cuando aumenta la cantidad de servidores en el bastidor o se mejora el ancho de banda, la carga de tráfico de red generada en representación del bastidor completo también se eleva relativamente. Hay dos maneras de resolver esta situación. El primer método es que cuando la cantidad de longitudes de onda usadas por los OADS 200a-200e es igual, basándose en una característica de transparencia de tasa de datos del sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia, puede usarse el transceptor de DWDM con tasa de datos de velocidad más alta en lugar de soportar la carga de tráfico de red generada en representación de la cantidad creciente de los servidores o la mejora del ancho de banda. Por ejemplo, la velocidad de transmisión de cada longitud de onda puede mejorarse desde 10 Gbit/s hasta 100 Gbit/s para aumentar la flexibilidad de la aplicación de la tasa de transmisión del sistema y ahorrar el coste masivo de mejorar dispositivos de hardware.

El segundo método es que cuando la velocidad de transmisión de la longitud de onda es la misma, puede aumentarse gradualmente la cantidad de módulos de transmisión en el OADS 200 para aumentar la cantidad de longitudes de onda que pueden usarse de manera selectiva por los bastidores. Puesto que los módulos de transmisión son independientes entre sí, es equivalente a aumentar gradualmente la cantidad de anillos de transmisión en una unidad para soportar la carga de tráfico de red generada por el aumento en la cantidad de servidores en el bastidor o la mejora de ancho de banda. Una cantidad de anillos de transmisión independientes que pueden formarse en una unidad depende de la cantidad de longitudes de onda usadas por los módulos de transmisión independientes y del tipo de longitud de onda usada por el sistema. Por ejemplo, cuando el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 usa 40 clases de longitudes de onda, un OADS 200 puede incluir como máximo cinco módulos independientes con una banda de frecuencia diferente, usando las bandas de λ_1 - λ_8 , λ_9 - λ_{16} , λ_{17} - λ_{24} , λ_{25} - λ_{32} y λ_{33} - λ_{40} respectivamente. En correspondencia, una unidad puede formar como máximo cinco anillos de transmisión.

En otras palabras, en algunas realizaciones, uno cualquiera de los OADS 200 puede incluir N piezas de los módulos de transmisión independientes entre sí; de modo que los OADS en la misma unidad pueden conectarse entre sí a través de unos respectivos N anillos de transmisión. N módulos de transmisión de un OADS 200 están acoplados a

dos OSIS adyacentes en la red de segundo nivel T2 a través de las correspondientes rutas ópticas. Uno de los N módulos de transmisión de un OADS 200 puede estar acoplado, a través de las correspondientes rutas ópticas, a los correspondientes módulos de transmisión de los OADS adyacentes en la misma unidad de nodo óptico en la red de primer nivel T1, en el que el número N es un número entero positivo mayor o igual que dos.

En resumen, los dos métodos del diseño de estructura de unidad incremental en la red de primer nivel T1, conectando en serie los correspondientes módulos de transmisión independientes en los nodos del OADS requerido 200 con fibra óptica para formar una red con forma de estructura de anillo, reducen por lo tanto la complejidad del cableado de la renovación de la estructura del sistema.

Además, como se describe en el párrafo anterior, puede reutilizarse la misma longitud de onda en la red de primer nivel T1. Esta es la característica de reutilización de longitud de onda en la red de primer nivel T1. Específicamente, las características de reutilización de longitud de onda se representan en dos aspectos de la estructura de red. En primer lugar, una pluralidad de anillos de transmisión independientes Anillo1 y Anillo2 de cada unidad pueden usar la misma combinación de longitud de onda de manera repetitiva. En segundo lugar, las señales ópticas intra unidad de diferentes unidades pueden reutilizar la misma combinación de longitud de onda de manera repetitiva.

Cada anillo de transmisión en la misma unidad puede usar las señales ópticas con la misma longitud de onda (es decir, λ_1) de manera repetitiva para realizar la transmisión. En diferentes unidades, pueden reutilizarse las señales ópticas con la misma longitud de onda (es decir, λ_1) sin conflicto.

A través del diseño de la estructura de red anterior, puede soportarse un gran número de transmisión de datos inter bastidor usando únicamente unos pocos tipos de longitud de onda. Mientras tanto, la restricción sobre que cada tipo de longitud de onda en la fibra óptica del sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 puede estar configurada para transmitir una correspondiente señal óptica para que pase, y puede conquistarse el límite superior (es decir, 40 clases de longitud de onda) del tipo de longitud de onda que puede usarse en el sistema de red total.

Por favor, hágase referencia a la Figura 3D. La Figura 3D es un diagrama esquemático de intra unidades y la orientación de la señal óptica en la unidad de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación. En el siguiente párrafo, se describirá el ajuste requerido del conmutador de longitud de onda selectivo en los OADS 200a-200e para crear túneles ópticos intra unidad y la orientación de las señales ópticas de acuerdo con la Figura 3D.

Como se muestra en la Figura 3D y en la Figura 2, la unidad que corresponde al OADS 200a querría usar el primer módulo de transmisión 210 para transmitir datos a la unidad que corresponde al OADS 200b en la misma unidad P1 y a la unidad que corresponde al OADS 200c. Para transmitir dos porciones de información respectivamente, el controlador de red definido por software 500 puede estar configurado para crear dos túneles ópticos intra unidad. Uno usa la ruta RT1 desde el OADS 200a al OADS 200b y selecciona usar la longitud de onda λ_1 . El otro usa la ruta RT2 desde el OADS 200a al OADS 200c y selecciona usar la longitud de onda λ_2 . Para crear los túneles ópticos, la longitud de onda selectiva conmuta la ruta que debe establecerse para seleccionar una longitud de onda específica para que pase. Por lo tanto, la ruta RT1 únicamente tiene que establecer el primer conmutador selectivo de longitud de onda 2x1 (como el primer conmutador selectivo de longitud de onda WSS11 mostrado en la Figura 2) en el primer módulo de transmisión 210 del OADS 200b en el destino y pueden crearse los túneles ópticos. La ruta RT2 tiene que establecer el segundo conmutador selectivo de longitud de onda 1x1 (como el segundo conmutador selectivo de longitud de onda WSS12 mostrado en la Figura 2) en orientación oeste-este en el primer módulo de transmisión 210 del OADS 200b y el primer conmutador selectivo de longitud de onda 2x1 (como el primer conmutador selectivo de longitud de onda WSS11 mostrado en la Figura 2) en el primer módulo de transmisión 210 del OADS 200c en el destino.

En el proceso de transmisión de la señal óptica, en primer lugar, han de transmitirse las señales ópticas con la longitud de onda λ_1 y la longitud de onda λ_2 , a través del correspondiente transceptor de DWDM en el puerto de entrada-salida de los conmutadores ToR de los correspondientes bastidores, al correspondiente puerto de adición del primer módulo de transmisión 210a del OADS 200a, combinadas a una fibra óptica por el multiplexor 212, y se duplican, dividen y transmiten al oeste a través del primer divisor 2x2 SP11. En este momento, se transmitirán las señales ópticas, amplificándose la potencia óptica por el amplificador de señal óptica EDFA1, a través del primer anillo de transmisión Anillo1 al primer módulo de transmisión 210b del OADS 200b. Después de que se transmiten las señales ópticas al primer módulo de transmisión 210b, se duplicará y dividirá la señal óptica con longitud de onda λ_1 y la longitud de onda λ_2 en dos señales ópticas por el segundo divisor SP12. Se transmite una señal óptica hacia abajo. Se transmite la otra señal óptica al oeste al OADS 200c. Entre ellas, la señal óptica transmitida hacia abajo pasará a través del primer conmutador selectivo de longitud de onda 2x1 WSS11 que selecciona la señal óptica con longitud de onda λ_1 para que pase y transmite al demultiplexor 216, y finalmente se transmite, a través del primer puerto de supresión del demultiplexor 216, al receptor del correspondiente transceptor de DWDM en el puerto de entrada-salida del conmutador ToR del correspondiente bastidor. La transmisión óptica de bastidor a bastidor está completada.

Por otra parte, la señal óptica transmitida al oeste pasará a través del segundo conmutador selectivo de longitud de onda 1x1 WSS12 que selecciona la señal óptica con longitud de onda λ_2 para que pase, y se duplica, divide y transmite al oeste a través del primer divisor 2x2 SP11. En este momento, se transmitirán las señales ópticas, amplificándose la potencia óptica por el amplificador de señal óptica EDFA1, a través del primer anillo de transmisión Anillo1 al primer

módulo de transmisión 210c del OADS 200c. Después de que se transmiten las señales ópticas al primer módulo de transmisión 210c, la señal óptica con longitud de onda λ_2 se duplicará y dividirá en dos señales ópticas por el segundo divisor 1x2 SP12. Se transmite una señal óptica hacia abajo. Se transmite la otra señal óptica al oeste. La señal óptica transmitida hacia abajo pasará a través del primer conmutador selectivo de longitud de onda 2x1 WSS11 que selecciona la señal óptica con longitud de onda λ_2 para que pase y transmite al demultiplexor 216, y se transmite, a través del segundo puerto de supresión del demultiplexor 216, al receptor del correspondiente transceptor de DWDM en el puerto de entrada-salida del conmutador ToR del correspondiente bastidor. La transmisión óptica de bastidor a bastidor está completada.

Además, el controlador de red definido por software 500 puede configurarse para establecer un segundo conmutador selectivo de longitud de onda 1x1 en el primer módulo de transmisión 210c (hágase referencia al segundo conmutador selectivo de longitud de onda WSS12 en la Figura 2) para filtrar y bloquear la señal óptica con la longitud de onda λ_2 transmitida al oeste para evitar que la señal óptica con la longitud de onda λ_2 continúe transmitiéndose al siguiente OADS 200d.

A través de esto, es posible crear diferentes túneles ópticos en el mismo anillo de transmisión Anillo1 usando diferentes longitudes de onda para transmitir datos a diferentes nodos ópticos respectivamente. Por lo tanto, en la red de primer nivel T1, puede implementarse la transmisión de datos entre los servidores en diferentes bastidores que corresponden a cada uno de los OADS 200a-200e en la misma unidad.

Por favor, hágase referencia a la Figura 1 de nuevo. Como se ha mostrado previamente en la Figura 1, la red de primer nivel T1 incluye una pluralidad de unidades P1-P4. Las unidades P1-P4 a través de estar interconectadas a la red de segundo nivel T2 pueden formarse en una estructura de red con escala más grande.

Estructuralmente, uno cualquiera de los OSIS (es decir, el OSIS 400a) de la red de segundo nivel T2 está conectado a dos unidades adyacentes en la red de primer nivel T1 al mismo tiempo (es decir, la unidad P1 y la unidad P2). De esta manera, puede implementarse transmisión de datos entre servidores que corresponden a diferentes unidades a través de los OSIS 400a-400e en la red de segundo nivel T2.

Específicamente, los primeros módulos de transmisión 210 de los OADS 200a-200e en la unidad P1 están acoplados al OSIS 400a a través de una pluralidad de primeros puertos longitudinales respectivamente. Los segundos módulos de transmisión 220 de los OADS 200a-200e están acoplados, a través de una pluralidad de segundos puertos longitudinales, al OSIS 400e respectivamente. Además, los segundos módulos de transmisión 220 en la unidad P2 están acoplados al OSIS 400a a través de una pluralidad de segundos puertos longitudinales respectivamente.

Como alternativa, uno cualquiera de los OSIS 400a-400e en la red de segundo nivel T2 está conectado al primer módulo de transmisión 210 y al segundo módulo de transmisión 220 que corresponde a diferentes anillos de transmisión de los OADS 200a-200e en dos unidades en la red de primer nivel T1 adyacentes. Los OADS 200a-200e en el mismo módulo en cualquiera de las redes de primer nivel T1 están acoplados a los dos OSIS 400a-400e adyacentes en la red de segundo nivel T2 al mismo tiempo. A través del primer módulo de transmisión 210 y el segundo módulo de transmisión 220 diferentes.

Como tal, junto con la red de interconexión entre los OSIS 400a-400e, puede crearse cualquier OADS 200a-200e en una pluralidad de túneles ópticos de extremo a extremo entre cada unidad de la red de primer nivel T1. Además, a través de uno o más OSIS 400a-400e, cada unidad de la red de primer nivel T1 está conectada a unos OADS 200a-200e de las otras unidades para transmisión.

Para facilidad de descripción, los siguientes párrafos son la descripción con los diagramas relevantes de la estructura específica interna del OSIS 400a y la operación relevante de una implementación de la transmisión de señal óptica. Por favor, hágase referencia a la Figura 4. La Figura 4 es un diagrama esquemático de un subsistema de interconexión de conmutador óptico 400a de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación. Debería observarse que, aunque la Figura 4 ilustra la estructura y operación del OSIS 400a como un ejemplo, las estructuras y operaciones de los restantes OSIS 400b-400e son similares, y, por lo tanto, no se describirán de nuevo.

El OSIS 400a se usa principalmente como un nodo retransmisor para crear túneles ópticos entre diferentes unidades. Como se muestra en la Figura 4, el diseño interno del OSIS 400a puede dividirse en un submódulo de recepción 420, un submódulo de salida 440, un submódulo de conmutación óptica 460 y un módulo de tejido de interconexión 480. El módulo de tejido de interconexión 480 incluye adicionalmente un submódulo de migración tras error 490.

El OSIS 400a incluye una pluralidad de puertos de adición y puertos de supresión. Las cantidades de ellos son iguales y correspondientes a las cantidades del OADS 200 en cada unidad en la red de primer nivel T1. Por ejemplo, cuando cada unidad incluye cinco OADS 200a-200e respectivamente, el OSIS 400a debe estar conectado a diez OADS en la unidad adyacente P1 y P2. Por lo tanto, son necesarios diez puertos de adición y diez puertos de supresión.

Como se muestra en la figura, el submódulo de recepción 420, acoplado a cada puerto de adición, está configurado para recibir una pluralidad de primeras señales ópticas de transmisión de enlace ascendente TSu1a-TSu1e desde una

pluralidad de primeros OADS 200a-200e que corresponden a la primera unidad P1 del OSIS 400a, y una pluralidad de terceras señales ópticas de transmisión de enlace ascendente TSu3a-TSu3e desde una pluralidad de segundos OADS 200a-200e que corresponden a la segunda unidad P2.

- 5 El OSIS 400a respectivamente está conectado a todos los OADS 200a-200e en las dos unidades P1 y P2 adyacentes en la red de primer nivel T1 con fibras ópticas. Para combinar y filtrar las señales ópticas cargadas desde los OADS 200a-200e, en algunas realizaciones, el submódulo de recepción 420, que incluye dos multiplexores de banda de longitud de onda (MUX de banda) BMUX1 y BMUX2, está configurado para recibir, respectivamente, las primeras
10 señales ópticas de transmisión de enlace ascendente TSu1a-TSu1e, las terceras señales ópticas de transmisión de enlace ascendente TSu3a-TSu3e con diferentes bandas de longitud de onda transmitidas por los OADS 200a-200e en las unidades P1 y P2, y combinarlas en la señal compuesta SigU1 y SigU2 a una fibra óptica para entrar en el submódulo de conmutación óptica 460.

- 15 En algunas realizaciones, los dos multiplexores de banda de longitud de onda BMUX1 y BMUX2 están conectados a diferentes anillos de transmisión de los OADS de diferentes unidades P1 y P2. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 1 y en la Figura 4, el multiplexor de banda de longitud de onda BMUX1 está conectado hacia abajo al primer módulo de transmisión 210 de cada uno de los OADS 200a-200e en la unidad P1. El multiplexor de banda de longitud de onda BMUX2 está conectado hacia abajo al segundo módulo de transmisión 220 de cada uno de los OADS 200a-200e en la unidad P2. Para facilidad de entendimiento, se describirá en detalle la conexión entre la red de primer nivel
20 T1 y la red de segundo nivel T2 en los siguientes párrafos.

- Por lo tanto, en la realización mostrada en la Figura 1, si una unidad P1 incluye como máximo cinco OADS 200a-200e y el primer módulo de transmisión 210 y el segundo módulo de transmisión 220 de los correspondientes OADS 200a-200e en cada anillo de transmisión usan diferentes bandas de frecuencia de longitud de onda, los multiplexores de
25 banda de longitud de onda BMUX1 y BMUX2 configurados en el OSIS 400a son multiplexores de cinco bandas de manera separada para permitir que las señales ópticas con cinco bandas de frecuencia de longitud de onda diferentes pasen a través de cinco puertos de adición, respectivamente. Por ejemplo, para las señales ópticas que entran en los multiplexores de banda de longitud de onda BMUX1 a través del primer puerto de adición, únicamente pueden pasar las señales ópticas con longitud de onda λ_1 - λ_8 , y se filtran las señales ópticas con longitud de onda restante por los
30 multiplexores de banda de longitud de onda BMUX1. Para las señales ópticas que entran en los multiplexores de banda de longitud de onda BMUX1 a través del segundo puerto de adición, únicamente pueden pasar las señales ópticas con longitud de onda λ_9 - λ_{16} , y así sucesivamente.

- El submódulo de salida 440, acoplado a cada puerto de supresión, está configurado para transmitir las señales ópticas compuestas SigD1 y SigD2 transmitidas desde el submódulo de conmutación óptica 460 a la unidad P1 y P2 en la red de primer nivel T1. Específicamente, el submódulo de salida 440 incluye principalmente los divisores SPLT1 y SPLT2. En la estructura, el divisor SPLT1 está conectado a los OADS 200a-200e en la unidad P1. El divisor SPLT2 está conectado a los OADS 200a-200e en la unidad P2. El divisor SPLT1 y SPLT2 está configurado para duplicar y dividir la señal óptica compuesta SigD1 y SigD2 transmitida hacia abajo por el submódulo de conmutación óptica 460 como
40 las segundas señales ópticas de transmisión de enlace descendente TSd2a-TSD2e y las cuartas señales ópticas de transmisión de enlace descendente TSd4a-TSD4e a cada OADS 200a-200e de la unidad P1 y P2 en la red de primer nivel T1.

- Por lo tanto, en la realización mostrada en la Figura 1, si una unidad P1 incluye como máximo cinco OADS 200a-200e, el divisor 1x5 SPLT1 duplica la señal óptica compuesta SigD1 en cinco la segunda señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd2a-TSD2e y emite, al primer módulo de transmisión 210 de los cinco OADS 200a-200e en la unidad P1, respectivamente. El otro divisor 1x5 SPLT2 duplica la señal óptica compuesta SigD2 en cinco la cuarta
45 señal óptica de transmisión de enlace descendente TSd4a-TSD4e y emite, al segundo módulo de transmisión 220 de los cinco OADS 200a-200e en la unidad P2, respectivamente.

- 50 En la estructura, el submódulo de conmutación óptica 460, acoplado al submódulo de recepción 420, al submódulo de salida 440 y al módulo de tejido de interconexión 480, está configurado para recibir las señales ópticas transmitidas entre el submódulo 420, el submódulo de salida 440 y los módulos de tejido de interconexión 480.

- 55 En algunas realizaciones, el submódulo de conmutación óptica 460 incluye un conmutador selectivo de longitud de onda NxM para selección de longitud de onda, de modo que el OSIS 400a puede transmitir las señales ópticas que se transmiten desde la red de primer nivel T1 al este y al oeste a los otros OSIS (tales como el OSIS 400b-400e) o hacia abajo a otras unidades en la red de primer nivel T1, y puede recibir también señales ópticas desde otros OSIS 400b-400e en la dirección este y oeste y transmitir las a la unidad P1 y P2 en la red de primer nivel T1. N y M son cualquier
60 número entero positivo mayor o igual que dos y dependen de la cantidad de módulos de transmisión incluidos en un OADS 200 y la cantidad de los OSIS 400a-400e incluidos en la red de segundo nivel T2, en los que los OSIS 400a-400e están conectados entre sí.

- Tomando la realización mostrada en la Figura 1 como un ejemplo, puesto que un OADS 200 incluye dos primeros
65 módulos de transmisión independientes 210 y los segundos módulos de transmisión 220, el OSIS 400a está configurado con dos unidades de multiplexor BMUX1, BMUX2. En correspondencia, el submódulo de conmutación

óptica 460 incluye un primer terminal de entrada de enlace ascendente y un segundo terminal de entrada de enlace ascendente, que están acoplados, respectivamente, al multiplexor BMUX1 y al multiplexor BMUX2, configurados para recibir una señal óptica compuesta SigU1 y una señal óptica compuesta SigU2, respectivamente.

- 5 Además, puesto que hay cinco OSIS 400a-400e conectados en la red de segundo nivel T2, cada OSIS (tal como el OSIS 400a) tiene cuatro líneas conectadas desde los otros cuatro OSIS 400b-400e. Por lo tanto, el submódulo de conmutación óptica 460 incluye una pluralidad de correspondientes terminales de entrada de enlace descendente acoplados al módulo de tejido de interconexión 480 y configurados para recibir las señales ópticas de transmisión lateral transmitidas por los OSIS restantes 400b-400e. Por lo tanto, en esta realización, la cantidad de terminales de
10 entrada del submódulo de conmutación óptica 460 es dos terminales de entrada de enlace ascendente más cuatro terminales de entrada de enlace descendente, y el valor de N es seis.

- Por otra parte, puesto que el OSIS 400a está configurado para transmitir datos hacia abajo a dos unidades PI, P2, los OSIS 400a están configurados con dos divisores SPLT1, SPLT2. En correspondencia, el submódulo de conmutación
15 óptica 460 incluye un primer terminal de salida de enlace descendente y un segundo terminal de salida de enlace descendente, que están respectivamente acoplados al divisor SPLT1 y al divisor SPLT2. El divisor SPLT1 está configurado para emitir la segunda señal óptica transmitida de enlace descendente TSd2a-TSd2e. El divisor SPLT2 está configurado para emitir las cuartas señales ópticas de transmisión de enlace descendente TSd4a-TSd4e.

- 20 Además, el OSIS 400a está configurado adicionalmente para emitir señales en la dirección este y oeste al OSIS 400b-400e restante. Por lo tanto, el submódulo de conmutación óptica 460 incluye un primer terminal de salida de enlace ascendente y un segundo terminal de salida de enlace ascendente, que están acoplados, respectivamente, al módulo de tejido de interconexión 480, configurados para emitir la señal óptica de transmisión lateral a los OSIS 400b-400e restantes. Como resultado, en esta realización, se requiere un total de cuatro salidas, y el valor de M es 4.

- 25 En esta estructura, el submódulo de conmutación óptica 6x4 (6 entradas y 4 salidas) 460 simplifica el diseño de tejido en comparación con el submódulo de conmutación óptica existente. No únicamente se reduce el uso de la línea, sino también que el submódulo de conmutación óptica 460 puede configurarse para usarse con el submódulo de migración tras error para detectar la intensidad de las señales ópticas (por favor, hágase referencia a la Figura 6).

- 30 Por favor, hágase referencia a la Figura 5. La Figura 5 es un diagrama esquemático del diseño interno del submódulo de conmutación óptica 460 de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación. Como se muestra en la Figura 5, el submódulo de conmutación óptica 6x4 460 incluye una pluralidad de divisores de entrada 462a-462f, una matriz de conmutadores selectivos de longitud de onda 464, una pluralidad de combinadores de salida 466a-466d y una pluralidad de amplificadores de señal óptica 468a-468d. De manera precisa, en el submódulo de conmutación
35 óptica 460, la cantidad de divisores de entrada 462a-462f corresponde a las N piezas de terminales de entrada, el número de combinadores de salida 466a-466d y los amplificadores de señal óptica 468a-468d corresponden al número de terminales de salida M. En esta realización, el submódulo de conmutación óptica 6x4 460 incluye seis divisores de entrada 462a-462f, cuatro combinadores de salida 466a-466d, y cuatro amplificadores de señal óptica 468a - 468d. La matriz de conmutadores selectivos de longitud de onda 464 es una matriz combinada con catorce conmutadores selectivos de longitud de onda 1x1 464a-464n. En esta realización, los seis divisores de entrada 462a-462f incluyen
40 cuatro divisores de entrada de transmisión de enlace descendente 462a-462d y dos divisores de entrada de transmisión de enlace ascendente 462e-462f. Los catorce conmutadores selectivos de longitud de onda 464a-464n incluyen cuatro conmutadores selectivos de longitud de onda de transmisión lateral 464a-464d, los conmutadores selectivos de longitud de onda de transmisión de enlace descendente 464e-464i en la primera parte, y los conmutadores selectivos de longitud de onda de transmisión de enlace descendente 464j-464n en la segunda parte. Cuarto combinadores ópticos de salida 466a-466d incluyen dos combinadores de salida de transmisión lateral 466a-466b y dos combinadores de salida de transmisión de enlace descendente 466c-466d.

- 50 En la operación, los divisores de entrada 462a-462f, acoplados al terminal de entrada de enlace descendente, al primer terminal de entrada de enlace ascendente, o al segundo terminal de entrada de enlace ascendente respectivamente, están configurados para duplicar y emitir en correspondencia una pluralidad de primeras señales ópticas a una pluralidad de conmutadores selectivos de longitud de onda 464a-464n en la matriz de conmutadores selectivos de longitud de onda 464. Los conmutadores selectivos de longitud de onda 464a-464n están configurados
55 respectivamente para recibir y seleccionar, de acuerdo con una señal de control CS emitida por el controlador de red definido por software 500, la correspondiente longitud de onda de la primera señal óptica como la segunda señal óptica a los correspondientes combinadores de salida 466a-466d. Los combinadores de salida 466a-466d están configurados respectivamente para recibir y combinar dos o más de las segundas señales ópticas para emitir una pluralidad de terceras señales ópticas a los amplificadores de señal óptica 468a-468d. De esta manera, los amplificadores de señal
60 óptica 468a-468d pueden amplificar la tercera señal óptica y emitir la tercera señal óptica como la señal óptica compuesta SigD1, SigD2, SigE0 y SigW0 a través del primer terminal de salida de enlace descendente, el segundo terminal de salida de enlace descendente, el primer terminal de salida de enlace ascendente o el segundo terminal de salida de enlace ascendente respectivamente. Los siguientes párrafos describen la operación de cada unidad de dispositivo de manera separada.

- 65 Específicamente, el divisor de entrada de transmisión de enlace ascendente 462e está acoplado al primer terminal de

entrada de enlace ascendente, y al divisor de entrada de transmisión de enlace ascendente 462f, acoplado al segundo terminal de entrada de enlace ascendente, está configurado para recibir la señal compuesta SigU1 y SigU2 desde el multiplexor BMUX1 y el multiplexor BMUX2. El divisor de entrada de transmisión de enlace ascendente 462e y el divisor de entrada de transmisión de enlace ascendente 462f están configurados para duplicar y dividir la señal compuesta SigU1 y SigU2 en tres haces y conectarse a los tres conmutadores selectivos de longitud de onda 1x1 464a - 464n diferentes en la matriz de conmutadores selectivos de longitud de onda 464, respectivamente. Como se muestra en la figura, el divisor de entrada de transmisión de enlace ascendente 462e está acoplado a los conmutadores selectivos de longitud de onda 464a, 464c, 464n, y emite, en correspondencia, una primera señal de transmisión lateral H1E, una segunda señal de transmisión lateral H1W y la tercera señal de transmisión de enlace descendente U1D2. El divisor de entrada de transmisión de enlace ascendente 462f está acoplado a los conmutadores selectivos de longitud de onda 464b, 464d, 464i, y emite, en correspondencia, una primera señal de transmisión lateral H2E, una segunda señal de transmisión lateral H2W y la tercera señal de transmisión de enlace descendente U2D1.

Los terminales de entrada de enlace descendente están configurados para recibir señales ópticas desde cada dos OSIS al este y al oeste respectivamente. Por ejemplo, para el submódulo de conmutación óptica 460 en el OSIS 400a, los terminales de entrada de enlace descendente están configurados para recibir las señales ópticas laterales SigE1 y SigE2 transmitidas desde el submódulo de conmutación óptica 460b y 460c al este y las señales ópticas laterales SigW1 y SigW2 transmitidas desde el submódulo de conmutación óptica 460e y 460d al oeste. Las señales ópticas SigE1, SigE2, SigW1 y SigW2 se transmiten respectivamente a los divisores de entrada de transmisión de enlace descendente 1x2 462a, 462b, 462c, 462d a través del terminal de entrada de enlace descendente con la conexión de fibra óptica para duplicarse y dividirse en dos haces y conectarse al correspondiente de los conmutadores selectivos de longitud de onda 1x1 464a-464n.

Específicamente, uno cualquiera de los divisores de entrada de transmisión de enlace descendente 462a-462d acoplados al correspondiente del terminal de entrada de enlace descendente, está configurado para duplicar la señal óptica lateral SigE1, SigE2, SigW1 y SigW2 recibida desde el correspondiente OSIS 400b-400e y emitida a la correspondiente primera señal de transmisión de enlace descendente E1 D1, E2D1, W1 D1, W2D1 y la segunda señal de transmisión de enlace descendente E1 D2, E2D2, W1D2 y W2D2 al correspondiente de los conmutadores selectivos de longitud de onda 464a-464n en la matriz de conmutadores selectivos de longitud de onda 464.

Como se muestra en la figura, en una realización, el divisor de entrada de transmisión de enlace descendente 462a está conectado a y emite la primera señal de transmisión de enlace descendente E1D1 y la segunda señal de transmisión de enlace descendente E1D2 a los correspondientes conmutadores selectivos de longitud de onda 464e, 464j. El divisor de entrada de transmisión de enlace descendente 462b está conectado y emite la primera señal de transmisión de enlace descendente E2D1 y la segunda señal de transmisión de enlace descendente E2D2 a los correspondientes conmutadores selectivos de longitud de onda 464f, 464k. El divisor de entrada de transmisión de enlace descendente 462c está conectado y emite la primera señal de transmisión de enlace descendente W1D1 y la segunda señal de transmisión de enlace descendente W1D2 a los correspondientes conmutadores selectivos de longitud de onda 464g, 464l. El divisor de entrada de transmisión de enlace descendente 462d está conectado y emite una primera señal de transmisión de enlace descendente W2D1 y una segunda señal de enlace descendente W2D2 a los correspondientes conmutadores selectivos de longitud de onda 464h, 464m.

En los catorce conmutadores selectivos de longitud de onda 464a-464n en la matriz de conmutadores selectivos de longitud de onda 464, entre ellos, cuatro conmutadores selectivos de longitud de onda de transmisión lateral 464a, 464b, 464c, 464d están configurados para, respectivamente, realizar selección de longitud de onda a la señal de transmisión lateral H1E, H2E, H1W y H2W transmitida al otro submódulo de conmutación óptica 460 en la dirección este y oeste en la red de segundo nivel T2 para seleccionar la correspondiente longitud de onda para que se emita como la tercera señal óptica. Los conmutadores selectivos de longitud de onda de transmisión de enlace descendente 464e-464i en la primera parte y los conmutadores selectivos de longitud de onda de transmisión de enlace descendente 464j-464n en la segunda parte están configurados para realizar selección de longitud de onda a las señales de transmisión de enlace descendente transmitidas hacia abajo en las unidades en la red de primer nivel adyacentes T1.

Específicamente, los conmutadores selectivos de longitud de onda de transmisión de enlace descendente 464e-464i en la primera parte están configurados para seleccionar, respectivamente, la señal de transmisión de enlace descendente E1D1, E2D1, W1D1, W2D1 y la correspondiente longitud de onda de la señal de transmisión de enlace descendente U2D1 y emitir como la correspondiente tercera señal óptica. Los conmutadores selectivos de longitud de onda de transmisión de enlace descendente 464j-464n en la segunda parte están configurados para seleccionar, respectivamente, la señal de transmisión de enlace descendente E1D2, E2D2, W1D2, W2D2 y la correspondiente longitud de onda de la señal de transmisión de enlace descendente U1D2 y emitir como la correspondiente tercera señal óptica. Por lo tanto, los conmutadores selectivos de longitud de onda de transmisión de enlace descendente 464e-464i en la primera parte pueden realizar selección de longitud de onda a la señal óptica transmitida a la unidad P1 hacia abajo. Los conmutadores selectivos de longitud de onda de transmisión de enlace descendente 464j-464n en la segunda parte pueden realizar selección de longitud de onda a la señal óptica transmitida a la unidad P2 hacia abajo.

En resumen, después de que se completa la operación de la selección de longitud de onda por los catorce conmutadores de selección de longitud de onda 464a - 464n en la matriz de conmutadores selectivos de longitud de onda 464, las terceras señales ópticas emitidas por la matriz de conmutadores selectivos de longitud de onda 464 tienen cuatro direcciones de transmisión, al este, al oeste, a la unidad P1 y a la unidad P2, respectivamente. Cada conmutador selectivo de longitud de onda 464a - 464n con la misma dirección de transmisión está conectado al correspondiente combinador de salida 466a-466d para combinar las señales ópticas en una ruta óptica.

Como se muestra en la realización en la Figura 5, el combinador de salida de transmisión lateral 466a está configurado para combinar las terceras señales ópticas emitidas desde el conmutador selectivo de longitud de onda de transmisión lateral 464a y 464b. El otro combinador de salida de transmisión lateral 466b está configurado para combinar las terceras señales ópticas emitidas desde el conmutador selectivo de longitud de onda de transmisión lateral 464c y 464d. El combinador de salida de transmisión de enlace descendente 466c está configurado para combinar las terceras señales ópticas emitidas desde los conmutadores selectivos de longitud de onda de transmisión de enlace descendente 464e-464i en la primera parte. El combinador de salida de transmisión de enlace descendente 466d está configurado para combinar las terceras señales ópticas emitidas desde los conmutadores selectivos de longitud de onda de transmisión de enlace descendente 464j-464n en la segunda parte.

Finalmente, el combinador de salida 466a-466d está respectivamente conectado al correspondiente de los amplificadores de señal óptica 468a-468d para potenciar la intensidad de la señal óptica para garantizar que la señal óptica compuesta SigD1, SigD2, SigE0 y SigW0 tiene suficiente potencia para que se transmita al destino.

Debería observarse que, de manera similar a la comunicación óptica en la red de primer nivel T1, cuando las señales ópticas con la misma longitud de onda entran en el submódulo de conmutación óptica 460 al mismo tiempo, puede provocarse el conflicto por las señales ópticas con la misma longitud de onda que pasa a través del mismo combinador de salida 466a-466d.

Por ejemplo, cuando se transmiten ambas de las señales ópticas SigU1 y SigU2 desde la unidad P1 y la unidad P2 al este si las longitudes de onda de ambas señales son λ_5 , las dos señales ópticas con longitud de onda λ_5 se combinan en una fibra óptica a través del combinador de salida 466a y ocurre el conflicto. De manera similar, si ambas señales ópticas SigU1 y SigU2 se transmiten al oeste, ocurre el conflicto por el combinador de salida 466b. Adicionalmente, cuando las longitudes de onda de las dos señales ópticas sigE1 y SigW1 desde el primer OSIS 400b y 400e en el este y el oeste, ambas son la longitud de onda λ_6 , la señal óptica compuesta que pasa a la unidad P1 a través del combinador de salida 5x1 466c provocará conflicto. De manera similar, si se transmite la señal óptica a la unidad P2, ocurrirá el conflicto por el combinador de salida 5x1 (5 entradas y 1 salida) 466d.

Por favor, hágase referencia a la Figura 6. La Figura 6 es un diagrama esquemático del módulo de tejido de interconexión 480 de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación. El módulo de tejido de interconexión 480 está configurado para conectarse a los OSIS 400a-400e. Cualesquiera dos de los OSIS 400a-400e transmiten la correspondiente señal óptica de transmisión lateral entre sí a través de la correspondiente primera línea (es decir, el tejido normal). En algunas realizaciones, cualesquiera dos de los OSIS 400a-400e están conectados entre sí con la segunda línea (es decir, el tejido de protección) que es diferente de la primera línea. El módulo de tejido de interconexión 480 incluye el submódulo de migración tras error 490.

Específicamente, el módulo de tejido de interconexión 480 incluye el terminal de carga In1, In2, el terminal de salida este E1, E2, el terminal de salida de protección este E3-E6, el terminal de entrada este E7-E8, el terminal de entrada de protección este E9-E12, el terminal de entrada oeste W1, W2, el terminal de entrada de protección oeste W3-W6, el terminal de salida oeste W7, W8, el terminal de salida de protección oeste W9-W12, los divisores de interconexión 481-486 y el submódulo de migración tras error 490.

El módulo de tejido de interconexión 480 incluye los tejidos internos para que el OSIS 400a se conecte a los otros OSIS 400b-400e en dirección este y oeste. Como se muestra en la figura, los tejidos de interconexión incluyen el tejido normal y el tejido de protección. El tejido normal (como se muestra con la línea continua) está configurado para transmitir las señales ópticas bajo la condición normal del sistema. El tejido de protección (como se muestra con la línea discontinua) está configurado para transmitir las señales ópticas en dirección inversa bajo la condición de que se corte el tejido normal. La cantidad de circuitos de interconexión depende de la cantidad total de los OSIS 400a-400e a los que está conectado el sistema. Por ejemplo, la presente realización es un diagrama de tejido de la situación de interconexión de cinco OSIS 400a-400e. De hecho, la estructura de interconexión entre los OSIS 400a-400e en la red de segundo nivel T2 es esencialmente una estructura de malla. Por lo tanto, habrá una línea de salida NLE0 al este, una línea de salida NLW0 al oeste, dos líneas de entrada NLE1, NLE2 desde el OSIS (es decir, el OSIS 400b y OSIS 400c) desde el este, dos líneas de entrada NLW1, NLW2 desde el OSIS (es decir, el OSIS 400e y OSIS 400d) desde el oeste. Hay un total de dos líneas continuas normales conectadas al submódulo de conmutación óptica 460 y un total de cuatro líneas continuas normales conectadas al submódulo de migración tras error 490.

Por otra parte, habrá al menos seis líneas de salida de protección PLW0, PLE0 y las líneas de entrada de protección PLE1, PLE2, PLW1, PLW2 (línea discontinua) debido a la correspondencia uno a uno con las líneas normales. Las líneas restantes son líneas de transición. Algunas líneas utilizan divisores de interconexión 481-486 para duplicar y

dividir las señales ópticas y transmitir al OSIS y al siguiente OSIS al mismo tiempo. Las otras transitan a este OSIS directamente y están conectadas al siguiente OSIS en dirección este-oeste.

Las líneas de entrada NLE1, NLE2, NLW1, NLW2 y las líneas de entrada de protección PLE1, PLE2, PLW1 y PLW2 están acopladas al submódulo de migración tras error 490. Como la realización mostrada en la Figura 6, las líneas de entrada NLE1, NLE2, NLW1, NLW2 y las líneas de entrada de protección PLE1, PLE2, PLW1 y PLW2 están directamente conectadas al submódulo de migración tras error 490. Sin embargo, la presente divulgación no está limitada a lo mismo. En otras realizaciones, las líneas de entrada NLE1, NLE2, NLW1, NLW2 y las líneas de entrada de protección PLE1, PLE2, PLW1 y PLW2 pueden estar conectadas al submódulo de migración tras error 490 indirectamente. Por otra parte, las líneas de salida NLE0 y NLW0 están conectadas al submódulo de conmutación óptica 460.

Para las señales que van a emitirse desde la unidad P1 o la unidad P2 a los otros OSIS 400b-400e, en primer lugar, desde el submódulo de conmutación óptica 460, dos fibras ópticas desde el OSIS al este y al oeste estarán conectadas al primer terminal de carga In1 y al segundo terminal de carga In2 del módulo de tejido de interconexión 480 respectivamente.

El primer terminal de carga In1 y el segundo terminal de carga In2 están conectados a un divisor de interconexión 1x2 485 y 486. El divisor de interconexión 485 está configurado para duplicar y emitir la señal óptica compuesta SigW0 recibida desde el submódulo de conmutación óptica 460 como una señal óptica de transmisión lateral SigW7 a través del primer terminal de salida oeste W7 (es decir, la línea NLW0) y como otra señal óptica de transmisión lateral a través del primer terminal de protección este E3 (es decir, la línea PLE0). De manera similar, el divisor de interconexión 486 está configurado para duplicar y emitir la señal óptica compuesta SigE0 recibida desde el submódulo de conmutación óptica 460, a través del primer terminal de salida este E1 (es decir, la línea NLE0) como una señal óptica de transmisión lateral SigE1 y a través del primer terminal de salida de protección oeste W9 (es decir, la línea PLW0) como una señal óptica de transmisión lateral SigW9.

En otras palabras, los divisores de interconexión 485 y 486 están configurados para duplicar y dividir la señal óptica en dos haces respectivamente, transmitiéndose uno en la dirección normal (que es el tejido normal NLW0 y NLE0) a los OSIS 400e, 400d, 400b y 400c, transmitiéndose el otro en la dirección inversa (que son las líneas de entrada de protección PLE0 y PLW0).

Como se muestra en la figura, el módulo de tejido de interconexión 480 transmite la correspondiente señal óptica de transmisión lateral SigE1 a los OSIS 400b y 400c en una primera dirección (es decir, hacia el este) y la correspondiente señal óptica de transmisión lateral SigW7 a los OSIS 400e y 400d en una segunda dirección (es decir, hacia el este) que es diferente con la primera dirección. En otras palabras, en la ruta normal, el módulo de tejido de interconexión 480 transmite las señales ópticas al OSIS 400b-400e restante en dos direcciones diferentes.

De manera similar, para las señales recibidas desde los otros OSIS 400b-400e y emitidas a la unidad P1 o a la unidad P2, se encuentran el tejido normal y el tejido de protección de manera separada. En el aspecto del tejido normal, los tejidos normales NLE1 y NLW1, conectados a través de dos puertos de entrada, una primera entrada este PiE1 y una primera entrada oeste PiW1, están configurados para recibir señales desde el primer OSIS 400b en el este y el primer OSIS 400e en el oeste.

El primer terminal de entrada este E7 y el primer terminal de entrada oeste W1 reciben, respectivamente, las señales ópticas de transmisión lateral SigW7' y SigE1' desde el primer terminal de salida oeste W7 y el primer terminal de salida este E1 del módulo de tejido de interconexión 480 de los OSIS 400b y 400e adyacentes. En el tejido normal, los tejidos normales NLE1 y NLW1 están conectados a unos divisores de interconexión 482 y 481 respectivamente para duplicar y dividir las señales ópticas de transmisión lateral SigW7' y SigE1' en dos haces, transmitiéndose uno continuamente hacia el este y hacia el oeste, transmitiéndose el otro al submódulo de migración tras error local 490.

Como se muestra en la figura, las dos líneas hacia el este y hacia el oeste están finalmente conectadas a la posición del puerto de salida desplazado hacia abajo. En otras palabras, el divisor de interconexión 481 está configurado para duplicar una señal óptica de transmisión lateral SigE1' recibida desde el primer terminal de entrada oeste W1 y emitirla como una señal óptica de transmisión lateral SigE2 a través del segundo terminal de salida este E2. El divisor de interconexión 482 está configurado para duplicar una señal óptica de transmisión lateral SigW7' recibida desde el terminal de entrada oeste W8 y emitirla como una señal óptica de transmisión lateral SigW8 a través del segundo terminal de salida oeste W8. Además, las dos líneas que se transmiten al submódulo de migración tras error local 490 están conectadas a unos puertos de salida O4 y O8 respectivamente.

La segunda unidad de los tejidos normales NLE2, NLW2, conectada desde, el segundo terminal de entrada este E8 y un segundo terminal de entrada oeste W2 respectivamente, está configurada para recibir las señales ópticas de transmisión lateral SigW8' y SigE2' transmitidas desde el segundo OSIS 400c en el este y el segundo OSIS 400d en el oeste, conectados a los puertos de salida O3, O7 respectivamente y están conectados directamente al submódulo de migración tras error local 490.

En el aspecto del tejido de protección, el principio de diseño básico es configurar el tejido que corresponde a las líneas normales, pero en dirección de transmisión inversa para que se conecten al nodo del OSIS en el mismo destino de la ruta normal (línea continua).

- 5 Diferente con el tejido normal, bajo la condición de cinco OSIS 400a-400e interconectados entre sí, la ruta de protección necesita pasar dos nodos de los OSIS en dirección inversa y, a continuación, alcanza el nodo del OSIS en el mismo destino de la ruta normal.

10 Por ejemplo, suponiendo que la línea del OSIS actual al este está cortada, las señales ópticas de dos OSIS en el este deben transmitirse hacia el este a través de la ruta de protección (los dos OSIS en el oeste no se ven afectados, usando la ruta normal original). La señal óptica debe omitir dos OSIS y, a continuación, alcanzar los dos OSIS en el este. No es necesario que el sistema reciba la señal óptica cuando omite los dos OSIS en el oeste.

15 Por lo tanto, no hay divisor configurado en cada dos fibras ópticas en la ruta de protección hacia el este y hacia el oeste en el OSIS 400a. Como se muestra en la figura, el primer terminal de entrada de protección este E9 y el primer terminal de entrada de protección oeste W3 están configurados para recibir, respectivamente, las señales ópticas de transmisión lateral desde el primer terminal de salida de protección oeste W9 y el primer terminal de salida de protección este E3 en el módulo de tejido de interconexión 480 de los OSIS 400b y 400e adyacentes y emitir las señales ópticas de transmisión lateral a través del segundo terminal de salida de protección oeste W10 y del segundo terminal de salida de protección este E4.

25 De manera similar, el segundo terminal de entrada de protección este E10 y el segundo terminal de entrada de protección oeste W4 están configurados para recibir, respectivamente, las señales ópticas de transmisión lateral desde el terminal de salida de protección oeste W10 y del segundo terminal de salida de protección este E4 en el módulo de tejido de interconexión 480 de los OSIS 400b y 400e adyacentes y emitir las señales ópticas de transmisión lateral a través del tercer terminal de salida de protección oeste W11 y del tercer terminal de salida de protección este E5.

30 El tercer terminal de entrada de protección este E11 y el tercer terminal de entrada de protección oeste W5 están configurados para recibir, respectivamente, las señales ópticas de transmisión lateral desde el tercer terminal de salida de protección oeste W11 y el tercer terminal de salida de protección este E5 en el módulo de tejido de interconexión 480 de los OSIS 400b y 400e adyacentes.

35 Los divisores de interconexión 484 y 483, acoplados al tercer terminal de entrada de protección este E11 y al tercer terminal de entrada de protección oeste W5, están configurados para duplicar las señales ópticas de transmisión lateral recibidas, conectarse a la posición del puerto de salida desplazado hacia abajo, transmitir señales ópticas a través del cuarto terminal de salida de protección oeste W12 y el cuarto terminal de salida de protección este E6 y emitir las señales ópticas de transmisión lateral a través de los terminales de salida O2 y O6 al submódulo de migración tras error 490.

40 Finalmente, el cuarto terminal de entrada de protección este E12 y el cuarto terminal de entrada de protección oeste W6 están configurados para recibir, respectivamente, las señales ópticas de transmisión lateral desde el cuarto terminal de salida de protección oeste W12 y el cuarto terminal de salida de protección este E6 en el módulo de tejido de interconexión 480 de los OSIS adyacentes 400b y 400e y emitir las señales ópticas de transmisión lateral a través de los terminales de salida O1 y O5 al submódulo de migración tras error 490.

45 Como se muestra la figura, el submódulo de migración tras error 490 está acoplado a los divisores de interconexión 483, 484, al cuarto terminal de entrada de protección este E12 y al cuarto terminal de entrada de protección oeste W6. Adicionalmente, el submódulo de migración tras error 490 está acoplado a los divisores de interconexión 481, 482 en la ruta normal, al segundo terminal de entrada de protección este E8 y al segundo terminal de entrada de protección oeste W2. De esta manera, el submódulo de migración tras error 490 puede estar configurado para recibir selectivamente la señal óptica de transmisión lateral transmitida desde la ruta normal o la ruta de protección. El submódulo de migración tras error 490 puede emitir la señal óptica de transmisión lateral al submódulo de conmutación óptica 460 desde la ruta normal a través de los divisores de interconexión 481 y 482, al segundo terminal de entrada este E8 y al segundo terminal de entrada oeste W2 o emitir selectivamente la señal óptica de transmisión lateral al submódulo de conmutación óptica 460 desde la ruta de protección a través de los divisores de interconexión 483 y 484, al cuarto terminal de entrada de protección este E12 y al cuarto terminal de entrada de protección oeste W6.

60 Como se muestra en la figura, el submódulo de migración tras error 490 incluye una pluralidad de conmutadores ópticos 492, 494, 496 y 498. Los conmutadores ópticos 492, 494, 496 y 498 reciben, a través de la primera línea (que es el tejido normal) y la segunda línea (que es el tejido de protección), la primera señal óptica de transmisión lateral (transmitida mediante el tejido normal) y la segunda señal óptica de transmisión lateral (transmitida mediante el tejido de protección) desde el correspondiente de los restantes OSIS 400b-400e. La primera señal óptica de transmisión lateral y la segunda señal óptica de transmisión lateral en este punto hacen referencia a la señal óptica de transmisión lateral transmitida entre diferentes OSIS 400a-400e en la estructura de malla con forma de anillo R2. Se emite una de la primera señal óptica de transmisión lateral y la segunda señal óptica de transmisión lateral al submódulo de conmutación óptica 460, que corresponde a una señal de selección SS emitida desde la unidad de microcontrol 410.

(MCU). Se describirá adicionalmente la transmisión de las señales ópticas laterales en la estructura de malla con forma de anillo R2 en la siguiente realización.

Por favor, hágase referencia a la Figura 7A y a la Figura 7B. La Figura 7A es un diagrama esquemático de una red de interconexión entre los OSIS 400a-400e en una red de segundo nivel T2 de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación. La Figura 7B es una vista esquemática parcialmente ampliada de la Figura 7A.

La red de interconexión está configurada principalmente para crear el túnel óptico para la transmisión entre los OSIS 400a-400e, de manera que cada unidad en la red de primer nivel T1 a la que está conectado cada OSIS 400a-400e puede transmitir señales ópticas entre sí. Como se ha mencionado anteriormente, la red de interconexión entre los OSIS 400a-400e es esencialmente una estructura de malla. A través de algunas fibras ópticas en la fibra de cinta, las conexiones de cada OSIS 400a-400e a otros OSIS son independientes entre sí. Por ejemplo, la conexión entre el OSIS 400a y el otro OSIS 400b-400e y la conexión entre el OSIS 400b y el otro OSIS 400a, 400c-400e son independientes entre sí.

Puesto que se adopta la fibra de cinta, todos los OSIS 400a-400e están conectados en una estructura de anillo en apariencia, lo que simplifica la complejidad del cableado. Además, debido a esta arquitectura de red de malla, puede transmitirse simultáneamente la transmisión de datos entre pares de diferentes OSIS 400a-400e usando la misma combinación de longitud de onda sin entrar en conflicto, destacando las características de la reutilización de la longitud de onda.

Por favor, hágase referencia a la Figura 4 y a la Figura 6 para un mejor entendimiento de la red de interconexión entre los OSIS 400a-400e ilustrados en la Figura 7A y en la Figura 7B.

Como se muestra en la Figura 7A, bajo circunstancias normales, el 400a transmitirá y recibirá señales ópticas desde la ruta normal a/desde los OSIS 400b, 400c en los dos nodos en el este y a/desde los OSIS 400d, 400e en los dos nodos en el oeste. Junto con el diseño del módulo de tejido de interconexión interna 480 mostrado en la Figura 6, cuando los OSIS 400a-400e se interconectan mediante fibras ópticas, las rutas ópticas de los terminales de salida este E1-E6 y los terminales de entrada este E7-E12 el tejido de interconexión de OSIS 400a están conectados mediante fibras ópticas y corresponden a las rutas ópticas de los terminales de entrada oeste W1-W6 y los terminales de salida oeste W7-W12 en el tejido de interconexión del siguiente OSIS 400b, y así sucesivamente.

Adicionalmente, debido al factor de la estructura de interconexión entre los OSIS 400a-400e, pueden utilizar la misma combinación de longitud de onda (λ_5 , λ_6 , λ_7 , λ_8) para transmitir señales ópticas entre sí sin conflicto, teniendo las características de reutilización de longitud de onda. Como se muestra en la figura, el OSIS 400a puede transmitir señales ópticas a los OSIS 400b-400e, respectivamente, en combinaciones de longitud de onda λ_5 , λ_6 , λ_7 y λ_8 . El OSIS 400b puede transmitir también señales ópticas a los OSIS 400c-400e, 400a, respectivamente, en las combinaciones de longitud de onda λ_5 , λ_6 , λ_7 , λ_8 sin provocar conflictos. De manera similar, puede reutilizarse la misma combinación de longitud de onda λ_5 , λ_6 , λ_7 y λ_8 para transmitir señales ópticas a otros OSIS en otros OSIS 400c a 400e, y los contenidos de lo mismo no se describen en el presente documento.

En el ejemplo mostrado en la Figura 7A, la ruta RTa representa que la señal óptica SigA con la longitud de onda λ_5 de la unidad P2 en la red de primer nivel T1 se transmite desde el OSIS 400a a través de la ruta normal a un primer nodo (el OSIS 400b) en el lado este. Durante la transmisión, el conmutador selectivo de longitud de onda 6x4 (es decir, el submódulo de conmutación óptica 460) del OSIS 400a selecciona la señal óptica SigA desde la unidad P2 para que se transmita hacia el este, duplica mediante el divisor de interconexión interna 1x2 486, divide y transmite al siguiente nodo (el OSIS 400b) en la dirección normal (es decir, el este). Cuando la señal óptica SigA entra en el circuito de interconexión interna del destino OSIS 400b, la señal óptica SigA se duplica, divide y transmite al submódulo de migración tras error 490 del OSIS 400b mediante el divisor de interconexión 1x2 481. En este momento, el submódulo de migración tras error 490 pasa las señales ópticas que se encuentran en la ruta normal y las transmite al conmutador selectivo de longitud de onda 6x4 (es decir, el submódulo de conmutación óptica 460) del OSIS 400b para selección y recepción de longitud de onda. Se muestran los detalles específicos de la transmisión de las señales ópticas en la Figura 7B y no se describirán en este punto.

Por otra parte, la ruta RTb representa que la señal óptica SigB con la longitud de onda λ_7 de la unidad P1 en la red de primer nivel T1 se transmite desde el OSIS 400a a través de la ruta normal a un segundo nodo (el OSIS 400d) en el lado del oeste. Durante la transmisión, el conmutador selectivo de longitud de onda 6x4 (es decir, el submódulo de conmutación óptica 460) del OSIS 400a seleccionan la señal óptica SigB desde la unidad P1 para que se transmita hacia el oeste, duplica mediante el divisor de interconexión interna 1x2 485, divide y transmite al siguiente nodo (el OSIS 400e) en la dirección normal (es decir, el oeste).

Cuando la señal óptica SigB entra en el tejido de interconexión interna del OSIS 400e, la señal óptica SigB se duplica, divide y transmite al siguiente nodo (el OSIS 400d) continuamente mediante el divisor de interconexión interna 1x2 482. Cuando la señal óptica SigB entra en el circuito de interconexión interna del OSIS 400d de destino, la señal óptica SigB se transmite directamente al submódulo de migración tras error 490 del OSIS 400d. En este momento, el submódulo de migración tras error 490 pasa las señales ópticas que se encuentran en la ruta normal y las transmite

al conmutador selectivo de longitud de onda 6x4 (es decir, el submódulo de conmutación óptica 460) del OSIS 400d para selección y recepción de longitud de onda.

Por favor, hágase referencia a la Figura 8A. La Figura 8A es un diagrama esquemático de la operación de un tejido de protección de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación. Como se muestra en la Figura 8A, se supone que la fibra de cinta entre el OSIS 400a y el OSIS 400e está desconectada, provocando de esta manera que el OSIS 400a no pueda transmitir la señal óptica SigC al oeste a través de la ruta normal al OSIS 400e y las señales ópticas al OSIS 400d. En este momento, el submódulo de migración tras error 490 del OSIS 400e detecta que la intensidad de la luz del primer OSIS en el este se vuelve más débil, por lo tanto, conmuta automáticamente la conexión a la ruta de protección RTc.

De hecho, si la fibra de cinta entre los OSIS 400a y 400e está desconectada, también afectará a la transmisión de señal de otros OSIS.

En la presente realización, los estados de cada OSIS 400a-400e que recibe las señales ópticas de los otros OSIS en el este/oeste se muestran como la tabla 2 a continuación.

(Tabla 2: recibir estados de señales ópticas del OSIS)

estado de recepción de señal óptica	Primer OSIS al este	Segundo OSIS al este	Primer OSIS al oeste	Segundo OSIS al oeste
400a	O	O	X	X
400b	O	O	O	X
400c	O	O	O	O
400d	O	X	O	O
400e	X	X	O	O

En la Tabla 2, la marca O representa que las señales ópticas pueden recibirse a través de la ruta normal, y la marca X representa que las señales ópticas no pueden recibirse a través de la ruta normal y es necesario conmutar, por el submódulo de migración tras error 490, la conexión a la ruta de protección para recibir las señales ópticas. Por lo tanto, únicamente el OSIS 400c no se ve afectado por la desconexión de las fibras de cinta. Algunas de las rutas de recepción de los otros OSIS se ven afectadas por la desconexión de la fibra de cinta, y es necesario conmutar la conexión a las rutas de protección mediante el submódulo de migración tras error 490.

De hecho, bajo circunstancias normales, la señal óptica SigC se duplicará en dos haces a través del divisor de interconexión 485 del OSIS 400a y se enviará simultáneamente a la ruta normal (es decir, la primera señal óptica de transmisión lateral al oeste) y a la ruta de protección (es decir, la ruta RTc al este de la segunda señal óptica de transmisión lateral). Cuando se transmite la señal óptica SigC al este mediante la ruta de protección, transitará dos nodos (los OSIS 400b y 400c) sin pasar a través de sus divisores de interconexión interna, y a continuación, se transmitirá al OSIS 400d. Cuando la señal óptica SigC entra en el circuito de interconexión interna del OSIS 400d, se duplica, divide al este mediante el divisor de interconexión 1x2 483 y se transmite continuamente al siguiente nodo (el OSIS 400e).

Finalmente, cuando la señal óptica SigC entra en el circuito de interconexión interna del OSIS 400e como el destino, se transmite directamente al submódulo de migración tras error 490 del OSIS 400e. En este momento, el submódulo de migración tras error 490 conmuta la conexión a la ruta de protección, por lo que la señal óptica SigC pasará a través de y se transmitirá al conmutador selectivo de longitud de onda 6x4 (es decir, el submódulo de conmutación óptica 460) del OSIS 400e para la selección y recepción de longitud de onda.

Por consiguiente, los conmutadores ópticos 492, 494, 496 y 498 del submódulo de migración tras error 490 en el OSIS 400a pueden recibir respectivamente, a través del tejido normal, la primera señal óptica de transmisión lateral desde el correspondiente de los otros OSIS 400b-400e. Recibiendo la segunda señal óptica lateral mediante el tejido de protección, puede emitirse una de la primera señal óptica de transmisión lateral y la segunda señal óptica de transmisión lateral, que corresponde a la señal selectiva SS, al submódulo de conmutación óptica 460. De esta manera, cuando se desconecta el tejido normal u otros fallos provocan que desaparezca la primera señal óptica de transmisión lateral, o se reduzca la intensidad, los correspondientes conmutadores ópticos 492, 494, 496 y 498 pueden conmutarse a la ruta de protección y realizar transmisión de señal con la segunda señal óptica de transmisión lateral.

Por favor, hágase referencia a la Figura 6 de nuevo. Como se muestra en la Figura 6, excepto los conmutadores ópticos 492, 494, 496 y 498 en el submódulo de migración tras error 490, hay cuatro fotodetectores de derivación (derivación PD) 491, 493, 495 y 497 dispuestos en el submódulo de migración tras error 490. Como se ha mencionado en los párrafos anteriores, los conmutadores ópticos 2x1 492, 494, 496 y 498 están configurados para recibir las señales ópticas desde la ruta normal (línea continua) y la ruta de protección (línea discontinua) de cada dos OSIS en el este y el oeste, respectivamente.

Como se muestra en la figura, las señales ópticas que entran en la ruta normal y en la ruta de protección de los mismos conmutadores ópticos 2x1 492, 494, 496 y 498 se transmiten en la dirección normal y dirección inversa desde el terminal de origen duplicándose y dividiéndose mediante la utilización del divisor de interconexión 485 y 486. Por lo tanto, los datos llevados por las dos señales ópticas son iguales. El ajuste del conmutador por defecto de cada conmutador óptico 2x1 492, 494, 496 y 498 es permitir que pasen las señales ópticas en la ruta normal.

Además, en algunas realizaciones, la función de la derivación PD 491, 493, 495 y 497 es convertir aproximadamente el 2 % de potencia de entrada óptica en el correspondiente valor de corriente y, a continuación, a través de convertidor de analógico a digital convertir al correspondiente valor de tensión, de manera que los conmutadores ópticos 492, 494, 496 y 498 pueden realizar la conmutación de acuerdo con el valor de tensión respectivamente.

Por ejemplo, cuando el valor de tensión es menor que un valor umbral (es decir, se detecta un cable desconectado o una señal mala), una unidad de microcontrol (MCU) 410 en el OSIS 400a emite la señal SS para conmutar los correspondientes conmutadores ópticos 2x1 492, 494, 496 y 498 para cambiar para pasar las señales ópticas de la ruta de protección. Por consiguiente, la unidad de microcontrol 410 puede estar configurada para emitir la señal selectiva SS al submódulo de migración tras error 490 para controlar el submódulo de migración tras error 490 para emitir la segunda señal óptica de transmisión lateral cuando la intensidad de la primera señal óptica de transmisión lateral es menor que el valor umbral.

Específicamente, hay dos maneras diferentes para que la unidad de microcontrol 410 determine cuándo activar el conmutador de ruta óptica. En primer lugar, el primer mecanismo de diagnóstico para la determinación es un mecanismo de interrogación. Por favor, hágase referencia a la Figura 8B. La Figura 8B es un diagrama de flujo del método de determinación 800 de la unidad de microcontrol 410 en el mecanismo de interrogación de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación. En el mecanismo de interrogación, la unidad de microcontrol 410 puede supervisar de manera continua y activa el estado de tensión de cada derivación PD 491, 493, 495 y 497. Si tiene lugar la desconexión, se realizan los conmutadores ópticos para que se conmuten. En algunas realizaciones, la unidad de microcontrol 410 puede ejecutar un programa controlador para realizar la correspondiente operación del método de determinación 800.

Como se muestra en la Figura 8B, el método de determinación 800 incluye las etapas S810-S840. En primer lugar, en la etapa S810, se utiliza el programa controlador en la unidad de microcontrol 410 para leer el valor de tensión de cada derivación PD 491, 493, 495 y 497 secuencialmente. Además, en la etapa S820, se comparan los valores de tensión leídos por las derivaciones PD 491, 493, 495 y 497 con los valores umbral por defecto respectivamente.

Cuando los valores de tensión son mayores que el valor umbral, se realiza la etapa 830 y se repiten las etapas S810-S830 con un intervalo de tiempo (es decir, cinco segundos).

Cuando los valores de tensión son menores que el valor umbral, se realiza la etapa S840 para ejecutar el procedimiento de procesamiento inusual. La etapa S840 incluye adicionalmente las etapas S841-S845. En primer lugar, en la etapa S841, se determina el número de veces de estado inusual basándose en el registro de sistema del firmware de sistema. En otras palabras, el programa controlador puede determinar si se detectó el estado inusual la primera vez o la segunda vez.

Cuando es la primera vez que el programa controlador detecta que el valor de tensión de una de las derivaciones PD 491, 493, 495 y 497 es menor que el valor umbral por defecto, la correspondiente ruta de recepción normal puede considerarse como una condición por defecto y se realizan la etapa S842 y la etapa S843. En la etapa S842, la unidad de microcontrol 410 emite la señal selectiva SS para conmutar los correspondientes conmutadores ópticos 2x1 492, 494, 496 y 498, de manera que pueden pasar las señales ópticas de la ruta de protección de respaldo. En S843, la unidad de microcontrol 410 emite la señal de información inusual para notificar al firmware del sistema que una de las derivaciones PD 491, 493, 495 y 497 tiene lugar un estado inusual la primera vez.

Cuando es la segunda vez que el programa controlador detecta que el valor de tensión de una de las derivaciones PD 491, 493, 495 y 497 es continuamente menor que el valor umbral por defecto, la unidad de microcontrol 410 no realizará la conmutación a los correspondientes conmutadores ópticos 2x1 492, 494, 496 y 498 y se realizan la etapa S844 y la etapa S845. En la etapa S844, la unidad de microcontrol 410 emite la señal de información inusual para notificar al firmware del sistema que una de las derivaciones PD 491, 493, 495 y 497 tiene lugar un estado inusual la segunda vez. Posteriormente, en la etapa S845, la unidad de microcontrol 410 detiene la operación de interrogación hacia la derivación inusual PD 491, 493, 495 o 497 para leer su estado.

Cuando se repara la fibra de cinta, el firmware de sistema notifica al controlador para realizar la operación de recuperación para conmutar todos los conmutadores ópticos 2x1 492, 494, 496 y 498 a la ruta normal original. Debería observarse que, en el método de determinación 800, puesto que la unidad de microcontrol 410 interroga continuamente el estado de tensión y hace una determinación de si la ruta está desconectada, se consumen algunos de los recursos informáticos de la unidad de microcontrol 410.

Por otra parte, el segundo mecanismo de diagnóstico para la determinación es un mecanismo de interrupción. En el mecanismo de interrupción, la unidad de microcontrol 410 no supervisa normalmente el estado de las derivaciones PD 491, 493, 495 y 497. Cuando ocurre la desconexión, se interrumpe la unidad de microcontrol 410 se activa para confirmar los estados de las derivaciones PD 491, 493, 495 y 497 y se realiza la conmutación de ruta de los correspondientes conmutadores ópticos 2x1 492, 494, 496 y 498.

Por favor, hágase referencia a la Figura 8C y a la Figura 8D. La Figura 8C y la Figura 8D son diagramas esquemáticos de operaciones de la unidad de microcontrol 410 que ejecuta el mecanismo de interrupción de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación. Como se muestra en la Figura 8C, las derivaciones PD 491, 493, 495 y 497 incluyen las patillas de interrupción ITR1-ITR4 conectadas a la unidad de microcontrol 410 respectivamente. Tomando la derivación PD 491 como un ejemplo, cuando el valor de tensión de la derivación PD 491 es menor que el valor umbral la primera vez, se activan las correspondientes patillas de interrupción ITR1-ITR4 y se emite una señal activadora TS1 para notificar a la unidad de microcontrol 410. Después de recibir la señal activadora TS1, la unidad de microcontrol 410 ejecuta un correspondiente programa controlador para realizar operaciones similares al método de determinación 800.

Específicamente, en este momento, la unidad de microcontrol 410 lee en primer lugar el valor de tensión de la derivación PD 491 para confirmar que es menor que el valor umbral. Cuando el valor de tensión es menor el valor umbral, la unidad de microcontrol 410 determina la cantidad de estados inusuales de acuerdo con el registro de sistema del firmware de sistema FW.

Cuando es la primera vez que la unidad de microcontrol 410 detecta que el valor de tensión de la derivación PD 491 es menor que el valor umbral por defecto, puede considerarse la ruta de recepción normal como una condición por defecto y se realizan la etapa S842 y la etapa S843. En la etapa S842, la unidad de microcontrol 410 emite la señal selectiva SS para conmutar los correspondientes conmutadores ópticos 2x1 492, de manera que pueden pasar las señales ópticas de la ruta de protección de respaldo. En S843, la unidad de microcontrol 410 emite la señal de información inusual NS1 para notificar al firmware de sistema FW que tiene lugar la derivación PD 491 un estado inusual la primera vez.

De manera similar, como se muestra en la Figura 8D, cuando el valor de tensión de la derivación PD 491 es menor que el valor umbral la segunda vez, se activa la patilla de interrupción ITR1 y se emite una señal activadora TS2 para notificar a la unidad de microcontrol 410. En este momento, la unidad de microcontrol 410 lee el valor de tensión de la derivación PD 491 de nuevo para confirmar que el valor es menor que el valor umbral.

Cuando es la segunda vez que la unidad de microcontrol 410 detecta que el valor de tensión de una de la derivación PD 491 es continuamente menor que el valor umbral por defecto, la unidad de microcontrol 410 no realizará la conmutación al conmutador óptico 2x1 492 y se realizan la etapa S844 y la etapa S845. En la etapa S844, la unidad de microcontrol 410 emite la señal de información inusual NS2 para notificar al firmware del sistema FW que tiene lugar la derivación PD 491 un estado inusual la segunda vez.

De manera similar, cuando se repara la fibra de cinta, el firmware de sistema FW notifica a la unidad de microcontrol 410 y realiza la operación de recuperación a través del programa controlador para conmutar todos los conmutadores ópticos 2x1 492, 494, 496 y 498 a la ruta normal original.

En resumen, a través del mecanismo de interrogación ilustrado en la Figura 8B o el mecanismo de interrupción ilustrado en la Figura 8C y en la Figura 8D, la unidad de microcontrol 410 puede controlar el submódulo de migración tras error 490 para realizar selectivamente la transmisión de la señal óptica mediante la ruta normal o la ruta de protección para implementar un diseño de ruta de protección de interconexión entre los OSIS 400a-400e en la red de segundo nivel T2.

Un resultado de este tipo, cuando se desconecta una fibra de cinta de la red de segundo nivel T2, las señales ópticas pueden aún transmitirse a los OSIS de destino 400a-400e mediante la ruta de protección, de modo que no se verá afectada la transmisión de las señales ópticas.

Por favor, hágase referencia a la Figura 9. La Figura 9 es un diagrama esquemático de rutas de túnel de inter unidades entre las unidades de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación. En la realización en la Figura 9, el bastidor 900c en la unidad P1 transmitirá señales ópticas a los bastidores 900a y 900b en otra unidad P2. El controlador de red definido por software 500 puede configurarse para crear dos túneles ópticos inter unidad. Específicamente, el túnel óptico incluye una ruta de transmisión óptica y una longitud de onda seleccionada. El túnel óptico entre el bastidor 900c y el bastidor 900a es una ruta RP1 mediante el bastidor 900c que pasa a través del conmutador ToR TORc, el OADS 200c, el OSIS 400a, el OADS 200a y el conmutador ToR TORa al bastidor 900a, y está formado seleccionando la longitud de onda $\lambda 5$ para transmitir las señales ópticas.

Por otra parte, el túnel óptico entre el bastidor 900c y el bastidor 900b es una ruta RP2 mediante el bastidor 900c que pasa a través del conmutador ToR TORc, el OADS 200c, el OSIS 400a, el OSIS 400b, el OADS 200b y el conmutador ToR TORb al bastidor 900b, y se forma seleccionando la longitud de onda $\lambda 6$ para transmitir las señales ópticas.

Para crear los dos túneles ópticos, es necesario establecer los OADS 200a-200c a lo largo de la ruta y los conmutadores selectivos de longitud de onda 6x4 (es decir, el submódulo de conmutación óptica 460) de los OSIS 400a y 400b para seleccionar una longitud de onda específica para que pase.

Por favor, hágase referencia a la Figura 10A y a la Figura 10B. La Figura 10A y la Figura 10B son diagramas esquemáticos de la configuración del OSIS 400a y el submódulo de conmutación óptica 460 del OSIS 400b, respectivamente, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación. Como se muestra en la Figura 10A, para la ruta RP1, puede crearse el túnel óptico estableciendo un conmutador selectivo de longitud de onda 1x1 464n del OSIS 400a y un conmutador selectivo de longitud de onda 1x1 que corresponde al conmutador selectivo de longitud de onda 2x1 WSS21 en el segundo módulo de transmisión 220 del OADS 200a en el destino.

Por otra parte, como se muestra en la Figura 10A y en la Figura 10B, para la ruta RP2, puede crearse el túnel óptico estableciendo el conmutador selectivo de longitud de onda 1x1 464a del OSIS 400a, el conmutador selectivo de longitud de onda 1x1 464g del OSIS 400b y un conmutador selectivo de longitud de onda 1x1 que corresponde al conmutador selectivo de longitud de onda 2x1 WSS11 en el primer módulo de transmisión 210 del OADS 200b en el destino.

De esta manera, en el proceso de transmisión, en primer lugar, se transmiten las señales ópticas con las longitudes de onda λ_5 y λ_6 , mediante los correspondientes transceptores de DWDM en el puerto de entrada-salida del conmutador ToR ToRc en el bastidor 900c, al correspondiente puerto de adición del primer módulo de transmisión 210 del OADS 200c, se combinan en una fibra óptica a través del multiplexor 212, se duplican, dividen mediante el primer divisor 2x2 SP11, se transmiten hacia el norte al correspondiente puerto de adición en el OSIS 400a y, después de combinarse en una señal óptica compuesta SigU1 por el multiplexor BMUX1, se transmiten al submódulo de conmutación óptica 460. En este momento, las señales ópticas con longitud de onda λ_5 y λ_6 se duplican y dividen a través del divisor 462e en tres haces. Se transmite un haz hacia el este a otros OSIS, se transmite otro hacia el oeste a otros OSIS, y, finalmente, se transmite el otro hacia el sur a los OADS 200a y 200b en la unidad de destino P2.

La señal óptica transmitida por el OADS 200a a la unidad de destino sur P2 pasa mientras que el conmutador selectivo de longitud de onda 464n selecciona la longitud de onda λ_5 para que pase, a continuación, se duplica y combina, por el combinador de salida 5x1 466d, en una ruta óptica, y, a continuación, se amplifica la potencia óptica por el amplificador de señal óptica 468d. El divisor SPLT2 duplica, divide la señal compuesta SigD2 y la transmite a cada OADS en la unidad de destino P2.

Como se muestra en la Figura 9, la señal óptica transmitida al segundo módulo de transmisión 220 del OADS 200a pasa mientras que el conmutador selectivo de longitud de onda 1x1 que corresponde a una recepción en el conmutador selectivo de longitud de onda 2x1 (por favor, hágase referencia al conmutador selectivo de longitud de onda WSS21 en la Figura 2) selecciona la longitud de onda λ_5 para que pase, y se transmite al demultiplexor 226. La señal óptica con longitud de onda λ_5 se transmite desde el quinto puerto de supresión del demultiplexor (puede hacerse referencia al demultiplexor 226 del segundo módulo de transmisión 220 en la Figura 2) en el segundo módulo de transmisión 220 del OADS 200a al receptor del correspondiente transceptor de DWDM en el puerto de entrada-salida del conmutador ToR ToRa en el bastidor 900a. Se consigue la transmisión de la señal óptica desde el bastidor 900c a 900a.

Por otra parte, la señal óptica transmitida hacia el este pasa mientras que el conmutador selectivo de longitud de onda 464a selecciona la longitud de onda λ_6 para que pase, a continuación, se duplica y combina, por el combinador de salida 2x1 466a, en una ruta óptica, y, a continuación, la potencia óptica se amplifica por el amplificador de señal óptica 468a como la señal óptica compuesta SigE0. La señal óptica se transmite hacia el este mediante el módulo de tejido de interconexión 480 entre el OSIS 400a y 400b al OSIS 400b.

Como se muestra en la Figura 10B, después de que se transmite la señal óptica al submódulo de conmutación óptica 460 del OSIS 400b, se duplica la señal óptica con longitud de onda λ_6 y se divide, por el divisor 1x2 462c, en dos haces. Un haz de la señal óptica se transmite hacia el sur a cada OADS en la unidad de destino P2, y el otro haz de la señal óptica se transmite hacia el sur a cada OADS en otra unidad.

La señal óptica transmitida hacia el sur a la unidad de destino P2 pasa mientras que el conmutador selectivo de longitud de onda 464g selecciona la longitud de onda λ_6 para que pase, a continuación, se duplica y combina, por el combinador de salida 5x1 466c, en una ruta óptica, y, a continuación, se amplifica la potencia óptica por el amplificador de señal óptica 468c como la señal óptica compuesta SigD1. El divisor SPLT1 duplica, divide la señal compuesta SigD1 y la transmite a cada OADS en la unidad de destino P2.

La señal óptica transmitida al primer módulo de transmisión 210 del OADS 200b pasa mientras que el conmutador selectivo de longitud de onda 1x1 que corresponde a una recepción en el conmutador selectivo de longitud de onda 2x1 (por favor, hágase referencia al conmutador selectivo de longitud de onda WSS11 en la Figura 2) selecciona la longitud de onda λ_6 para que pase, y se transmite al demultiplexor 216. La señal óptica con longitud de onda λ_6 se transmite desde el sexto puerto de supresión del demultiplexor (puede hacerse referencia al demultiplexor 216 del primer módulo de transmisión 210 en la Figura 2) al receptor del correspondiente transceptor de DWDM en el puerto

de entrada-salida del conmutador ToR ToRb en el bastidor 900b. Se consigue la transmisión de la señal óptica desde el bastidor 900c a 900b.

Además, debería observarse que excepto las rutas de protección de los OSIS 400a-400e en la red de segundo nivel T2 anterior, puede implementarse también la protección de ruta a través de los anillos de transmisión independientes Anillo1 y Anillo2 entre cada OADS 200a-200e en la misma unidad P1 en la red de primer nivel T1 y entre la red de primer nivel T1 y la red de segundo nivel T2. Cuando se desconecta la fibra o el conector de la fibra está dañado, puede usarse la ruta de protección para transmitir la señal óptica para garantizar que toda la red de túnel óptico no se ve afectada por la fibra desconectada. Por motivos de explicación, por favor hágase referencia a la Figura 11A. La Figura 11A es un diagrama esquemático de un diseño de una ruta de protección en la unidad P1 de la red de primer nivel T1 de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación.

Como se muestra en la Figura 11A, puesto que cada unidad P1 en la red de primer nivel T1 incluye una pluralidad de anillos de transmisión independientes Anillo1 y Anillo2, cuando se desconecta uno de los anillos (por ejemplo, el anillo de transmisión Anillo1), la transmisión de la señal óptica puede llevarse a cabo a través de otro anillo de transmisión Anillo2 para conseguir el propósito de la ruta de protección. Además, puesto que las fibras de los anillos de transmisión Anillo1 y Anillo2 están separadas independientemente, la probabilidad de desconexión simultánea de las dos fibras independientes es muy baja.

En esta realización, cuando se desconecta la fibra óptica del anillo de transmisión Anillo1 que corresponde a cada uno de los primeros módulos de transmisión 210 en la unidad P1, el primer módulo de transmisión 210 de algunos OADS no puede transmitir señales ópticas hacia el oeste a otros OADS. Por ejemplo, el primer módulo de transmisión 210 del OADS 200a no puede transmitir señales ópticas hacia el oeste a otros OADS 200b-200e en la misma unidad P1. En este momento, los OADS 200a-200e que no pueden transmitir las señales ópticas utilizando el anillo de transmisión Anillo1, estableciendo el controlador de red definido por software 500 el correspondiente conmutador TaR y el conmutador selectivo de longitud de onda a través de los que deben pasar las señales ópticas en la ruta, transmiten la señal óptica mediante el segundo módulo de transmisión 220 usando el anillo de transmisión Anillo2 para transmitir señales ópticas hacia el este a otros OADS 200a-200e.

Adicionalmente, de hecho, cuando se desconectan simultáneamente el anillo de transmisión Anillo1 y Anillo2 y la posición donde la desconexión cumple criterios específicos, reseteando los conmutadores selectivos de longitud de onda WSS11, WSS12, WSS21, WSS22 de cada OADS en la unidad y cada conmutador ToR a través del controlador de red definido por software 500, todos los OADS 200a-200e pueden interconectarse entre sí.

Por favor, hágase referencia a la Figura 11B. La Figura 11B es un diagrama esquemático de un diseño de una ruta de protección en la unidad P1 de la red de primer nivel T1 de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación. Como se muestra en la Figura 11B, cuando se desconectan los anillos de transmisión Anillo1 y Anillo2 en el mismo punto de conexión (es decir, entre los OADS 200a y 200b), y hay únicamente un punto de conexión en una unidad P1 en la que se desconectan los dos anillos de transmisión Anillo1 y Anillo2 al mismo tiempo, los OADS 200a-200e afectados pueden resetearse, por el controlador de red definido por software 500 que establece el conmutador ToR y el conmutador selectivo de longitud de onda a través del que pasan las señales ópticas en la ruta, y se interconectan a otros OADS 200a-200e. Tomando los OADS 200a y 200b como ejemplos, cuando se desconecta el anillo de transmisión Anillo1, para el OADS 200a, el controlador de red definido por software 500 puede establecer el conmutador ToR y el conmutador selectivo de longitud de onda a través del que pasan las señales ópticas en la ruta, de modo que se transmite la señal óptica con la longitud de onda del segundo módulo de transmisión 220a hacia el este por el anillo de transmisión Anillo2 al OADS 200b. Por otra parte, para el OADS 200b, el controlador de red definido por software 500 puede establecer el conmutador ToR y el conmutador selectivo de longitud de onda a través del que pasan las señales ópticas en la ruta, de modo que se transmite la señal óptica con la longitud de onda del primer módulo de transmisión 210b hacia el oeste por el anillo de transmisión Anillo1 al OADS 200a, y así sucesivamente.

En otras palabras, el controlador de red definido por software 500 puede estar configurado para establecer, en correspondencia, cuando se desconecta la ruta óptica del OADS 200a al OADS 200b en el anillo de transmisión Anillo1, el conmutador ToR y el conmutador selectivo de longitud de onda a través del que pasan las señales ópticas en la ruta para crear el túnel óptico desde el OADS 200a al OADS 200b en el anillo de transmisión Anillo2 a través de los segundos módulos de transmisión 220a-220e. En algunas realizaciones, el controlador de red definido por software 500 puede estar configurado para establecer, en correspondencia, cuando se desconecta la ruta óptica del OADS 200b al OADS 200a en el anillo de transmisión Anillo2, el conmutador de ToR y el conmutador selectivo de longitud de onda a través del que pasan las señales ópticas en la ruta para crear el túnel óptico desde el OADS 200b al OADS 200a en el anillo de transmisión Anillo1 a través de los primeros módulos de transmisión 210a-210e.

Por favor, hágase referencia a la Figura 12. La Figura 12 es un diagrama esquemático de un diseño de una ruta de protección entre la red de primer nivel T1 y la red de segundo nivel T2 de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación. Como se ha mencionado en los párrafos anteriores, cada OADS 200a-200e está conectado a los dos OSIS adyacentes 400a-400e en la red de segundo nivel T2 mediante fibras ópticas. Por ejemplo, el primer módulo de transmisión 210c y el segundo módulo de transmisión 220c del OADS 200c que tienen un par de fibras

ópticas de manera separada están conectados a los dos OSIS adyacentes 400a y 400e respectivamente. Por lo tanto, cuando se desconecta la fibra óptica que conecta el OADS 200c al OSIS 400a, el OADS 200c puede utilizar otra ruta óptica para transmitir las señales ópticas al otro OSIS 400e y, a continuación, pasarlas al OSIS de destino 400a para conseguir otro propósito de la ruta de protección.

Tomando la Figura 12 como un ejemplo, la misma con la realización en la Figura 9, en la presente realización, el bastidor 900c en la unidad P1 transmitirá señales ópticas al bastidor 900a en otra unidad P2. Se supone que la fibra óptica que conecta el primer módulo de transmisión 210c del OADS 200c y el OSIS 400a está desconectada. Las señales ópticas pueden transmitirse, a través del controlador de red definido por software 500 que establece el conmutador ToR y el conmutador selectivo de longitud de onda a través del que pasan las señales ópticas en la ruta para seleccionar la longitud de onda del segundo módulo de transmisión 220 para transmitir la señal óptica, a otro OSIS 400e y se pasan al OADS de destino 200a. Como muestra la ruta RP3 en la figura, bajo alguna circunstancia, las señales ópticas pueden transmitirse en primer lugar desde el OSIS 400e a otro OSIS 400a, y, a continuación, desde el OSIS 400a al OADS de destino 200a. Los detalles específicos de la transmisión de extremo a extremo se describen en los párrafos anteriores y no se describirán de nuevo.

En otras palabras, el controlador de red definido por software 500 puede estar configurado adicionalmente para, cuando la ruta óptica desde el OADS 200c al OSIS 400a está desconectada, establecer en correspondencia el conmutador ToR ToRc para crear el túnel óptico desde el OADS 200c al OSIS 400a (es decir, la ruta RP3). De manera similar, el controlador de red definido por software 500 puede estar configurado también para, cuando la ruta óptica desde el OADS 200c al OSIS 400e está desconectada, establecer en correspondencia el conmutador ToR ToRc para crear el túnel óptico desde el OADS 200c al OSIS 400a.

Como resultado, si la fibra óptica dentro de la red de primer nivel T1 está desconectada, la fibra óptica dentro de la red de segundo nivel T2 está desconectada, o la fibra de transmisión longitudinal entre la red de primer nivel T1 y la red de segundo nivel T2 está desconectada, el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 puede crear túneles ópticos a través de la ruta redundante para realizar la transmisión de señal entre los nodos ópticos para conseguir la transmisión de datos entre diferentes servidores en diferentes bastidores.

En algunas realizaciones de la presente divulgación, cada uno de los conmutadores selectivos de longitud de onda puede implementarse por un diseño de matriz que consiste en uno o más bloqueadores de longitud de onda (WB) 1x1 (1 entrada y 1 salida). El bloqueador de longitud de onda puede usarse por tecnología de procesador de luz digital (DLP) para aumentar la velocidad de conmutación. En algunas realizaciones, el tiempo de conmutación de la matriz es únicamente aproximadamente 100 microsegundos (μ s), por lo que existe una capacidad de conmutación de la red del centro de datos toda óptica más rápida y más instantánea.

En resumen, en diversas realizaciones de la presente divulgación, se propone una nueva estructura de red, de modo que el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 puede utilizar la misma longitud de onda de manera repetitiva para ahorrar recursos de longitud de onda. Además, en la red de primer nivel T1, se adopta una estructura con forma de anillo, la cantidad de nodos ópticos en una única unidad puede multiplicarse arbitrariamente sin sustituir la estructura interna, y la cantidad de anillos de transmisión en la misma unidad puede multiplicarse también. Se consigue la estructura incremental con más flexibilidad y tiene mejor capacidad de expansión. Por ejemplo, en la realización mostrada en la Figura 1, la red de primer nivel T1 incluye cuatro unidades P1-P4, pero la presente divulgación no está limitada a lo mismo. Si la totalidad del sistema necesita alojar el intercambio de información entre más bastidores, puede aumentarse la cantidad de las unidades bajo la condición de no cambiar la totalidad de la estructura de red, por ejemplo, añadiendo la quinta unidad o añadiendo adicionalmente la sexta unidad, y así sucesivamente. Adicionalmente, en la realización mostrada en la Figura 1, la cantidad de nodos ópticos incluidos en la unidad P1 es cinco, por ejemplo, cinco OADS 200a-200e, pero la presente divulgación no está limitada a lo mismo. Si la totalidad del sistema necesita alojar el intercambio de información entre más bastidores, puede añadirse uno o más nodos a algunas unidades (o todas las unidades) bajo la condición de no cambiar la totalidad de la estructura de red. Por ejemplo, cuando hay necesidad de una expansión, la unidad P1 puede incluir adicionalmente un nuevo nodo óptico, que tiene un total de seis nodos ópticos, y las unidades P2-P4 pueden permanecer teniendo cinco nodos ópticos. Si hay una necesidad de expansión, pueden añadirse nuevos nodos ópticos a otras unidades (es decir, la unidad P2), y así sucesivamente. A través de esto, se dispone la estructura incremental.

Por otra parte, se simplifican las rutas de conmutador óptico en la red de segundo nivel T2, y se diseñan las rutas de protección entre cada una de las transmisiones de fibras ópticas. Si la fibra óptica dentro de la red de primer nivel T1, dentro de la red de segundo nivel T2 o entre la red de primer nivel T1 y la red de segundo nivel T2 está desconectada, el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 puede realizar la transmisión de señal óptica a través de las rutas de protección.

De esta manera, puede realizarse el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 con baja latencia, alto ancho de banda y consumo de baja potencia. Proporciona la propiedad de fiabilidad, capacidad de expansión y reutilización de longitud de onda y baja complejidad de cableado. Además, basándose en la característica de la transparencia de tasa de datos del sistema de transmisión óptico, la red de túnel óptico puede llevar señales ópticas de cualquier tasa de transmisión dentro de un cierto alcance sin cambiar el diseño del componente óptico. Por lo tanto,

durante la renovación del sistema, el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 únicamente necesita sustituir el transceptor 10G DWDM por el transceptor 100G DWDM para mejorar la tasa de transmisión de longitud de onda desde 10 Gbit/s hasta 100 Gbit/s, lo que aumenta drásticamente la flexibilidad de la tasa de transmisión de sistema y ahorra una gran cantidad de equipo de hardware para su renovación.

Por favor, hágase referencia a la Figura 13. La Figura 13 es un diagrama esquemático de un sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación. Como se muestra en la Figura 13, el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 incluye además un controlador de interconexión en red definido por software (controlador de SDN) 500. Operacionalmente, el controlador de SDN 500 envía comandos a los conmutadores ópticos (por ejemplo, el subsistema de interconexión de conmutador óptico 400a, el subsistema de adición-supresión óptico 200) y el ToR de conmutador del bastidor superior.

En algunas realizaciones, el controlador de SDN 500 puede ser un circuito integrado tal como un microcontrolador, una unidad central de procesamiento (CPU), un microprocesador, un procesador de señales digitales (DSP), un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), un dispositivo lógico programable complejo (CPLD), una matriz de puertas programables en campo (FPGA), un circuito u ordenador lógico, configurado para realizar cálculos o procesamiento de datos.

Configuracionamente, el controlador de SDN 500 acoplado al subsistema de interconexión de conmutador óptico, al subsistema de adición-supresión óptico y al conmutador de bastidor superior, como el subsistema de interconexión de conmutador óptico 400a, el subsistema de adición-supresión óptico 200 y los conmutadores de bastidor superior TOR ilustrados en la figura. Por conveniencia y claridad, la relación de acoplamiento entre el controlador de SDN 500 y algunos elementos no se ilustra en la Figura 13. Específicamente, el controlador de SDN 500 puede acoplarse a todos los subsistemas de interconexión de conmutador óptico, los subsistemas de adición-supresión ópticos y los conmutadores de bastidor superior a través de cables Ethernet. Además, en el contenido de la descripción y las figuras de las siguientes realizaciones, para mayor comodidad y claridad, se usa el subsistema de interconexión de conmutador óptico OSIS para representar cualquier subsistema de interconexión de conmutador óptico no específico, y se usa el subsistema de adición-supresión óptico OADS para representar cualquier subsistema de adición-supresión óptico OADS no específico. Por ejemplo, el subsistema de interconexión de conmutador óptico OSIS puede ser cualquiera de los 5 subsistemas de interconexión de conmutador óptico 400a-400e en la Figura 1. El subsistema de adición-supresión óptico OADS puede ser cualquiera de los 25 subsistemas de adición-supresión ópticos 200 en la Figura 1.

Por favor, hágase referencia a la Figura 14. La Figura 14 es un diagrama de bloques funcional de un controlador de SDN 500 de acuerdo con una realización de la presente divulgación. Como se muestra en la Figura 14, el controlador de SDN 500 incluye un módulo de planificación de túnel 520, un módulo de gestión de configuración 540, un monitor de uso de ancho de banda 560, un transformador de topología 580 y una memoria compartida 590. El módulo de planificación de túnel 520 incluye un submódulo de preasignación 522 y un submódulo de asignación dinámica 524. El módulo de gestión de configuración 540 incluye un submódulo de CM de nodo óptico 542 y un submódulo de CM de conmutador de bastidor superior 544. El monitor de uso de ancho de banda 560 incluye un manejador de estadísticas 562 y un manejador de uso de longitud de onda 564.

Desde el punto de vista de la configuración, el módulo de planificación de túnel 520 está acoplado al módulo de gestión de configuración 540, al monitor de uso de ancho de banda 560 y a la memoria compartida 590. El monitor de uso de ancho de banda 560 está acoplado al módulo de planificación de túnel 520 y a la memoria compartida 590. El transformador de topología 580 está acoplado a la memoria compartida 590. En algunas realizaciones, el módulo de gestión de configuración 540 y el monitor de uso de ancho de banda 560 incluyen instrucciones lógicas de software ejecutables, las instrucciones lógicas de software se cargan en el circuito de procesamiento (por ejemplo, procesador, unidad de control o sistema en un chip (SoC)) del controlador de SDN 500 y se realizan por el circuito de procesamiento. El circuito de procesamiento que realiza el módulo de gestión de configuración 540 está acoplado a los subsistemas de interconexión de conmutador ópticos OSIS, a los subsistemas de adición-supresión ópticos OADS y a los conmutadores de bastidor superior ToR. El circuito de procesamiento que realiza el monitor de uso de ancho de banda 560 está acoplado a los conmutadores de bastidor superior ToR. El módulo de gestión de configuración 540 y el monitor de uso de ancho de banda 560 pueden realizarse mediante el mismo circuito de procesamiento o uno diferente.

Operacionalmente, el transformador de topología 580 está configurado para calcular una tabla de rutas de encaminamiento T_Rout de acuerdo con datos de topología, y para almacenar la tabla de rutas de encaminamiento T_Rout y los datos de topología en la memoria compartida 590. Los datos de topología incluyen un número de nodos ópticos y una distribución de nodos ópticos. Por ejemplo, en las realizaciones de la Figura 13, el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 incluye al menos 30 nodos ópticos, 5 subsistemas de interconexión de conmutador óptico OSIS y 25 subsistemas de adición-supresión ópticos OADS, respectivamente. La tabla de rutas de encaminamiento T_Rout incluye múltiples rutas de encaminamiento de cualquiera de los subsistemas de adición-supresión ópticos OADS a otro. Una ruta de encaminamiento es una ruta de transmisión de la señal óptica en un túnel óptico, como la ruta RP1 mostrada en la Figura 9. En otras palabras, la tabla de rutas de encaminamiento T_Rout incluye todas las rutas de encaminamiento que pueden existir entre uno cualquiera de los subsistemas de adición-

supresión ópticos y los otros subsistemas de adición-supresión ópticos en el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100. La tabla de rutas de encaminamiento T_Rout se describirá a continuación.

El módulo de planificación de túnel 520 está configurado para planificar y construir la red de túnel óptico de acuerdo con la tabla de rutas de encaminamiento T_Rout, y para transmitir un comando de control CC al módulo de gestión de configuración 540 de acuerdo con los datos de las rutas de encaminamiento y las longitudes de onda de los túneles ópticos de la red de túnel óptico que se planean y construyen. El módulo de gestión de configuración 540 está configurado para emitir la señal de control CS a los conmutadores ópticos (es decir, el subsistema de interconexión de conmutador óptico OSIS y el subsistema de adición-supresión óptico OADS) de acuerdo con el comando de control CC. El monitor de uso de ancho de banda 560 está configurado para recibir estadísticas de flujo DATA_stat del sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 desde los conmutadores de bastidor superior ToR, y para calcular una tasa de uso de ancho de banda de acuerdo con las estadísticas de flujo DATA_stat. Si la tasa de uso de ancho de banda supera un intervalo preestablecido (es decir, cuando la tasa de uso de ancho de banda es demasiado alta o demasiado baja), el monitor de uso de ancho de banda 560 está configurado para transmitir una alarma de notificación de carga al módulo de planificación de túnel 520. El módulo de planificación de túnel 520 está configurado además para replanificar la red de túnel óptico de acuerdo con la tasa de uso de ancho de banda y la notificación de carga de túnel óptico para ajustar el comando de control CC.

Además, el módulo de planificación de túnel 520 está configurado además para almacenar una configuración de red de túnel óptico en la memoria compartida 590 y/o para leer la configuración de red de túnel óptico desde la memoria compartida 590. La configuración de red de túnel óptico incluye múltiples túneles ópticos. Cada uno de los túneles ópticos incluye una ruta de encaminamiento y una longitud de onda. En otras palabras, la configuración de la red de túnel óptico incluye las rutas de encaminamiento y las longitudes de onda usadas por los túneles ópticos en todo el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100, y los túneles ópticos que pasan a través de los flujos de datos. La configuración de red de túnel óptico está configurada para disponer los túneles ópticos que pasan a través de los flujos de datos. Específicamente, el módulo de planificación de túnel 520 almacena la configuración de red de túnel óptico en la memoria compartida 590 mediante un comando de escritura W_tun. El módulo de planificación de túnel 520 lee la configuración de red de túnel óptico desde la memoria compartida 590 mediante un comando de lectura R_tun. El monitor de uso de ancho de banda 560 también está configurado para almacenar las estadísticas de flujo DATA_stat y la tasa de uso de ancho de banda en la memoria compartida 590 y/o para leer las estadísticas de flujo DATA_stat y la configuración de red de túnel óptico de la memoria compartida 590. Específicamente, el monitor de uso de ancho de banda 560 almacena las estadísticas de flujo DATA_stat en la memoria compartida 590 mediante un comando de escritura W_stat, y escribe la tasa de uso de ancho de banda en la memoria compartida 590 mediante un comando de escritura W_use. El monitor de uso de ancho de banda 560 lee las estadísticas de flujo DATA_stat de la memoria compartida 590 mediante un comando de lectura R_stat, y obtiene la configuración de red de túnel óptico mediante el comando de lectura R_tun.

Acerca de la descripción detallada del módulo de planificación de túnel 520, por favor, hágase referencia a la Figura 15A y la Figura 15B. La Figura 15A y la Figura 15B son diagramas de bloques funcionales detallados de un controlador de SDN 500 de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación. Como se muestra en la Figura 15A, cuando se inicializa el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100, el submódulo de preasignación 522 en el módulo de planificación de túnel 520 se configura para planificar la red de túnel óptico preestablecida inicial de acuerdo con la tabla de rutas de encaminamiento T_Rout. La red de túnel óptico preestablecida inicial que se planifica incluye múltiples túneles ópticos. Los múltiples túneles ópticos incluyen múltiples conjuntos de rutas de encaminamiento y longitudes de onda. A continuación, el submódulo de preasignación 522 transmite el comando de control de nodo óptico CC_opt al submódulo de CM de nodo óptico 542 de acuerdo con la red de túnel óptico preestablecida inicial que está planificada, y recibe un mensaje de respuesta que representa una respuesta construida con éxito y devuelta por el submódulo de CM de nodo óptico 542. A continuación, el submódulo de preasignación 522 transmite un comando de control de conmutador de bastidor superior CC_ToR al submódulo de CM de conmutador de bastidor superior 544 de acuerdo con las rutas de encaminamiento y las longitudes de onda de los túneles ópticos que están planificadas. Además, después de construir los túneles ópticos, el submódulo de preasignación 522 almacena la configuración de red de túnel óptico en la memoria compartida 590 mediante el comando de escritura W_tun.

Por ejemplo, por favor, hágase referencia a la Figura 16. La Figura 16 es un diagrama esquemático de túneles ópticos entre uno cualquiera del subsistema de adición-supresión óptico OADS(x) y otro del subsistema de adición-supresión óptico OADS(x+1)~OADS(x+24) en la red de túnel óptico construida por el submódulo de preasignación 522 de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación. En esta realización, una unidad incluye 5 subsistemas de adición-supresión ópticos (por ejemplo, la unidad P1 incluye OADSx, OADSx+1, OADSx+2, OADSx+3, y OADSx+4). El sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 tiene un total de 5 unidades P1-P5. Cada uno de los subsistemas de adición-supresión ópticos OADS usa 8 longitudes de onda diferentes y 8 rutas correspondientes para construir 8 túneles ópticos. Como se muestra en la Figura 16, el subsistema de adición-supresión óptico OADS(x) usa 8 longitudes de onda, b1, b2, r3, r4, b5, b6, r7 y r8, para construir 8 túneles ópticos. Cabe señalar que, el terminal de origen y el terminal de destino de cada túnel óptico usan el mismo anillo de transmisión independiente (por ejemplo, el primer anillo de transmisión Anillo1 o el segundo anillo de transmisión Anillo2 en la Figura 3A). En la realización, para mayor comodidad y claridad de la explicación, se toman como ejemplo simplemente

dos anillos de transmisión, Anillo1 y Anillo2, pero el número de anillos de transmisión no está limitado. Las longitudes de onda de la primera banda de frecuencia en el primer anillo de transmisión Anillo1 están representadas por b, tal como b1-b8, y las longitudes de onda de la segunda banda de frecuencia en el segundo anillo de transmisión Anillo2 están representadas por r, tal como r1-r8. Además, en el contenido de la descripción y las figuras de la presente realización, para mayor comodidad y claridad de la explicación, si se usa un número de elemento o número de señal sin un índice numérico que indica el número de elemento o número de señal, significa que el número de elemento o número de señal se refiere a cualquier elemento o señal que no sea específico del elemento o grupo de señales. Por ejemplo, el subsistema de adición-supresión óptico OADS(x) puede ser uno cualquiera de los 25 subsistemas de adición-supresión ópticos, y el OADS(x+5) representa el subsistema de adición-supresión óptico que usa la misma longitud de onda que el subsistema de adición-supresión óptico OADS(x) y que está en la primera unidad en el lado este del subsistema de adición-supresión óptico OADSx, el OADS(x+10) representa el subsistema de adición-supresión óptico que usa la misma longitud de onda que el subsistema de adición-supresión óptico OADS(x) y que está en la segunda unidad en el lado este del subsistema de adición-supresión óptico OADSx. Y así sucesivamente, el OADS (x+20) representa el subsistema de adición-supresión óptico que usa la misma longitud de onda que el subsistema de adición-supresión óptico OADS(x) y que está en la cuarta unidad en el lado este (la primera unidad en el lado oeste) del subsistema de adición-supresión óptico OADSx.

Una forma de construir los túneles ópticos intra-unidad mediante el submódulo de preasignación 522 es asignar cuatro longitudes de onda diferentes al subsistema de adición-supresión óptico (por ejemplo, OADS(x)) para construir los túneles ópticos para los cuatro subsistemas de adición-supresión ópticos (por ejemplo, OADS(x+1)~OADS(x+4)) en la misma unidad (por ejemplo, P1). Por ejemplo, la longitud de onda b1 se usa en el túnel óptico hasta el primer subsistema de adición-supresión óptico, OADS(x+4), en el lado oeste del subsistema de adición-supresión óptico OADS(x). La longitud de onda b2 se usa en el túnel óptico hasta el segundo subsistema de adición-supresión óptico, OADS(x+3), en el lado oeste del subsistema de adición-supresión óptico OADS(x). La longitud de onda r3 se usa en el túnel óptico hasta el primer subsistema de adición-supresión óptico, OADS(x+1), en el lado este del subsistema de adición-supresión óptico OADS(x). La longitud de onda r4 se usa en el túnel óptico hasta el segundo subsistema de adición-supresión óptico, OADS(x+2), en el lado este del subsistema de adición-supresión óptico OADS(x). Y una forma de construir los túneles ópticos inter-unidad mediante el submódulo de preasignación 522 es asignar otras cuatro longitudes de onda diferentes al subsistema de adición-supresión óptico (por ejemplo, OADS(x)) para construir los túneles ópticos para los otros cuatro subsistemas de adición-supresión ópticos (por ejemplo, OADS(x+5), OADS(x+10), OADS(x+15) y OADS(x+20)) en las diferentes unidades (por ejemplo, P2~P5). Por ejemplo, la longitud de onda r7 se usa en el túnel óptico hasta el subsistema de adición-supresión óptico OADS(x+5) en la primera unidad en el lado este del subsistema de adición-supresión óptico OADS(x). La longitud de onda r8 se usa en el túnel óptico hasta el subsistema de adición-supresión óptico OADS(x+10), en la segunda unidad en el lado este del subsistema de adición-supresión óptico OADS(x). La longitud de onda b6 se usa en el túnel óptico hasta el subsistema de adición-supresión óptico OADS(x+15), en la tercera unidad en el lado este (o la segunda unidad en el oeste) del subsistema de adición-supresión óptico OADS(x). La longitud de onda b5 se usa en el túnel óptico hasta el subsistema de adición-supresión óptico OADS(x+20), en la cuarta unidad en el lado este (o la primera unidad en el oeste) del subsistema de adición-supresión óptico OADS(x). Las longitudes de onda usadas en todos los túneles ópticos a partir del subsistema de adición-supresión óptico OADS(x) construido por el submódulo de preasignación 522 se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

tipo de ruta de encaminamiento	destino	longitud de onda
intra-unidad	OADS(x+4)	b1
intra-unidad	OADS(x+3)	b2
intra-unidad	OADS(x+1)	r3
intra-unidad	OADS(x+2)	r4
inter-unidad	OADS(x+5)	r7
inter-unidad	OADS(x+10)	r8
inter-unidad	OADS(x+15)	b6
inter-unidad	OADS(x+20)	b5

En la realización de la Figura 17, como x es 1, el subsistema de adición-supresión óptico OADS1 se toma como ejemplo y se describe acompañado de las longitudes de onda asignadas al anillo de transmisión Anillo1 y Anillo2 en la Figura 3A. Como la banda de frecuencia que incluye las longitudes de onda $\lambda 1$ - $\lambda 8$ usadas por el primer módulo de transmisión 210 del subsistema de adición-supresión óptico 200a mostrado en la Figura 3A, las longitudes de onda b1-b8 de la primera banda de frecuencia en el anillo de transmisión Anillo1 en el subsistema de adición-supresión óptico OADS1 en la Figura 17 son $\lambda 1$ - $\lambda 8$. Para otro ejemplo, la banda de frecuencia que incluye las longitudes de onda $\lambda 9$ - $\lambda 16$ usadas por el segundo módulo de transmisión 220 del subsistema de adición-supresión óptico 200a mostrado en la Figura 3A, las longitudes de onda r1-r8 de la segunda banda de frecuencia en el anillo de transmisión Anillo2 en el subsistema de adición-supresión óptico OADS1 en la Figura 17 son $\lambda 9$ - $\lambda 16$. En otras palabras, las longitudes de onda asignadas a los 8 túneles ópticos construidos por el subsistema de adición-supresión óptico OADS1 se muestran

en la Figura 17, sobre los túneles ópticos de la intra-unidad, el subsistema de adición-supresión óptico OADS1 se asigna usando $\lambda 1$, $\lambda 2$, $\lambda 11$ y $\lambda 12$ para construir los túneles ópticos al subsistema de adición-supresión óptico OADS5, OADS4, OADS2 y OADS3. Acerca de los túneles ópticos de la inter-unidad, el subsistema de adición-supresión óptico OADS1 se asigna usando $\lambda 5$, $\lambda 6$, $\lambda 15$ y $\lambda 16$ para construir los túneles ópticos al subsistema de adición-supresión óptico OADS21, OADS16, OADS6 y OADS11.

A través de la configuración del túnel óptico anterior, hay un túnel óptico conectado desde cada subsistema de adición-supresión óptico OADS a los otros OADS arbitrarios en la misma unidad, y hay un túnel óptico conectado desde cada subsistema de adición-supresión óptico OADS a los de OADS en las otras unidades arbitrarias. Por lo tanto, usando la tecnología de retransmisión de túnel, dos subsistemas de adición-supresión ópticos OADS sin túnel óptico directamente conectados pueden conectarse mediante retransmisión de túnel a través de como máximo dos túneles ópticos que se hayan construido, y así sucesivamente, para construir todo el túnel de conexión desde todos los bastidores a todos los demás bastidores. El ejemplo específico puede hacer referencia a la operación detallada acerca del módulo de gestión de configuración 540 descrito a continuación. El algoritmo ejecutado por el submódulo de preasignación 522 para construir la red de túnel óptico se muestra en la Figura 18. Cabe señalar que, la forma de construir la red de túnel óptico mediante el submódulo de preasignación 522 no está limitada a este algoritmo, sino que todos los métodos pueden permitir que los servidores de todos los bastidores transmitan datos a los servidores de todos los demás bastidores a través de los túneles ópticos básicos construidos por el submódulo de preasignación 522 o a través de la manera de retransmisión de túneles se divulga en el presente contenido.

En resumen, la relación de intercambio de información entre el submódulo de preasignación 522 y los otros módulos se muestra en la Figura 15A. El submódulo de preasignación 522 enviará el comando de control CC_opt de construcción de la red de túnel óptico al módulo de gestión de configuración 540, y, después de recibir el mensaje de respuesta, respuesta, que representa que se ha construido con éxito, el submódulo de preasignación 522 enviará el comando de control de conmutador de bastidor superior CC_ToR de actualización de la tabla de flujo al submódulo de CM de conmutador de bastidor superior 544. Y toda la configuración del sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 (por ejemplo, configuración de red de túnel óptico) se registra en la memoria compartida 590. Como se muestra en el diagrama de flujo de operación S19 del submódulo de preasignación 522 mostrado en la Figura 19, el método y/o estrategia de asignación se lee en primer lugar de la memoria compartida 590, a continuación, todas las rutas del túnel óptico y las longitudes de onda usadas se calculan de acuerdo con el método y/o estrategia de asignación, y, finalmente, se realiza la configuración relacionada para los conmutadores ópticos (subsistemas de interconexión de conmutador óptico OSIS y subsistemas de adición-supresión ópticos OADS) y los conmutadores de bastidor superior ToR.

En algunas realizaciones, como se muestra en la Figura 15B, el submódulo de asignación dinámica 524 en el módulo de planificación de túnel 520 está configurado para recibir la alarma de notificación de carga del monitor de uso de ancho de banda 560, y para leer la configuración de red de túnel óptico desde la memoria compartida 590 a través del comando de lectura R_tun. El submódulo de asignación dinámica 524 está configurado para replanificar la configuración de red de túnel óptico de acuerdo con la alarma de notificación de carga y la configuración de red de túnel óptico, para ajustar y transmitir el comando de control de nodo óptico CC_opt al submódulo de CM de nodo óptico 542 de acuerdo con el resultado de la configuración de red de túnel óptico que se ha replanificado, y para recibir el mensaje de respuesta, que representa una respuesta construida con éxito devuelta desde el submódulo de CM de nodo óptico 542. A continuación, el submódulo de asignación dinámica 524 está configurado para ajustar y transmitir el comando de control de conmutador de bastidor superior CC_ToR al submódulo de CM de conmutador de bastidor superior 544 de acuerdo con la configuración de red de túnel óptico que se ha replanificado. Además, el submódulo de asignación dinámica 524 está configurado para almacenar la configuración de red de túnel óptico que se ha replanificado en la memoria compartida 590 mediante el comando de escritura W_tun.

Específicamente, la alarma de notificación de carga incluye una alarma de sobrecarga y una alarma de subcarga. Cuando la alarma de notificación de carga es la alarma de sobrecarga, el submódulo de asignación dinámica 524 está configurado para realizar cálculos para determinar si se realiza la creación de túnel y/o división de túnel de acuerdo con el algoritmo de asignación de túnel óptico. Cuando la alarma de notificación de carga es la alarma de subcarga, el submódulo de asignación dinámica 524 está configurado para realizar la fusión de túneles y/o la eliminación de túneles.

Cuando el submódulo de asignación dinámica 524 recibe la alarma de sobrecarga, el submódulo de asignación dinámica 524 optimizará los cálculos de acuerdo con el algoritmo de asignación de túnel óptico, para determinar si realizar la creación de túnel o usar el túnel óptico existente con una tasa de uso baja para realizar los flujos de datos en el túnel óptico sobrecargado, realizar la división del túnel para evitar que el túnel óptico se desborde y provoque la pérdida de paquetes. El ejemplo específico acerca de cuándo y cómo enviar la alarma de notificación de carga puede hacer referencia a la descripción detallada acerca del monitor de uso de ancho de banda 560.

Como se muestra en la Figura 20A, con la condición de que el uso de ancho de banda del túnel óptico que usa la ruta RP4 y la longitud de onda $\lambda 1$ se esté sobrecargando, se construye el nuevo túnel óptico (por ejemplo, el túnel óptico que usa la ruta RP5 y la longitud de onda $\lambda 2$ mostrado en la Figura 20B) entre el mismo terminal de origen (bastidor 900d) y el mismo terminal de destino (bastidor 900e) que la ruta RP4 mediante el algoritmo de asignación, y el túnel

óptico recién construido se usa para realizar flujos de datos de alta carga en el túnel óptico original con longitud de onda λ_1 dividida (es decir, una parte de los datos que pasan por la ruta RP4 con una longitud de onda λ_1 (por ejemplo, 2,5-5 Gbps), otra parte de los datos que pasan a través de la ruta RP5 con una longitud de onda λ_2 (por ejemplo, 5-7,5 Gbps)), esto se denomina división de túnel. Por supuesto, como se ha descrito anteriormente, el algoritmo de asignación también puede encontrar los túneles ópticos existentes o múltiples túneles ópticos con retransmisión de túnel para realizar la división de túnel, y no construir el nuevo túnel óptico, por lo que puede que no haya una operación para establecer un nuevo túnel óptico, es decir, los flujos de datos divididos se combinan con los túneles ópticos existentes, pero la condición previa es que los túneles ópticos combinados no se sobrecarguen.

El diagrama de flujo de operación detallado S21 que procesa el túnel de carga alta se muestra en la Figura 21. Cuando se recibe la alarma de sobrecarga, se encuentra el túnel óptico cuya tasa de uso de ancho de banda está sobrecargada y los flujos de datos más grandes en el túnel óptico de sobrecarga. Los túneles ópticos existentes disponibles se encuentran de acuerdo con el algoritmo de asignación de túnel óptico y los flujos de datos se guían a los túneles ópticos que realizan la división de túnel. Si los túneles ópticos existentes disponibles no son suficientes para realizar la división de túnel, en primer lugar, se construirá el nuevo túnel óptico y, a continuación, se realizará la división de túnel.

Por otro lado, cuando el submódulo de asignación dinámica 524 recibe el mensaje de alarma de subcarga, los flujos de datos en el túnel óptico que está subcargado se fusionarán con otros túneles ópticos existentes (fusión de túneles), y el túnel óptico que está subcargado se eliminará (eliminación de túnel). Como se muestra en la Figura 22A, entre el mismo terminal de origen (bastidor 900f) y el mismo terminal de destino (bastidor 900g), cuando dos túneles ópticos originales que usan la ruta RP6 y la longitud de onda λ_1 y que usan la ruta RP7 y la longitud de onda λ_2 están subcargados (por ejemplo, 0-2,5 Gbps), el submódulo de asignación dinámica 524 puede fusionar los dos túneles ópticos originales en uno de ellos, y esto se denomina fusión de túneles. Por ejemplo, los dos túneles ópticos originales se fusionan en el túnel óptico usando la trayectoria RP6 y la longitud de onda λ_1 como se muestra en la Figura 22B, y se elimina el túnel óptico que usa la trayectoria RP7 y la longitud de onda λ_2 después de la fusión de túneles. Cabe señalar que, la ruta RP6 que se ha fusionado no debe causar sobrecarga (por ejemplo, mantenerse a 2,5-5 Gbps), o se deben encontrar los otros túneles ópticos para realizar la fusión de túneles. Por lo tanto, el algoritmo de asignación necesita considerar el equilibrio de carga del túnel óptico global para tomar la decisión de la configuración de tráfico del túnel óptico.

El diagrama de flujo de operación detallado S23 que procesa el túnel de carga baja se muestra en la Figura 23. Cuando se recibe la alarma de subcarga, se considera el equilibrio de carga del túnel óptico global para realizar la configuración de túnel óptico y de tráfico, y, a continuación, se realiza la fusión de túnel óptico y la eliminación de túnel óptico.

La Figura 24 es un ejemplo del algoritmo de asignación de túnel óptico, usa una forma secuencial sencilla para procesar la condición de sobrecarga y subcarga, es decir, cuando es necesario construir el nuevo túnel óptico, se elige el primer conjunto disponible de ruta y longitud de onda y se dispone la división o fusión de los flujos de datos, y es posible que no se considere la optimización del sistema. Por lo tanto, el algoritmo de asignación es simplemente el método básico. De acuerdo con los diferentes objetivos, tales como lograr el máximo rendimiento del sistema, lograr la carga de túnel óptico más equilibrada, cambiar el túnel óptico mínimo u otros objetivos diferentes, el algoritmo de asignación se diseña de manera diferente. Para lograr cálculos rápidos y optimizados, se puede introducir el aprendizaje automático en el algoritmo de distribución. La entrada en el algoritmo es el túnel óptico donde ocurre la alarma de sobrecarga o el túnel óptico donde ocurre la alarma de subcarga.

Acerca de la operación detallada del módulo de gestión de configuración 540, por favor, hágase referencia a la Figura 25. La Figura 25 es un diagrama de bloques funcional detallado de un controlador de SDN 500 de acuerdo con una realización de la presente divulgación. Como se muestra en la Figura 25, el submódulo de CM de nodo óptico 542 está configurado para recibir el comando de control de nodo óptico CC_opt del módulo de planificación de túnel 520, para convertir el comando de control de nodo óptico CC_opt en la señal de control del conmutador de selección de longitud de onda CS_WSS, y para emitir la señal de control de conmutador de selección de longitud de onda CS_WSS a los conmutadores ópticos (subsistemas de interconexión de conmutador ópticos OSIS y subsistemas de adición-supresión ópticos OADS). A continuación, el submódulo de CM de nodo óptico 542 está configurado para recibir el mensaje de respuesta, respuesta, que representa la configuración de éxito/fallo devuelta por los conmutadores ópticos (subsistemas de interconexión de conmutador ópticos OSIS y subsistemas de adición-supresión ópticos OADS). Además, como se muestra en la Figura 25, el submódulo de CM del conmutador de bastidor superior 544 está configurado para recibir el comando de control de conmutador de bastidor superior CC_ToR del módulo de planificación de túnel 520, y para transmitir la señal de control de conmutador de bastidor superior CS_ToR a los conmutadores de bastidor superior ToR.

Las descripciones detalladas acerca de cómo realizar el retransmisor de túnel mediante el comando de control de conmutador de bastidor superior CC_ToR son las siguientes. Un túnel óptico puede conectar directamente dos subsistemas de adición-supresión ópticos OADS. El retransmisor de túnel debe hacer que la señal óptica pase a través del primer túnel óptico para llegar a un cierto subsistema de adición-supresión óptico OADS y convertirse en la señal eléctrica para entrar en el conmutador de bastidor superior ToR al que está conectado, y, a continuación, convertir en la señal óptica para entrar al segundo túnel óptico inmediatamente para llegar al subsistema de adición-supresión

óptico OADS de destino final. La situación actual de la red de túnel óptico se supone como se muestra en la Figura 26, han existido dos túneles ópticos, y los dos túneles ópticos incluyen las rutas RP8 y RP9 respectivamente. La ruta RP8 va desde los conmutadores de bastidor superior ToR_1, a través del subsistema de adición-supresión óptico OADS_1, el subsistema de interconexión de conmutador óptico OSIS y el subsistema de adición-supresión óptico OADS_2, y hasta los conmutadores de bastidor superior ToR_2. La ruta RP9 va desde los conmutadores de bastidor superior ToR_2, a través del subsistema de adición-supresión óptico OADS_2, y el subsistema de adición-supresión óptico OADS_3, y hasta los conmutadores de bastidor superior ToR_3. En este momento, si el módulo de planificación de túnel 520 determina usar el retransmisor de túnel para construir el túnel de transmisión desde los conmutadores de bastidor superior ToR_1 a los conmutadores de bastidor superior ToR_3, el módulo de planificación de túnel 520 envía la señal de control de conmutador de bastidor superior CS_ToR a los conmutadores de bastidor superior ToR a través del submódulo de CM de conmutador de bastidor superior 544 para establecer el conmutador de bastidor superior ToR_1 y ToR_2. A los conmutadores del bastidor superior ToR_1 y ToR_2 se les añaden las entradas de flujo apropiadas mediante la configuración, de modo que el paquete pueda llegar a los conmutadores del bastidor superior ToR_3 desde los conmutadores del bastidor superior ToR_1 pasando por la ruta RP8 y la ruta RP9. Específicamente, cuando los conmutadores de bastidor superior ToR reciben el paquete, la transferencia del paquete se realiza de acuerdo con la entrada de flujo coincidente en la tabla de flujo. Por lo tanto, la ruta de transmisión del paquete puede controlarse mediante la señal de control de conmutador de bastidor superior CS_ToR cambiando las entradas de flujo en la tabla de flujo. Para mayor descripción, la entrada de flujo está compuesta de un campo de coincidencia y un campo de acción. El campo de coincidencia está compuesto de uno o más campos, tal como IP de origen, IP de destino u otros campos compatibles con OpenFlow, tal como ID de Vlan, etc. El campo de acción está compuesto principalmente de un campo de salida, que representa qué puerto del conmutador de bastidor superior para enviar el paquete. Por lo tanto, si el túnel de transmisión desde los conmutadores de bastidor superior ToR_1 a los conmutadores de bastidor superior ToR_3 se va a construir usando el retransmisor de túnel (ruta RP8 y ruta RP9), en primer lugar, los conmutadores de bastidor superior ToR_1 se configuran para añadir una nueva entrada de flujo, entrada de flujo: {Coincidir[src: IP en ToR_1, Dst: IP en ToR_3], Acción[salida: puerto de túnel 1]}. A continuación, el conmutador de bastidor superior ToR_2 se configura para añadir una entrada de flujo, entrada de flujo: {Coincidir[src: IP en ToR_1, Dst: IP en ToR_3], Acción[salida: puerto del túnel 2]}. Y el conmutador de bastidor superior ToR_3 no necesita configuración adicional, porque ya existe la entrada de flujo, entrada de flujo: {Coincidir[Dst: IP en ToR_3], Acción[salida: puerto de servidor]}. src representa la dirección IP de origen, Dst representa la dirección IP de destino. El túnel 1 es el túnel óptico con la longitud de onda λ_1 y la ruta RP8, el túnel 2 es el túnel óptico con la longitud de onda λ_2 y la ruta RP9.

De esta manera, debido a que se añaden las entradas de flujo, cuando el conmutador de bastidor superior ToR_1 recibe el paquete cuya src es el conmutador de bastidor superior ToR_1 y el Dst es el conmutador de bastidor superior ToR_3, el conmutador de bastidor superior ToR_1 comprobará en primer lugar la tabla de flujo para ver si hay entradas de flujo que puedan coincidir con el par. Cuando hay una entrada de flujo que coincide {Coincidir[src: IP en ToR_1, Dst: IP en ToR_3], Acción[salida: puerto del túnel 1]}, el paquete se enviará desde el túnel óptico 1 con la longitud de onda λ_1 y la ruta RP8 de acuerdo con el campo de acción en la entrada de flujo. Debido a que se ha construido el túnel óptico, el paquete alcanzará al conmutador de bastidor superior ToR_2 pasando por la ruta de túnel óptico RP8. De manera similar, cuando el conmutador de bastidor superior ToR_2 comprueba la tabla de flujo y observa que la entrada de flujo coincide {Coincidir[src: IP en ToR_1, Dst: IP en ToR_3], Acción[salida: puerto de túnel 2]}, el paquete se enviará desde el túnel óptico 2 con la longitud de onda λ_2 y la ruta RP9 de acuerdo con el campo de acción en la entrada de flujo. Cuando el paquete pasa a través de la ruta de túnel óptico RP9 y alcanza el conmutador de bastidor superior ToR_3, el conmutador de bastidor superior ToR_3 encuentra que el Dst en el paquete es su dirección IP, a continuación, el paquete se envía al puerto que está conectado a el servidor correspondiente de acuerdo con el campo de acción en la entrada de flujo. En consecuencia, el paquete puede usar el retransmisor de túnel para alcanzar al servidor de destino y no es necesario construir túneles ópticos adicionales.

Acerca de la descripción detallada del monitor de uso de ancho de banda 560, por favor, hágase referencia a la Figura 27. La Figura 27 es un diagrama de bloques funcional detallado de un controlador de SDN 500 de acuerdo con una realización de la presente divulgación. Como se muestra en la Figura 27, el manejador de estadísticas 562 en el monitor de uso de ancho de banda 560 está configurado para solicitar los conmutadores de bastidor superior ToR a través del mensaje de solicitud, solicitud, para enviar las estadísticas de flujo DATA_stat, para recibir las estadísticas de flujo DATA_stat y para calcular las tasas de flujo de datos de los flujos de datos de acuerdo con las estadísticas de flujo DATA_stat. A continuación, el manejador de estadísticas 562 está configurado para almacenar las tasas de flujo de datos en la memoria compartida 590 mediante el comando de escritura W_stat. Además, después de que se almacenan todas las tasas de flujo de datos, el manejador de estadísticas 562 está configurado para activar el manejador de uso de longitud de onda 564 en el monitor de uso de ancho de banda 560 a través del activador de mensaje, para hacer que el monitor de uso de ancho de banda 560 empiece a calcular la tasa de uso de ancho de banda.

Como se muestra en la Figura 27, el manejador de uso de longitud de onda 564 está configurado para leer las tasas de flujo de datos de los flujos de datos de la memoria compartida 590 mediante el comando de lectura R_stat, y leer la configuración de red de túnel óptico mediante el comando de lectura R_tun. El manejador de uso de longitud de onda 564 está configurado para calcular la tasa de uso de ancho de banda de acuerdo con las tasas de flujo de datos y para almacenar la tasa de uso de ancho de banda en la memoria compartida 590 mediante el comando de escritura

W_use. Además, el manejador de uso de longitud de onda 564 está configurado además para determinar si la tasa de uso de ancho de banda es demasiado alta o demasiado baja. Si la tasa de uso de ancho de banda es demasiado alta o demasiado baja, el manejador de uso de longitud de onda 564 está configurado para enviar la alarma de notificación de carga al módulo de planificación de túnel 520 de acuerdo con la tasa de uso de ancho de banda.

Acerca de cómo el monitor de uso de ancho de banda 560 monitoriza las tasas de uso de ancho de banda de cada túnel óptico en el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100, por favor, hágase referencia a la Figura 28. Como se muestra en la Figura 28, el proceso de transmisión de un flujo de datos desde un terminal a otro terminal en el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 incluye tres partes, marcadas por diferentes líneas de puntos respectivamente. En primer lugar, en la primera parte, los flujos de datos desde el bastidor del terminal de origen se envían al conmutador de bastidor superior ToR_4 del terminal de origen, y el conmutador de bastidor superior ToR_4 compara la dirección IP de origen y la dirección IP de destino del paquete en los flujos de datos al campo coincidente de todas las entradas de flujo en la tabla de flujo. Usando el campo de coincidencia apropiado, los paquetes de los mismos flujos de datos se compararán con la misma entrada de flujo. Después de que se cumple la comparación, el flujo de datos se guía al túnel óptico correspondiente de acuerdo con el campo de acción de la entrada de flujo (por ejemplo, en la Figura 28, el flujo de datos entrará al subsistema de adición-supresión óptico OADS_4 del terminal de origen desde el puerto de salida del conmutador de bastidor superior ToR_4). Al mismo tiempo que se importa el flujo de datos, el conmutador de bastidor superior ToR_4 también actualiza los bytes coincidentes en el campo de contador en la entrada de flujo de acuerdo con el número y el tamaño de los paquetes de flujo de datos, es decir, las tasas de flujo de datos de los flujos de datos. A continuación, en la segunda parte, los flujos de datos pasan a través del túnel óptico desde el subsistema de adición-supresión óptico OADS_4 del terminal de origen hasta el subsistema de adición-supresión óptico OADS_5 del terminal de destino. Por último, en la tercera parte, el conmutador de bastidor superior ToR_5 del terminal de destino recibe los flujos de datos del subsistema de adición-supresión óptico OADS_5. Y el conmutador de bastidor superior ToR_5 compara la entrada del flujo, envía el paquete de los flujos de datos al puerto de salida correspondiente (es decir, el servidor de destino) y completa la transmisión de los flujos de datos.

A partir del proceso de transmisión de flujos de datos anterior, se podría saber que todos los flujos de datos se comparan con la entrada de flujo del conmutador de bastidor superior ToR_4 del terminal de origen y, a continuación, se guían a la red de túnel óptico. Y las tasas de flujo de datos se registrarán en los bytes coincidentes en el campo de contador en la entrada de flujo. Calculando los bytes coincidentes del campo de contador, se puede obtener la tasa de entrada de flujo, la tasa de entrada de flujo puede reflejarse en los flujos de datos del túnel óptico emitidos desde la entrada de flujo. Con esta característica, el monitor de uso de ancho de banda 560 recopila y calcula las tasas de flujo de datos de todas las entradas de flujo en el conmutador de bastidor superior de cada terminal de origen, y suma las tasas de flujo de datos de todas las entradas de flujo en el mismo túnel óptico, de esta manera, se puede obtener la tasa de uso de ancho de banda de cualquiera de los túneles ópticos.

En otras palabras, el manejador de estadísticas 562 en el monitor de uso de ancho de banda 560 obtendrá regularmente las estadísticas de flujo OpenFlow desde el conmutador de bastidor superior ToR, y calculará los flujos de datos de la entrada de flujo de acuerdo con las estadísticas de flujo, y, a continuación, escribirá los flujos de datos en la tabla Flow_Status de la memoria compartida 590. Cuando se registran los flujos de datos de todas las entradas de flujo, el manejador de uso de longitud de onda 564 empieza a añadir la tasa de uso de ancho de banda de los túneles ópticos. Mediante la tabla Flows_in_Tunnel, el manejador de uso de longitud de onda 564 puede saber qué entradas de flujo están en cada túnel óptico. A continuación, de acuerdo con la tabla Flow_Status, sumar las tasas de flujo de datos de las entradas de flujo en el túnel óptico y se puede calcular la tasa de uso de ancho de banda del túnel. Cuando se registran las tasas de uso de ancho de banda de todos los túneles ópticos, el manejador de uso de longitud de onda 564 comprobará el uso de cada túnel uno a uno. Si hay sobrecarga o subcarga en un cierto túnel, y la situación ha estado sucediendo durante un tiempo, el manejador de uso de longitud de onda 564 enviará la notificación de carga al módulo de planificación de túnel 520.

De esta manera, cuando las tasas de uso de ancho de banda del túnel óptico son demasiado altas, el monitor de uso de ancho de banda 560 enviará la alarma de notificación de carga que representa una sobrecarga al módulo de planificación de túnel 520 para construir el nuevo túnel óptico y/o realizar la división de túnel. Por otro lado, cuando las tasas de uso de ancho de banda del túnel óptico son demasiado bajas, el monitor de uso de ancho de banda 560 enviará la alarma de notificación de carga que representa la subcarga al módulo de planificación de túnel 520 para realizar la fusión de túnel y/o eliminación de túnel.

En algunas realizaciones, dado que el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100 puede soportar un despliegue progresivo, el número y/o distribución de nodos ópticos puede variar dependiendo del número de bastidores (por ejemplo: el número diferente de subsistemas de interconexión de conmutador óptico y subsistemas de adición-supresión ópticos). Por lo tanto, las rutas de encaminamiento entre los nodos ópticos serán diferentes. El transformador de topología 580 está configurado para calcular la tabla de rutas de encaminamiento T_Rout de acuerdo con los datos de topología introducidos por el exterior (por ejemplo, introducidos por los usuarios), y para almacenar la tabla de rutas de encaminamiento T_Rout y los datos de topología en la memoria compartida 590. Específicamente, los datos de topología incluyen el número de nodos ópticos y la conexión de los nodos ópticos. La tabla de rutas de encaminamiento T_Rout incluye todas las rutas de encaminamiento posibles entre uno del subsistema de adición-

supresión óptico y los otros subsistemas de adición-supresión ópticos en el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100.

La tabla de rutas de encaminamiento T_Rout se puede dividir además en la tabla de rutas de encaminamiento intra-
 unidad y la tabla de rutas de encaminamiento inter-unidad. La Tabla 4 es el contenido de la tabla de rutas de
 encaminamiento intra-unidad. En la Tabla 4, las rutas de encaminamiento son de dos tipos, una primera ruta de
 encaminamiento construida usando el primer anillo de transmisión Anillo1 y una segunda ruta de encaminamiento
 construida usando el anillo de transmisión Anillo2, respectivamente. Además, la función de la función de ruta de
 encaminamiento en la Tabla 4 es que cuando el número del subsistema de adición-supresión óptico OADS de origen
 y el del subsistema de adición-supresión óptico OADS de destino introducidos coinciden, se calcula la ruta de
 encaminamiento intra-unidad correspondiente al primer tipo y la ruta de encaminamiento intra-unidad correspondiente
 al segundo tipo. En la función de ruta de encaminamiento, (SP, SR) representa desde qué bastidor de origen (SR) en
 qué unidad de origen (SP) se encuentra el subsistema de adición-supresión óptico OADS de origen, y (DP, DR)
 representa desde qué bastidor de destino (DR) en qué unidad de destino (DP) se encuentra el subsistema de adición-
 supresión óptico OADS de destino. Específicamente, la Figura 29 es la descripción detallada del primer tipo de función
 de ruta de encaminamiento intra-unidad. El algoritmo consiste en encontrar la ruta de encaminamiento que comienza
 como el subsistema de adición-supresión óptico OADS (SP, SR), junto con el primer anillo de transmisión Anillo1, y
 alcanza al subsistema de adición-supresión óptico OADS (DP, DR) de acuerdo con la unidad de origen SP, el bastidor
 de origen SR, la unidad de destino DP, el bastidor de destino DR, el tipo de ruta de encaminamiento introducida por
 los usuarios y los datos de topología registrados en el sistema. Hay dos campos de salida de función: OADS_Sender
 y OADS_Rcve. OADS_Sender representa el índice del subsistema de adición-supresión óptico OADS y cuál es el
 módulo de transmisión (210 o 220). OADS_Rcve representa el índice del subsistema de adición-supresión óptico
 OADS y cuál es el módulo de transmisión (210 o 220). De acuerdo con la salida de la función se pueden encontrar por
 qué nodos ópticos pasará la ruta de encaminamiento y qué elementos ópticos correspondientes necesitan
 configurarse. El método para el segundo anillo de transmisión Anillo2 es similar.

Tabla 4

tipo de ruta de encaminamiento	función de ruta de encaminamiento
tipo 1	Intra_Pod_Rpath_Type_1(SP,SR,DP,DR)
tipo 2	Intra_Pod_Rpath_Type_2(SP,SR,DP,DR)

Por ejemplo, como se muestra en la Figura 30, el subsistema de adición-supresión óptico OADS de origen (SP, SR) y
 el subsistema de adición-supresión óptico OADS de destino (DP, DR) están en la misma unidad, por lo tanto, la ruta
 de encaminamiento entre los dos es la ruta de encaminamiento intra-unidad. Cuando el sistema decide construir el
 primer tipo de ruta de encaminamiento entre el subsistema de adición-supresión óptico OADS(SP, SR) de origen y el
 subsistema de adición-supresión óptico OADS(DP, DR) de destino, la unidad de origen SP, el bastidor de origen SR
 en el subsistema de adición-supresión óptico OADS(SP, SR) de origen y la unidad de destino DP, el bastidor de
 destino DR en el subsistema de adición-supresión óptico OADS(DP, DR) de destino se consideran como entrada, y
 se llama al primer tipo de función de ruta de encaminamiento Intra_Pod_Rpath_Type_1 (SP,SR, DP, DR) en la Tabla
 4 para realizar el cálculo. De acuerdo con el algoritmo de la Figura 29, se obtiene la salida de la función
 OADS_Sender:(Ring_1, SP, SR), OADS_Rcve:(Ring_1, DP, DR). Esto muestra que la ruta de encaminamiento
 encontrada por la función de ruta de encaminamiento comienza desde el módulo de transmisión 210a en el subsistema
 de adición-supresión óptico OADS(SP, SR), a lo largo del primer anillo de transmisión Anillo1, y alcanza al módulo de
 transmisión 210b en el OADS(DP, DR). Configurando todos los elementos ópticos a lo largo de la ruta de
 encaminamiento, el sistema puede establecer la ruta de encaminamiento como se muestra en la Figura 30.

La Tabla 5 es la tabla de rutas de encaminamiento inter-unidad; hay cuatro tipos de rutas de encaminamiento inter-
 unidad en la tabla registrada, tipo 11, tipo 12, tipo 21 y tipo 22, respectivamente. El tipo 11 es la ruta de encaminamiento
 que usa el primer anillo de transmisión Anillo1 desde el subsistema de adición-supresión óptico OADS hasta el
 subsistema de interconexión de conmutador óptico OSIS en el segundo nivel, y que usa el primer anillo de transmisión
 Anillo1 hasta el subsistema de adición-supresión óptico OADS de destino. El tipo 12 es la ruta de encaminamiento
 que usa el primer anillo de transmisión Anillo1 desde el subsistema de adición-supresión óptico OADS hasta el
 subsistema de interconexión de conmutador óptico OSIS en el segundo nivel, y que usa el segundo anillo de
 transmisión Anillo2 hasta el subsistema de adición-supresión óptico OADS de destino. Puede realizarse una analogía
 al tipo 21 y al tipo 22 de acuerdo con las reglas anteriores. La forma de usar la función de ruta de encaminamiento
 inter-unidad es la misma que la forma de usar la función de ruta de encaminamiento intra-unidad, como entrada de la
 unidad de origen SP, el bastidor de origen SR, la unidad de destino DP, el bastidor de destino DR, el tipo de ruta de
 encaminamiento al sistema, la ruta de encaminamiento se puede calcular dinámicamente. La Figura 31 se toma del
 algoritmo de función de ruta de encaminamiento de tipo 11 como ejemplo, el algoritmo encuentra la ruta de
 encaminamiento inter-unidad desde el módulo de transmisión 210 del subsistema de adición-supresión óptico
 OADS(SP, SR) de origen hasta el subsistema de interconexión de conmutador óptico OSIS de origen (OSIS de origen),
 a lo largo del subsistema de interconexión de conmutador óptico OSIS de destino (OSIS de destino) conectado al
 módulo de transmisión 210 del subsistema de adición-supresión óptico OADS de destino (DP, DR) con la ruta más
 corta, y, a continuación, hasta el subsistema de adición-supresión óptico OADS(DP, DR) de destino desde el

subsistema de interconexión del conmutador óptico de destino OSIS, de acuerdo con la unidad de origen SP, el bastidor de origen SR en el subsistema de adición-supresión óptico OADS(SP, SR) de origen, la unidad de destino DP, el bastidor de destino DR en el subsistema de adición-supresión óptico OADS(DP, DR) de destino, el tipo de ruta de encaminamiento (tipo 11, tipo 12, tipo 21, o tipo 22) introducidos por los usuarios y los datos de topología en el sistema. Hay cuatro campos de la salida de la función: OADS_Sender, OSIS_EW, OSIS_South y OADS_Rcver. OADS_Sender representa el índice del subsistema de adición-supresión óptico OADS y cuál es el módulo de transmisión (210 o 220). OSIS_EW representa el índice del subsistema de interconexión de conmutador óptico OSIS de origen y la dirección de encaminamiento (hacia el este o hacia el oeste) del segundo nivel. OSIS_South representa el índice del subsistema de interconexión del conmutador óptico OSIS de destino y cuál es el módulo de transmisión (210 o 220). OADS_Rcve representa el índice del subsistema de adición-supresión óptico OADS y cuál es el módulo de transmisión. De acuerdo con la salida de la función se pueden encontrar por qué nodos ópticos pasará la ruta de encaminamiento y qué elementos ópticos correspondientes necesitan configurarse.

Tabla 5

tipo de ruta de encaminamiento	función de ruta de encaminamiento
Tipo 11	Inter_Pod_Rpath_Type_11(SP,SR,DP,DR)
Tipo 12	Inter_Pod_Rpath_Type_12(SP,SR,DP,DR)
Tipo 21	Inter_Pod_Rpath_Type_21(SP,SR,DP,DR)
Tipo 22	Inter_Pod_Rpath_Type_22(SP,SR,DP,DR)

Como el ejemplo en la Figura 32, el subsistema de adición-supresión óptico OADS de origen (SP, SR) y el subsistema de adición-supresión óptico OADS de destino (DP, DR) están en las diferentes unidades, por lo tanto, la ruta de encaminamiento entre los dos es la ruta de encaminamiento inter-unidad. Cuando el sistema decide construir la ruta de encaminamiento de tipo 11 entre el subsistema de adición-supresión óptico OADS(SP, SR) de origen y el subsistema de adición-supresión óptico OADS(DP, DR) de destino, la unidad de origen SP, el bastidor de origen SR en el subsistema de adición-supresión óptico OADS(SP, SR) de origen y la unidad de destino DP, el bastidor de destino DR en el subsistema de adición-supresión óptico OADS(DP, DR) de destino se consideran como entrada, y se llama al tipo 11 de función de ruta de encaminamiento Inter_Pod_Rpath_Type_11(SP,SR,DP,DR) para realizar el cálculo. De acuerdo con el algoritmo de la Figura 31, los parámetros de salida de función obtenidos son OADS_Sender: (Ring_1, SP, SR), OSIS_EW: (To_East, SP), OSIS_South: (Ring_1, DP), OADS_Rcver: (Ring_1, DP, DR). Por lo tanto, se puede saber que la ruta de encaminamiento encontrada de acuerdo con la función de ruta de encaminamiento es: empezando desde el módulo de transmisión 210c en el subsistema de adición-supresión óptico OADS(SP, SR) de origen, a lo largo del primer anillo de transmisión Anillo1 hasta el subsistema de interconexión de conmutador óptico OSIS(SP) de origen del segundo nivel y al este hasta el subsistema de interconexión de conmutador óptico OSIS(DP) de destino, y desde el subsistema de interconexión de conmutador óptico OSIS(DP) de destino a lo largo del primer anillo de transmisión Anillo1 hasta el módulo de transmisión 210d en el subsistema de interconexión del conmutador óptico de destino OADS(DP, DR). Configurando todos los elementos ópticos a lo largo de la ruta de encaminamiento, el sistema puede establecer la ruta de encaminamiento como se muestra en la Figura 32.

De esta manera, calculando el transformador de topología la tabla de rutas de encaminamiento T_Rout de acuerdo con los datos de topología y almacenando la tabla de rutas de encaminamiento T_Rout en la memoria compartida 590, se garantiza que la tabla de rutas de encaminamiento T_Rout pueda cambiar con la arquitectura del sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100.

En resumen, el controlador de SDN 500 propuesto en las diversas realizaciones de la presente invención monitoriza continuamente el estado del entorno de red en el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia 100, incluyendo la topología de la red, el estado de asignación de longitud de onda, el estado de asignación de encaminamiento de red, el uso del ancho de banda de longitud de onda y las tasas de flujo de datos, y, a continuación, optimiza la configuración de túnel óptico y la guía del flujo de datos de acuerdo con el algoritmo inteligente diseñado. El controlador de SDN 500 puede determinar rápidamente la ruta de encaminamiento óptima y la configuración de conmutador de selección de longitud de onda para lograr el mayor rendimiento del sistema y minimizar el retardo de transmisión de los flujos de datos, evitando al mismo tiempo conflictos de encaminamiento y de longitud de onda.

REIVINDICACIONES

1. Un método de control de sistema de red para un sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia (100), en donde el sistema de red de túnel óptico definido por inteligencia (100) comprende una pluralidad de conmutadores ópticos (200, 400) y una pluralidad de conmutadores de bastidor superior, ToR, que comprende:

planificar una red de túnel óptico entre la pluralidad de conmutadores ópticos (200, 400) y la pluralidad de conmutadores de bastidor superior, ToR, de acuerdo con una tabla de rutas de encaminamiento T_Rout, y transmitir un comando de control, CC, de acuerdo con una configuración de red de túnel óptico de la red de túnel óptico mediante un módulo de planificación de túnel (520), en donde la red de túnel óptico comprende una pluralidad de túneles ópticos, y cada uno de los túneles ópticos comprende una ruta de encaminamiento, RP4, y una longitud de onda, $\lambda 1$; y emitir una señal de control, CS, a la pluralidad de conmutadores ópticos (200, 400) y a la pluralidad de conmutadores de bastidor superior, ToR, de acuerdo con el comando de control, CC, mediante un módulo de gestión de configuración (540), estando el método de control de sistema de red **caracterizado por** que comprende, además:

enviar flujos de datos desde los conmutadores de bastidor superior, ToR, de los terminales de origen a otros conmutadores de bastidor superior, ToR, de los terminales de destino a través de los túneles ópticos, en donde los conmutadores de bastidor superior, ToR, de los terminales de origen comparan paquetes de los flujos de datos con las entradas de flujo en los conmutadores de bastidor superior, ToR, de los terminales de origen para guiar los flujos de datos a la red de túnel óptico (100) y actualizar bytes coincidentes en campos de contador en las entradas de flujo de acuerdo con el número y tamaño de los paquetes de los flujos de datos; recibir estadísticas de flujo, DATA_stat, de una pluralidad de flujos de datos de los túneles ópticos desde los conmutadores de bastidor superior, ToR, de los terminales de origen, calcular tasas de flujo de datos de los flujos de datos y tasas de uso de ancho de banda de los túneles ópticos, y transmitir una notificación de carga cuando una de las tasas de uso de ancho de banda supera un intervalo preestablecido mediante un monitor de uso de ancho de banda (560), en donde las tasas de flujo de datos se obtienen calculando los bytes coincidentes actualizados de los campos de contador en las entradas de flujo, y se obtienen las tasas de uso de ancho de banda de los túneles ópticos añadiendo las tasas de flujo de datos de las entradas de flujo en los conmutadores de bastidor superior de los terminales de origen, en donde las tasas de flujo de datos de un mismo túnel óptico se añaden para calcular la tasa de uso de ancho de banda del túnel óptico correspondiente; y replanificar la red de túnel óptico de acuerdo con la notificación de carga por el módulo de planificación de túnel (520).

2. El método de control de sistema de red de la reivindicación 1, **caracterizado por** comprender, además: calcular la tabla de rutas de encaminamiento, T_Rout, de acuerdo con los datos de topología, y almacenar la tabla de rutas de encaminamiento, T_Rout, y los datos de topología en una memoria compartida (590) mediante un transformador de topología (580), en donde los datos de topología comprenden un número de nodos ópticos y conectividad de los nodos ópticos, la tabla de rutas de encaminamiento T_Rout, comprende una pluralidad de rutas de encaminamiento entre dos cualesquiera de los conmutadores ópticos (200, 400).

3. El método de control de sistema de red de la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por** comprender, además:

planificar la red de túnel óptico de acuerdo con la tabla de rutas de encaminamiento T_Rout, mediante un submódulo de preasignación (522) del módulo de planificación de túnel (520); transferir un comando de control de nodo óptico, CC_opt, y un comando de control de conmutador, CC_ToR, al módulo de gestión de configuración (540) de acuerdo con la configuración de red de túnel óptico mediante el submódulo de preasignación (522); y almacenar la configuración de red de túnel óptico en una memoria compartida (590) mediante el submódulo de preasignación (522), en donde la configuración de red de túnel óptico comprende la pluralidad de rutas de encaminamiento y la pluralidad de longitudes de onda de la pluralidad de túneles ópticos, la configuración de red de túnel óptico está configurada para el establecimiento de los túneles ópticos a través de los que pasan los flujos de datos.

4. El método de control de sistema de red de la reivindicación 3, **caracterizado por** comprender, además:

recibir el comando de control del nodo óptico, CC_opt, mediante un submódulo de nodo óptico (542) del módulo de gestión de configuración (540); enviar una señal de control de conmutador de selección de longitud de onda, CS_WSS, a la pluralidad de conmutadores ópticos (200, 400) de acuerdo con el comando de control de nodo óptico CC_opt, mediante el submódulo de nodo óptico (542); recibir el comando de control de conmutador, CC_ToR, mediante un submódulo de conmutador de bastidor (544) del módulo de gestión de configuración (540); y convertir el comando de control de conmutador, CC_ToR, en una señal de control de conmutador, CC_ToR, y

emitir la señal de control de conmutador, CC_ToR, a los conmutadores de bastidor superior, ToR, mediante el submódulo de conmutador de bastidor (544).

5. El método de control de sistema de red de la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por** comprender, además:

recibir las estadísticas de flujo, DATA_stat, desde los conmutadores de bastidor superior, ToR, de los extremos de origen y calcular las tasas de flujo de datos de acuerdo con las estadísticas de flujo, DATA_stat, mediante un manejador de estadísticas (562) del monitor de uso de ancho de banda (560);
calcular la tasa de uso de ancho de banda de acuerdo con las tasas de flujo de datos mediante un manejador de uso de longitud de onda (564) del monitor de uso de ancho de banda (560); y
transmitir la notificación de carga de acuerdo con la tasa de uso de ancho de banda por el manejador de uso de longitud de onda (564).

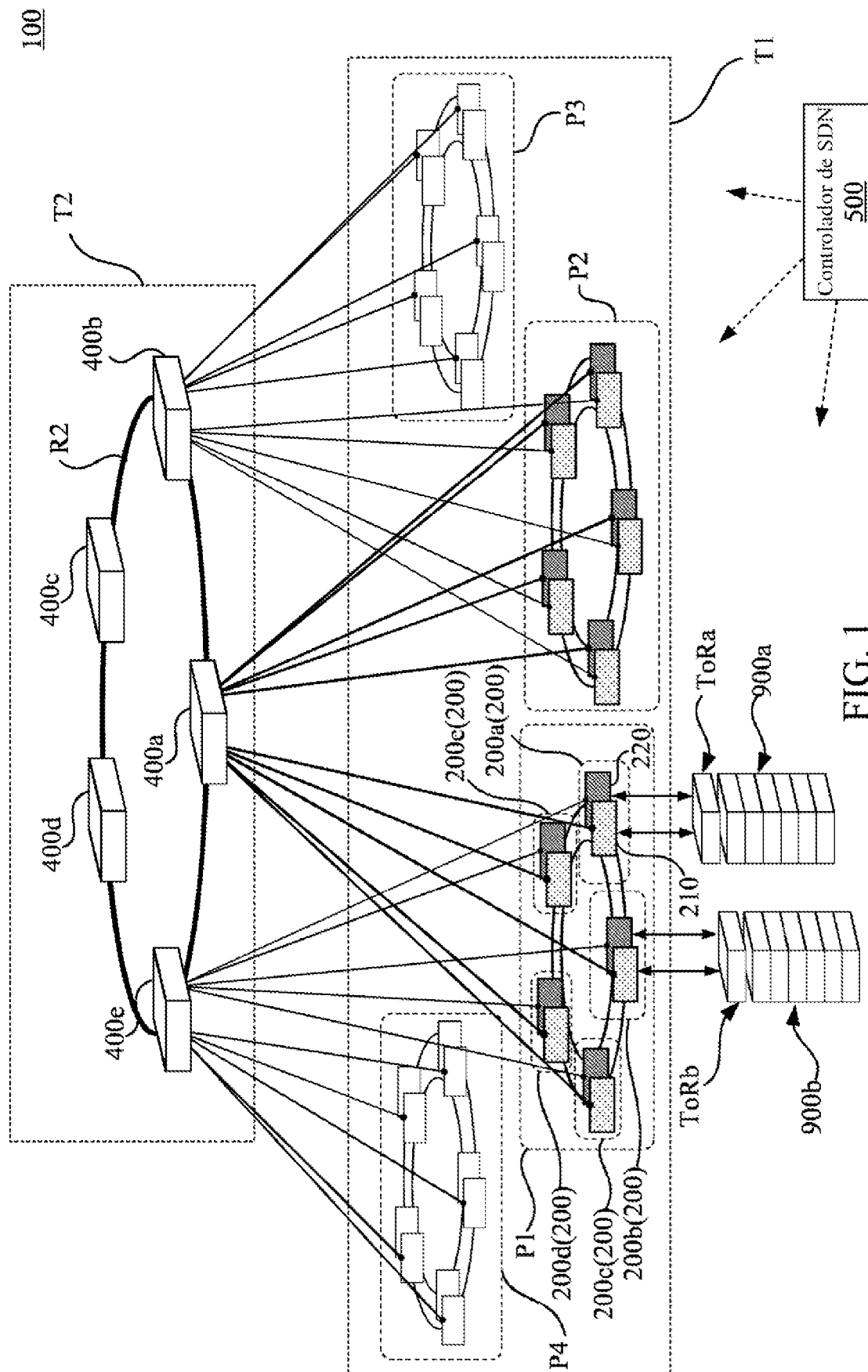
6. El método de control de sistema de red de la reivindicación 5, **caracterizado por** comprender, además:

recibir la notificación de carga mediante un submódulo de asignación dinámica (524) del módulo de planificación de túnel (520);
replanificar la red de túnel óptico de acuerdo con la notificación de carga por el submódulo de asignación dinámica (524);
ajustar y transmitir un comando de control de nodo óptico, CC_opt, y un comando de control de conmutador, CC_ToR, de acuerdo con la configuración de red de túnel óptico correspondiente a la red de túnel óptico replanificada por el submódulo de asignación dinámica (524); y
almacenar la configuración de red de túnel óptico replanificada en una memoria compartida (590) mediante el submódulo de asignación dinámica (524).

7. Un controlador de sistema de red (500) configurado para controlar una pluralidad de conmutadores ópticos (200, 400) y una pluralidad de conmutadores de bastidor superior, ToR, para construir túneles ópticos, comprendiendo el controlador de sistema de red (500):

una memoria compartida (590);
un transformador de topología (580), acoplado a la memoria compartida (590), configurado para calcular una tabla de rutas de encaminamiento T_Rout, y almacenar la tabla de rutas de encaminamiento, T_Rout, en la memoria compartida (590);
un módulo de planificación de túnel (520), acoplado a la memoria compartida (590), configurado para construir una red de túnel óptico entre la pluralidad de conmutadores ópticos (200, 400) y la pluralidad de conmutadores de bastidor superior, ToR, de acuerdo con la tabla de rutas de encaminamiento, T_Rout, y para transferir un comando de control, CC, de acuerdo con una configuración de red de túnel óptico de la red de túnel óptico, en donde la red de túnel óptico comprende una pluralidad de túneles ópticos, y cada uno de los túneles ópticos comprende una ruta de encaminamiento, RP4, y una longitud de onda, $\lambda 1$; y
un módulo de gestión de configuración (540), acoplado al módulo de planificación de túnel (520), configurado para convertir el comando de control, CC, en una señal de control, CS, y para emitir la señal de control, CS, a los conmutadores ópticos (200, 400) y a los conmutadores de bastidor superior, ToR, estando el controlador de sistema de red (500) **caracterizado por** comprender, además:

en donde se envían los flujos de datos desde los conmutadores de bastidor superior, ToR, de los terminales de origen a otros conmutadores de bastidor superior, ToR, de los terminales de destino a través de los túneles ópticos, en donde los conmutadores de bastidor superior de los terminales de origen están configurados para comparar paquetes de los flujos de datos con las entradas de flujo en los conmutadores de bastidor superior de los terminales de origen para guiar los flujos de datos a la red de túnel óptico y actualizar bytes coincidentes en campos de contador en las entradas de flujo de acuerdo con el número y tamaño de los paquetes de los flujos de datos;
un monitor de uso de ancho de banda (560), acoplado a la memoria compartida (590) y al módulo de planificación de túnel (520), configurado para recibir estadísticas de flujo, DATA_stat, desde los conmutadores de bastidor superior, ToR, de los terminales de origen, para calcular tasas de flujo de datos y tasas de uso de ancho de banda de acuerdo con las estadísticas de flujo, DATA_stat, y para transferir una notificación de carga al módulo de planificación de túnel (520) de acuerdo con las tasas de uso de ancho de banda, el módulo de planificación de túnel (520) configurado para replanificar la red de túnel óptico de acuerdo con las tasas de uso de ancho de banda y la configuración de red de túnel óptico, en donde las tasas de flujo de datos se obtienen calculando los bytes coincidentes actualizados de los campos de contador en las entradas de flujo, y las tasas de uso de ancho de banda de los túneles ópticos se obtienen añadiendo las tasas de flujo de datos de las entradas de flujo en los conmutadores de bastidor superior de los terminales de origen, en donde las tasas de flujo de datos de un mismo túnel óptico se añaden para calcular la tasa de uso de ancho de banda del túnel óptico correspondiente.



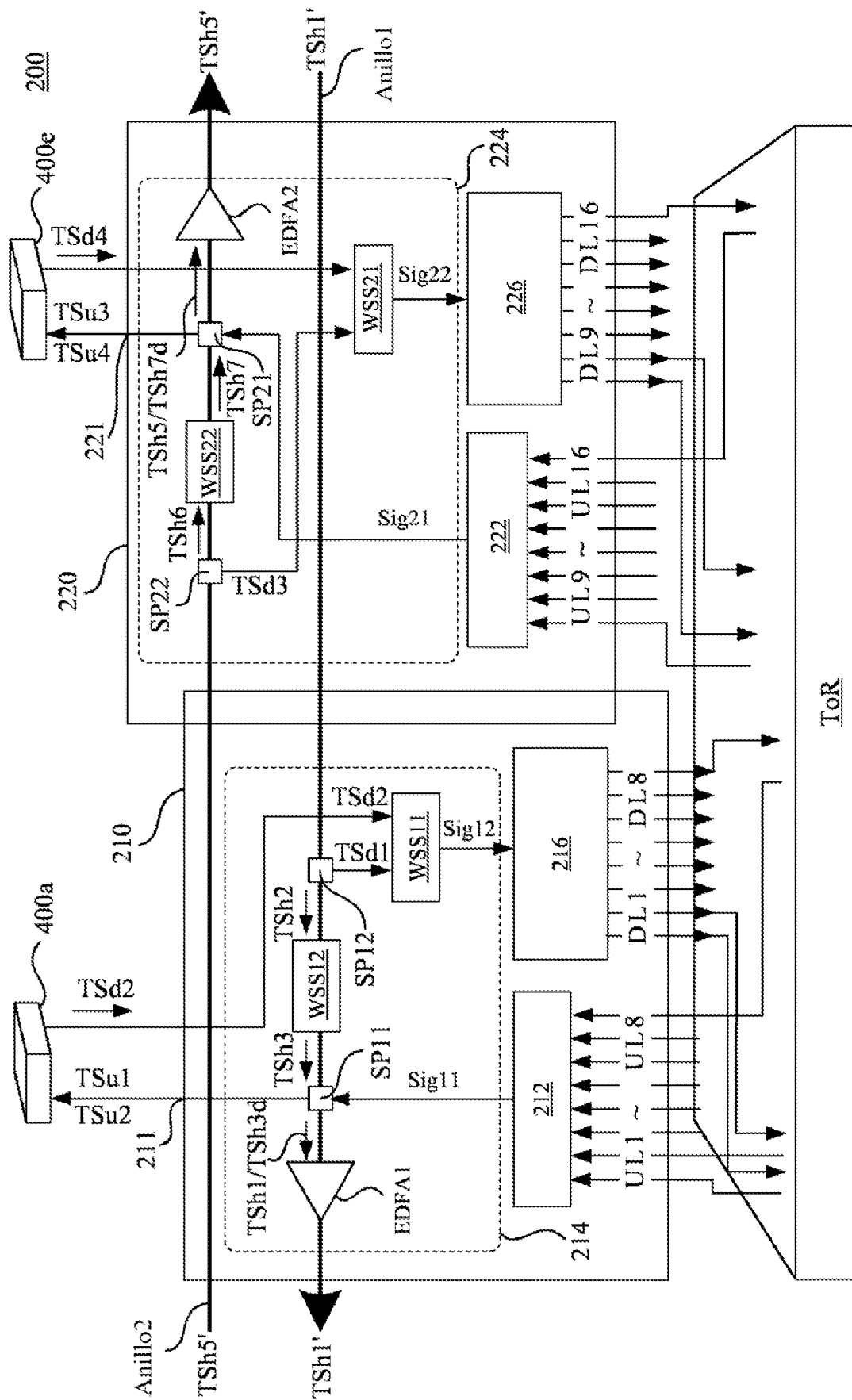


FIG. 2

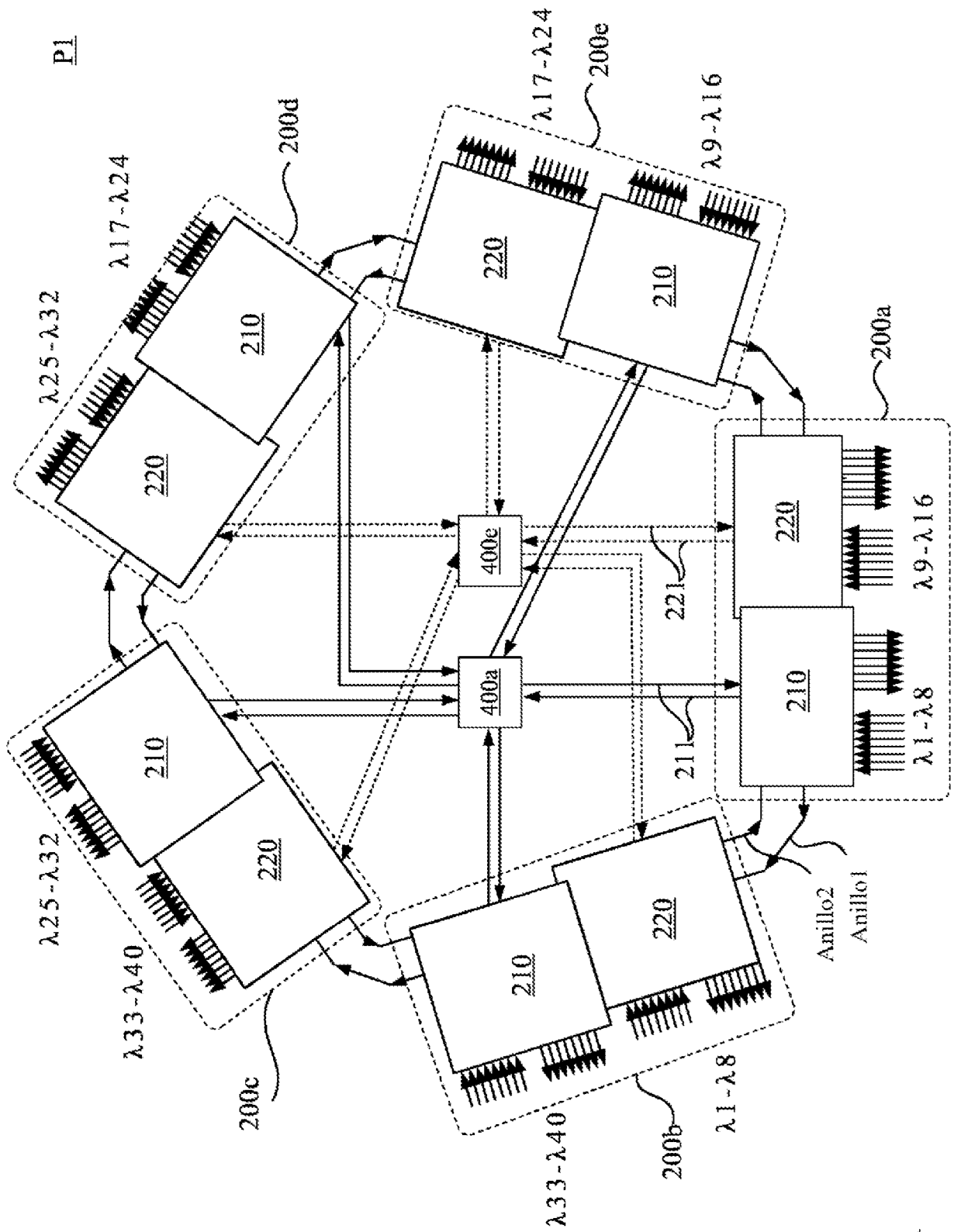


FIG. 3A

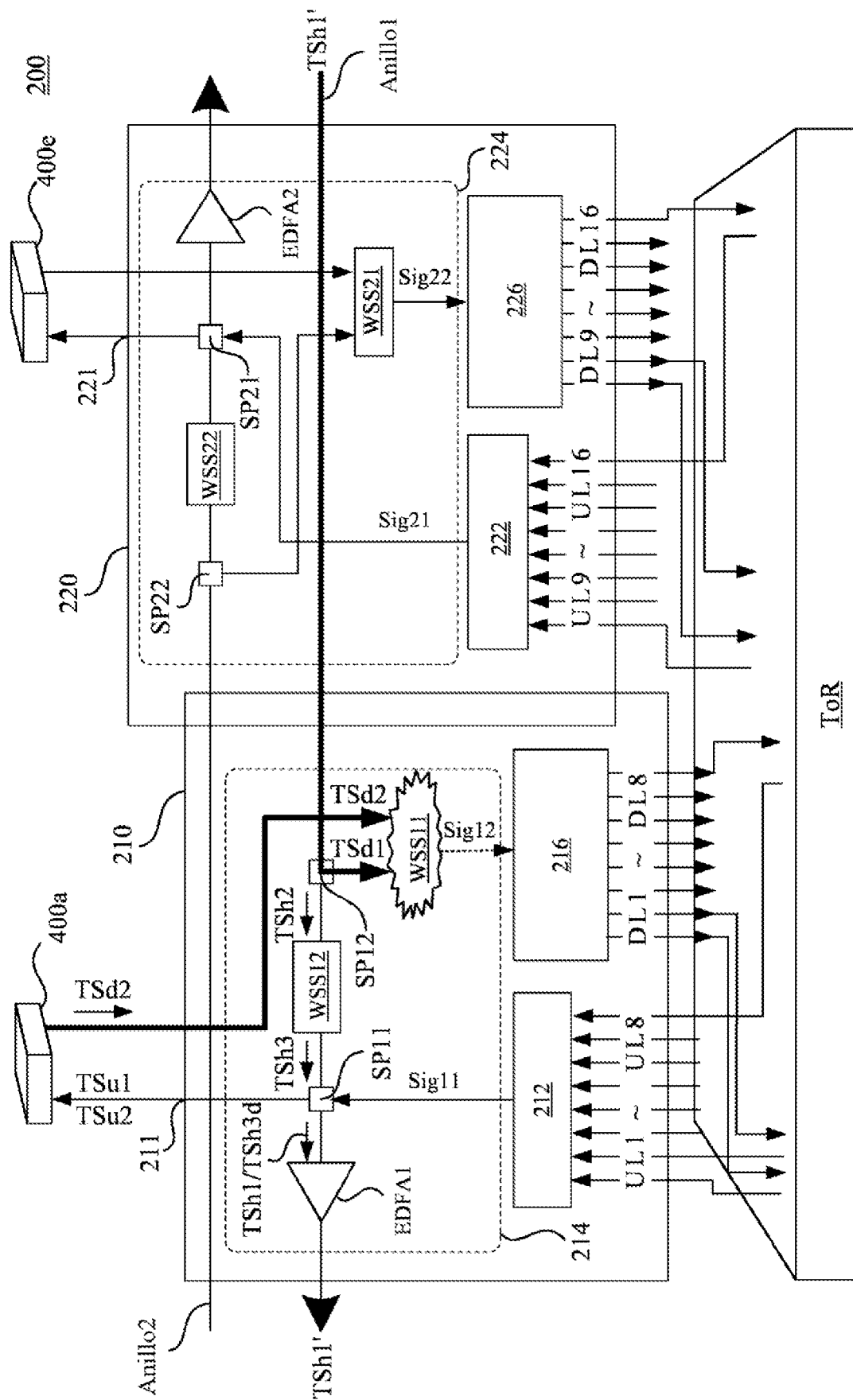


FIG. 3B

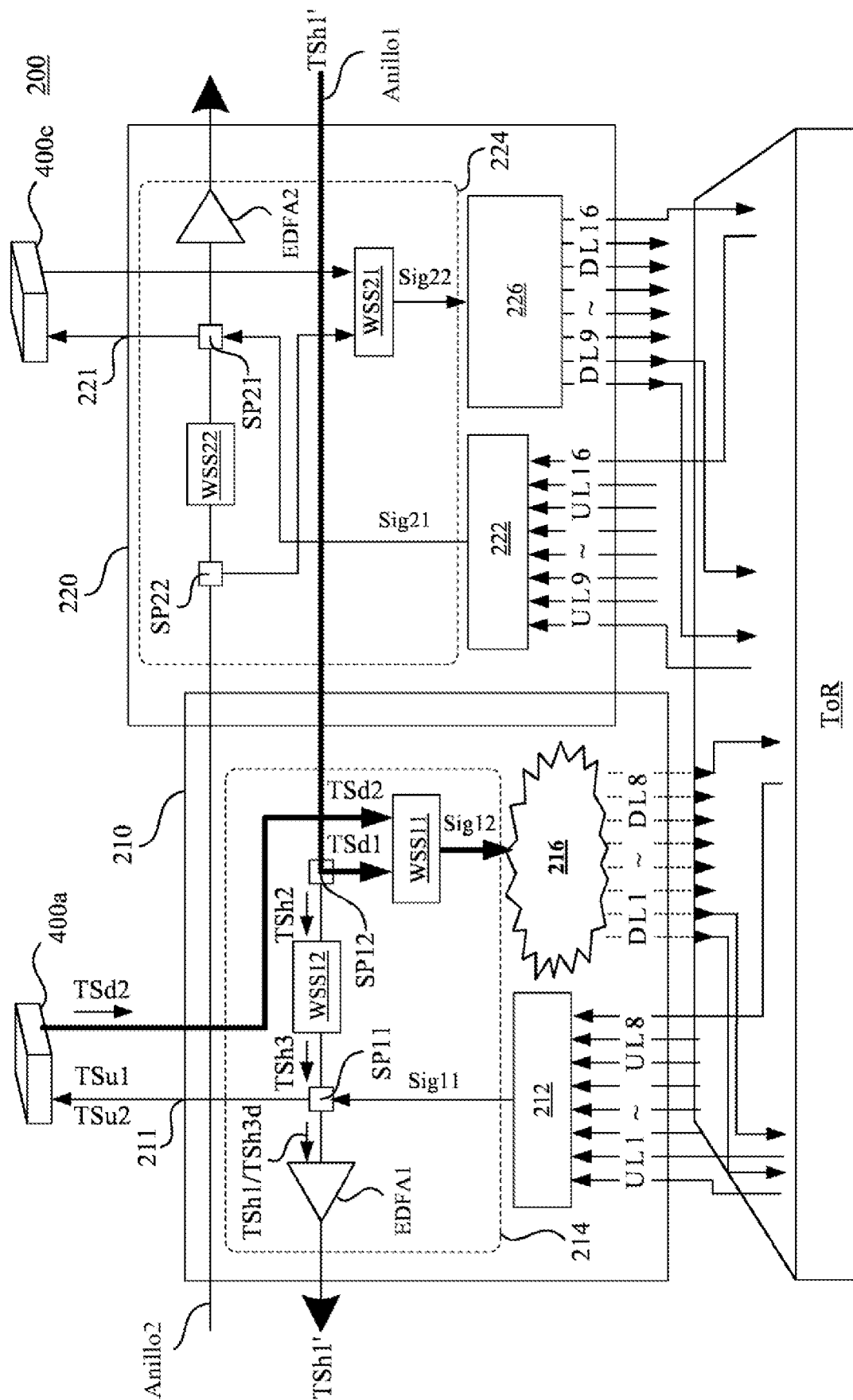
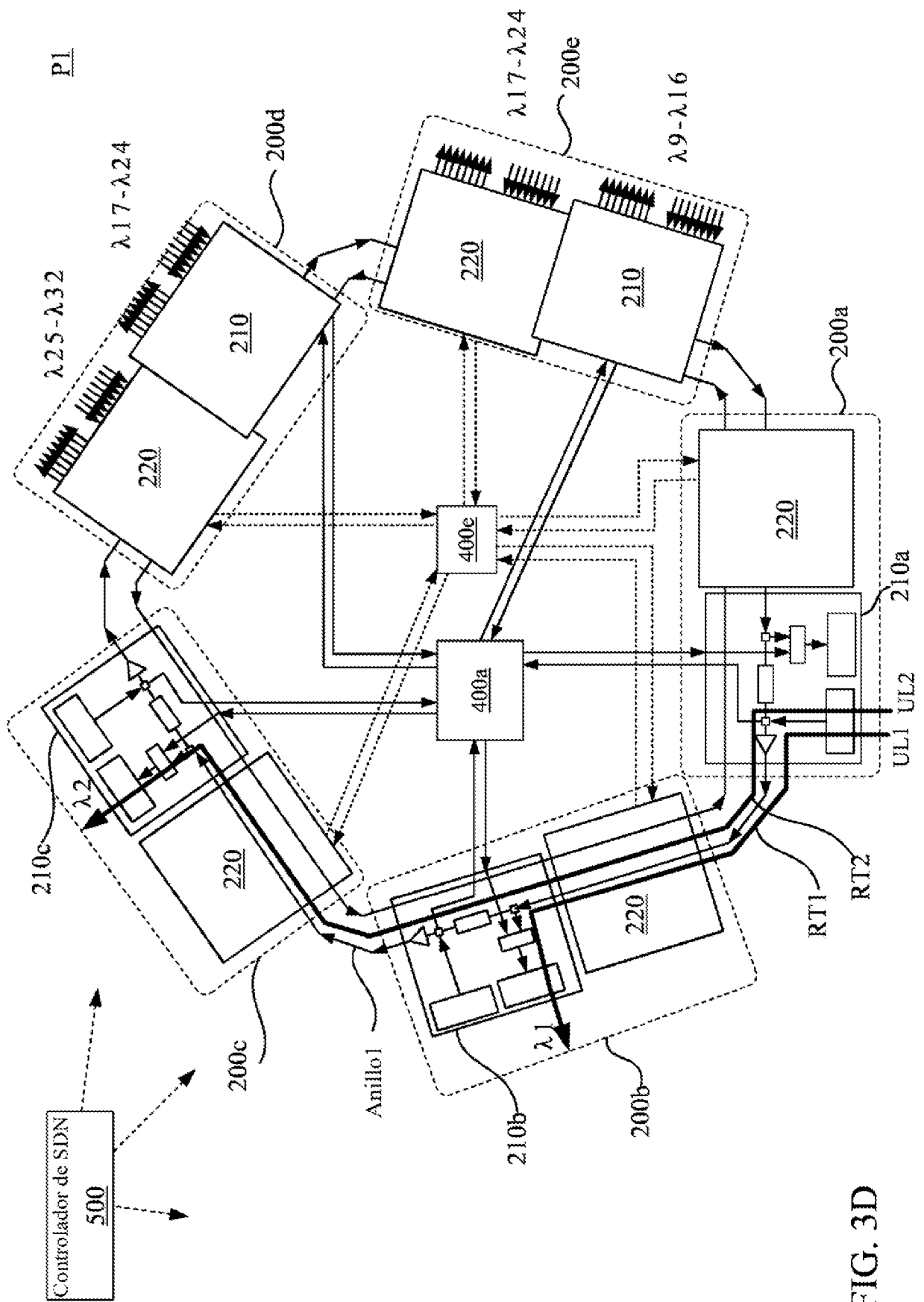


FIG. 3C



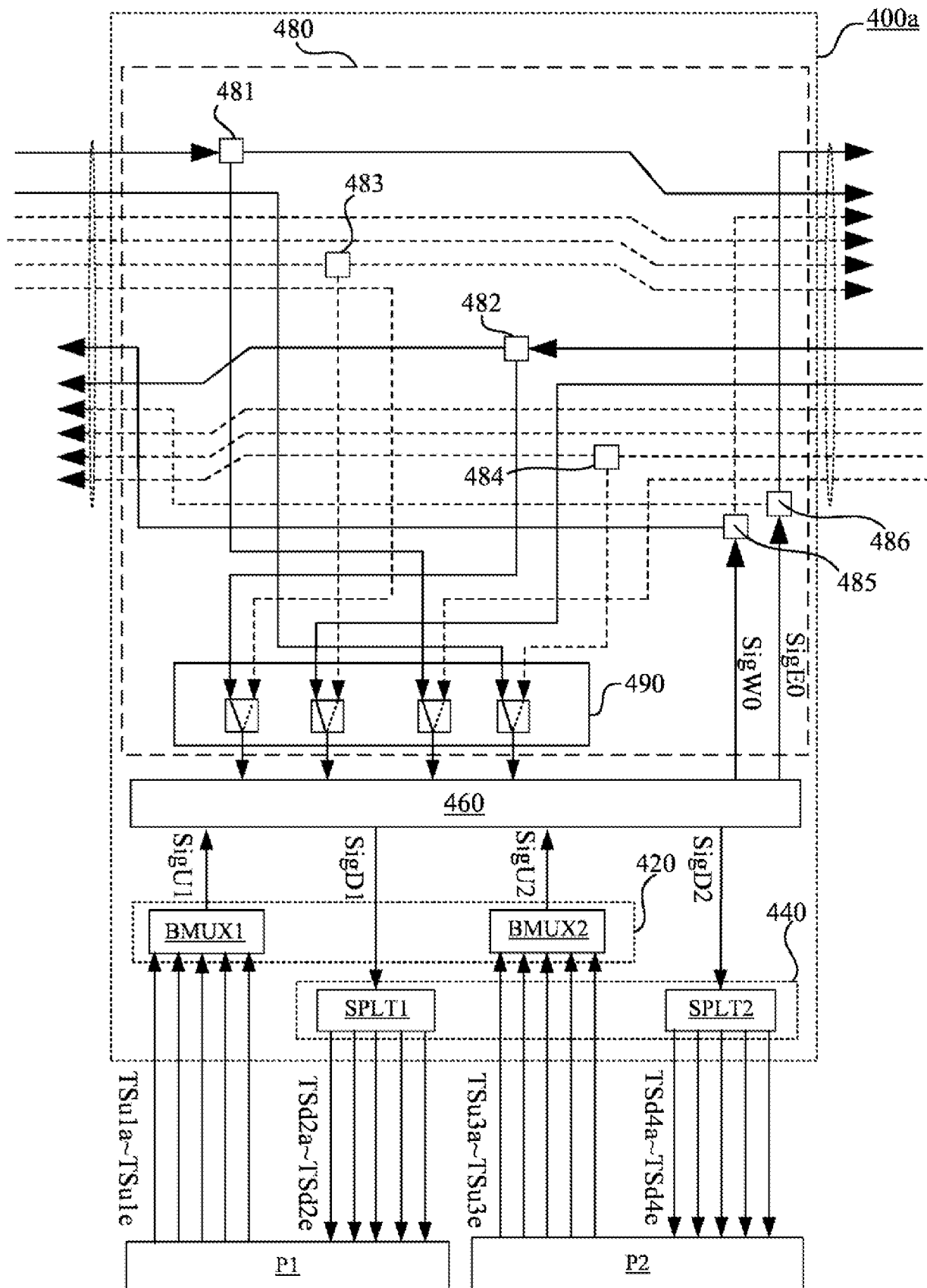


FIG. 4

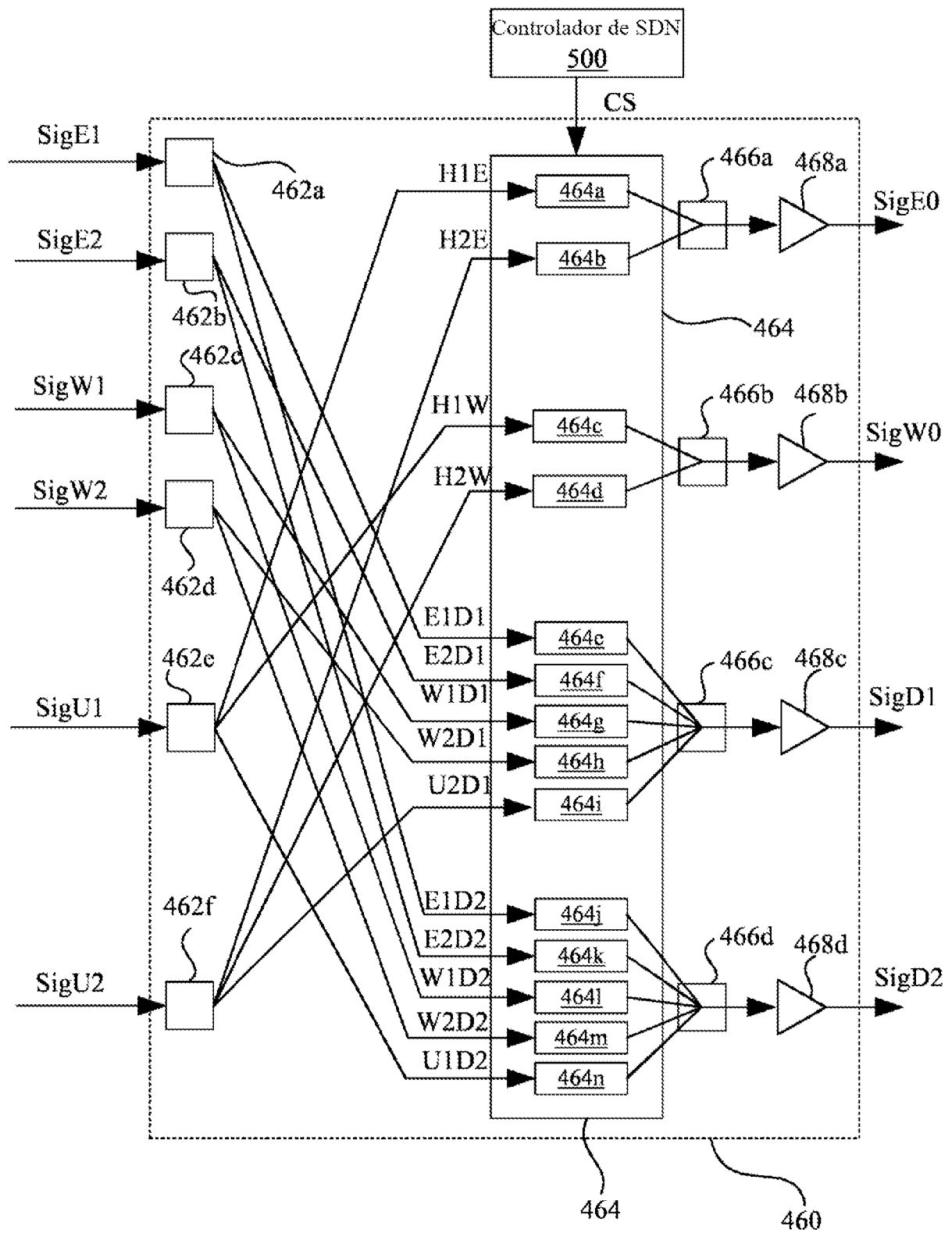


FIG. 5

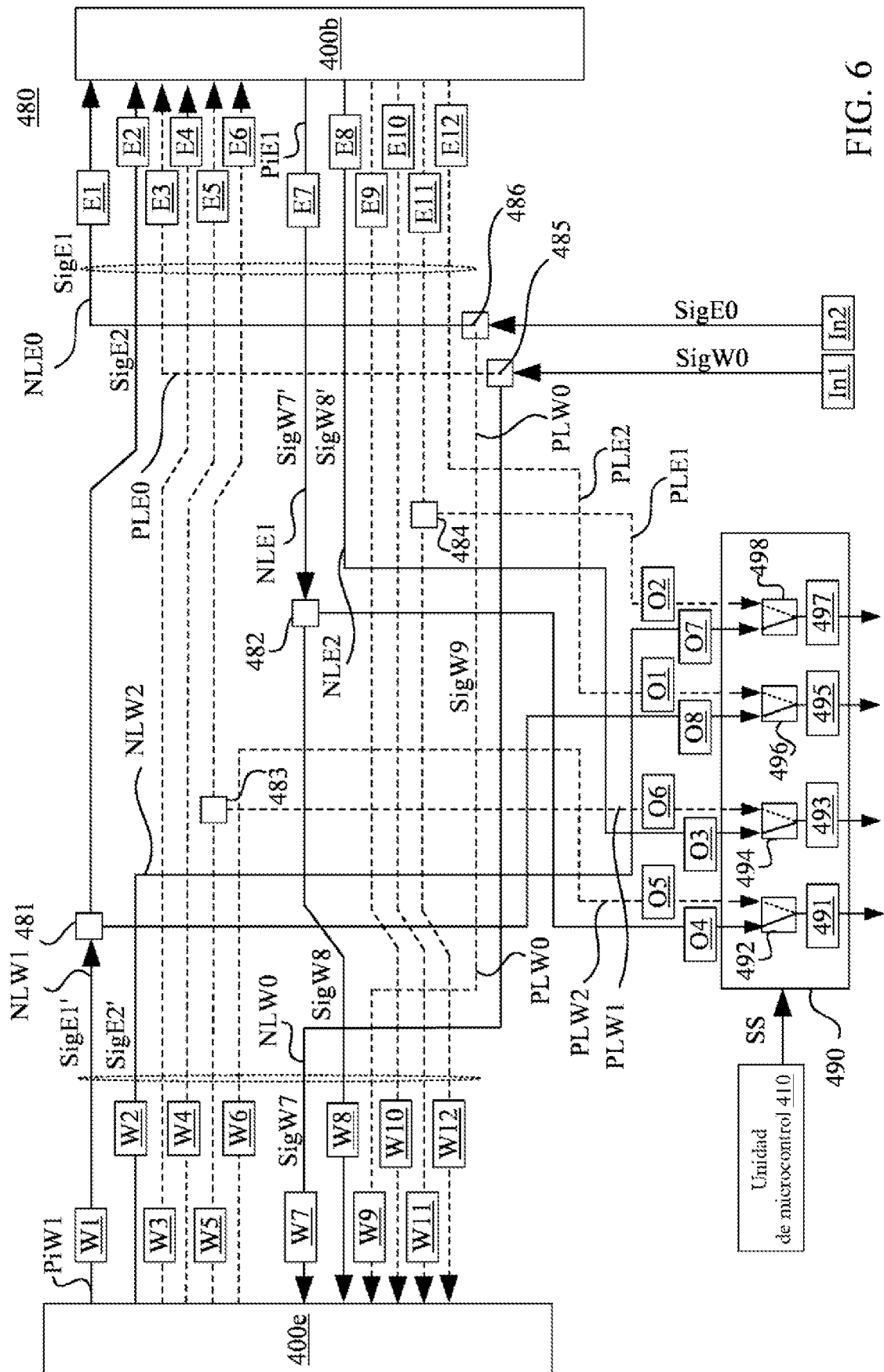


FIG. 6

T2

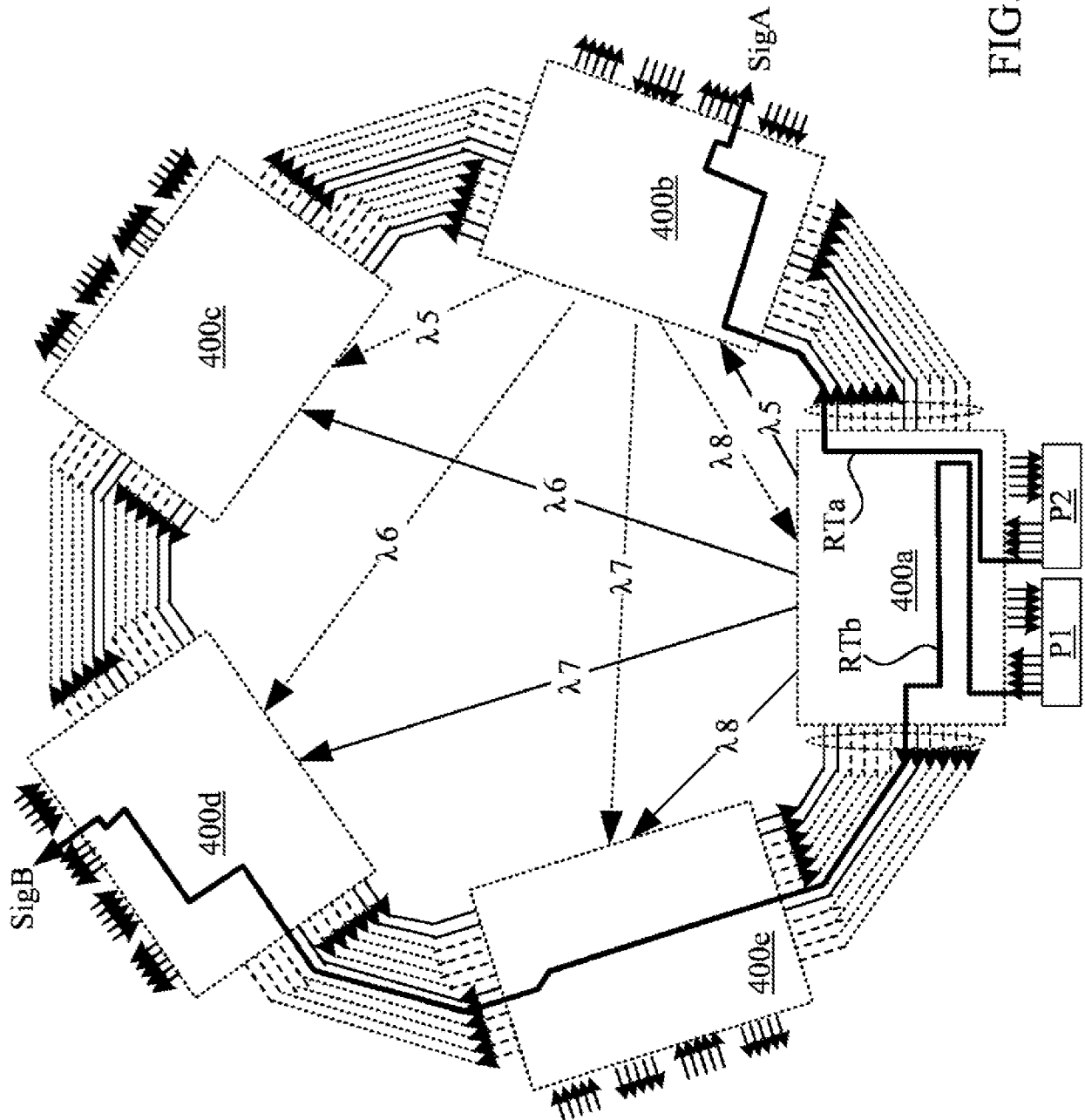


FIG. 7A

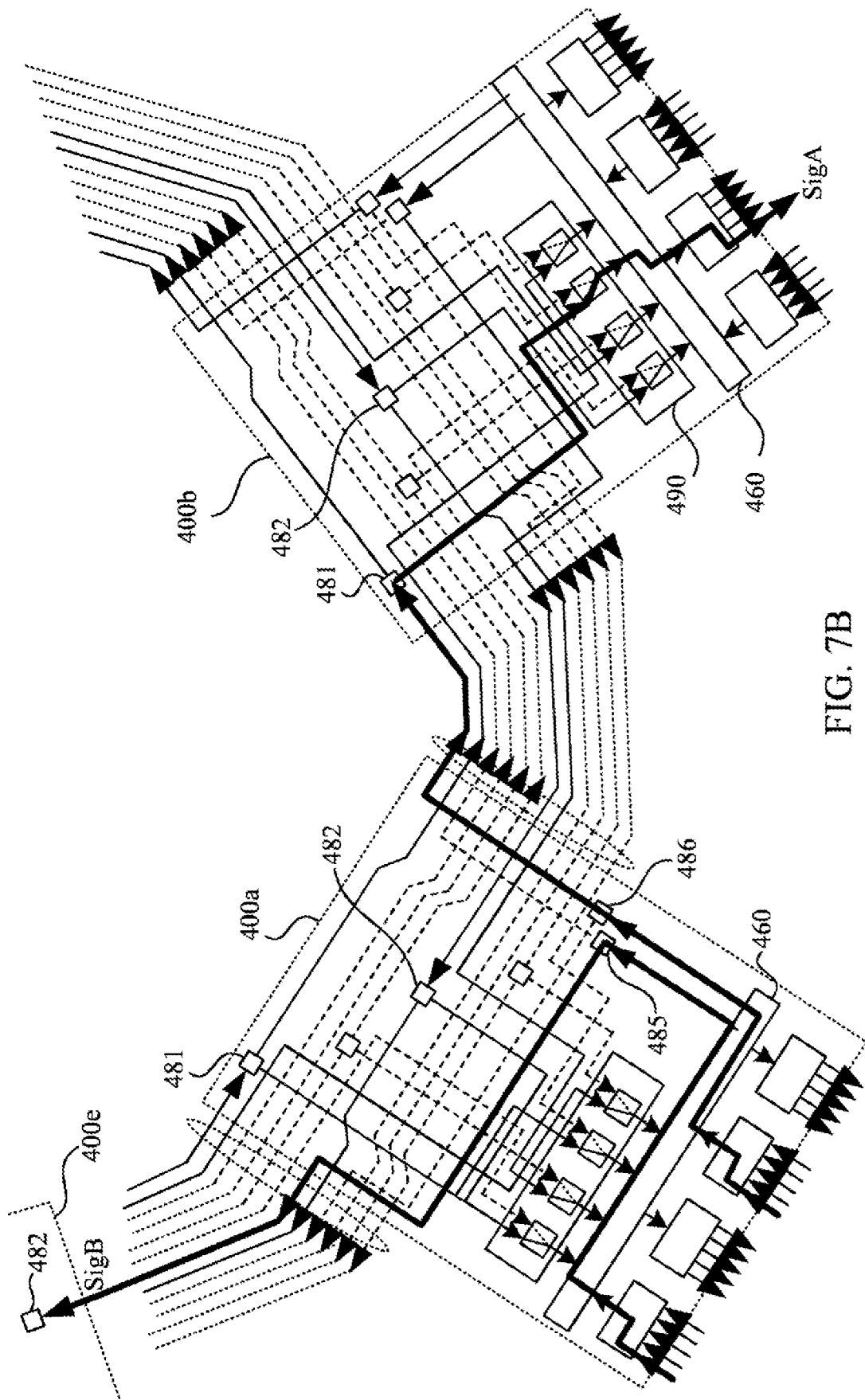


FIG. 7B

T2

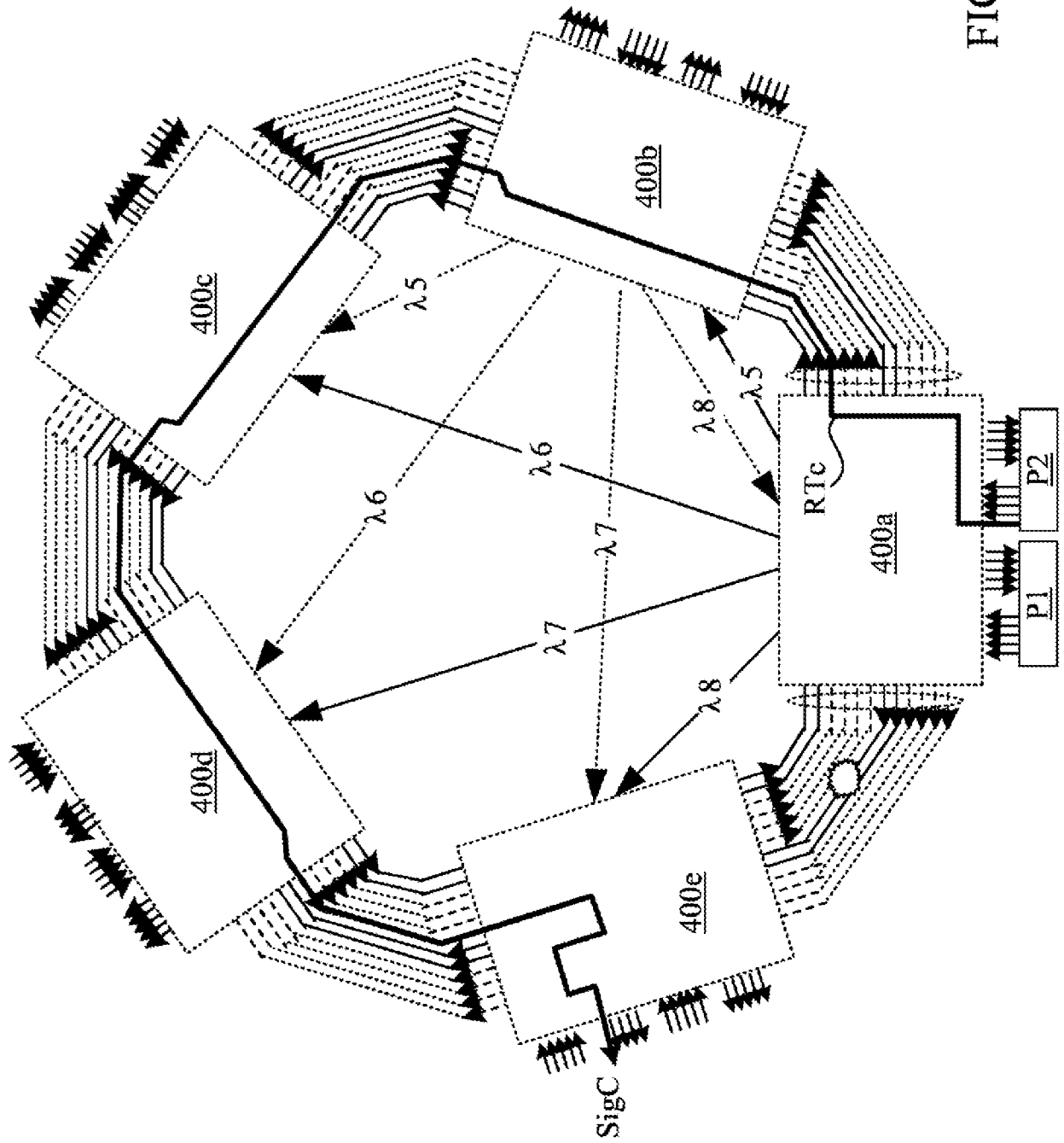
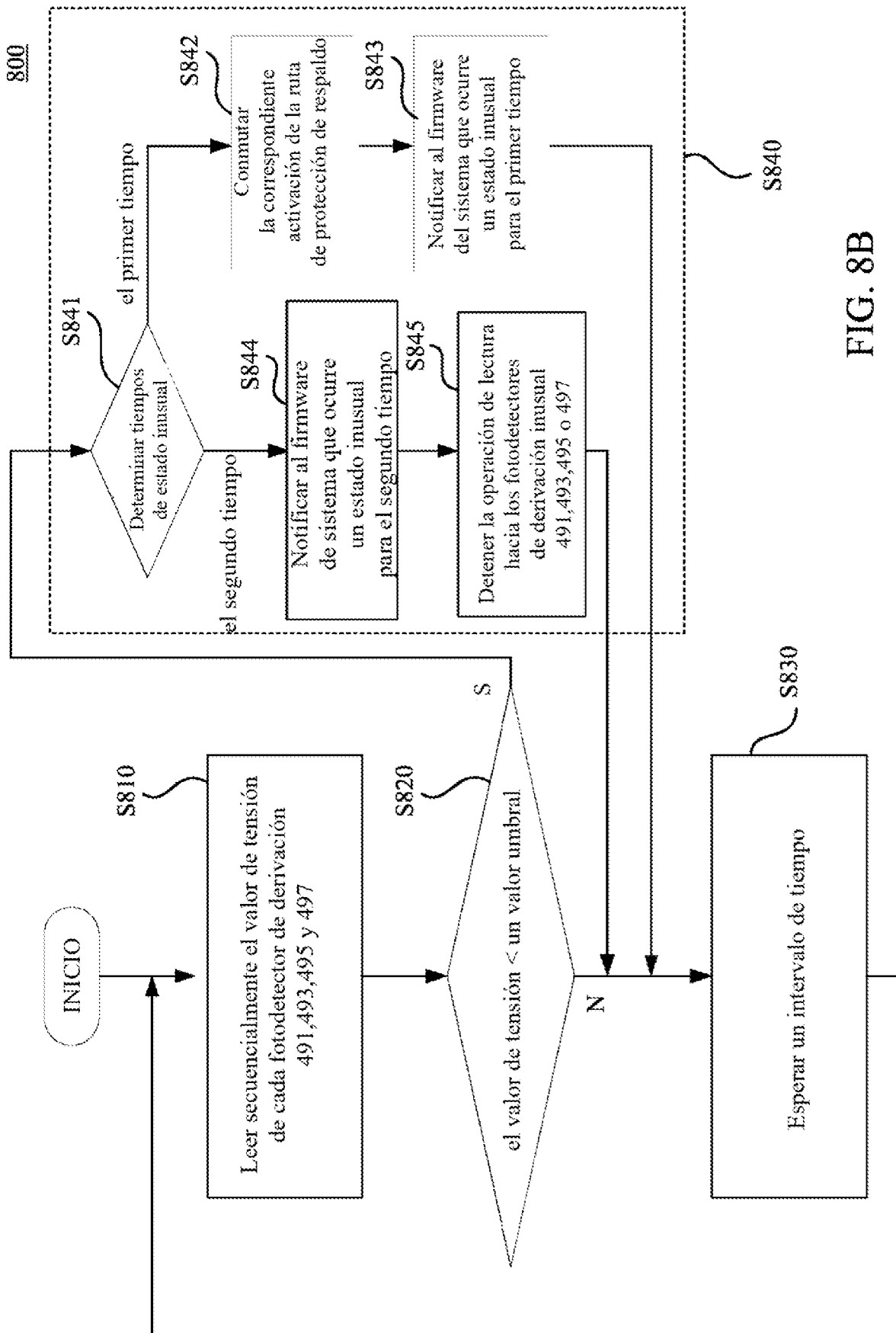


FIG. 8A



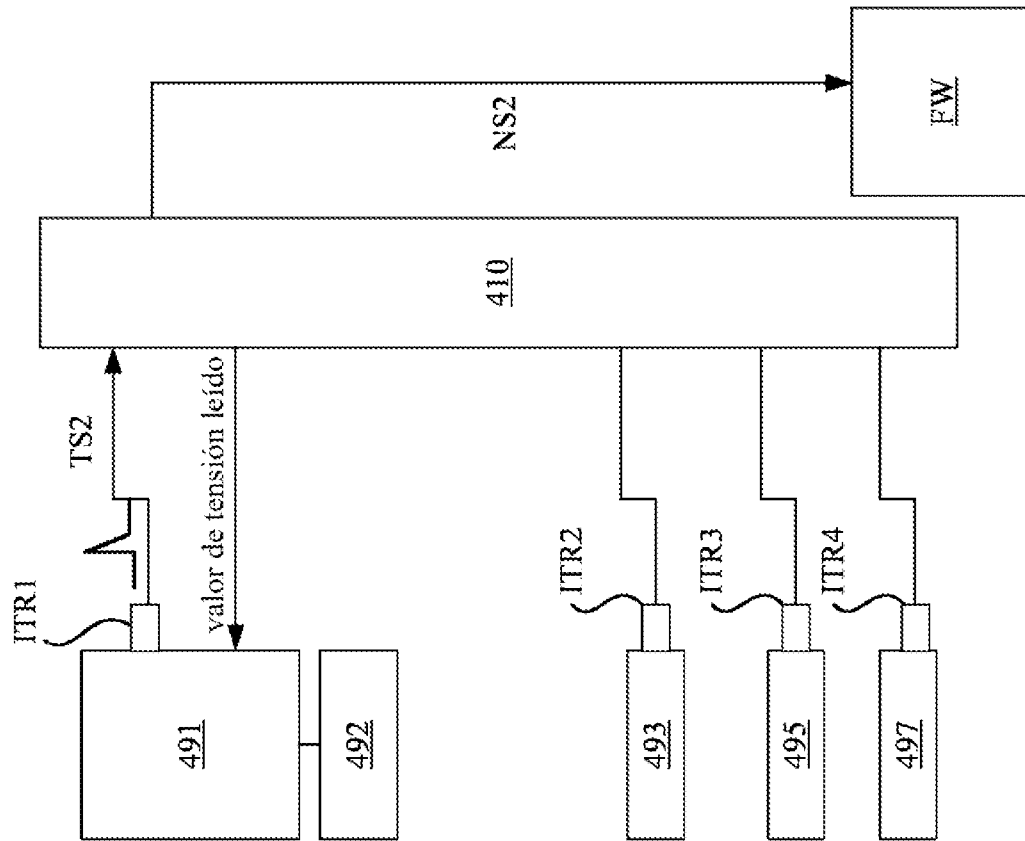


FIG. 8D

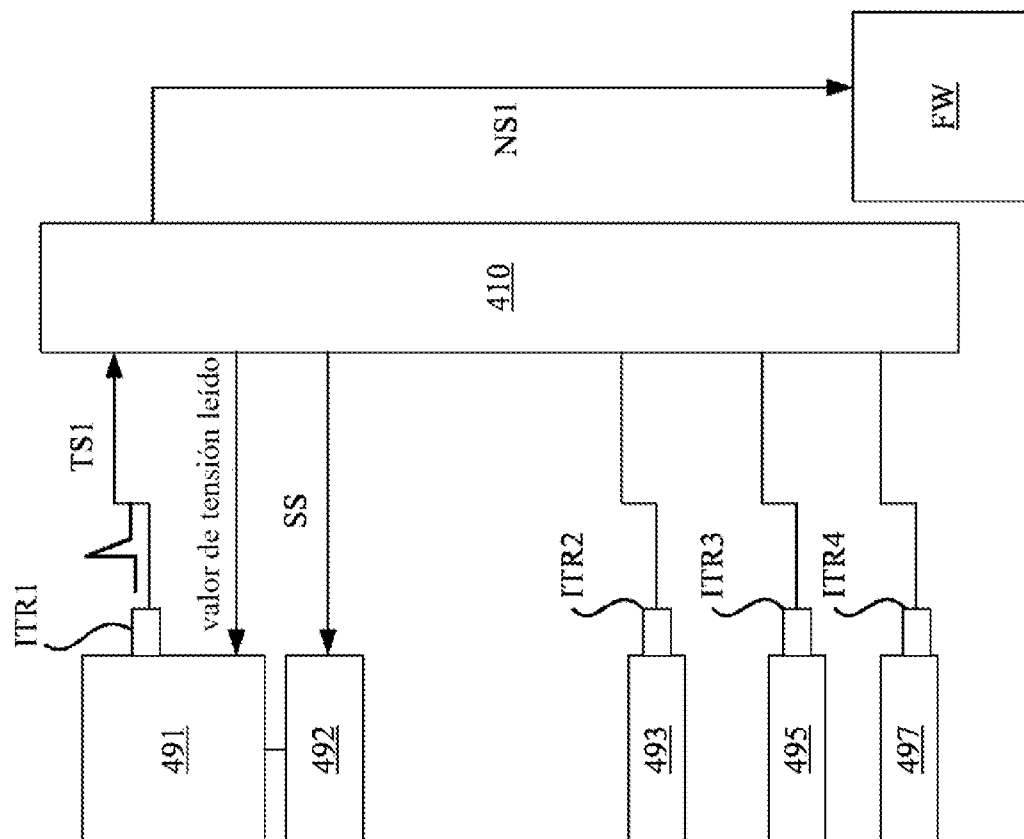


FIG. 8C

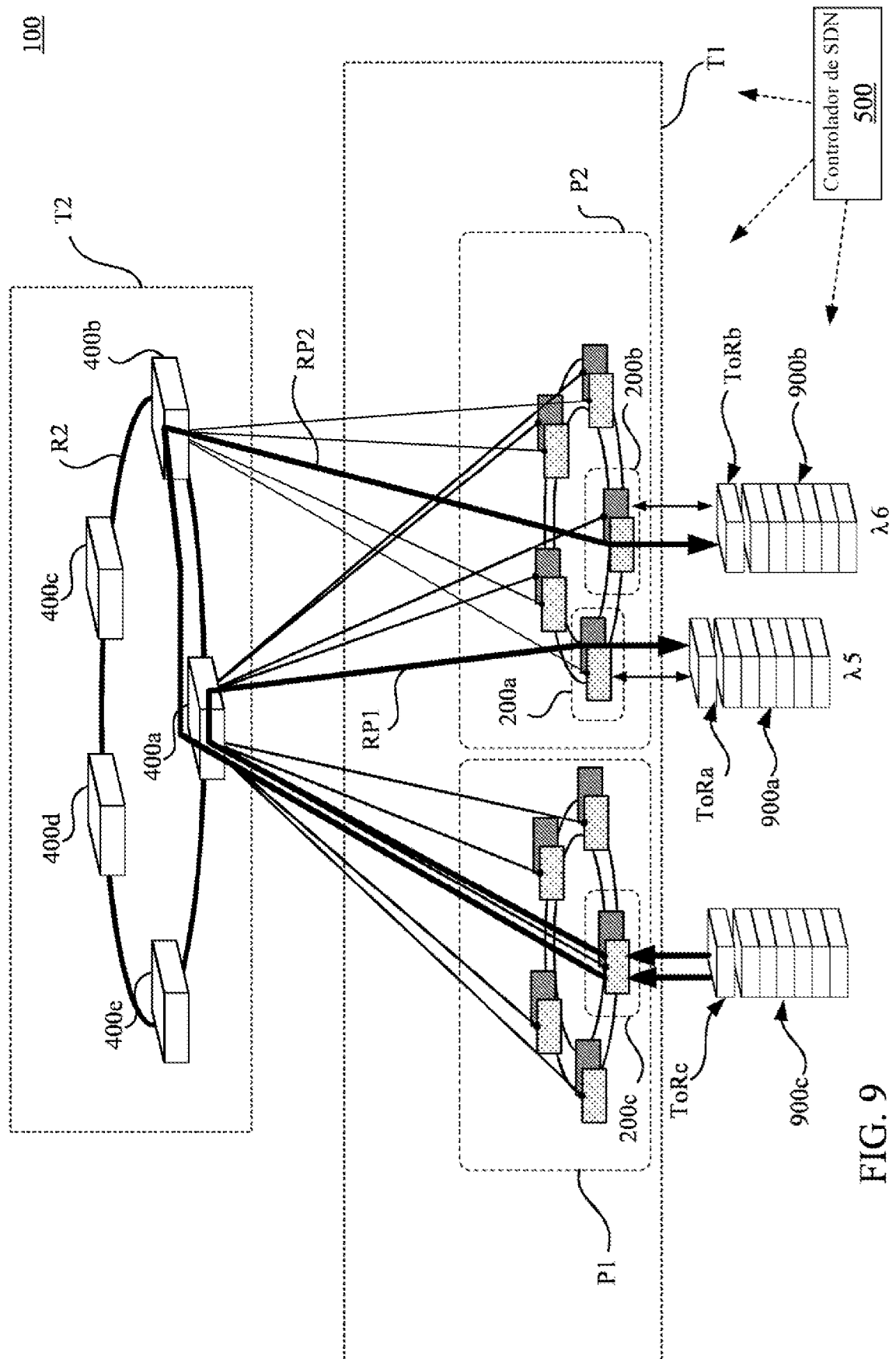


FIG. 9

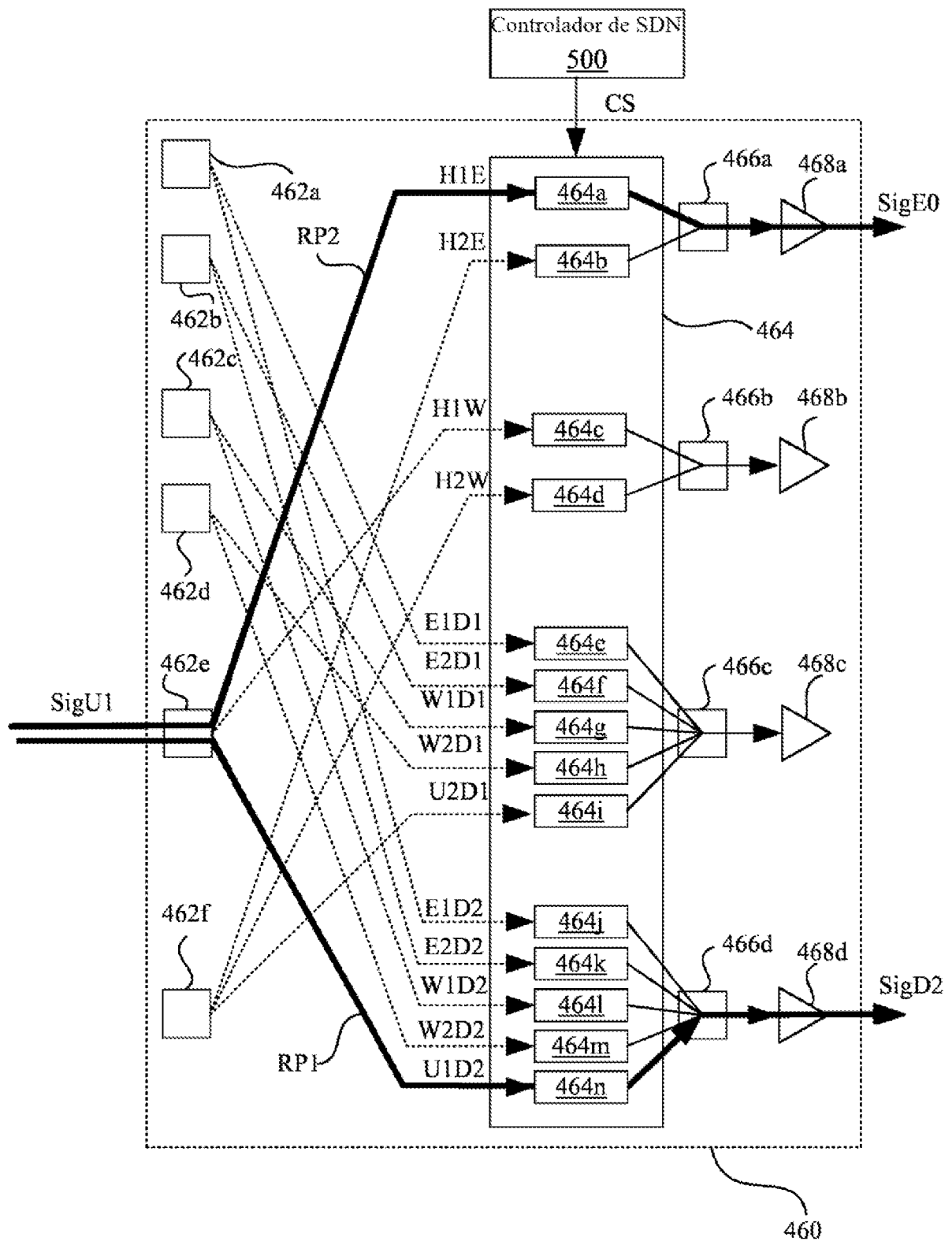


FIG. 10A

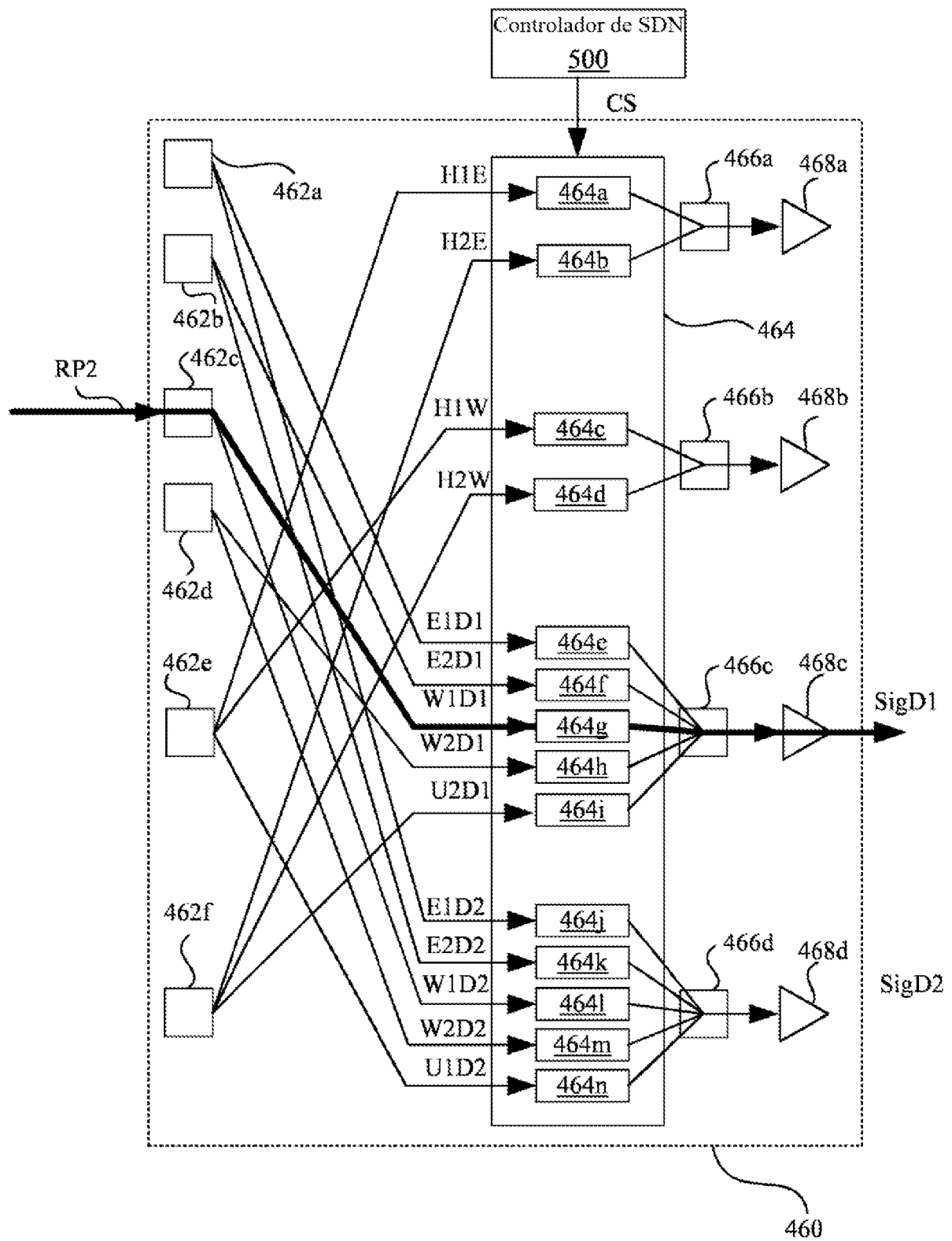


FIG. 10B

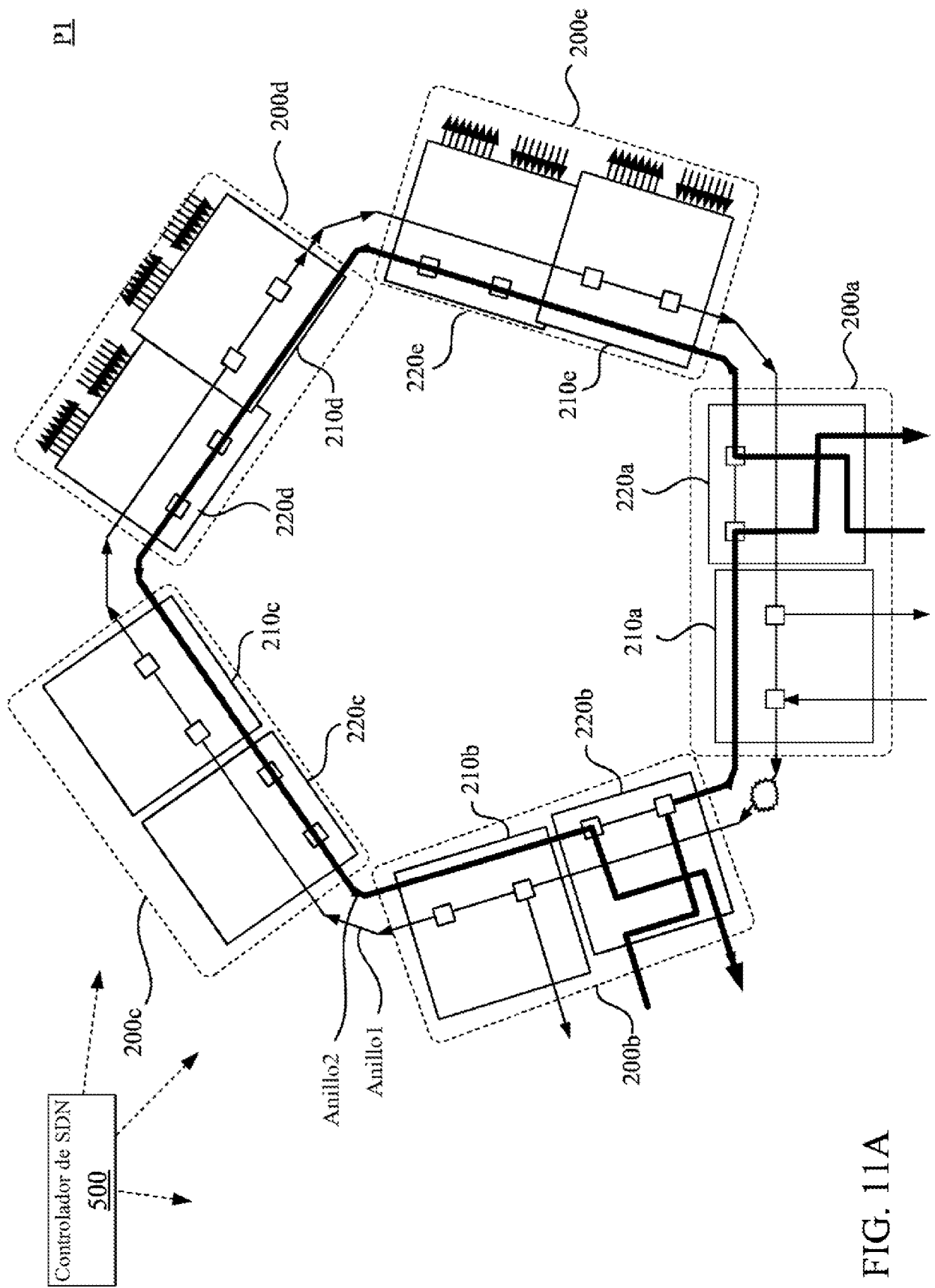
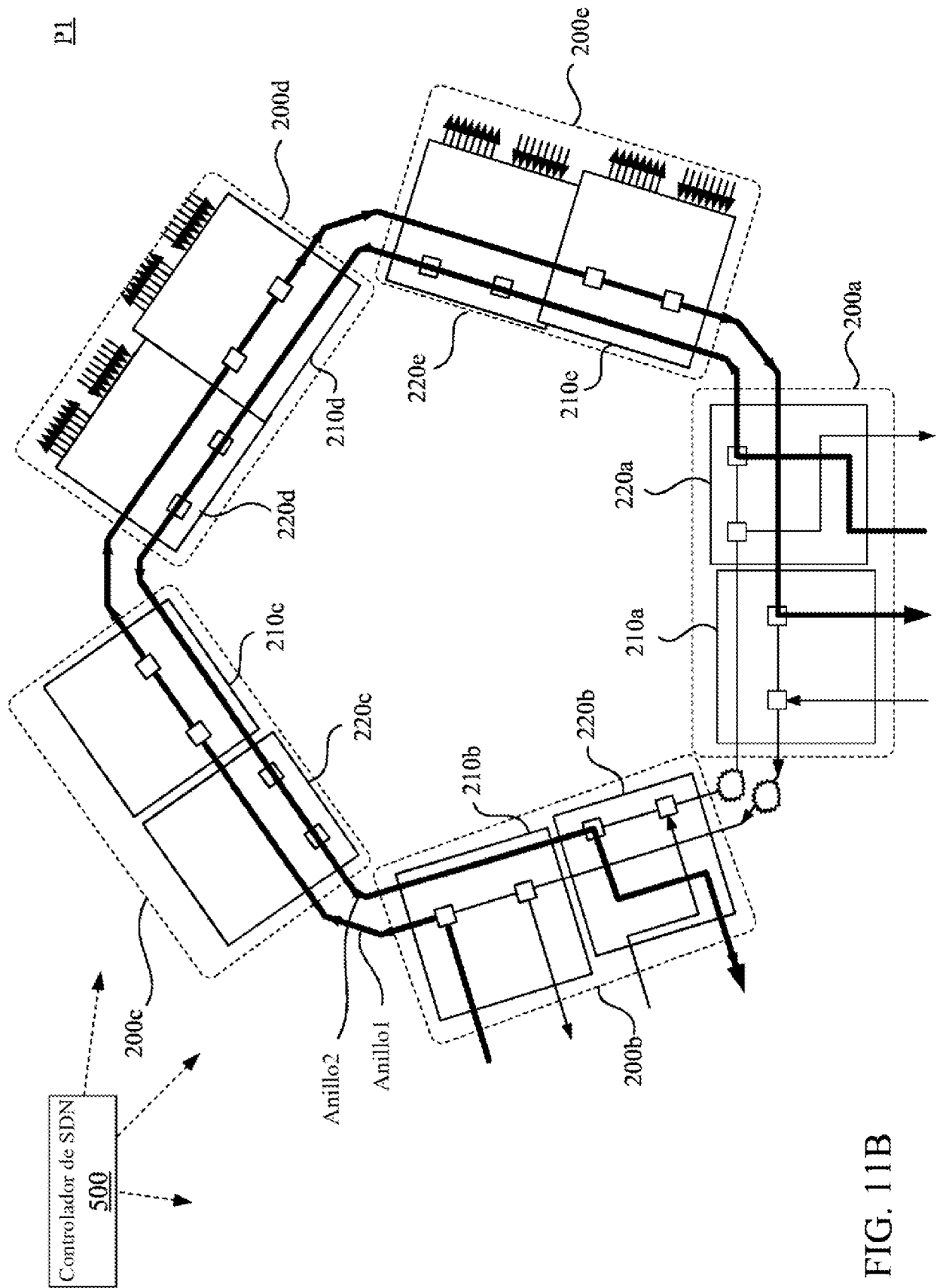


FIG. 11A



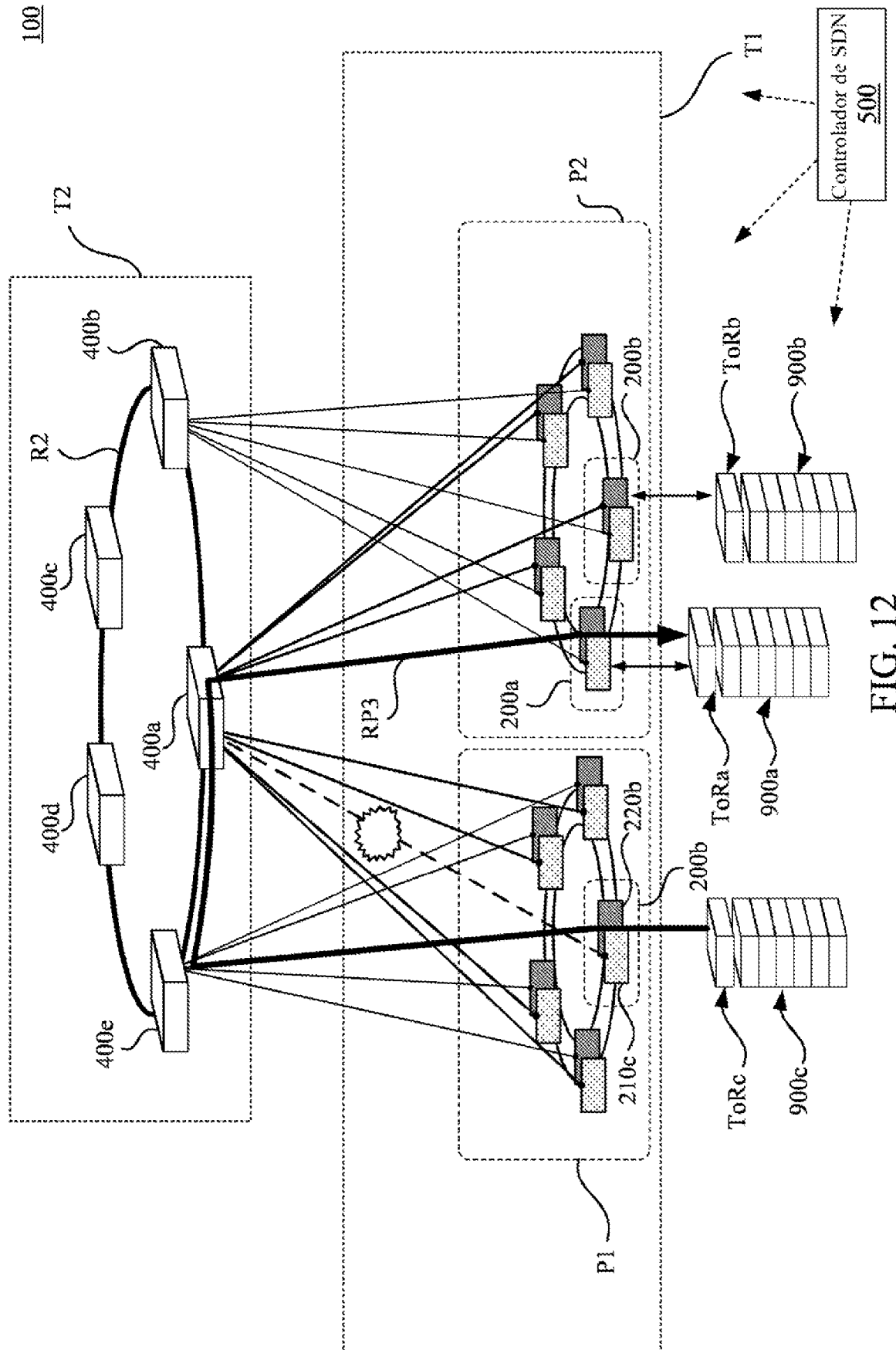


FIG. 12

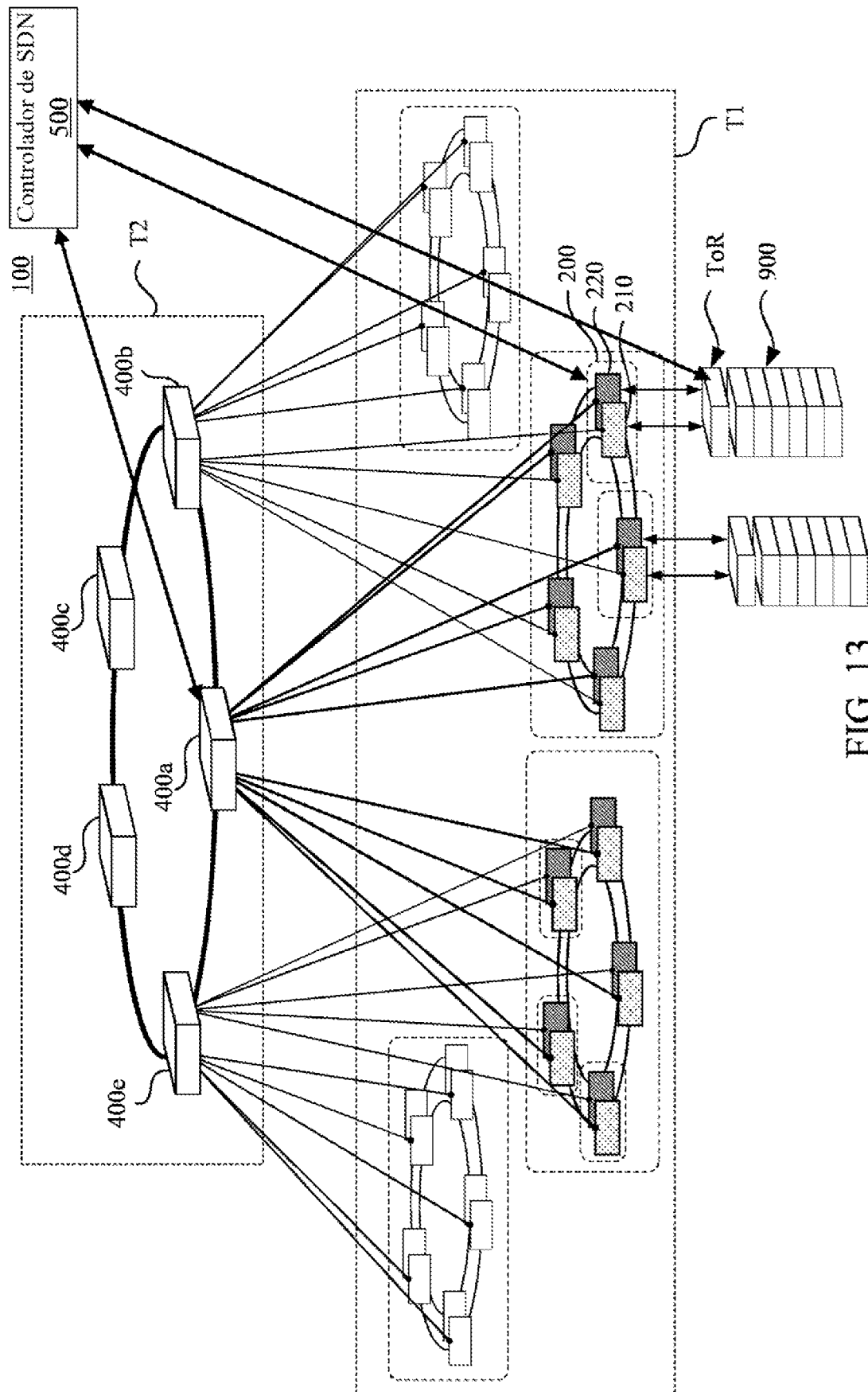


FIG. 13

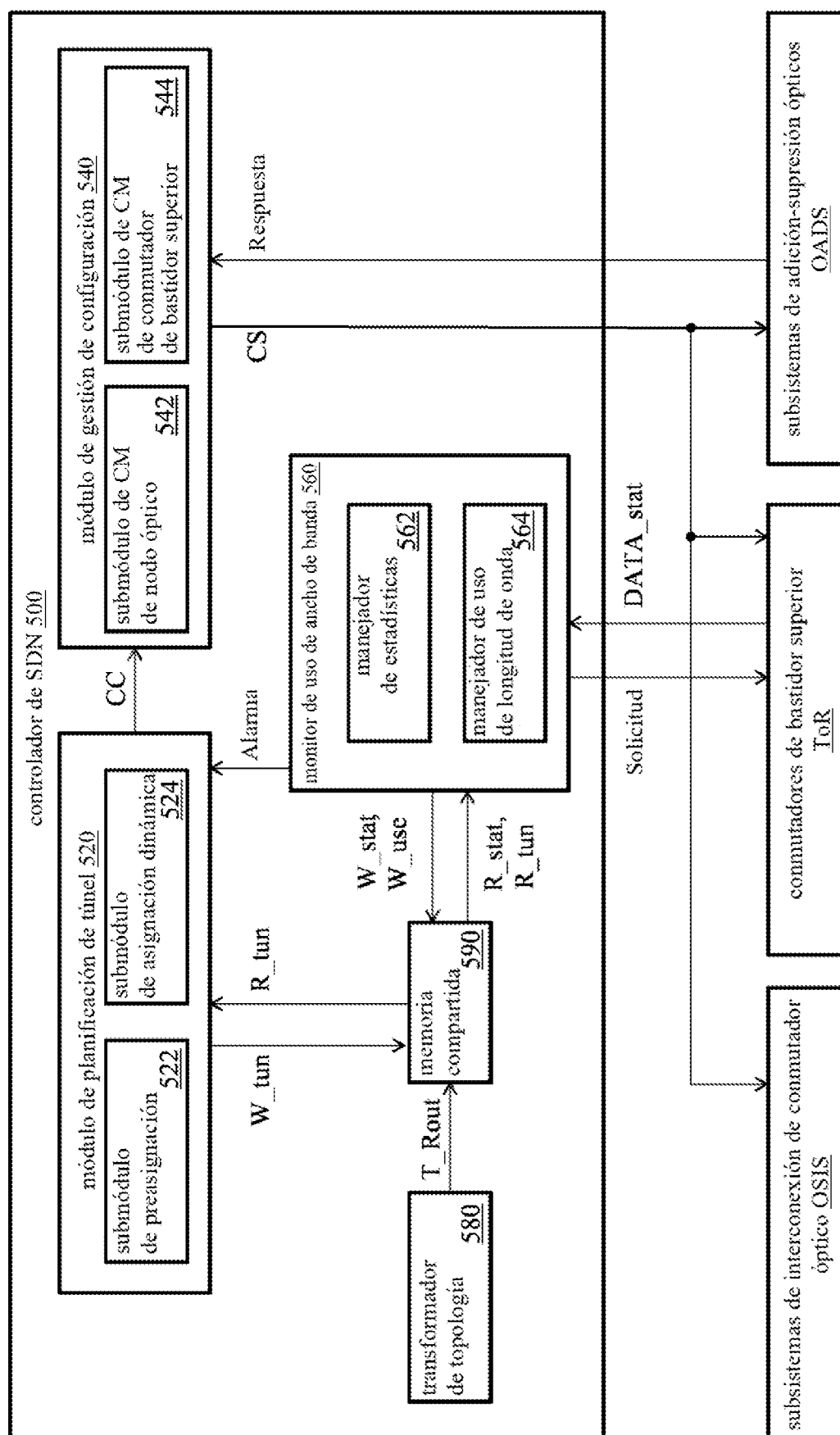


FIG. 14

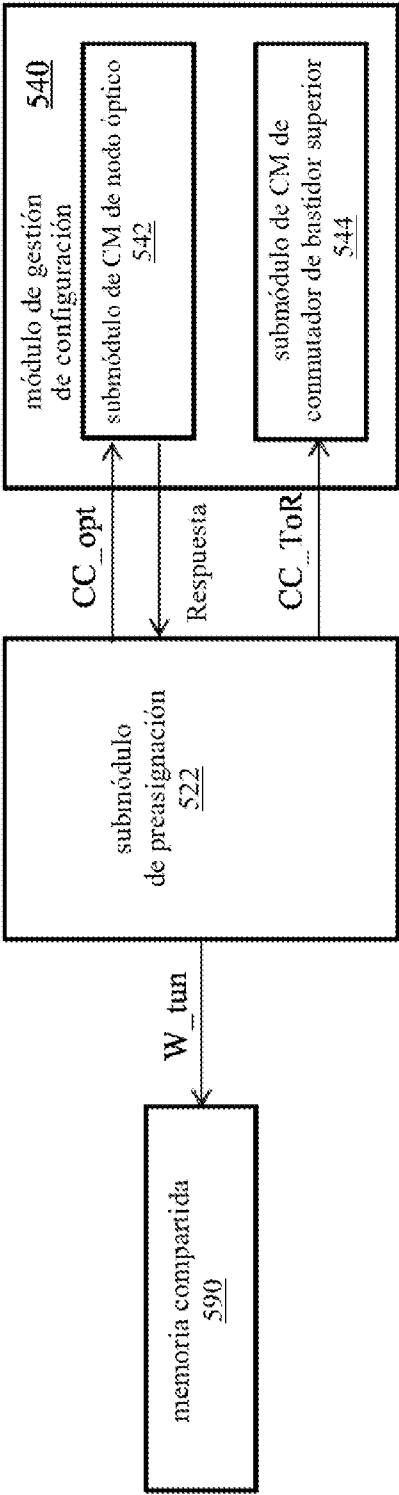


FIG. 15A

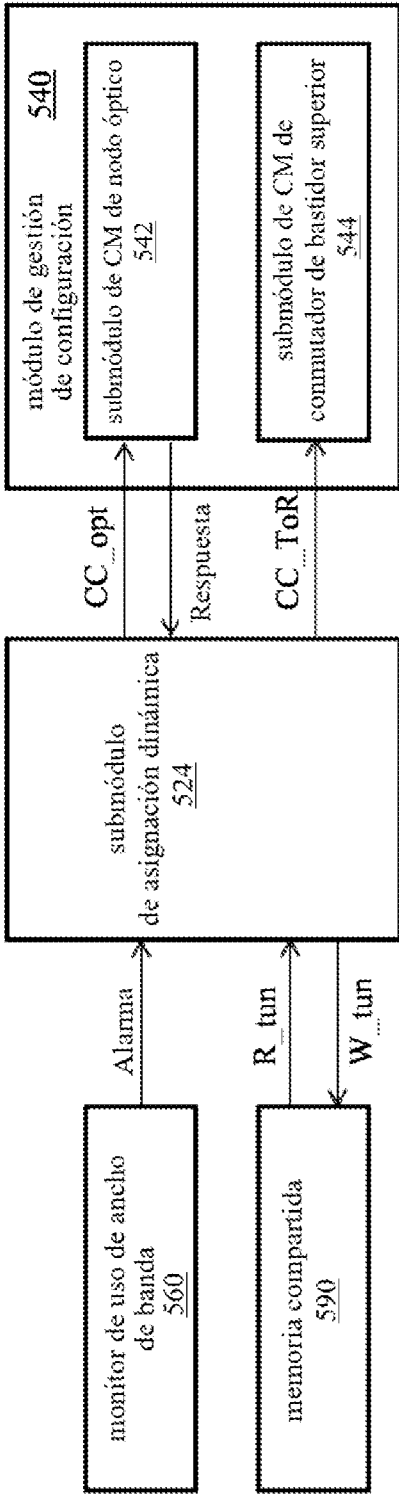


FIG. 15B

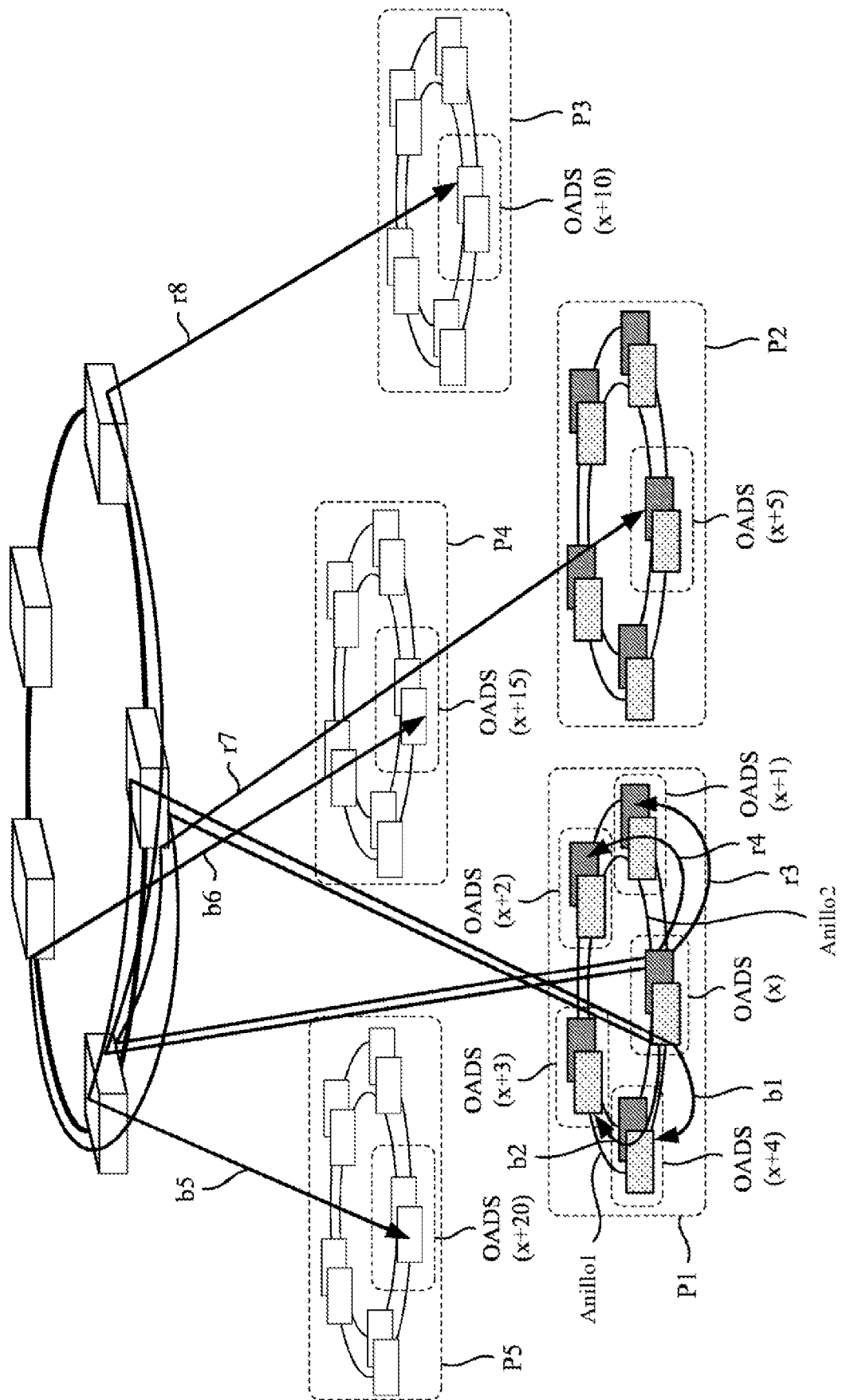


FIG. 16

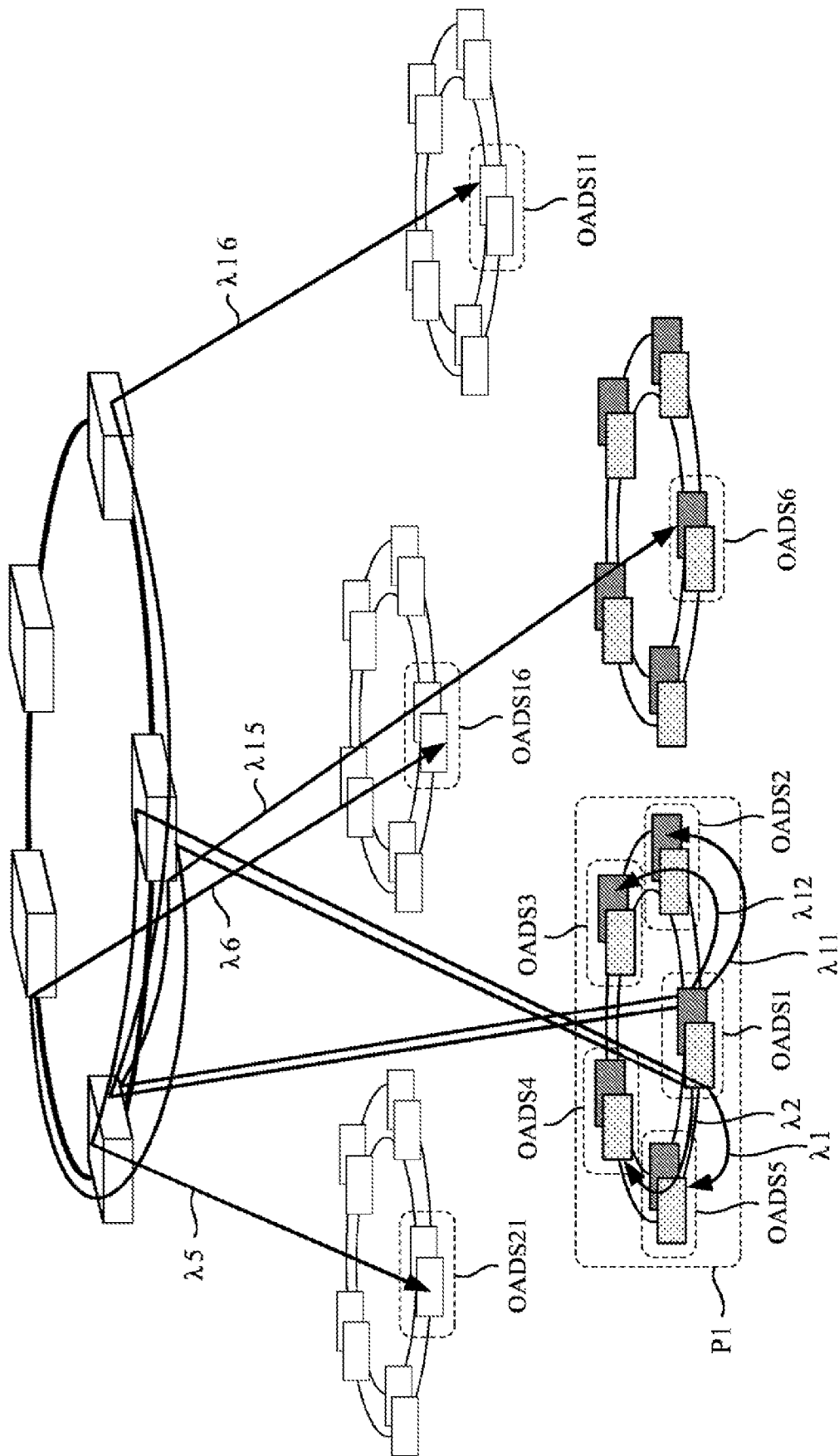


FIG. 17

Entrada: esquema de preasignación S

Salida: ruta de encaminamiento y longitud de onda (P, λ)

Variable:

f : función de ruta de encaminamiento

idx : conjunto de índices

P : ruta de encaminamiento

Re : resultado de 40 bits

S_P : unidad de origen

S_R : bastidor de origen

D_P : unidad de destino

D_R : bastidor de destino

T : túnel

$T(S, D)$: conjunto de túneles desde S hasta D

Compute_pre-allocation_tunnel(S):

para todos los OADS Src **hacer:**

para todo túnel de preasignación T en S **hacer:**

$Dst \leftarrow$ OADS de destino para Src en T

$\lambda \leftarrow$ longitud de onda usada en Src en T

$f \leftarrow$ función de ruta de encaminamiento usada en T

calcular (S_P, S_R, D_P, D_R) desde Src y Dst

$idx \leftarrow f(S_P, S_R, D_P, D_R)$

$P \leftarrow$ obtener diferentes elementos de encaminamiento con idx para formar una ruta de encaminamiento;

Create_Tunnel (P, λ);

//Configurar ToR para permitir la retransmisión de la conectividad de todos a todos

para todos los OADS Src **hacer:**

para todos los OADS de Dst no en esquema de preasignación S **hacer:**

$ReOADS \leftarrow$ el OADS de retransmisión de origen, si lo hubiera, de lo contrario el OADS de retransmisión de destino;

//el OADS de retransmisión de origen significa el OADS en la misma unidad con Src y el mismo índice como Dst , similar con el OADS anterior de destino

$T1 \leftarrow T(Src, ReOADS)$;

$T2 \leftarrow T(ReOADS, Dst)$;

Config_ToR_Relay($T1, T2$); //configurar lo ToR para retransmitir flujo desde Src a Dst

FIG. 18

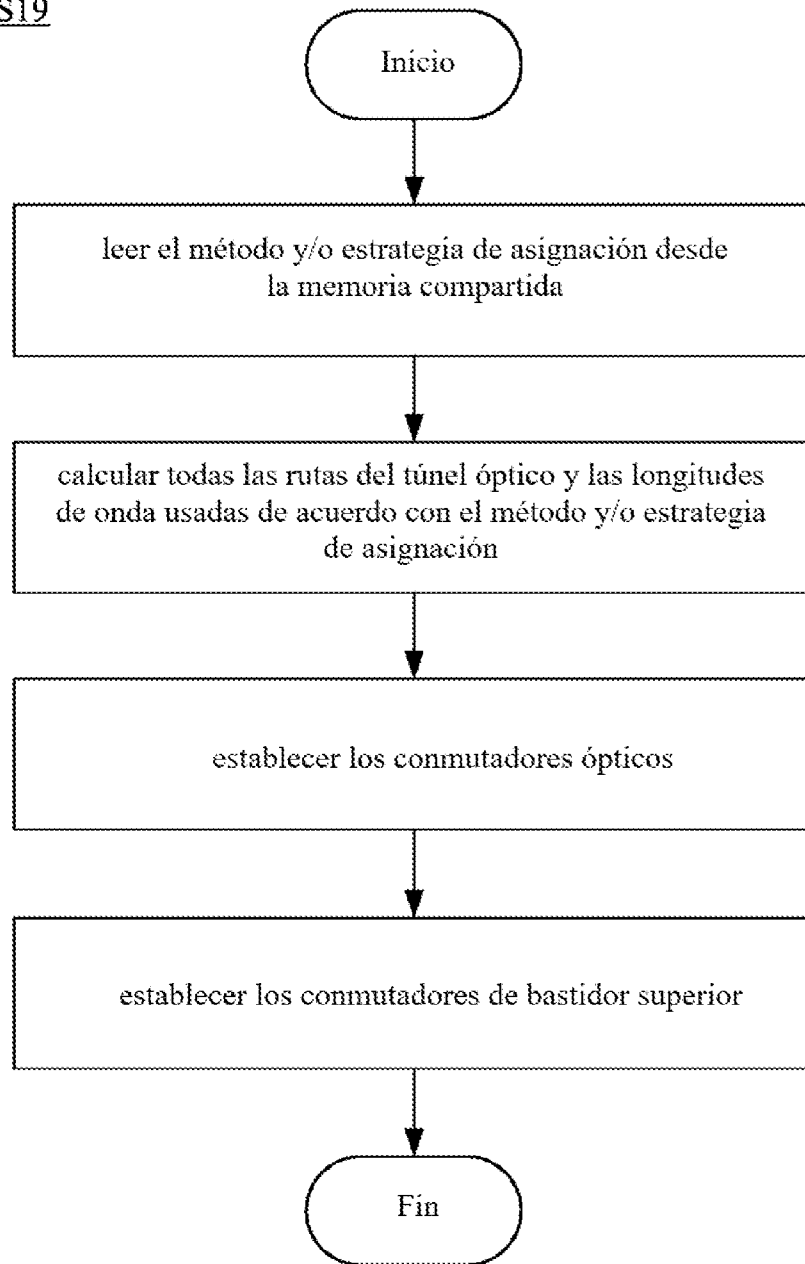
S19

FIG. 19

FIG. 20A

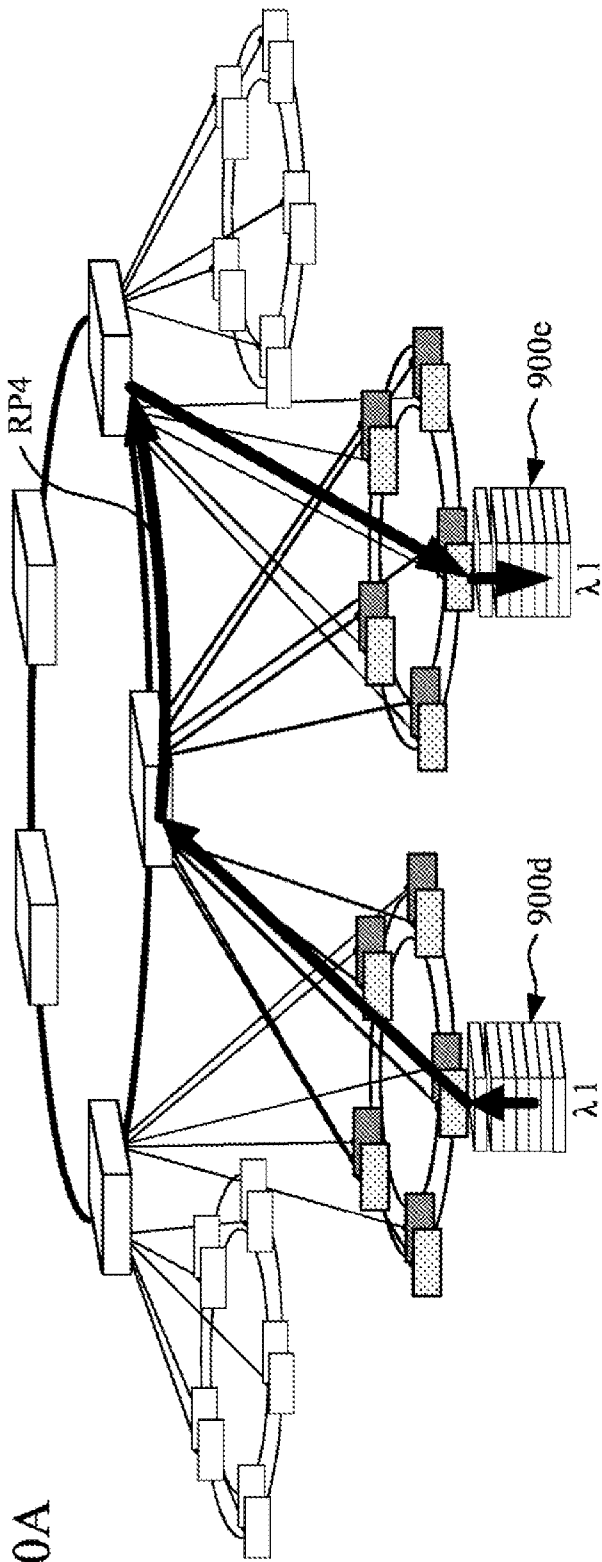
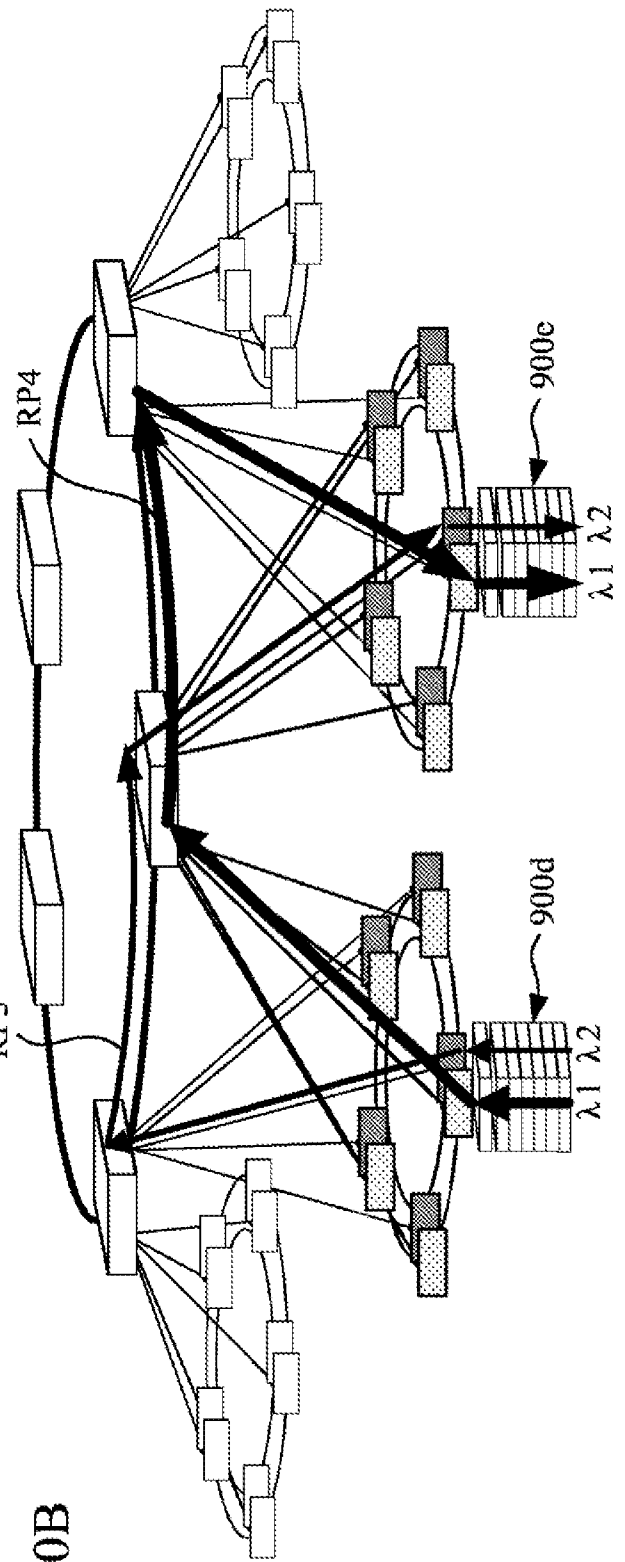


FIG. 20B



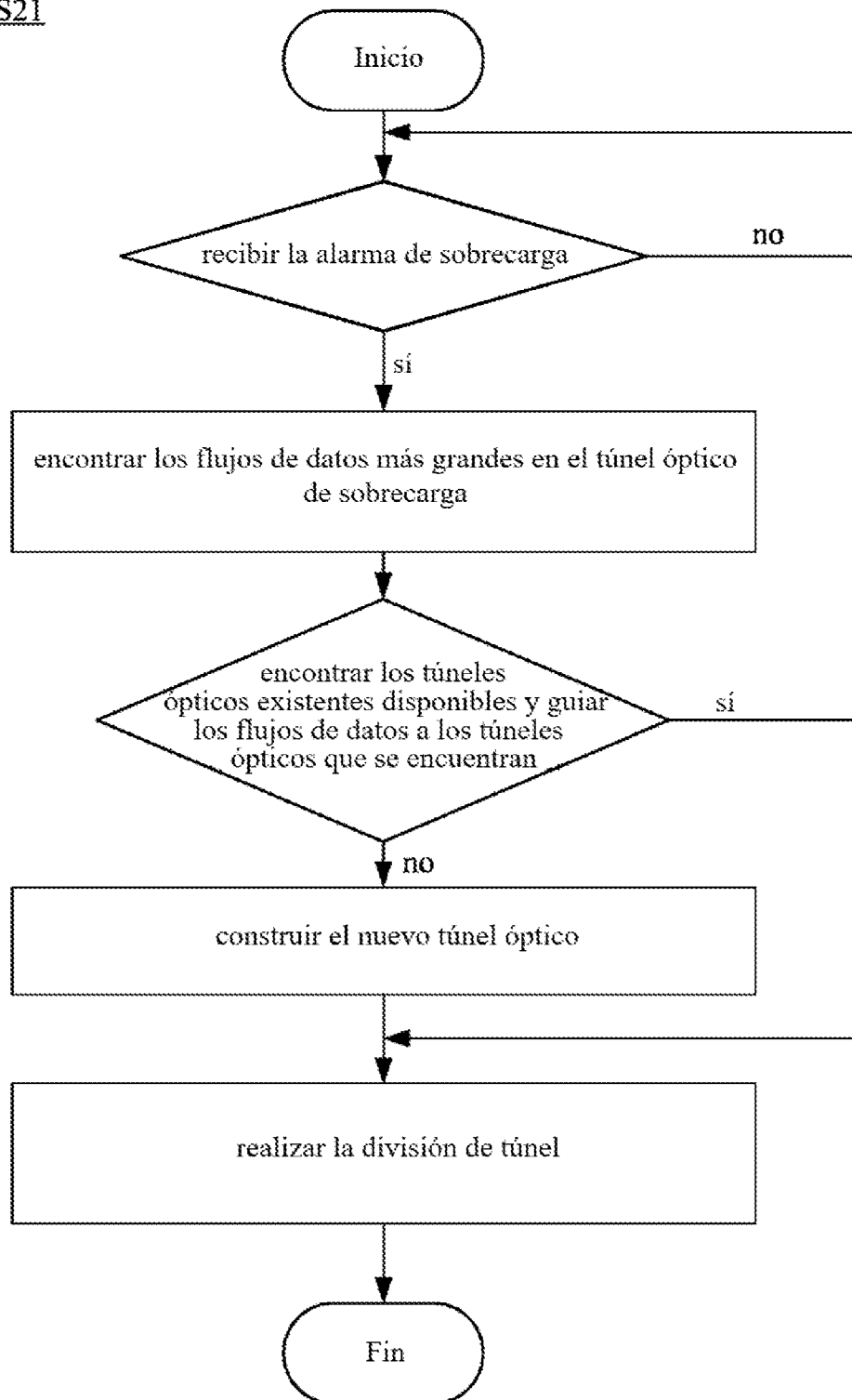
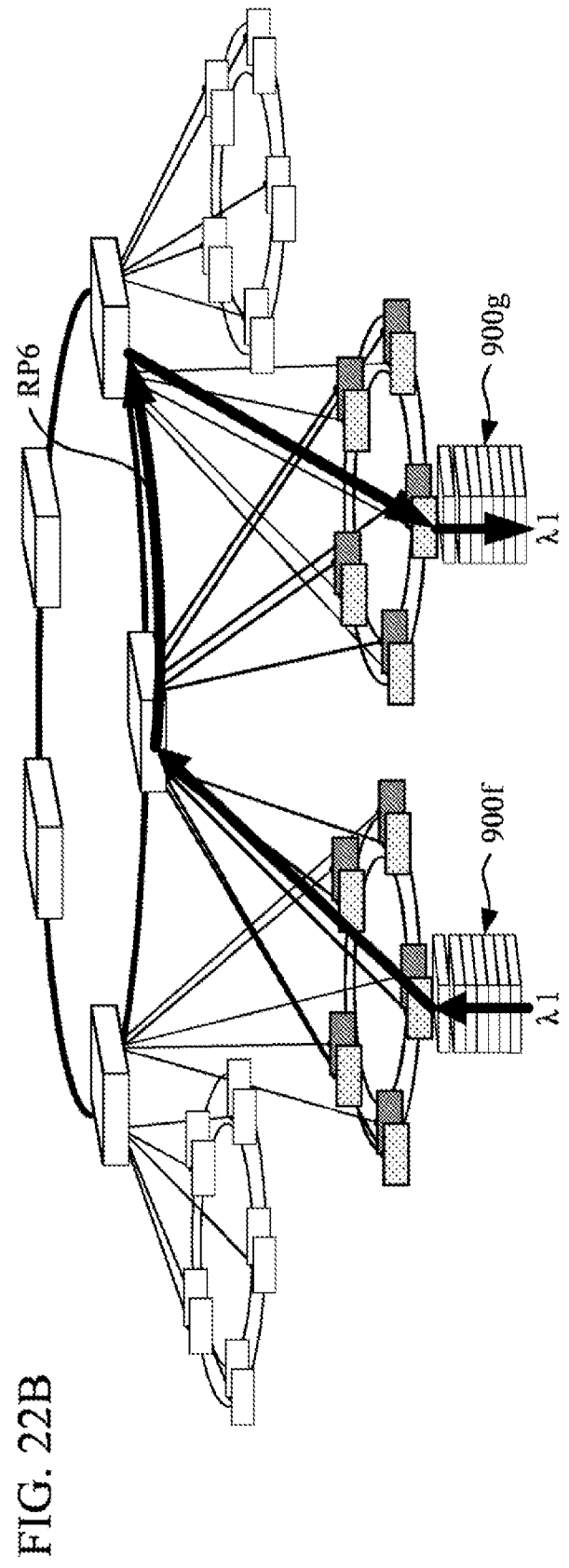
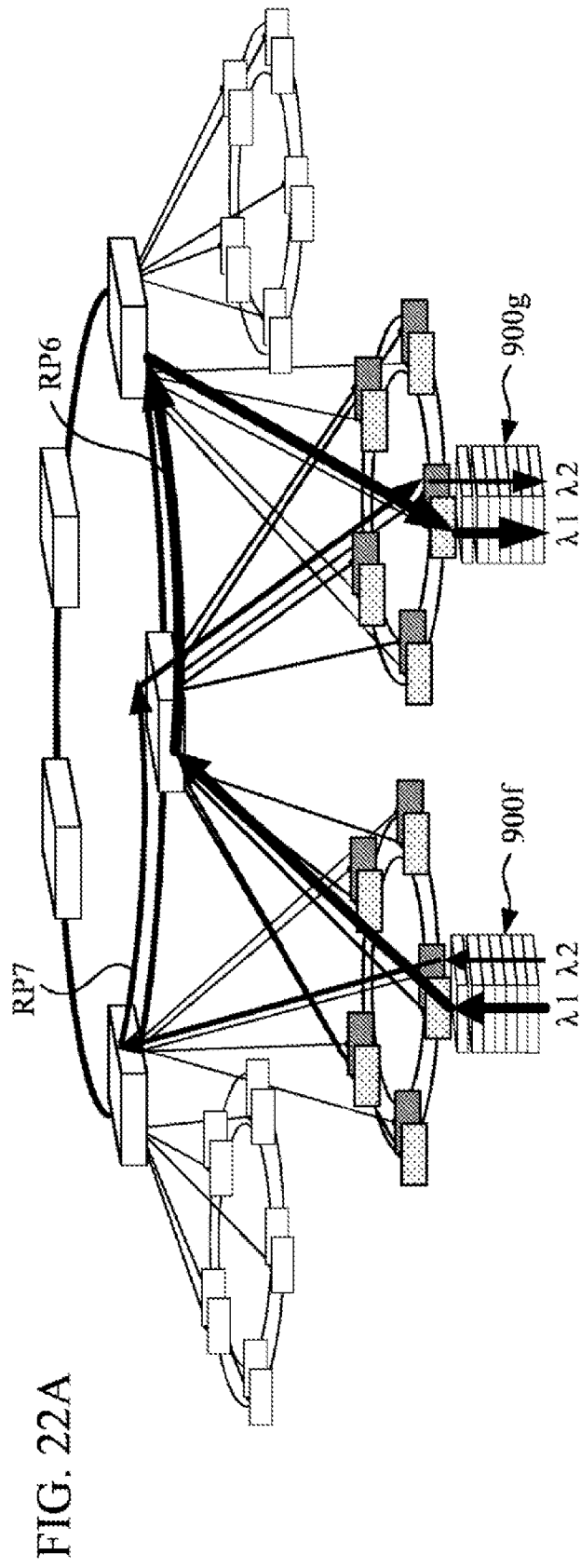
S21

FIG. 21



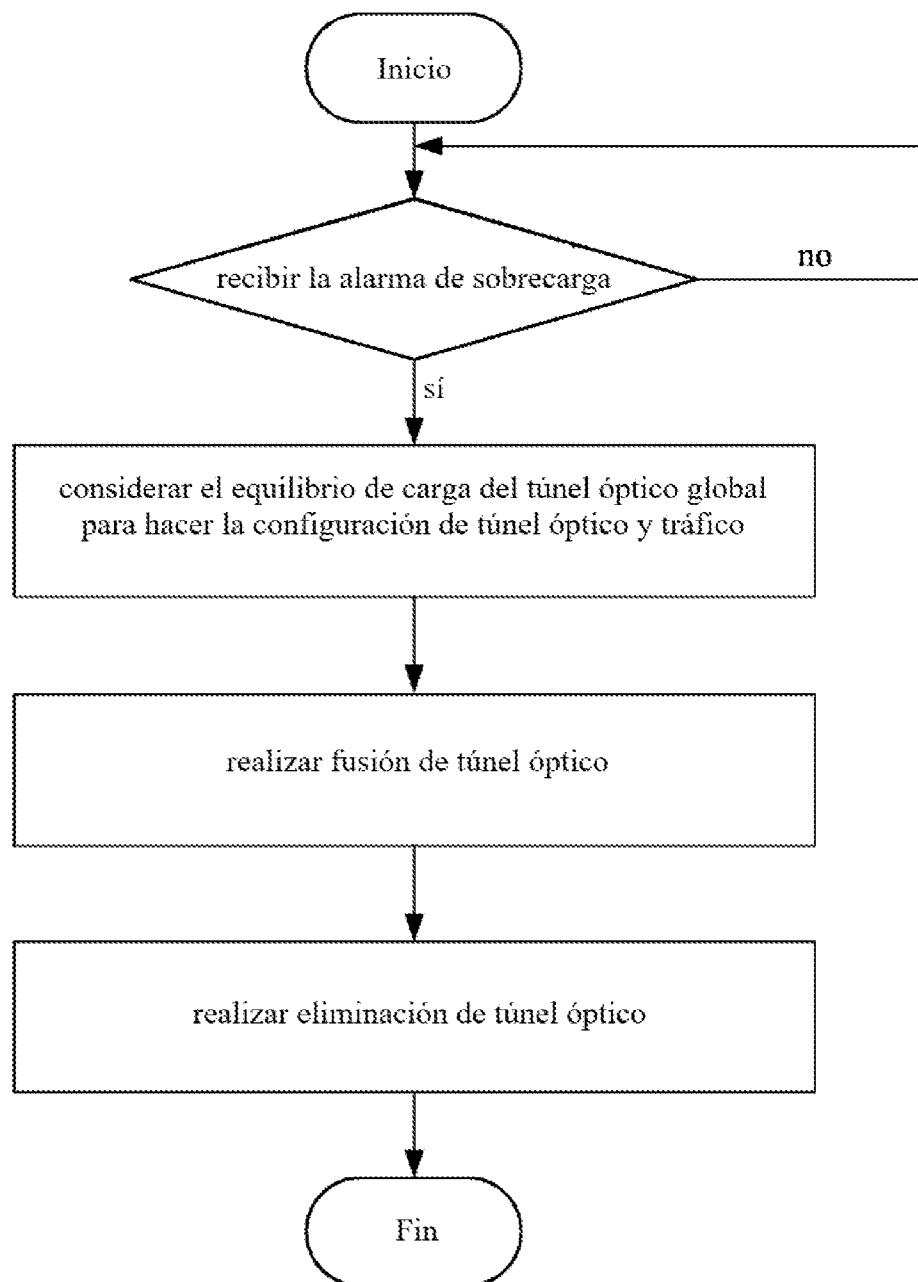
S23

FIG. 23

Entrada: túnel de sobrecarga T_o o túnel de subcarga T_u

Salida: ruta de encaminamiento y longitud de onda (P, λ) , si las hubiera

Variable:

T : tabla de ruta de encaminamiento

F : función de ruta de encaminamiento

idx : conjunto de índices

P : ruta de encaminamiento

Re : resultado de 40 bits

λ : longitud de onda

$T(S, D)$: el conjunto del túnel desde S hasta D

Allocation_Algorithm():

si se recibe alarma de sobrecarga en túnel T_o , a continuación, llamar **Handle_Overload**(T_o);

si se recibe alarma de subcarga en túnel T_u , a continuación, llamar **Handle_Underload**(T_u);

Handle_Overload(T_o):

$f \leftarrow$ el flujo con tráfico máximo en T_o ;

Redirect(f);

Tunnel_Creation() if needed;

Tunnel_Splitting();

Handle_Underload(T_u)

para todo flujo f en T_u **hacer:**

Redirect (f);

Tunnel_Merging();

Tunnel_Removal();

Redirect (f): //esta función activaría una o múltiples veces de división/fusión de túnel

Find_Other_Available_Routing_Path();

Tunnel_Creation(f):

$S_p, S_R, D_p, D_R \leftarrow$ unidad/bastidor de origen y unidad/bastidor de destino de f ;

Paralelo para toda función de ruta de encaminamiento F en T **hacer:**

Parallel for all función de ruta de encaminamiento F en T **do:**

$idx \leftarrow F(S_p, S_R, D_p, D_R)$;

$P \leftarrow$ obtener elementos de encaminamiento diferentes con idx ;

$Re \leftarrow$ ejecutar operación y (&) de todos los elementos en P ;

if ($Re \neq 0$) **entonces:**

$\lambda \leftarrow$ posición de primer bit de 1 (de izquierda a derecha) en Re ;

volver a ruta de encaminamiento y longitud de onda (P, λ) ;

volver a CERO

FIG. 24

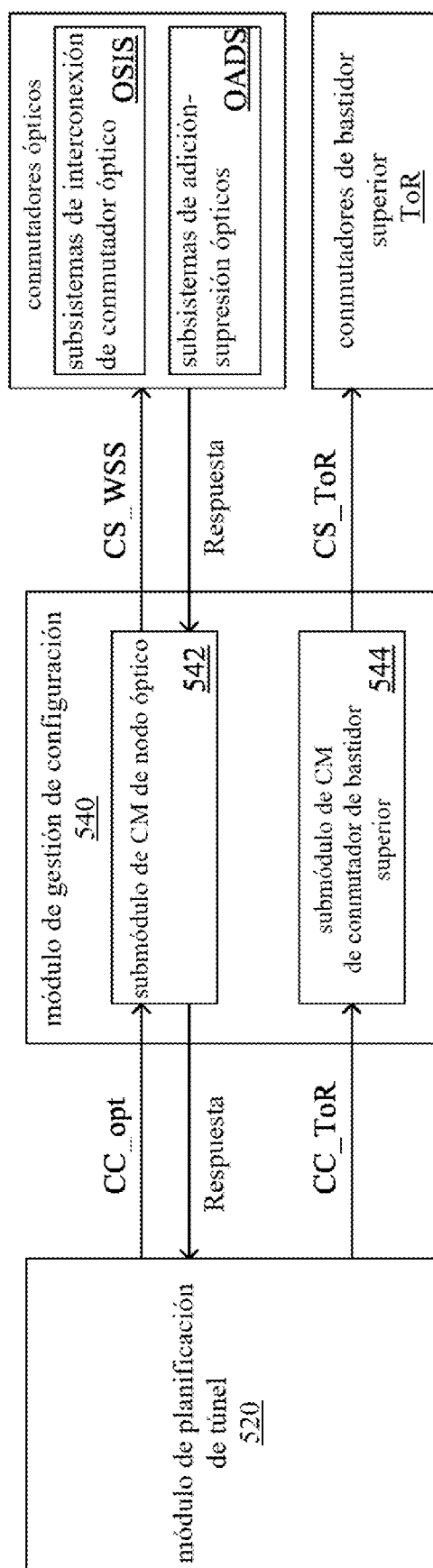


FIG. 25

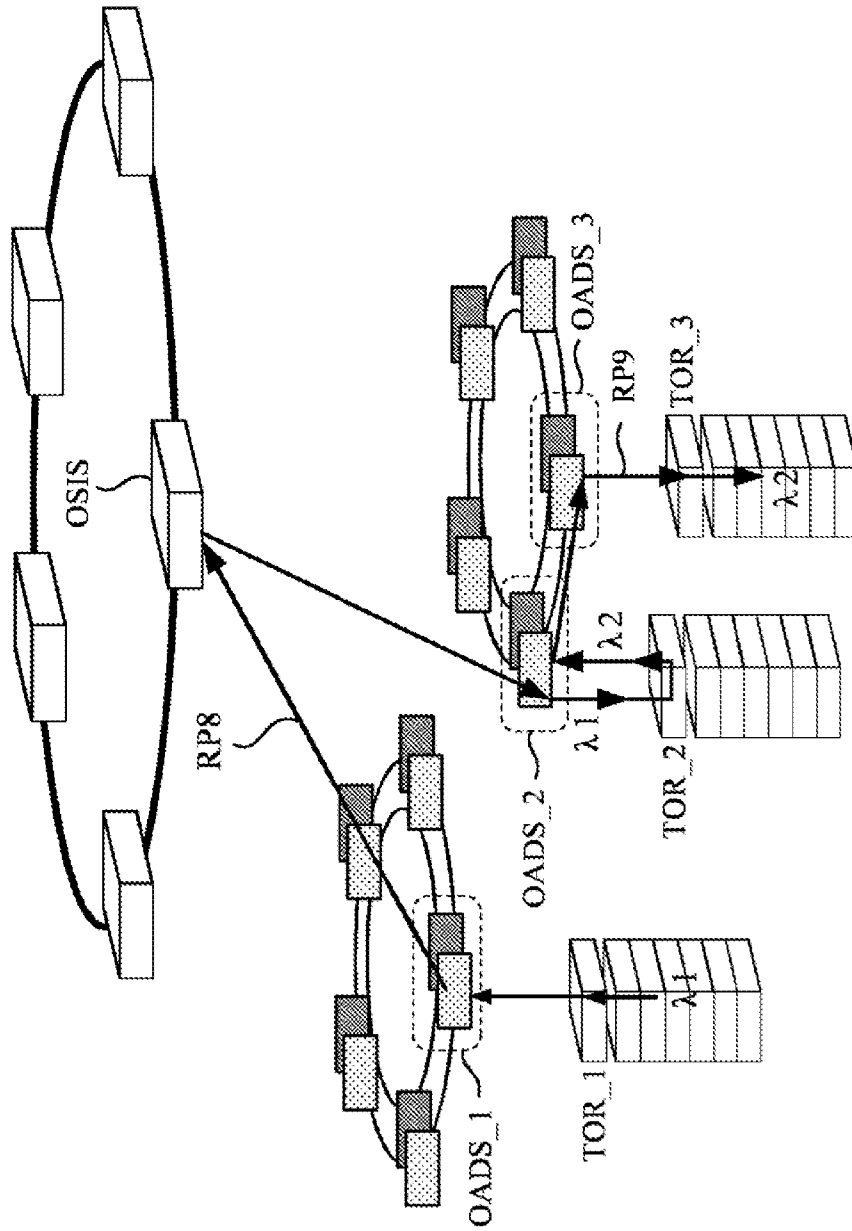


FIG. 26

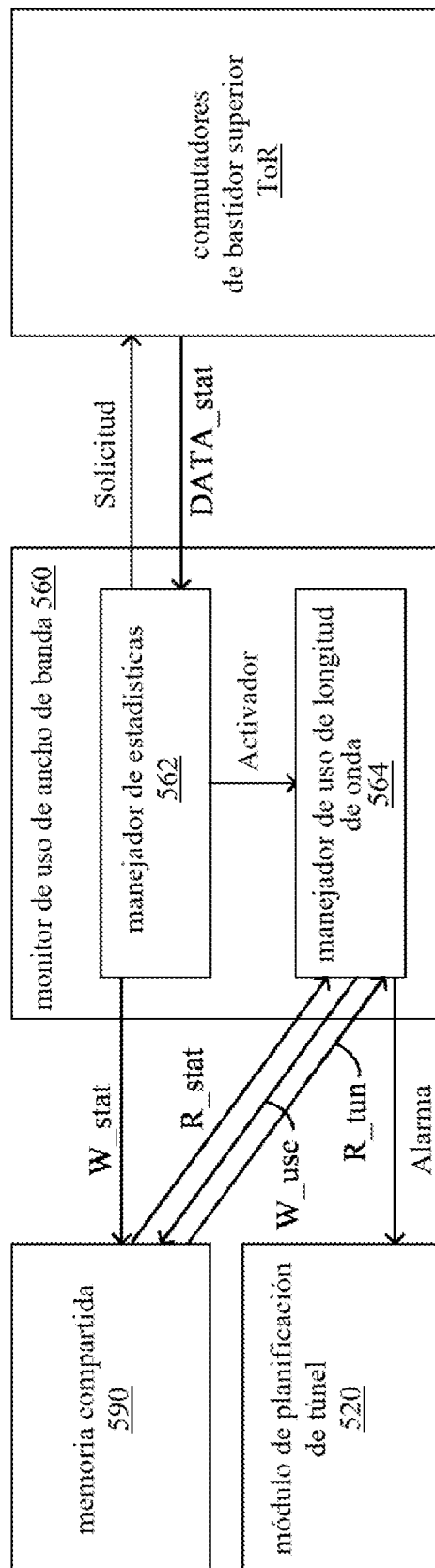


FIG. 27

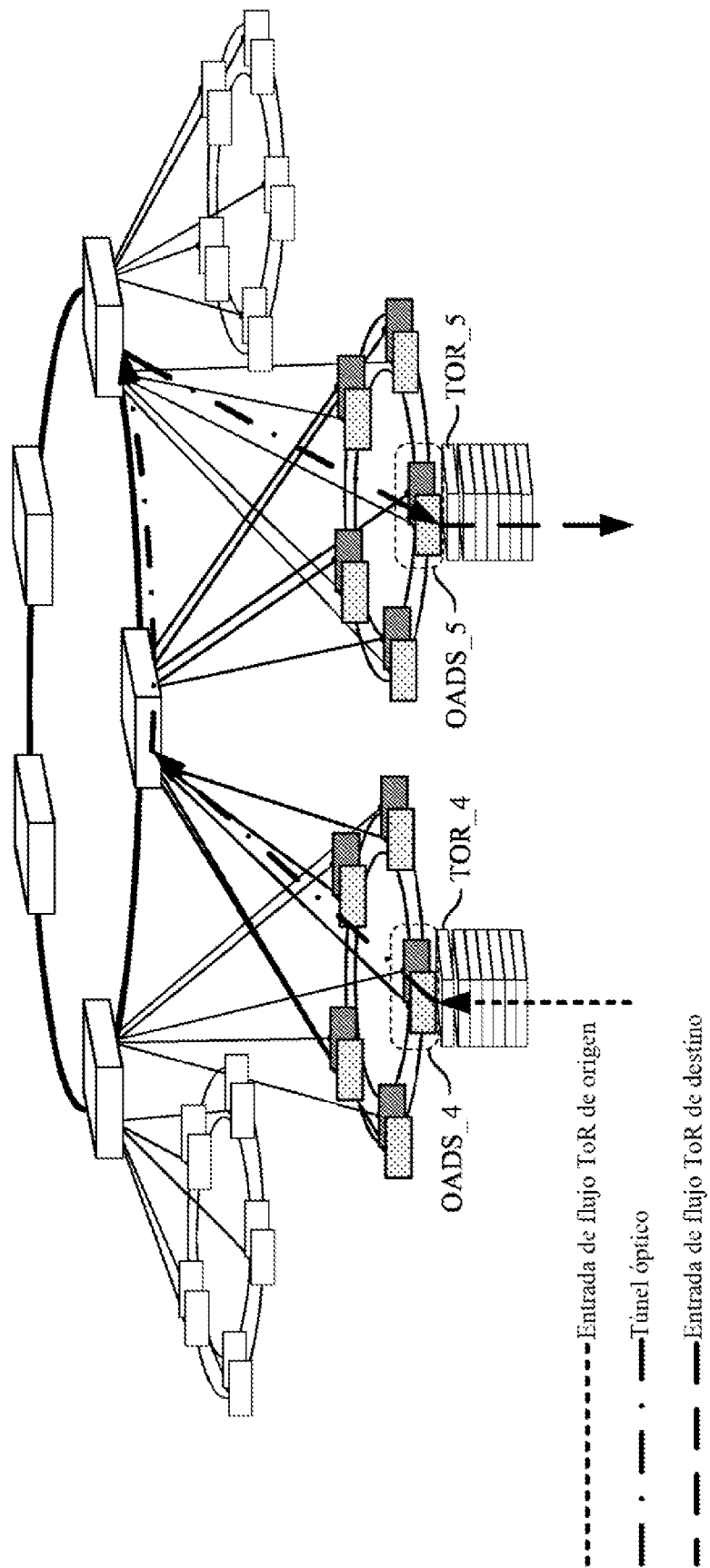


FIG. 28

Entrada: S_P, S_R, D_P, D_R

Salida: información de ruta de encaminamiento

Variable:

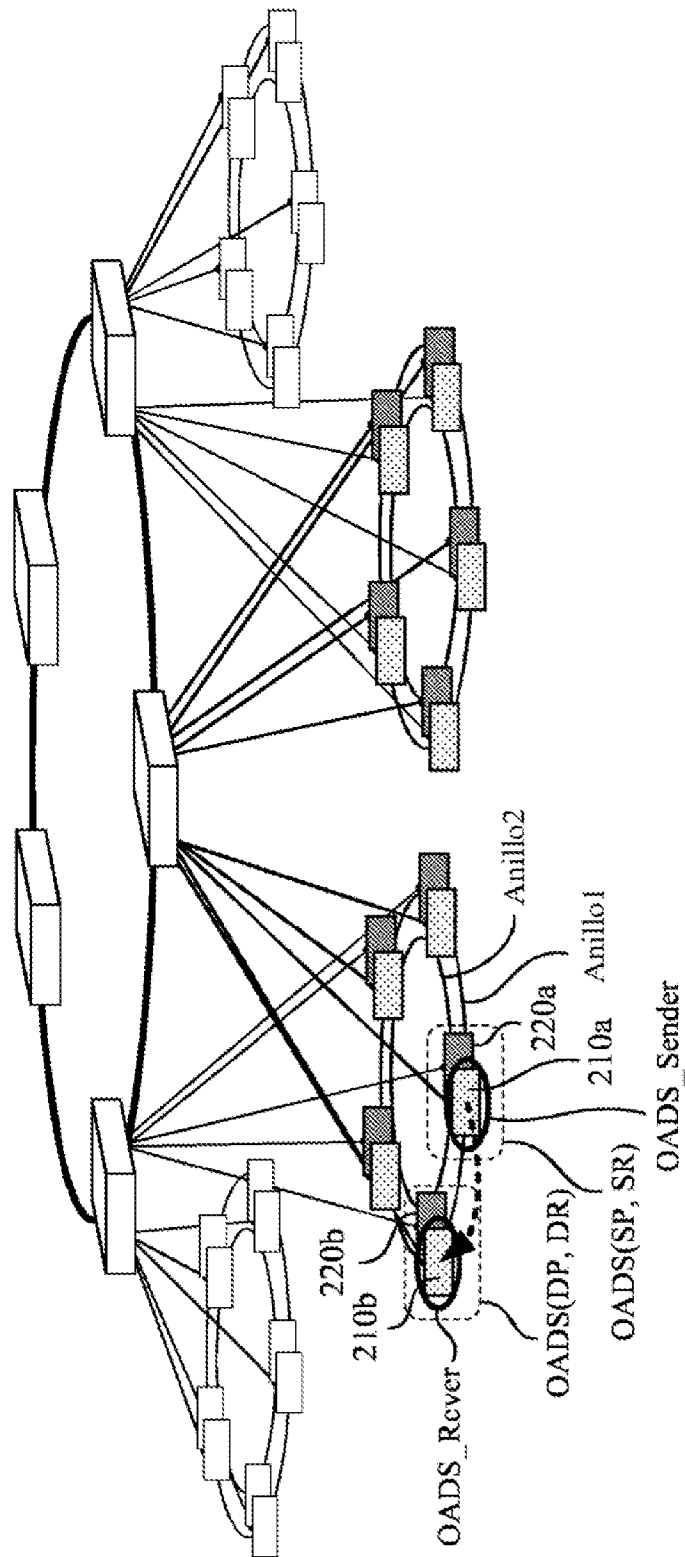
- $Ring_1$: Constante, valor= 0, se refiere al anillo formado por submódulos azules de OADS
- $Ring_2$: Constante, valor= 1, se refiere al anillo formado por submódulos rojos de OADS
- $OADS_Sender$: Índices de elemento de encaminamiento de OADS de origen
- $OADS_Rover$: Índices de elemento de encaminamiento de OADS de destino

```

Intra_Pod_Rpath_Type_Blue( $S_P, S_R, D_P, D_R$ ):
   $OADS\_Sender \leftarrow \{Ring\_1, S_P, S_R\}$ 
   $OADS\_Rover \leftarrow \{Ring\_1, D_P, D_R\}$ 
  return {  $OADS\_Sender, OADS\_Rover$  }

```

FIG. 29



----- Tipo 1 de ruta de enrutamiento

FIG. 30

Entrada: S_P, S_R, D_P, D_R
Salida: información de ruta de encaminamiento

Variable:

$Ring_1$: Constante, valor= 0, se refiere al anillo formado por submódulos azules de OADS
 $Ring_2$: Constante, valor= 1, se refiere al anillo formado por submódulos rojos de OADS
 To_East : Constante, valor= 0, se refiere a la dirección "hacia el este"
 To_West : Constante, valor= 1, se refiere a la dirección "hacia el oeste"

Src_OSIS : Índice de OSIS de origen
 Dst_OSIS : Índice de OSIS de destino
 $OADS_Sender$: Índices de elemento de encaminamiento de OADS de origen
 $OADS_Rcvr$: Índices de elemento de encaminamiento de OADS de destino
 $OSIS_EW$: Índices de elemento de encaminamiento de OSIS de origen
 $OSIS_South$: Índices de elemento de encaminamiento de OSIS de destino

$Inter_Pod_Rpath_Type_BB(S_P, S_R, D_P, D_R)$:

$OADS_Sender \leftarrow \{Ring_1, S_P, S_R\}$
 $OADS_Rcvr \leftarrow \{Ring_1, D_P, D_R\}$
 $Src_OSIS \leftarrow$ obtener el índice de OSIS de origen usando S_P
 $Dst_OSIS \leftarrow$ obtener el índice de OSIS de destino usando D_P
 $OSIS_South \leftarrow \{Ring_1, Dst_OSIS\}$
 If($Src_OSIS = Dst_OSIS$) then:
 $OSIS_EW \leftarrow NULL$

de lo contrario entonces
 $East_Distance \leftarrow$ ir desde Src_OSIS hasta el este hasta Dst_OSIS , registrar la distancia
 $West_Distance \leftarrow$ ir desde Src_OSIS hasta el oeste hasta Dst_OSIS , registrar la distancia
 If($West_Distance < East_Distance$) then:
 $OSIS_EW \leftarrow \{To_West, Src_OSIS\}$

de lo contrario entonces
 $OSIS_EW \leftarrow \{To_East, Src_OSIS\}$
 volver{ $OADS_Sender, OSIS_EW, OSIS_South, OADS_Rcvr$ }

FIG. 31

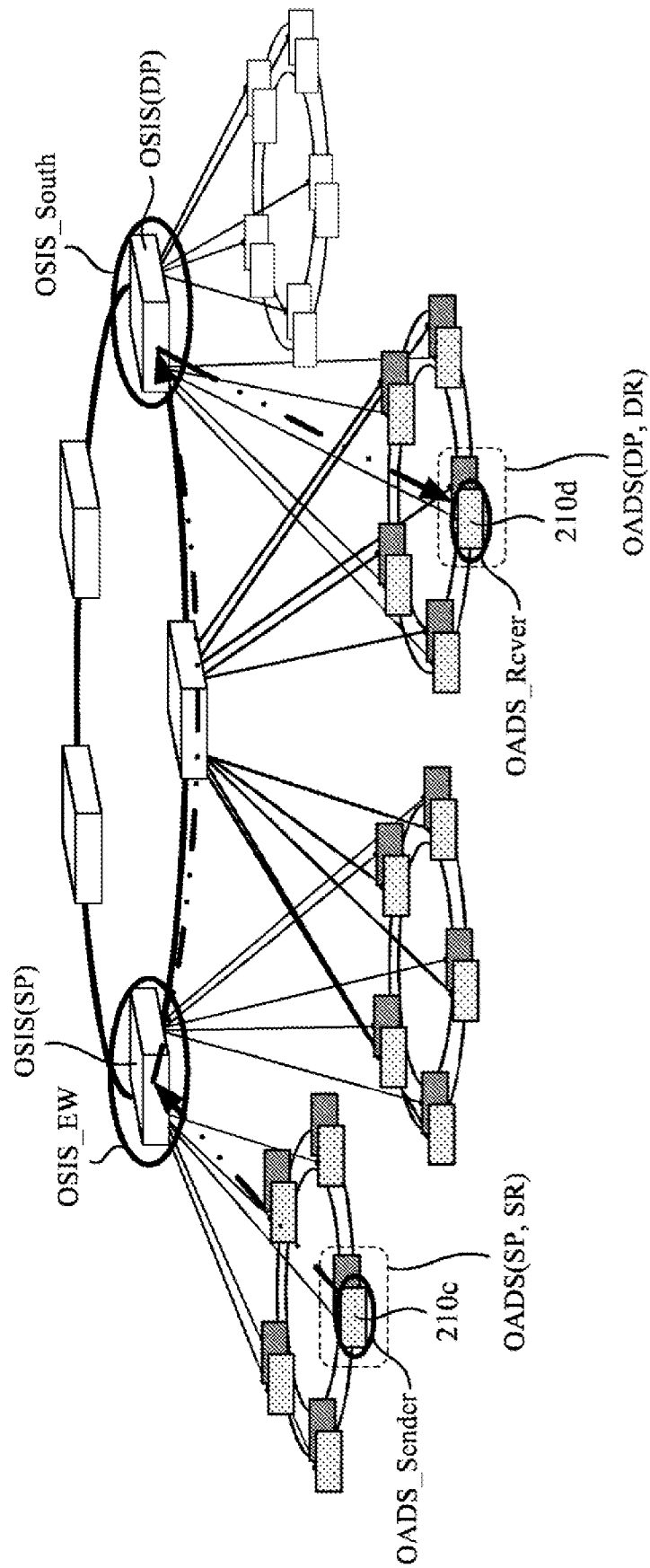


FIG. 32

— . . . Tipo 11 de ruta de encaminamiento