

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 052**

51 Int. Cl.:

H04J 14/02 (2006.01)

H04Q 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.08.2008** **PCT/CN2008/072161**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.05.2009** **WO09056021**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2008** **E 08784150 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017** **EP 2232737**

54 Título: **Codificación de información necesaria para la asignación de enrutamientos y de longitudes de onda en redes ópticas de conmutación de longitudes de onda**

30 Prioridad:

01.11.2007 US 984429 P
25.07.2008 US 180025

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.08.2017

73 Titular/es:

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)
Huawei Administration Building, Bantian
Longgang District, Shenzhen, Guangdong
518129, CN

72 Inventor/es:

BERNSTEIN, GREG y
LEE, YOUNG

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 628 052 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

Codificación de información necesaria para la asignación de enrutamientos y de longitudes de onda en redes ópticas de conmutación de longitudes de onda

SECTOR TÉCNICO DE LA INVENCIÓN

- 5 La presente invención se refiere al sector de la tecnología de redes, y en particular a la codificación de información necesaria para la asignación de enrutamientos y de longitudes de onda en redes ópticas de conmutación de longitudes de onda.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

- 10 La multiplexación por división de longitudes de onda (WDM, wavelength division multiplexing) es una tecnología que está concebida para aumentar la capacidad de ancho de banda y permitir comunicaciones bidireccionales en redes ópticas. En las redes WDM, se pueden transmitir simultáneamente múltiples señales de datos entre elementos de red (NEs, network elements) utilizando una única fibra. Específicamente, las señales individuales se pueden asignar a diferentes longitudes de onda de transmisión, de tal modo que no interfieren o colisionan entre sí. El camino que adopta la señal a través de la red se denomina el camino de luz. Un tipo de red WDM, una red óptica de conmutación de longitudes de onda (WSON, wavelength switched optical network), busca conmutar las señales ópticas con menos conversiones óptica-eléctrica-óptica (OEO) a lo largo del camino de luz, por ejemplo, en los NEs individuales, que las redes ópticas existentes.

- Uno de los desafíos en la implementación de redes WDM es la determinación de la asignación de enrutamientos y de longitudes de onda (RWA, routing and wavelength assignment) para las diversas señales que se están transportando a través de la red en cualquier momento. Para completar el proceso de RWA, es necesario proporcionar a este proceso la suficiente información para garantizar su finalización satisfactoria. Siendo así, la RWA sigue siendo uno de los desafíos en la implementación de tecnología WDM en las redes ópticas.

- 25 D1, identificado como CN 1 878 047 A (HUAWEI TECH CO LTD [CN]), 13 de diciembre de 2006 (13/12/2006); -& EP 1 881 631 A1 (HUAWEI TECH CO LTD [CN]), 23 de enero de 2008 (23/01/2008), que da a conocer un sistema que comprende diversos elementos fabricados y procedimientos para comunicar información a través de conexiones dentro de una red óptica utilizando información de longitud de onda. La presente invención extrae la información de conexiones cruzadas para producir información de accesibilidad de longitudes de onda e información del estado de ocupación de las longitudes de onda, para cada nodo dentro de la red óptica, y distribuye la información de accesibilidad de longitudes de onda y del estado de ocupación de las longitudes de onda de cada nodo a todos los otros nodos, o a un equipo de cálculo de caminos (PCE, Path Calculation Equipment) de la red óptica, por medio de protocolos de enrutamiento extendidos.

- 35 D2, identificado como AL-FUQAHA A I ET AL: "Routing in all-optical OWDM networks with sparse wavelength conversion capabilities", GLOBECOM'03 2003 - IEEE GLOBAL TELECOMMUNICATIONS CONFERENCE IEEE, US, volumen 5, 1 de diciembre de 2003 (01/12/2003), páginas 2569 a 2574, que da a conocer cómo resolver el problema de la asignación de enrutamientos y de longitudes de onda (RWA) en redes DWDM totalmente ópticas con escasas capacidades de conversión de longitudes de onda (SWC, Sparse Wavelength Conversion). En la sección III de D2, da a conocer formulación de programación lineal en enteros (ILP, Integer Linear Programming) para el establecimiento estático de caminos de luz (SLE, Static Lightpath Establishment) en redes totalmente ópticas con escasas capacidades de conversión de longitudes de onda; y en la sección IV da a conocer una nueva extensión opaca al protocolo de enrutamiento OSPF para divulgar la utilización de longitudes de onda y la disponibilidad de los convertidores en todo el dominio de la red óptica.

- 45 D3, identificado como WO 2008/145067 A1 (HUAWEI TECH CC LTD [CN]; LEE YOUNG [US]; BERNSTEIN GREG [US]), 4 de diciembre de 2008 (04/12/2008), que da a conocer un procedimiento que comprende reunir información de disponibilidad de longitudes de onda asociada a una WSON, recibir una solicitud de cálculo de camino para transportar una señal a través de la WSON, calcular por lo menos una ruta a través de la WSON para la señal, y asignar por lo menos una longitud de onda a utilizar por la señal a lo largo de la ruta.

COMPENDIO DE LA INVENCIÓN

- 50 En una realización, la invención incluye un componente de red que comprende por lo menos un controlador del plano de control configurado para transmitir un mensaje a por lo menos un controlador del plano de control (120) adyacente; donde el mensaje comprende un tipo-longitud-valor, TLV, que indica información de asignación de enrutamientos y de longitudes de onda, RWA; y la información de RWA se utiliza para la asignación de enrutamientos y de longitudes de onda, que se implementa mediante un elemento de cálculo de caminos, PCE (130); recibir la RWA del PCE (130); donde la información de RWA se codifica utilizando un TLV de conjuntos de enlaces (600), un TLV de conjuntos de longitudes de onda (700) o ambos; cuando la información de RWA se codifica utilizando un TLV de conjuntos de enlaces (600), el TLV de conjuntos de enlaces (600) comprende un campo de acción (602) que indica si los enlaces son un intervalo inclusivo o un intervalo exclusivo; cuando la información de RWA se codifica utilizando un TLV de conjuntos de longitudes de onda (700), el TLV de conjuntos de

longitudes de onda (700) comprende un campo de acción (702) que indica si una serie de longitudes de onda están representadas por un intervalo inclusivo, un intervalo exclusivo o un mapa de bits, y donde la información de RWA comprende una matriz de conectividad asociada con un elemento de red, y el TLV comprende un campo de conectividad, un conjunto de enlaces de entrada y un conjunto de enlaces de salida.

- 5 En otra realización, la invención incluye un procedimiento que comprende comunicar un mensaje que comprende un TLV a un controlador del plano de control, donde el TLV indica información de RWA; y la información de RWA se utiliza para asignación de enrutamientos y de longitudes de onda, que se implementa mediante un elemento de cálculo de caminos, PCE (130); y recibir la RWA del PCE (130); donde la información de RWA se codifica utilizando un TLV de conjuntos de enlaces (600), un TLV de conjuntos de longitudes de onda (700) o ambos; cuando la
- 10 información de RWA se codifica utilizando un TLV de conjuntos de enlaces (600), el TLV de conjuntos de enlaces (600) comprende un campo de acción (602) que indica si los enlaces son un intervalo inclusivo, o un intervalo exclusivo; cuando la información de RWA se codifica utilizando un TLV de conjuntos de longitudes de onda (700), el TLV de conjuntos de longitudes de onda (700) comprende un campo de acción 702 que indica si una serie de
- 15 longitudes de onda están representadas por un intervalo inclusivo, un intervalo exclusivo o un mapa de bits, y donde la información de RWA comprende una matriz de conectividad asociada con un elemento de red, y el TLV comprende un campo de conectividad, un conjunto de enlaces de entrada y un conjunto de enlaces de salida. Además, la invención incluye asimismo un producto de programa informático que comprende código de programa informático que, cuando es ejecutado por una unidad informática, hace que una unidad informática lleve a cabo las etapas del procedimiento.
- 20 Estas y otras características se comprenderán mejor a partir de la siguiente descripción detallada, tomada conjuntamente con los dibujos adjuntos y las reivindicaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para una comprensión más completa de esta invención, se hace referencia a continuación a la siguiente breve descripción, tomada en relación con los dibujos adjuntos y la descripción detallada, en que los numerales de

- 25 referencia similares representan partes similares.
- La figura 1 es un diagrama esquemático de una realización de un sistema WSON.
- La figura 2 es un diagrama esquemático de una realización de una arquitectura de elemento de cálculo de caminos (PCE).
- La figura 3 es un diagrama esquemático de otra realización de la arquitectura de PCE.
- 30 La figura 4 es un diagrama esquemático de otra realización de la arquitectura de PCE.
- La figura 5 es un diagrama de protocolos de una realización de la comunicación entre un NE, un primer controlador del plano de control y un segundo controlador del plano de control.
- La figura 6 es un diagrama esquemático de una realización de un TLV de conjuntos de enlaces.
- La figura 7 es un diagrama esquemático de una realización de un TLV de conjuntos de longitudes de onda.
- 35 La figura 8 es un diagrama esquemático de una realización de un TLV de listas de longitudes de onda.
- La figura 9 es un diagrama esquemático de una realización de un TLV de intervalos de longitudes de onda.
- La figura 10 es un diagrama esquemático de una realización de un TLV de mapa de bits de longitudes de onda.
- La figura 11 es un diagrama esquemático de una realización de un TLV de matriz de conectividad.
- La figura 12 es un diagrama esquemático de otra realización de un TLV de matriz de conectividad.
- 40 La figura 13 es un diagrama esquemático de un ejemplo de un TLV de limitación de longitudes de onda por puertos.
- La figura 14 es un diagrama esquemático de una realización de un propósito general de sistema informático.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES

Para empezar, se debe entender que aunque a continuación se da a conocer una implementación ilustrativa de una o varias realizaciones, los sistemas y/o procedimientos dados a conocer se pueden implementar utilizando cualquier

- 45 número de técnicas, actualmente conocidas o existentes. La invención no se deberá limitar en modo alguno a las implementaciones ilustrativas, dibujos y técnicas mostradas a continuación, incluyendo los diseños e implementaciones a modo de ejemplo mostrados y descritos en la presente memoria, sino que se puede modificar dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas junto con todo el alcance de sus equivalentes.

Se da a conocer en la presente memoria un sistema y un procedimiento que pueden codificar de manera compacta la información necesaria para RWA en redes WDM, tal como la WSON. Específicamente, un controlador del plano de control puede enviar un mensaje a por lo menos un controlador del plano de control adyacente, donde el mensaje comprende la información de RWA en forma de, por lo menos, un TLV. Son ejemplos de la información de RWA que puede estar incluida en el mensaje una matriz de conectividad, una limitación de longitudes de onda, un intervalo de longitudes de onda, una separación entre canales, un intervalo del transmisor, una capacidad de conversión de longitudes de onda, un ancho de banda por longitud de onda, una disponibilidad de las longitudes de onda y combinaciones de los mismos. La información de RWA se puede codificar utilizando un TLV de conjuntos de enlaces, un TLV de conjuntos de longitudes de onda o ambos. El TLV de conjuntos de enlaces y/o el TLV de conjuntos de longitudes de onda pueden reducir el tamaño del mensaje utilizado para transportar la información de RWA, en comparación con otros formatos de mensaje.

La figura 1 muestra una realización de un sistema WSON 100. El sistema 100 puede comprender un plano de transporte óptico 110 que comprende una serie de NEs 112, un plano de control 114 que comprende una serie de controladores del plano de control 120 y un PCE 130. Los NEs 112, los controladores del plano de control 120 y el PCE 130 pueden comunicar entre sí por medios ópticos, eléctricos o inalámbricos. En una realización, los NEs 112 pueden estar acoplados entre sí utilizando fibras ópticas. De manera similar, los controladores del plano de control 120 pueden estar acoplados entre sí utilizando fibras ópticas, quizás las mismas fibras ópticas utilizadas para conectar los NEs 112. En algunos casos, estas fibras ópticas pueden asimismo ser consideradas como NEs 112. Una serie de señales ópticas pueden ser transportadas a través del plano de transporte óptico 110 sobre caminos de luz que pasan a través de algunos de los NEs 112. Además, por lo menos algunos de los NEs 112, por ejemplo los que están en los extremos del plano de transporte óptico 110, pueden estar configurados para conversión entre señales eléctricas procedentes de fuentes externas, por ejemplo, datos de interfaz usuario-red (UNI, user network interface), y las señales ópticas utilizadas en el plano de transporte óptico 110. De manera similar, por lo menos algunos de los controladores del plano de control 120, por ejemplo los que están en los extremos del plano de control 114, pueden estar configurados para conversión entre señales eléctricas procedentes de fuentes externas, por ejemplo, señales de interfaz de administración de red (NMI, network management interface) y/o de control de UNI, y las señales ópticas utilizadas en el plano de control 114. Aunque en el sistema 100 se muestran cuatro NEs 112, cuatro controladores del plano de control 120 y un PCE 130, el sistema 100 puede comprender cualquier número de NEs 112, de controladores del plano de control 120 o de PCEs 130. Además, aunque en la figura 1 se muestra una relación de uno a uno entre los controladores del plano de control 120 y los NEs 112, pueden existir NEs 112 asociados con un único controlador del plano de control 120, o viceversa. De manera similar, aunque en la figura 1 los controladores del plano de control 120 están asociados con un único PCE 130, pueden existir muchos PCE 130 en el sistema 100, y los controladores del plano de control 120 pueden estar asociados con uno o varios de dichos PCE 130.

El plano de transporte óptico 110 puede ser parte del sistema 100 que utiliza componentes activos o pasivos para transportar señales ópticas. El plano de transporte óptico 110 puede implementar WDM para transportar las señales ópticas a través del plano de transporte óptico 110, y puede comprender varios componentes ópticos, tal como se describe en detalle a continuación. El plano de transporte óptico 110 puede ser parte de una red de larga distancia, una red metropolitana o una red de acceso residencial.

Los NEs 112, denominados asimismo nodos, pueden ser cualesquiera dispositivos o componentes que transporten señales a través del plano de transporte óptico 110. En una realización, los NEs 112 consisten esencialmente en componentes de procesamiento óptico, tales como puertos de línea, puertos de adición, puertos de sustracción, transmisores, receptores, amplificadores, tomas ópticas y similares, y no comprenden ningún componente de procesamiento eléctrico. Alternativamente, los NEs 112 pueden comprender una combinación de componentes de procesamiento óptico y componentes de procesamiento eléctrico. Por lo menos algunos de los NEs 112 pueden estar configurados con convertidores de longitud de onda, convertidores óptico-eléctricos (OE), convertidores eléctrico-ópticos (EO), convertidores OEO o combinaciones de los mismos. Sin embargo, puede ser ventajoso que por lo menos algunos de los NEs 112 carezcan de dichos convertidores, dado que esto puede reducir el coste y la complejidad del sistema 100. En realizaciones específicas, los NEs 112 pueden comprender interconectores ópticos (OXCs, optical cross connects), interconectores fotónicos (PXCs, photonic cross connects), multiplexores ópticos de adición/sustracción reconfigurables (ROADMs, reconfigurable optical add/drop multiplexers) de tipo I ó II, conmutadores selectivos en longitud de onda (WSSs, wavelength selective switches), multiplexores ópticos de adición/sustracción fijos (FOADMs, fixed optical add/drop multiplexers) o combinaciones de los mismos.

Los NEs 112 se pueden acoplar entre sí por medio de fibras ópticas, denominadas asimismo enlaces. Las fibras ópticas pueden ser utilizadas para establecer enlaces ópticos y transportar las señales ópticas entre los NEs 112. Las fibras ópticas pueden comprender fibras monomodo (SMFs, single mode fibers) estándar como las definidas en el estándar G.652 de ITU-T, SMFs de dispersión desplazada como las definidas en el estándar G.653 de ITU-T, SMFs de corte desplazado como las definidas en el estándar G.654 de ITU-T, SMFs de dispersión desplazada distinta de cero como las definidas en el estándar G.655 de ITU-T, SMFs de dispersión desplazada distinta de cero de banda ancha como las definidas en el estándar G.656 de ITU-T, o combinaciones de las mismas. Estos tipos de fibras se pueden diferenciar por sus características de deterioro óptico, tales como la atenuación, la dispersión cromática, la dispersión del modo de polarización, la mezcla de cuatro ondas o combinaciones de las mismas. Estas consecuencias pueden depender de la longitud de onda, de la separación entre canales, del nivel de potencia de

entrada o de combinaciones de los mismos. Las fibras ópticas pueden ser utilizadas para transportar señales WDM de transporte, tales como señales de WDM de curso (CWDM, course WDM) como las definidas en ITU-T G.694.2, o señales de WDM densa (DWDM, dense WDM) como las definidas en ITU-T G.694.1. Todos los estándares descritos en la presente memoria se incorporan a la misma como referencia.

- 5 El plano de control 114 puede ser cualquier parte del sistema 100 que maneje mensajes de control, operaciones, administración y mantenimiento (OAM, operation, administration and maintenance) y/o la administración general del sistema 100. El plano de control 114 puede utilizar el plano de transporte óptico 110 para intercambiar mensajes, o puede tener su propia red de distribución de mensajes. El plano de control 114 puede comprender varios controladores del plano de control 120, tal como se describe en detalle a continuación.
- 10 Los controladores del plano de control 120, denominados asimismo controladores de conexión óptica, pueden coordinar actividades entre los NEs 112. Específicamente, los controladores del plano de control 120 pueden recibir solicitudes de conexión óptica y proporcionar señalización de caminos de luz a los NEs 112 por medio de la interfaz de control de conexiones (CCI, connection control interface), coordinando de ese modo los NEs 112 de tal modo que las señales de datos son enrutadas a través del plano de transporte óptico 110 con poca o ninguna contienda. Los
- 15 controladores del plano de control 120 pueden comunicar entre sí utilizando cualquier protocolo adecuado, tal como conmutación multiprotocolo generalizada (GMPLS, Generalized Multi-Protocol Switching) o un protocolo de pasarela interno (IGP, Interior Gateway Protocol). Además, los controladores del plano de control 120 pueden comunicar con el PCE 130 utilizando el protocolo PCE (PCEP) para proporcionar al PCE 130 información que puede ser utilizada para la RWA, para recibir la RWA desde el PCE 130 y/o para enviar la RWA a los NEs 112. Los controladores del
- 20 plano de control 120 pueden estar situados en un componente fuera de los NEs 112, tal como un servidor externo, o pueden formar parte de los NEs 112. En una realización, los controladores del plano de control 120 pueden calcular el RA, el WA o ambos.

- El PCE 130 puede llevar a cabo la totalidad o parte de la RWA para el sistema WSON 100. Específicamente, el PCE 130 puede recibir la longitud de onda u otra información que pueda ser utilizada por la RWA, desde los controladores
- 25 del plano de control 120, desde los NEs 112 o desde ambos. El PCE 130 puede procesar la información para obtener la RWA, por ejemplo, calculando las rutas, por ejemplo, los caminos de luz, para las señales ópticas, especificando las longitudes de onda ópticas que se utilizan para cada camino de luz, y determinando los NEs 112 a lo largo del camino de luz en los que la señal óptica debería ser convertida a una señal eléctrica o a una diferente longitud de onda. La RWA puede incluir por lo menos una ruta para cada señal entrante y por lo menos una longitud
- 30 de onda asociada con cada ruta. El PCE 130 puede enviar a continuación la totalidad o parte de la información de RWA al controlador del plano de control 120 o directamente a los NEs 112. Para ayudar al PCE 130 en este proceso, el PCE 130 puede comprender, o interactuar con una base de datos de ingeniería del tráfico (TED, traffic-engineering database) global 132, una base de datos de información de RWA 136, un monitor del rendimiento óptico (OPM, optical performance monitor) 134, una base de datos de información de limitaciones de la capa física (PLC, physical layer constraint) (no mostrada) o combinaciones de las mismas. El PCE 130 puede estar situado en un
- 35 componente en el exterior del sistema 100, tal como un servidor externo, o puede estar situado en un componente dentro del sistema 100, tal como un controlador del plano de control 120 o un NE 112.

- En algunas realizaciones, la información de RWA puede ser enviada al PCE 130 mediante un cliente de cálculo de caminos (PCC, Path Computation Client). El PCC puede ser cualquier aplicación cliente que solicite la realización de un cálculo de caminos por el PCE 130. El PCC puede ser asimismo cualquier componente de red que realice dicha
- 40 solicitud, tal como el controlador del plano de control 120, o cualquier NE 112, tal como un ROADM o un FOADM.

- El PCE 130 se puede realizar en una de varias arquitecturas. La figura 2 muestra una realización de una arquitectura de RWA combinada 200. En la arquitectura de RWA combinada 200, el PCC 210 comunica la solicitud de RWA y la información necesaria al PCE 220, que implementa las funciones tanto de asignación de enrutamiento como de
- 45 asignación de longitudes de onda utilizando una única entidad de cálculo, tal como un procesador. Por ejemplo, el procesador puede procesar la información de RWA utilizando uno solo o múltiples algoritmos para calcular caminos de luz así como para asignar las longitudes de onda ópticas para cada camino de luz. La cantidad de información de RWA requerida por el PCE 220 para calcular la RWA puede variar en función del algoritmo utilizado. Si se desea, el PCE 220 puede no calcular la RWA hasta que se establecen suficientes enlaces de red entre los NEs, o se proporciona suficiente información de RWA sobre los NEs y la topología de la red. La arquitectura de RWA
- 50 combinada 200 puede ser preferible para optimización de redes, WSONs menores, o ambas.

- La figura 3 muestra una realización de una arquitectura de RWA independiente 300. En la arquitectura de RWA independiente 300, el PCC 310 comunica la solicitud de RWA y la información requerida al PCE 320, que implementa tanto la función de enrutamiento como la función de asignación de longitudes de onda utilizando
- 55 entidades de cálculo independientes, tales como los procesadores 322 y 324. Alternativamente, la arquitectura de RWA independiente 300 puede comprender dos PCE independientes 320, cada uno de los cuales comprende uno de los procesadores 322 y 324. Implementar por separado la asignación de enrutamiento y la asignación de longitudes de onda puede descargar parte de la carga de cálculo de los procesadores 322 y 324 y reducir el tiempo de procesamiento. En una realización, el PCC 310 puede estar al corriente de la presencia de solamente uno de los
- 60 dos procesadores 322, 324 (o dos PCE) y puede comunicar solamente con ese procesador 322, 324 (o PCE). Por ejemplo, el PCC 310 puede enviar la información de RWA al procesador 322, que puede calcular las rutas de

caminos de luz y enviar la asignación de rutas al procesador 324 donde se llevan a cabo las asignaciones de longitudes de onda. La RWA se puede devolver a continuación al procesador 322 y después al PCC 310. Dicha realización puede asimismo invertirse, de tal modo que el PCC 310 comunique con el procesador 324 en lugar de con el procesador 322.

- 5 En cualquier arquitectura 200 ó 300, el PCC 210 ó 310 puede recibir una ruta desde el origen hasta el destino junto con las longitudes de onda, por ejemplo etiquetas generalizadas GMPLS, para su utilización en partes del camino. La señalización GMPLS soporta un objeto explícito de enrutamiento (ERO, explicit route object). Dentro de un ERO, se puede utilizar un objeto secundario de etiqueta ERO para indicar la longitud de onda a utilizar en un NE particular. En los casos en que se utiliza el enfoque de mapa de etiquetas local, puede ser necesario traducir la entrada del objeto secundario de etiqueta en el ERO.

10 La figura 4 muestra una arquitectura de asignación de longitudes de onda distribuida 400. En la arquitectura de asignación de longitudes de onda distribuida 400, el PCE 410 puede recibir parte o la totalidad de la información de RWA desde los NEs 420, 430 y 440, quizás mediante un enlace directo, e implementar la asignación de enrutamientos. A continuación, el PCE 410 pasa directa o indirectamente la asignación de enrutamientos a los NEs individuales 420, 430 y 440, que asignan las longitudes de onda en los enlaces locales entre los NEs 420, 430 y 440 en base a información local. Específicamente, el NE 420 puede recibir información de RWA local de los NEs 430 y 440, y enviar parte o la totalidad de la información de RWA al PCE 410. El PCE 410 puede calcular los caminos de luz utilizando la información de RWA recibida, y enviar la lista de caminos de luz al NE 420. El NE 420 puede utilizar la lista de caminos de luz para identificar el NE 430 como el siguiente NE en el camino de luz. El NE 420 puede establecer un enlace con el NE 430 y utilizar la información de RWA local recibida que puede comprender limitaciones adicionales para asignar una longitud de onda para transmisión sobre el enlace. El NE 430 puede recibir del NE 420 la lista de caminos de luz, utilizar la lista de caminos de luz para identificar el NE 440 como el siguiente NE en el camino de luz, establecer un enlace con el NE 440, y asignar la misma longitud de onda o una diferente para la transmisión sobre el enlace. Por lo tanto, las señales pueden ser enrutadas y las longitudes de onda pueden ser asignadas de manera distribuida entre los restantes NEs en la red. Asignar las longitudes de onda en los NEs individuales puede reducir la cantidad de información de RWA que tiene que ser enviada al PCE 410.

La figura 5 muestra una realización de un procedimiento de comunicación 500 entre un NE, un primer controlador del plano de control y un segundo controlador del plano de control, que puede ser un controlador del plano de control adyacente. En algunas realizaciones, el procedimiento 500 se puede producir entre un NE, un primer controlador del plano de control y el PCE, por ejemplo, cuando el primer controlador del plano de control envía la información de RWA a la TED en el PCE. En el procedimiento 500, el primer controlador del plano de control obtiene la información de RWA 502 desde por lo menos un NE. El NE puede enviar la información de RWA 502 al primer controlador del plano de control sin petición del primer controlador del plano de control, o el NE puede enviar la información de RWA 502 al primer controlador del plano de control en respuesta a una solicitud del primer controlador del plano de control. El primer controlador del plano de control envía a continuación un mensaje 504 al segundo controlador del plano de control, donde el mensaje 504 comprende por lo menos una de la información de RWA descrita a continuación. Específicamente, la información de RWA se puede incorporar, por lo menos, en un TLV. Tal como se utiliza en la presente memoria, el término TLV se puede referir a cualquier estructura de datos que lleve la información de RWA. El mensaje 504, y quizás el TLV, puede comprender asimismo un indicador de estado que indica si la información de RWA es estática o dinámica. En una realización, el indicador de estado puede indicar cuánto tiempo dura el estado estático o dinámico, de tal modo que el segundo controlador del plano de control puede saber durante cuánto tiempo es válida la información de RWA y/o cuándo se espera una actualización. Adicional o alternativamente, el mensaje 504, y quizás el TLV, puede comprender un indicador de tipo que indica si la información de RWA está asociada con un nodo, un enlace o ambos.

45 La figura 6 muestra una realización de un TLV de conjuntos de enlaces 600. El TLV de conjuntos de enlaces 600 puede ser utilizado para codificar por lo menos un tipo de información de RWA discutida a continuación cuando la información de RWA está asociada, por lo menos, con un nodo y/o un enlace. El TLV de conjuntos de enlaces 600 puede comprender un campo de acción 602. El campo de acción 602 puede comprender el primero de ocho bits del TLV 600, y puede proporcionar información relativa al identificador o identificadores de enlace 610. Por ejemplo, cuando el campo de acción 602 está configurado a cero, el identificador o identificadores de enlace 610 pueden representar una lista inclusiva en la que los enlaces identificados con el identificador o identificadores de enlace 610 son los únicos enlaces en el conjunto de enlaces. De manera similar, cuando el campo de acción 602 está configurado a uno, el identificador o identificadores de enlace 610 puede representar una lista exclusiva en la que los enlaces identificados en el identificador o identificadores de enlace 610 son los únicos enlaces que están excluidos del conjunto de enlaces. En cambio, cuando el campo de acción 602 está configurado a dos, los identificadores de enlace 610 pueden representar un intervalo inclusivo en el que el conjunto de enlaces comprende los enlaces identificados en los identificadores de enlace 610 y cualesquiera enlaces entre estos. Además, cuando el campo de acción 602 está configurado a tres, los identificadores de enlace 610 pueden representar un intervalo exclusivo en el que el conjunto de enlaces no comprende los enlaces identificados en los identificadores de enlace 610 ni ningún enlace entre estos. En algunos casos, el orden de los identificadores de enlace 610 es irrelevante, de tal modo que los identificadores de enlace 610 se pueden organizar en cualquier orden.

El TLV de conjuntos de enlaces 600 puede comprender asimismo un campo de direccionalidad (Dir) 604, un campo de formato 606, un campo reservado 608 y, por lo menos, un identificador de enlace 610. El campo Dir 604 puede comprender los siguientes aproximadamente dos bits del TLV 600, y puede indicar la direccionalidad de los enlaces en el conjunto de enlaces. Por ejemplo, los enlaces pueden ser enlaces bidireccionales cuando el campo Dir 604 está configurado a cero. Alternativamente, los enlaces pueden ser enlaces de entrada cuando el campo Dir 604 está configurado a uno, o los enlaces pueden ser enlaces de salida cuando el campo Dir 604 está configurado a dos. El campo de formato 606 puede comprender los siguientes aproximadamente seis bits del TLV 600, y puede indicar el formato del identificador de enlace 610. Por ejemplo, el campo de formato 606 puede indicar que el identificador de enlace 610 está formateado como un identificador local de enlace cuando el campo de formato 606 está configurado a cero. El campo reservado 608 puede comprender los siguientes aproximadamente 16 bits del TLV 600, y puede ser utilizado para otros propósitos. Por lo menos un identificador de enlace 610 puede estar incluido en el TLV 600, donde cada identificador de enlace 610 tiene aproximadamente 32 bits de longitud e identifica un enlace particular para los propósitos descritos en la presente memoria, por ejemplo, listas inclusivas, listas exclusivas, intervalos inclusivos o intervalos exclusivos.

La figura 7 muestra una realización de un TLV de conjuntos de longitudes de onda 700. El TLV de conjuntos de longitudes de onda 700 puede ser utilizado para codificar por lo menos un tipo de la información de RWA discutida a continuación cuando la información de RWA está asociada, por lo menos con un nodo, un enlace y/o una longitud de onda. El TLV 700 puede comprender un campo de acción 702. El campo de acción 702 puede comprender los primeros aproximadamente ocho bits del TLV 700, y puede proporcionar información relativa a la longitud o longitudes de onda identificadas en una etiqueta lambda 708 y datos de longitudes de onda 720 opcionales, describiéndose ambos a continuación. Por ejemplo, cuando el campo de acción 702 está configurado a cero, la etiqueta lambda 708 y los datos de longitudes de onda 720 pueden representar una lista inclusiva en la que las longitudes de onda identificadas en la etiqueta lambda 708 y en los datos de longitudes de onda 720 son las únicas longitudes de onda en el conjunto de longitudes de onda. De manera similar, cuando el campo de acción 702 está configurado a uno, la etiqueta lambda 708 y los datos de longitudes de onda 720 pueden representar una lista exclusiva en la que las longitudes de onda identificadas en la etiqueta lambda 708 y en los datos de longitudes de onda 720 son las únicas longitudes de onda que están excluidas del conjunto de longitudes de onda. Por el contrario, cuando el campo de acción 702 está configurado a dos, la etiqueta lambda 708 puede representar un intervalo inclusivo en el que la etiqueta lambda 708 identifica la primera longitud de onda y el número total de longitudes de onda que están incluidas en el conjunto de longitudes de onda. Además, cuando el campo de acción 702 está configurado a tres, la etiqueta lambda 708 puede representar un intervalo exclusivo en el que la etiqueta lambda 708 identifica la primera longitud de onda y el número total de longitudes de onda que están excluidas del conjunto de longitudes de onda. Finalmente, cuando el campo de acción 702 está configurado a cuatro, la etiqueta lambda 708 y los datos de longitudes de onda 720 pueden definir el conjunto de longitudes de onda utilizando un mapa de bits, donde los datos de longitudes de onda 720 son un mapa de bits que indica qué longitudes de onda están incluidas en el conjunto de longitudes de onda y la etiqueta lambda 708 identifica la primera longitud de onda en el mapa de bits. En cualquier caso, la etiqueta lambda 708 puede identificar una longitud de onda en el conjunto de longitudes de onda y proporcionar información necesaria para determinar las longitudes de onda restantes en el conjunto de longitudes de onda.

El TLV 700 puede comprender asimismo un campo reservado 704 y un campo de número de longitudes de onda (num longitudes de onda) 706. El campo reservado 704 puede comprender los siguientes aproximadamente ocho bits del TLV 700, y puede ser utilizado para otros propósitos. El campo num longitudes de onda 706 puede comprender los siguientes aproximadamente 16 bits del TLV 700, y puede indicar la cantidad de longitudes de onda en los datos de longitudes de onda 720, por ejemplo, cuando el campo de acción 702 está configurado a cero o a uno. En estos casos, la cantidad de longitudes de onda en el conjunto de longitudes de onda puede ser de una más que la cantidad de longitudes de onda en los datos de longitudes de onda 720 debido a que la etiqueta lambda 708 comprende la primera longitud de onda en el conjunto de longitudes de onda. Alternativamente, el campo de num longitudes de onda 706 puede indicar la cantidad de longitudes de onda en el conjunto de longitudes de onda.

El TLV 700 puede comprender asimismo una etiqueta lambda 708 y datos de longitudes de onda 720 opcionales. La etiqueta lambda 708 puede ser utilizada para representar, por lo menos, una longitud de onda en una cuadrícula estandarizada de longitudes de onda, tal como DWDM o CWDM descritas anteriormente. La etiqueta lambda 708 puede comprender un campo de cuadrícula 710, un campo de separación entre canales (CS, channel spacing) 712, un campo de signo (S) 714, un campo reservado 716 y un campo de número (n) 718. El campo de cuadrícula 710 puede comprender los siguientes aproximadamente cuatro bits del TLV 700, y puede indicar que se está utilizando la especificación de cuadrícula WDM. Por ejemplo, el campo de cuadrícula 710 se puede poner a uno para indicar una cuadrícula de longitudes de onda ITU-T DWDM, o el campo de cuadrícula 710 se puede poner a dos para indicar una cuadrícula de longitudes de onda ITU-T CWDM. El campo CS 712 puede comprender los siguientes aproximadamente cuatro bits del TLV 700, y puede indicar la separación entre los canales de longitud de onda. Por ejemplo, el campo de CS 712 se puede poner a uno para indicar una separación entre canales de aproximadamente 12,5 gigahercios (GHz), el campo de CS 712 se puede poner a dos para indicar una separación entre canales de aproximadamente 25 GHz, o el campo de CS 712 se puede poner a tres para indicar una separación entre canales de aproximadamente 50 GHz. Alternativamente, el campo de CS 712 se puede poner a cuatro para indicar una separación entre canales de aproximadamente 100 GHz, o el campo de CS 712 se puede poner a cinco para indicar

una separación entre canales de aproximadamente 200 GHz. El campo S 714 puede comprender los siguientes aproximadamente un bit del TLV 700, y puede indicar el signo utilizado para el desplazamiento desde la frecuencia central. Por ejemplo, el campo S 714 se puede poner a cero para indicar un signo positivo (+), o el campo S 714 se puede poner a uno para indicar un negativo (-). El campo reservado 716 puede comprender los siguientes aproximadamente ocho bits del TLV 700, y puede ser utilizado para otros propósitos. El campo n 718 pueden ser aproximadamente los siguientes 16 bits, y se puede utilizar para especificar una longitud de onda o frecuencia específica. Por ejemplo, n puede ser un entero utilizado para especificar una frecuencia utilizando la fórmula:

$$\text{Frecuencia} = 193,1 \text{ terahercios (THz)} \pm n * (\text{separación entre canales})$$

donde $\pm$ se selecciona en base al signo del campo S 714 y la separación entre canales se define en el campo CS 712. Se puede encontrar más información sobre la etiqueta lambda 708 en el documento de Otani, et al., "Generalized Labels of Lambda-Switching Capable Label Switching Routers (LSR)", IETF RFC 3471, draft-otani-ccamp-gmpls-lambda-labels-02.txt, diciembre de 2007, que se incorpora como referencia a la presente memoria tal como si se reprodujera en su integridad. Los datos de longitudes de onda 720 pueden ser opcionales y se pueden incluir si es necesario para especificar el conjunto de longitudes de onda. Específicamente, los datos de longitudes de onda 720 pueden comprender, por lo menos, una longitud de onda cuando el campo de acción 702 está configurado a cero o uno y el campo num longitudes de onda 706 es mayor que, o aproximadamente igual a dos. Alternativamente, los datos de longitudes de onda 720 pueden comprender un mapa de bits cuando el campo de acción 702 está configurado a cuatro. Cuando el campo num longitudes de onda 706 termina con menos de una palabra de 32 bits completa, los bits restantes, por ejemplo, hasta el bit 32, se pueden llenar con ceros (relleno con ceros). En algunos casos, las longitudes de onda en el campo num longitudes de onda 706 son irrelevantes, de tal modo que las longitudes de onda se pueden organizar en cualquier orden.

La figura 8 es un ejemplo de un TLV de conjuntos de longitudes de onda 800 que muestra la realización de lista inclusiva. El campo de acción 802 está configurado a cero, lo que puede indicar que el TLV 800 contiene una lista inclusiva de longitudes de onda que constituyen el conjunto de longitudes de onda. El campo num longitudes de onda 806 está configurado a tres, lo que puede indicar que existen tres longitudes de onda en los datos de longitudes de onda 820. El campo de cuadrícula 810 está configurado a uno, lo que puede indicar que se está utilizando la cuadrícula ITU-T DWDM. El campo de CS 812 está configurado a cuatro, lo que puede indicar una separación entre canales de 100 GHz. El campo S 814 está configurado a uno, lo que puede indicar un signo negativo. El campo n 818 puede estar configurado a once, lo que puede indicar que 192,0 THz es la frecuencia mínima en el conjunto (calculada mediante $193,1 \text{ THz} - 11 * (100 \text{ GHz})$). Los datos de longitudes de onda 820 comprenden los números seis negativo, cero y ocho, que pueden corresponder a las frecuencias 192,5 THz (calculada mediante $193,1 \text{ THz} - 6 * (100 \text{ GHz})$), 193,1 THz (calculada mediante $193,1 \text{ THz} + 0 * (100 \text{ GHz})$) y 193,9 THz (calculada mediante $193,1 \text{ THz} + 8 * (100 \text{ GHz})$). El resto del TLV 800 está relleno de ceros. Por lo tanto, el TLV 800 puede indicar que el conjunto de longitudes de onda consiste en 192,0 THz, 192,5 THz, 193,1 THz y 193,9 THz.

La figura 9 es un ejemplo de un TLV de conjuntos de longitudes de onda 900 que muestra la realización de intervalo inclusivo. El campo de acción 902 está configurado a dos, lo que puede indicar que el TLV 900 contiene un intervalo inclusivo de longitudes de onda que componen el conjunto de longitudes de onda. El campo num longitudes de onda 906 está configurado a tres, lo que puede indicar que existen tres longitudes de onda en el conjunto de longitudes de onda. El campo de cuadrícula 910 está configurado a uno, lo que puede indicar que se está utilizando la cuadrícula ITU-T DWDM. El campo de CS 912 está configurado a cuatro, lo que puede indicar una separación entre canales de 100 GHz. El campo S 914 está configurado a uno, lo que puede indicar un signo negativo. El campo n 918 puede estar configurado a once, lo que puede indicar que 192,0 THz es la frecuencia mínima en el conjunto (calculada mediante $193,1 \text{ THz} - 11 * (100 \text{ GHz})$). Las restantes longitudes de onda del conjunto se pueden determinar aumentando la longitud de onda mínima mediante la separación entre canales, y repitiendo el proceso de aumento el número de veces especificadas en el campo num longitudes de onda 906. Por lo tanto, el TLV 900 puede indicar que el conjunto de longitudes de onda consiste en 192,0 THz, 192,1 THz y 192,2 THz.

La figura 10 es un ejemplo de un TLV de conjuntos de longitudes de onda 1000 que muestra una realización de mapa de bits. El campo de acción 1002 está configurado a cuatro, lo que puede indicar que el TLV 1000 contiene un mapa de bits que indica el conjunto de longitudes de onda. El campo num longitudes de onda 1006 está configurado a 40, lo que puede indicar que existen 40 longitudes de onda representadas en el mapa de bits. El campo de cuadrícula 1010 está configurado a uno, lo que puede indicar que se está utilizando la cuadrícula ITU-T DWDM. El campo de CS 1012 está configurado a cuatro, lo que puede indicar una separación entre canales de 100 GHz. El campo S 1014 está configurado a uno, lo que puede indicar un signo negativo. El campo n 1018 puede estar configurado a once, lo que puede indicar que 192,0 THz es la frecuencia mínima en el conjunto (calculada mediante $193,1 \text{ THz} - 11 * (100 \text{ GHz})$). El mapa de bits 1020 contiene unos en las posiciones siguientes: 0, 5, 11, 19, 20, 32 y 38, y las restantes posiciones del mapa de bits contienen ceros. El mapa de bits 1020 corresponde a n valores de -11, -6, 0, 8, 9, 21 y 27, respectivamente. Por lo tanto, el TLV 1000 puede indicar que el conjunto de longitudes de onda consiste en 192,0 THz, 192,5 THz, 193,1 THz, 193,9 THz, 194,0 THz, 195,2 THz y 195,8 THz. La posición restante del TLV 1000 se ha rellenado con ceros.

El TLV de conjuntos de enlaces y el TLV de conjuntos de longitudes de onda descritos anteriormente pueden ser utilizados para codificar la información de RWA en el mensaje descrito anteriormente. La información de RWA puede

ser cualesquiera información o datos que puedan ser utilizados para calcular la solución de RWA. En la realización, la información de RWA puede incluir una matriz de conectividad. La matriz de conectividad puede indicar el estado de conectividad interna puerto a puerto de un nodo, tal como los ROADMs u OXC descritos anteriormente. La matriz de conectividad puede estar representada por una matriz donde las filas de la matriz representan los puertos de entrada del nodo, las columnas de la matriz representan los puertos de salida del nodo (o viceversa), y los elementos individuales dentro de la matriz indican la conectividad entre el puerto de entrada y el puerto de salida respectivos. Por ejemplo, se puede utilizar un "uno" para indicar conectividad entre el puerto de entrada y el puerto de salida, y se puede utilizar un "cero" para indicar ausencia de conectividad entre el puerto de entrada y el puerto de salida (o viceversa). La matriz de conectividad puede ser estática, donde la conectividad puerto a puerto del nodo no cambia habitualmente una vez que el nodo está instalado en la red. Finalmente, el mensaje descrito anteriormente puede contener la matriz de conectividad para cada nodo dentro de la red.

La figura 11 muestra una realización de un TLV de matriz de conectividad 1100. El TLV 1100 puede ser utilizado para indicar la matriz de conectividad descrita anteriormente. El TLV 1100 comprende un campo de conectividad 1102, un campo reservado 1104, por lo menos un conjunto de enlaces de entrada 1106, por lo menos un conjunto de enlaces de salida 1108 y opcionalmente conjuntos de enlaces adicionales 1110. El campo de conectividad 1102 puede comprender los primeros aproximadamente siete bits del TLV 1100, y puede indicar la reconfigurabilidad de un elemento de red. Por ejemplo, el campo de conectividad 1102 se puede poner a cero cuando el elemento de red es fijo, y se puede poner a uno cuando el elemento de red es reconfigurable, tal como es el caso con un ROADM o un OXC. El campo reservado 1104 pueden ser los siguientes aproximadamente 24 bits del TLV 1100, y puede ser utilizado para otros propósitos. Cada conjunto de enlaces de entrada 1106 puede ser de longitud variable, y puede ser uno de los conjuntos de enlaces descritos anteriormente. Específicamente, el conjunto de enlaces de entrada 1106 puede especificar los enlaces de entrada para el nodo. Cada conjunto de enlaces de salida 1108 puede ser de longitud variable, y puede ser uno de los conjuntos de enlaces descritos anteriormente. Específicamente, el conjunto de enlaces de entrada 1106 puede especificar los enlaces de salida para el nodo. Los conjuntos de enlaces adicionales 1110 opcionales pueden ser de longitud variable, pueden ser uno de los conjuntos de enlaces descritos anteriormente, y pueden especificar cualesquiera enlaces adicionales. En algunos casos, el orden del conjunto de enlaces de entrada 1106, el conjunto de enlaces de salida 1108 y los conjuntos de enlaces adicionales 1110 opcionales es irrelevante, de tal modo que el conjunto de enlaces se puede organizar en cualquier orden.

El TLV de matriz de conectividad 1100 se puede comprender mejor aplicándolo a un ROADM de 40 canales, de dos grados, a modo de ejemplo. El ROADM puede tener un puerto de entrada del lado de la línea, un puerto de salida del lado de la línea, 40 puertos de adición y 40 puertos de sustracción. Los puertos pueden estar numerados e identificados en función del enlace al que están conectados, de tal modo que el puerto de entrada del lado de la línea puede estar identificado por un identificador local de enlace #1, los 40 puertos de adición pueden estar identificados por identificadores locales de enlace #2 - #41, el puerto de salida del lado de la línea puede estar identificado por el identificador local de enlace #42, y los 40 puertos de sustracción pueden estar identificados por identificadores locales de enlace #43 - #82. En el interior del ROADM, el puerto de entrada del lado de la línea puede estar conectado al puerto de salida del lado de la línea y a la totalidad de los puertos de sustracción. De manera similar, los puertos de adición pueden estar conectados al puerto de salida del lado de la línea, pero a ninguno de los puertos de sustracción.

La figura 12 muestra un ejemplo del TLV de matriz de conectividad 1200 para el ROADM descrito anteriormente. El TLV 1200 es similar al TLV 1100 descrito anteriormente y utiliza los TLVs de conjuntos de enlaces 600 descritos anteriormente para los conjuntos de enlaces de entrada y los conjuntos de enlaces de salida. Específicamente, el campo de conectividad 1202 está configurado a uno, lo que puede indicar que el elemento de red, por ejemplo, el ROADM, es reconfigurable. El TLV 1200 comprende asimismo cuatro conjuntos de enlaces: un primer conjunto de enlaces de entrada 1210, un segundo conjunto de enlaces de entrada 1220, un primer conjunto de enlaces de salida 1230 y un segundo conjunto de enlaces de salida 1240. Pasando al primer conjunto de enlaces de entrada 1210, el campo de acción 1212 está configurado a cero, lo que puede indicar que el primer conjunto de enlaces de entrada 1210 representa una lista inclusiva. Además, el campo Dir 1214 en el primer conjunto de enlaces de entrada 1210 está configurado a uno, lo que puede indicar que el primer conjunto de enlaces de entrada 1210 representa puertos de entrada. Finalmente, el identificador de enlace 1216 dentro del primer conjunto de enlaces de entrada 1210 identifica el número de enlace 1. Por lo tanto, el primer conjunto de enlaces de entrada 1210 puede identificar el primer conjunto de enlaces en el dispositivo reconfigurable como un único puerto de entrada, en concreto el puerto #1. Pasando al segundo conjunto de enlaces de entrada 1220, el campo de acción 1222 está configurado a dos, lo que puede indicar que el segundo conjunto de enlaces de entrada 1220 representa un intervalo inclusivo. Además, el campo Dir 1224 en el segundo conjunto de enlaces de entrada 1220 está configurado a uno, lo que puede indicar que el segundo conjunto de enlaces de entrada 1220 representa puertos de entrada. Finalmente, los identificadores de enlace 1226 dentro del segundo conjunto de enlaces de entrada 1220 identifican los números de enlace 2 y 41. Por lo tanto, el segundo conjunto de enlaces de entrada 1220 puede identificar el segundo conjunto de enlaces en el dispositivo reconfigurable como cuarenta puertos de entrada, es decir los puertos # 2 - # 41.

Pasando al primer conjunto de enlaces de salida 1230, el campo de acción 1232 está configurado a cero, lo que puede indicar que el primer conjunto de enlaces de salida 1230 representa una lista inclusiva. Además, el campo Dir 1234 en el primer conjunto de enlaces de salida 1230 está configurado a dos, lo que puede indicar que el primer conjunto de enlaces de salida 1230 representa puertos de salida. Finalmente, el identificador de enlace 1236 dentro

del primer conjunto de enlaces de salida 1230 identifica el número de enlace 42. Por lo tanto, el primer conjunto de enlaces de salida 1230 puede identificar el tercer conjunto de enlaces en el dispositivo reconfigurable como un único puerto de salida, es decir el puerto #42. Pasando al segundo conjunto de enlaces de salida 1240, el campo de acción 1242 está configurado a dos, lo que puede indicar que el segundo conjunto de enlaces de salida 1240 representa un intervalo inclusivo. Además, el campo Dir 1244 en el segundo conjunto de enlaces de salida 1240 está configurado a dos, lo que puede indicar que el segundo conjunto de enlaces de salida 1240 representa puertos de salida. Finalmente, los identificadores de enlace 1246 dentro del segundo conjunto de enlaces de salida 1240 identifican los números de enlace 43 y 82. Por lo tanto, el segundo conjunto de enlaces de salida 1240 puede identificar el cuarto conjunto de enlaces en el dispositivo reconfigurable como cuarenta puertos de salida, es decir los puertos # 43 - # 82.

En una realización, la información de RWA puede incluir un intervalo de longitudes de onda. El intervalo de longitudes de onda, que se puede denominar asimismo el intervalo de longitudes de onda de la fibra o el enlace WDM, puede indicar cuántas diferentes longitudes de onda puede aceptar simultáneamente un enlace o puerto, el intervalo de longitudes de onda que puede aceptar dicho enlace o puerto, o ambos. Por ejemplo, el intervalo de longitudes de onda pueden ser múltiples longitudes de onda seleccionadas a partir de un intervalo completo de longitudes de onda, lo que puede indicar que el nodo o enlace puede aceptar una serie de longitudes de onda simultáneamente y es incoloro en el sentido de que no tiene limitaciones sobre que longitudes de onda puede aceptar. Alternativamente, el intervalo de longitudes de onda puede ser una única longitud de onda seleccionada de un intervalo completo de longitudes de onda, lo que puede indicar que el nodo o enlace puede aceptar solamente una longitud de onda a la vez, pero es incoloro en el sentido de que no tiene limitaciones sobre que longitud de onda puede aceptar. Como otra alternativa, el intervalo de longitudes de onda puede ser una única longitud de onda fija, lo que puede indicar que el nodo o enlace puede aceptar solamente una longitud de onda a la vez, y está coloreado o tiene color porque está limitado a una única longitud de onda. Además, el intervalo de longitudes de onda pueden ser múltiples longitudes de onda seleccionadas de un intervalo reducido de longitudes de onda, lo que puede indicar que el nodo o enlace puede aceptar simultáneamente una serie de longitudes de onda y está limitado en las longitudes de onda que puede aceptar, de manera similar a la conmutación de bandas de onda. Específicamente, el nodo o enlace puede estar limitado a una serie de longitudes de onda discretas, individuales, o puede estar limitado a un intervalo reducido de longitudes de onda. El intervalo de longitudes de onda puede ser estático por cuanto que el intervalo de longitudes de onda que un nodo o enlace puede aceptar no cambia habitualmente, una vez que nodo o enlace está instalado en la red. Se apreciará que el intervalo de longitudes de onda para un nodo puede ser el mismo para todo el nodo, o puede variar de puerto a puerto. Además, los intervalos de longitudes de onda para el nodo o para un puerto de un nodo pueden ser independientes, y quizás diferentes, de los intervalos de longitudes de onda para el enlace que está acoplado a un puerto individual en el nodo. Finalmente, el mensaje puede contener el intervalo de longitudes de onda para cada nodo, para los puertos de cada nodo, para cada fibra o para combinaciones de los mismos dentro de la red.

La figura 13 muestra una realización de un TLV de limitación de longitudes de onda por puertos 1300. El TLV 1300 puede ser utilizado para indicar el intervalo de longitudes de onda descrito anteriormente. El TLV 1300 puede comprender un campo de múltiples longitudes de onda (M) 1302. El campo M 1302 puede comprender los primeros aproximadamente un bit del TLV 1300, y puede indicar si el conjunto de puertos son de una sola longitud de onda o de múltiples longitudes de onda. Por ejemplo, el TLV 1300 puede indicar los puertos que pueden aceptar solamente una única longitud de onda (por ejemplo, que están coloreados o tienen color) cuando el campo M 1302 está configurado a cero, y el TLV 1300 puede indicar los puertos que pueden aceptar múltiples longitudes de onda (por ejemplo, son incoloros) cuando el campo M 1302 está configurado a uno.

El TLV 1300 puede comprender asimismo un campo de mapeo 1304. El campo de mapeo 1304 pueden ser los aproximadamente siguientes seis bits del TLV 1300, y puede indicar cómo se asigna la longitud de onda en el conjunto de longitudes de onda 1312 a los enlaces en el conjunto de enlaces 1310. Por ejemplo, el TLV 1300 puede indicar una relación de uno a muchos, en la que cada enlace en el conjunto de enlaces puede adoptar cualquiera de los valores del conjunto de longitudes de onda cuando el campo de mapeo 1304 está configurado a cero. Éste puede ser el caso para puertos de un solo canal o multicanal, por ejemplo, cuando el campo M 1302 está configurado a cero o a uno. Alternativamente, el TLV 1300 puede indicar una relación uno a uno, en la que los enlaces están asignados a una única longitud de onda con respecto al orden de enlaces y longitudes de onda en sus conjuntos respectivos cuando el campo de mapeo 1304 está configurado a uno. Éste solamente puede ser el caso para puertos de un único canal, por ejemplo, cuando el campo M 1302 está configurado a cero. El TLV 1300 puede indicar una relación uno a uno por medio de intervalos e incrementos, en la que se puede proporcionar un intervalo de longitudes de onda para un solo puerto de canal cuando el campo de mapeo 1304 está configurado a dos. Específicamente, la frecuencia se puede determinar utilizando la fórmula:

$$\text{Frecuencia} = \text{Baja frecuencia} + k * (\text{Multiplicador} + 1) * (\text{CS})$$

donde Baja frecuencia es la frecuencia mínima en el intervalo de longitudes de onda descrito en el conjunto de longitudes de onda 1312, k es el ordinal del enlace en el conjunto de enlaces 1310 empezando en cero, Multiplicador es el número del campo multiplicador 1306 descrito anteriormente y CS es la separación entre canales descrita en el conjunto de longitudes de onda 1312. Dicha representación crea una representación compacta de ROADMs con

puertos de sustracción con color que tienen un plan de frecuencias regular. Asimismo, éste solamente puede ser el caso para puertos de un único canal, por ejemplo, cuando el campo M 1302 está configurado a cero.

El TLV 1300 puede comprender asimismo un campo multiplicador 1306, un campo reservado 1308, un conjunto de enlaces 1310 y un conjunto de longitudes de onda 1312. El campo multiplicador 1306 pueden ser los siguientes aproximadamente ocho bits del TLV 1300, y puede ser un número utilizado para especificar la frecuencia en la fórmula anterior. El campo reservado 1308 pueden ser los siguientes aproximadamente 16 bits del TLV 1300, y puede ser utilizado para otros propósitos. El conjunto de enlaces 1310 puede tener longitud variable, y puede ser uno de los conjuntos de enlaces descritos anteriormente. Finalmente, el conjunto de longitudes de onda 1312 puede tener longitud variable, y puede ser uno de los conjuntos de longitudes de onda descritos anteriormente.

En una realización, la información de RWA puede comprender una limitación de longitudes de onda, que puede estar incorporada en un TLV similar al TLV de limitación de longitudes de onda por puertos descrito anteriormente. La limitación de longitudes de onda, denominada asimismo limitación de longitudes de onda por puertos, puede indicar los formatos de modulación que puede aceptar el nodo o enlace. Por ejemplo, el nodo o enlace puede ser capaz de aceptar retorno a cero (RZ), no retorno a cero (NRZ), no retorno a cero invertido (NRZI) u otros formatos de modulación. La limitación de longitudes de onda puede ser estática por cuanto que la limitación de longitudes de onda que un nodo o enlace puede aceptar no cambia habitualmente una vez que el nodo o enlace está instalado en la red. Se apreciará que las limitaciones de longitudes de onda para un nodo puede ser iguales para todo el nodo, o puede variar de puerto a puerto. Además, las limitaciones de longitudes de onda para el nodo o para un puerto de un nodo pueden ser independientes, y quizás diferentes, de las limitaciones de longitudes de onda para el enlace que está acoplado a un puerto individual en el nodo. Finalmente, el mensaje puede contener la limitación de longitudes de onda para cada nodo, para los puertos de cada nodo, para cada fibra o para combinaciones de los mismos dentro de la red.

En una realización, la información de RWA puede incluir una separación entre canales, que puede estar incorporada en un TLV similar al TLV de limitación de longitudes de onda por puertos descrito anteriormente. La separación entre canales, que se puede denominar asimismo separación entre canales de enlace WDM, puede indicar la distancia entre los canales de longitud de onda en nanómetros (o la separación de frecuencias en segundos a la menos uno). Alternativamente, la separación entre canales puede identificar un estándar específico u otra publicación que defina la separación entre canales. Por ejemplo, la separación entre canales podría indicar que el nodo o los enlaces pueden aceptar separación entre canales CWDM, separación entre canales DWDM o combinaciones de las mismas. Se apreciará que la separación entre canales para un nodo puede ser la misma para todo el nodo o puede variar de un puerto a otro. Además, la separación entre canales para el nodo o para un puerto de un nodo puede ser independiente, y quizás diferente, de la separación entre canales para el enlace que está acoplado a un puerto individual en el nodo. Finalmente, el mensaje puede contener la separación entre canales para cada nodo, para los puertos de cada nodo, para cada fibra o para combinaciones de los mismos dentro de la red.

En una realización, la información de RWA puede incluir un intervalo del transmisor, que puede estar incorporado en un TLV similar al TLV de conjuntos de longitudes de onda descrito anteriormente. El intervalo del transmisor, que se puede denominar intervalo del transmisor láser, puede indicar el intervalo sintonizable de longitudes de onda que un transmisor puede transmitir, o que un nodo o enlace puede aceptar. Por ejemplo, el láser, nodo o enlace puede ser incoloro por cuanto que no tiene limitaciones sobre qué longitudes de onda puede transmitir o aceptar. Alternativamente, el láser, nodo o enlace puede tener color al estar limitado a una única longitud de onda. Como otra alternativa, en láser, nodo o enlace puede tener un intervalo reducido de longitudes de onda, porque está limitado en las longitudes de onda que puede transmitir o aceptar. Específicamente, el láser, nodo o enlace puede estar limitado a una serie de longitudes de onda discretas, individuales, o puede estar limitado a un intervalo reducido de longitudes de onda. Se apreciará que el intervalo del transmisor para un nodo puede ser el mismo para todo el nodo, o puede variar de un puerto a otro. Además, el intervalo del transmisor para el nodo o para un puerto de un nodo puede ser independiente, y quizás diferente, del intervalo del transmisor para el enlace que está acoplado a un puerto individual en el nodo. Finalmente, el mensaje puede contener el intervalo del transmisor para cada nodo, para los puertos de cada nodo, para cada fibra o para combinaciones de los mismos dentro de la red.

En una realización, la información de RWA puede incluir una capacidad de conversión de longitudes de onda, que puede estar incorporada en un TLV que comprende un conjunto de longitudes de onda de entrada, un conjunto de longitudes de onda de salida, los tipos de señal soportados y los intervalos de tasas de bit soportados. La capacidad de conversión de longitudes de onda puede indicar si un nodo tiene la capacidad de convertir la longitud de onda en una longitud de onda diferente, por ejemplo por medio de una conversión OEO. Adicional o alternativamente, la capacidad de conversión de longitudes de onda puede indicar capacidad de regeneración si los convertidores son asimismo regeneradores. La capacidad de conversión de longitudes de onda puede ser estática, donde la capacidad de conversión de longitudes de onda del nodo no cambia habitualmente una vez que el nodo está instalado en la red. Sin embargo, la capacidad de conversión de longitudes de onda puede ser dinámica en un caso en que existe un número limitado de convertidores, y el número de convertidores disponibles puede cambiar al cambiar el establecimiento de conexiones dentro de la red. Finalmente, el mensaje puede contener la capacidad de conversión de longitudes de onda para cada nodo dentro de la red.

En una realización, la información de RWA puede incluir una disponibilidad de longitudes de onda, que puede estar incorporada en un TLV similar al TLV de conjuntos de longitudes de onda descrito anteriormente, particularmente en la realización de mapa de bits. La disponibilidad de las longitudes de onda puede indicar la disponibilidad de una longitud de onda en un nodo o enlace. Por ejemplo, la disponibilidad de las longitudes de onda puede indicar la disponibilidad de una sola longitud de onda en un enlace específico dentro de la red. La disponibilidad de las longitudes de onda puede ser dinámica, donde la disponibilidad de las longitudes de onda de un nodo o enlace puede variar cada vez que haya un cambio en la asignación o utilización de enrutamientos o longitudes de onda dentro de la red. Para un sistema de 120 canales, utilizar el conjunto de longitudes de onda del mapa de bits puede requerir solamente cuatro palabras de mapa de bits además de las dos palabras generales en la codificación para caracterizar completamente la disponibilidad de las longitudes de onda. Se apreciará que se podría enviar un subconjunto del intervalo total del sistema, que represente solamente aquellas longitudes de onda cuyas disponibilidades han cambiado, lo que tendría como resultado una utilización eficiente del ancho de banda del plano de control. Se apreciará que la disponibilidad de las longitudes de onda de láser para un nodo puede ser la misma para todo el nodo, o puede variar de puerto a puerto. Además, la disponibilidad de las longitudes de onda para el nodo o para un puerto de un nodo puede ser independiente, y quizás diferente, de la disponibilidad de las longitudes de onda para el enlace que está acoplado a un puerto individual en el nodo. Finalmente, el mensaje puede contener la disponibilidad de las longitudes de onda para cada nodo, para los puertos de cada nodo, para cada fibra o para combinaciones de los mismos dentro de la red.

En una realización, la información de RWA puede incluir un ancho de banda por longitud de onda, que puede estar incorporado en cualquiera de los TLV descritos en la presente memoria. El ancho de banda por longitud de onda, que se puede denominar asimismo el ancho de banda máximo por longitud de onda, puede indicar la capacidad de ancho de banda o velocidad de transmisión asociada con una longitud de onda en un nodo o enlace. Por ejemplo, una longitud de onda podría aceptar cualquier velocidad de transmisión hasta la velocidad especificada, por ejemplo, 10 gigabits por segundo (Gbps). Alternativamente, la longitud de onda se podría limitar en funcionamiento a la velocidad especificada, por ejemplo, 40 Gbps. El ancho de banda por longitud de onda puede ser estático, donde el ancho de banda por longitud de onda de un nodo o enlace no cambia habitualmente una vez que el nodo o enlace está instalado en la red. Se apreciará que el ancho de banda por longitud de onda de láser para un nodo puede ser el mismo para todo el nodo, o puede variar de un puerto a otro. Además, el ancho de banda por longitud de onda para el nodo o para un puerto de un nodo puede ser independiente, y quizás diferente, del ancho de banda por longitud de onda para el enlace que está acoplado a un puerto individual en el nodo. Finalmente, el mensaje puede contener el ancho de banda por longitud de onda para cada nodo, para los puertos de cada nodo, para cada fibra o para combinaciones de los mismos dentro de la red.

En algunas realizaciones, puede ser necesaria para calcular la solución de RWA toda la información de RWA descrita en la presente memoria. Por ejemplo, la matriz de conectividad, la limitación de longitudes de onda, el intervalo de longitudes de onda, la separación entre canales, el intervalo del transmisor, la capacidad de conversión de longitudes de onda, el ancho de banda por longitud de onda y la disponibilidad de las longitudes de onda pueden ser necesarias para que el PCE o el controlador del plano de control calculen la RWA en la arquitectura de RWA combinada descrita anteriormente. Sin embargo, para calcular la RWA en otras realizaciones puede ser necesaria solamente parte de la información de RWA descrita en la presente memoria. Por ejemplo, la disponibilidad de las longitudes de onda puede no ser necesaria para el PCE o el controlador del plano de control en el caso de la arquitectura WA distribuida descrita anteriormente. Por lo tanto, la información de RWA que el PCE y/o el controlador del plano de control pueden necesitar puede variar de un caso a otro.

Los componentes de red descritos anteriormente se pueden implementar en cualquier componente de red de propósito general, tal como un ordenador o un componente de red con potencia de procesamiento, recursos de memoria y capacidad de caudal de red suficientes para manejar la necesaria carga de trabajo encomendada. La figura 14 muestra un típico componente de red de propósito general, adecuado para implementar una o varias realizaciones de los componentes dados a conocer en la presente memoria. El componente de red 1400 comprende un procesador 1402 (que se puede denominar una unidad de procesador central o CPU) que está en comunicación con dispositivos de memoria que incluyen almacenamiento secundario 1404, memoria de sólo lectura (ROM, read only memory) 1406, memoria de acceso aleatorio (RAM, random access memory) 1408, dispositivos de entrada/salida (E/S) 1410 y dispositivos de conectividad de red 1412. El procesador 1402 se puede implementar como uno o varios chips de CPU, o puede formar parte de uno o varios circuitos integrados de aplicación específica (ASICs, more application specific integrated circuits).

El almacenamiento secundario 1404 se compone habitualmente de una o varias unidades de disco o unidades de cinta, y se utiliza para el almacenamiento no volátil de datos y como un dispositivo de almacenamiento de datos en desbordamiento, si la RAM 1408 no es lo suficientemente grande como para contener todos los datos de trabajo. El almacenamiento secundario 1404 puede ser utilizado para almacenar programas que se cargan en la RAM 1408 cuando se selecciona la ejecución de dichos programas. La ROM 1406 se utiliza para almacenar instrucciones y quizás datos que se leen durante la ejecución de un programa. La ROM 1406 es un dispositivo de memoria no volátil que tiene habitualmente una capacidad de memoria pequeña con respecto a la capacidad de memoria mayor del almacenamiento secundario 1404. La RAM 1408 se utiliza para almacenar datos volátiles, y quizás para almacenar instrucciones. El acceso tanto a la ROM 1406 como la RAM 1408 es habitualmente más rápido que al almacenamiento secundario 1404.

5 Los expertos en la materia pueden entender que la totalidad o parte de las etapas de las realizaciones de procedimiento descritas anteriormente se pueden implementar mediante hardware adecuado para instrucciones de programa, y el programa, que cuando se ejecuta lleva a cabo una etapa de las realizaciones de procedimiento descritas anteriormente, se puede almacenar en un medio de almacenamiento legible por ordenador, incluyendo diversos medios que pueden almacenar un código de programa, tales como una ROM, una RAM, un disco magnético o un disco óptico.

10 Aunque en la presente invención se han dado a conocer varias realizaciones, se debe entender que los sistemas y procedimientos dados a conocer se pueden realizar en muchas otras formas específicas sin apartarse del alcance de la presente invención. Los presentes ejemplos se deben considerar como ilustrativos y no limitativos, y la intención es no limitarse a los detalles dados a conocer en la presente memoria. Por ejemplo, los diversos elementos o componentes se pueden combinar o integrar en otro sistema, o se pueden omitir o no implementar ciertas características.

15 Además, las técnicas, sistemas, subsistemas y procedimientos descritos y mostrados en las diversas realizaciones como independientes o separados se pueden combinar o integrar con otros sistemas, módulos, técnicas o procedimientos sin apartarse del alcance de la presente invención. Otros elementos mostrados o descritos como acoplados, o acoplados directamente o en comunicación entre sí pueden estar acoplados indirectamente o en comunicación a través de alguna interfaz, dispositivo o componente intermedio, ya sea eléctricamente, mecánicamente o ambas. Los expertos en la materia pueden encontrar otros ejemplos de cambios, sustituciones y modificaciones, y éstos se podrían realizar sin apartarse del alcance dado a conocer en la presente memoria.

20

REIVINDICACIONES

1. Un componente de red en redes WDM, que comprende:

por lo menos un controlador del plano de control (120), configurado para transmitir un mensaje, por lo menos, a un controlador del plano de control adyacente (120),

5 en el que el mensaje comprende un tipo-longitud-valor, TLV, que indica información de asignación de enrutamientos y de longitudes de onda, RWA; y la información de RWA se utiliza para la asignación de enrutamientos y de longitudes de onda que se implementa mediante un elemento de cálculo de caminos, PCE (130);

recibir la RWA desde el PCE (130);

10 en el que la información de RWA se codifica utilizando un TLV de conjuntos de enlaces (600), un TLV de conjuntos de longitudes de onda (700) o ambos;

está caracterizado por que

cuando la información de RWA se codifica utilizando un TLV de conjuntos de enlaces (600), el TLV de conjuntos de enlaces (600) comprende un campo de acción (602) que indica si los enlaces son un intervalo inclusivo o un intervalo exclusivo;

15 cuando la información de RWA se codifica utilizando un TLV de conjuntos de longitudes de onda (700), el TLV de conjuntos de longitudes de onda (700) comprende un campo de acción (702) que indica si una serie de longitudes de onda están representadas por un intervalo inclusivo, un intervalo exclusivo o un mapa de bits,

en el que la información de RWA comprende una matriz de conectividad asociada con un elemento de red, y el TLV comprende un campo de conectividad, un conjunto de enlaces de entrada y un conjunto de enlaces de salida.

20 2. El componente de red según la reivindicación 1, en el que la matriz de conectividad indica el estado de conectividad interna puerto a puerto del elemento de red, el campo de conectividad indica la reconfigurabilidad del elemento de red, el conjunto de enlaces de entrada especifica enlaces de entrada para el elemento de red y el conjunto de enlaces de salida especifica enlaces de salida para el elemento de red.

25 3. El componente de red según la reivindicación 2, en el que el campo de conectividad indica que el elemento de red es fijo o reconfigurable; o

en el que el conjunto de enlaces de entrada comprende un TLV del puerto de entrada del lado de adición y un TLV del puerto de entrada del lado de la línea, y en el que el conjunto de enlaces de salida comprende un TLV del puerto de salida del lado de sustracción y un TLV del puerto de salida del lado de la línea.

30 4. El componente de red según la reivindicación 1, en el que la información de RWA comprende una limitación de longitudes de onda, un intervalo de longitudes de onda, una separación entre canales, o combinaciones de los mismos, y en el que el TLV comprende un campo de múltiples longitudes de onda, un campo de mapeo, un conjunto de enlaces que comprende una serie de enlaces y un conjunto de longitudes de onda que comprende una serie de longitudes de onda.

35 5. El componente de red según la reivindicación 4, en el que el campo de múltiples longitudes de onda indica si un puerto acepta una única longitud de onda o una serie de longitudes de onda; o

en el que el campo de mapeo indica si cada enlace puede aceptar cualquier longitud de onda, si los enlaces son asignados a longitudes de onda según el orden del conjunto de enlaces y el conjunto de longitudes de onda, o si cada enlace en el conjunto de enlaces puede aceptar un intervalo de longitudes de onda.

40 6. El componente de red según la reivindicación 1, en el que la información de RWA comprende un intervalo del transmisor, una disponibilidad de las longitudes de onda o ambos, y en el que el TLV comprende un campo de acción, un campo de número de longitudes de onda y una etiqueta lambda.

45 7. El componente de red según la reivindicación 6, en el que el campo de acción indica si una serie de longitudes de onda están representadas por una lista inclusiva, una lista exclusiva, un intervalo inclusivo, un intervalo exclusivo o un mapa de bits, en el que el campo de número de longitudes de onda indica uno menos que el número de longitudes de onda en la lista inclusiva cuando el campo de acción indica una lista inclusiva, en el que el campo de número de longitudes de onda indica uno menos que el número de longitudes de onda en la lista exclusiva cuando el campo de acción indica una lista exclusiva, en el que el campo de número de longitudes de onda indica el número de longitudes de onda en el intervalo inclusivo cuando el campo de acción indica un intervalo inclusivo, en el que el campo de número de longitudes de onda indica el número de longitudes de onda en el intervalo exclusivo cuando el campo de acción indica un intervalo exclusivo, y en el que el campo de número de longitudes de onda indica el número de longitudes de onda representado por el mapa de bits cuando el campo de acción indica un mapa de bits.

50

8. El componente de red según la reivindicación 1, en el que la información de RWA comprende una capacidad de conversión de longitudes de onda, y en el que el TLV comprende un conjunto de longitudes de onda de entrada, un conjunto de longitudes de onda de salida, un tipo de señal y un intervalo de tasa de bits.
- 5 9. El componente de red según la reivindicación 1, en el que cuando el campo de acción (602) está configurado a cero, el identificador o identificadores de enlace (610) representan una lista inclusiva en la que los enlaces identificados en el identificador o identificadores de enlace (610) son los únicos enlaces en el conjunto de enlaces;
cuando el campo de acción (602) está configurado a uno, el identificador o identificadores de enlace (610) representan una lista exclusiva en la que los enlaces identificados en el identificador o identificadores de enlace (610) son los únicos enlaces que están excluidos del conjunto de enlaces;
- 10 cuando el campo de acción (602) está configurado a dos, el identificador o identificadores de enlace (610) representan un intervalo inclusivo en el que el conjunto de enlaces comprende los enlaces identificados en los identificadores de enlace (610) y cualesquiera enlaces entre estos;
cuando el campo de acción (602) está configurado a tres, los identificadores de enlace (610) representan un intervalo exclusivo en el que el conjunto de enlaces no comprende los enlaces identificados en los identificadores de
15 enlace (610) ni ningún enlace entre estos.
10. El componente de red según la reivindicación 1, en el que cuando la información de RWA se codifica utilizando un TLV de conjuntos de longitudes de onda (700), el TLV de conjuntos de longitudes de onda (700) comprende además una etiqueta lambda (708) y datos de longitudes de onda opcionales (720);
cuando el campo de acción (702) está configurado a cero, la etiqueta lambda (708) y los datos de longitudes de
20 onda (720) representan una lista inclusiva en la que las longitudes de onda identificadas en la etiqueta lambda (708) y los datos de longitudes de onda (720) son las únicas longitudes de onda en el conjunto de longitudes de onda;
cuando el campo de acción (702) está configurado a uno, la etiqueta lambda (708) y los datos de longitudes de onda (720) representan una lista exclusiva en la que las longitudes de onda identificadas en la etiqueta lambda (708) y los
25 datos de longitudes de onda (720) son las únicas longitudes de onda que están excluidas del conjunto de longitudes de onda;
cuando el campo de acción (702) está configurado a dos, la etiqueta lambda (708) representa un intervalo inclusivo en el que la etiqueta lambda (708) identifica la primera longitud de onda y el número total de longitudes de onda que están incluidas en el conjunto de longitudes de onda; o
cuando el campo de acción (702) está configurado a tres, la etiqueta lambda (708) representa un intervalo exclusivo
30 en el que la etiqueta lambda (708) identifica la primera longitud de onda y el número total de longitudes de onda que están excluidas del conjunto de longitudes de onda.
11. El componente de red según la reivindicación 1, en el que el mensaje comprende un indicador de estado que indica si la información de RWA es estática o dinámica.
- 35 12. El componente de red según la reivindicación 11, en el que el indicador de estado indica cuánto dura el estado estático o dinámico, de tal modo que el segundo controlador del plano de control puede saber durante cuánto tiempo es válida la información de RWA y/o cuando se espera una actualización.
13. El componente de red según la reivindicación 1, en el que el mensaje comprende además un indicador de tipo que indica si la información de RWA está asociada con un nodo, un enlace o ambos.
- 40 14. El componente de red según la reivindicación 1, en el que el TLV de conjuntos de enlaces (600) comprende además un campo de direccionalidad, Dir, (604) que indica la direccionalidad de los enlaces en el conjunto de enlaces.
15. El componente de red según la reivindicación 14, en el que cuando el campo Dir (604) está configurado a cero los enlaces son enlaces bidireccionales; cuando el campo Dir (604) está configurado a uno los enlaces son enlaces de entrada, o cuando el campo Dir (604) está configurado a dos los enlaces son enlaces de salida.
- 45 16. Un procedimiento, que comprende:
comunicar un mensaje que comprende un tipo-longitud-valor, TLV, a un controlador del plano de control, en el que el TLV indica información de asignación de enrutamientos y de longitudes de onda, RWA, y la información de RWA se utiliza para asignación de enrutamientos y de longitudes de onda que se implementa mediante un elemento de cálculo de caminos, PCE (130); y
50 recibir la RWA desde el PCE (130);
en el que la información de RWA se codifica utilizando un TLV de conjuntos de enlaces (600), un TLV de conjuntos de longitudes de onda (700) o ambos;

está caracterizado por que

cuando la información de RWA se codifica utilizando un TLV de conjuntos de enlaces (600), el TLV de conjuntos de enlaces (600) comprende un campo de acción (602) que indica si los enlaces son un intervalo inclusivo o un intervalo exclusivo;

- 5 cuando la información de RWA se codifica utilizando un TLV de conjuntos de longitudes de onda (700), el TLV de conjuntos de longitudes de onda (700) comprende un campo de acción (702) que indica si una serie de longitudes de onda están representadas por un intervalo inclusivo, un intervalo exclusivo o un mapa de bits,

en el que la información de RWA comprende una matriz de conectividad asociada con un elemento de red, y el TLV comprende un campo de conectividad, un conjunto de enlaces de entrada y un conjunto de enlaces de salida.

- 10 17. El procedimiento según la reivindicación 16, en el que cuando el campo de acción (602) está configurado a cero, el identificador o identificadores de enlace (610) representan una lista inclusiva en la que los enlaces identificados en el identificador o identificadores de enlace (610) son los únicos enlaces en el conjunto de enlaces;

- 15 cuando el campo de acción (602) está configurado a uno, el identificador o identificadores de enlace (610) representan una lista exclusiva en la que los enlaces identificados en el identificador o identificadores de enlace (610) son los únicos enlaces que están excluidos del conjunto de enlaces;

cuando el campo de acción (602) está configurado a dos, los identificadores de enlace (610) representan un intervalo inclusivo en el que el conjunto de enlaces comprende los enlaces identificados en los identificadores de enlace (610) y cualesquiera enlaces entre estos;

- 20 cuando el campo de acción (602) está configurado a tres, los identificadores de enlace (610) representan un intervalo exclusivo en el que el conjunto de enlaces no comprende los enlaces identificados en los identificadores de enlace (610) ni ningún enlace entre estos;

y un campo de direccionalidad (Dir) (604) que indica la direccionalidad de los enlaces del conjunto de enlaces.

- 25 18. El procedimiento según la reivindicación 16, en el que cuando la información de RWA se codifica utilizando un TLV de conjuntos de longitudes de onda (700), el TLV de conjuntos de longitudes de onda (700) comprende además una etiqueta lambda (708) y datos de longitudes de onda opcionales (720);

cuando el campo de acción (702) está configurado a cero, la etiqueta lambda (708) y los datos de longitudes de onda (720) representan una lista inclusiva en la que las longitudes de onda identificadas en la etiqueta lambda (708) y los datos de longitudes de onda (720) son las únicas longitudes de onda en el conjunto de longitudes de onda;

- 30 cuando el campo de acción (702) está configurado a uno, la etiqueta lambda (708) y los datos de longitudes de onda (720) representan una lista exclusiva en la que las longitudes de onda identificadas en la etiqueta lambda (708) y los datos de longitudes de onda (720) son las únicas longitudes de onda que están excluidas del conjunto de longitudes de onda;

- 35 cuando el campo de acción (702) está configurado a dos, la etiqueta lambda (708) representa un intervalo inclusivo en el que la etiqueta lambda (708) identifica la primera longitud de onda y el número total de longitudes de onda que están incluidas en el conjunto de longitudes de onda; o

cuando el campo de acción (702) está configurado a tres, la etiqueta lambda (708) representa un intervalo exclusivo en el que la etiqueta lambda (708) identifica la primera longitud de onda y el número total de longitudes de onda que están excluidas del conjunto de longitudes de onda.

- 40 19. El procedimiento según la reivindicación 16, en el que la matriz de conectividad indica el estado de conectividad interna puerto a puerto del elemento de red, el campo de conectividad indica la reconfigurabilidad del elemento de red, el conjunto de enlaces de entrada especifica enlaces de entrada para el elemento de red y el conjunto de enlaces de salida especifica enlaces de salida para el elemento de red.

- 45 20. Un producto de programa informático, que comprende código de programa informático, que, cuando es ejecutado por una unidad informática, hace que una unidad informática lleve a cabo las etapas de la reivindicación 16.

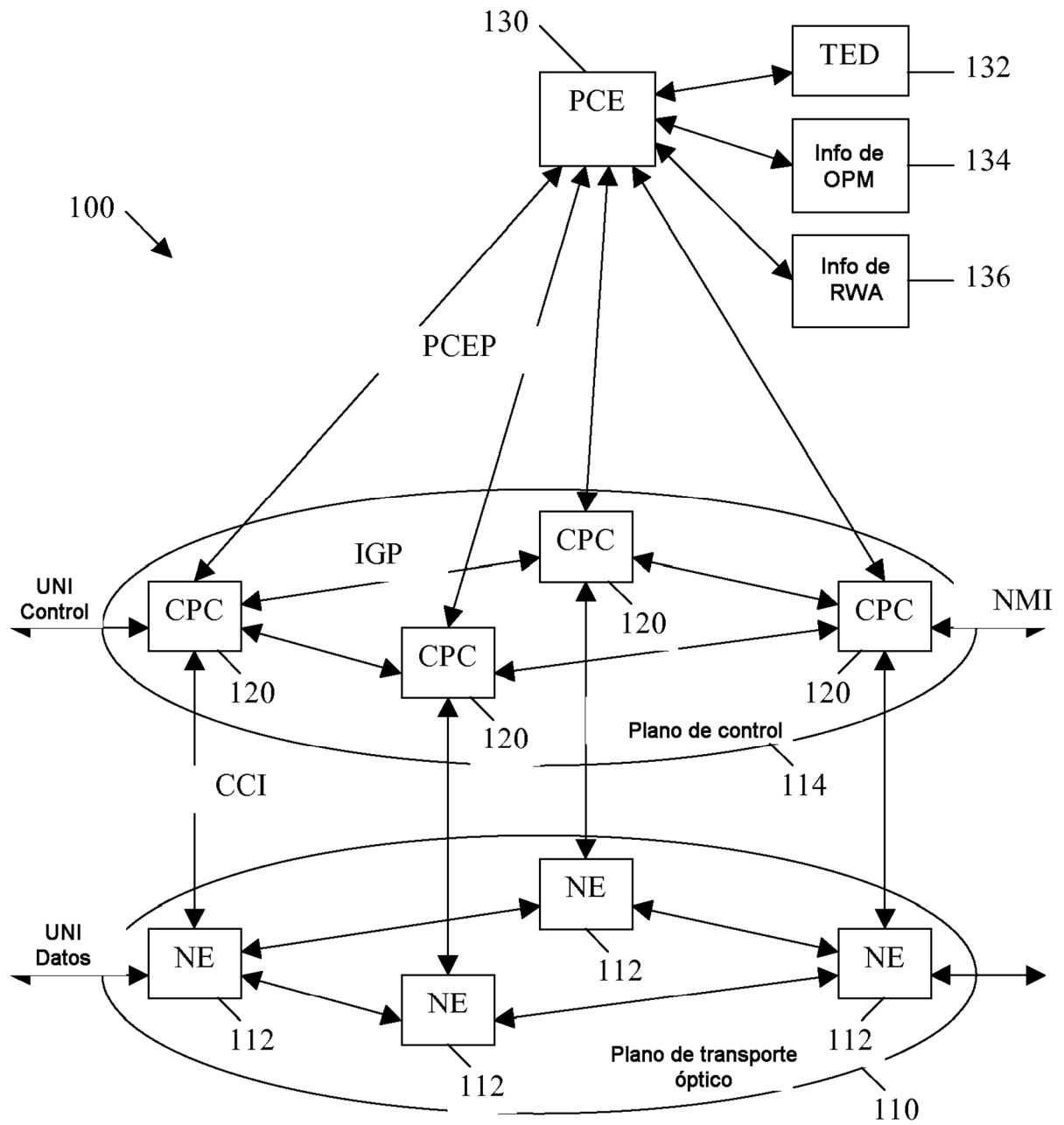


FIG. 1

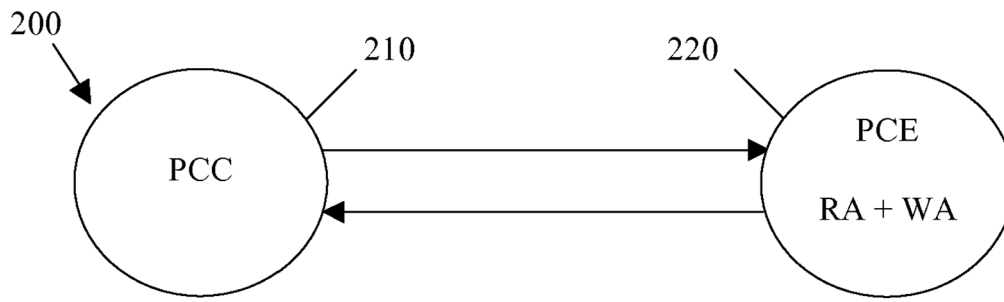


FIG. 2

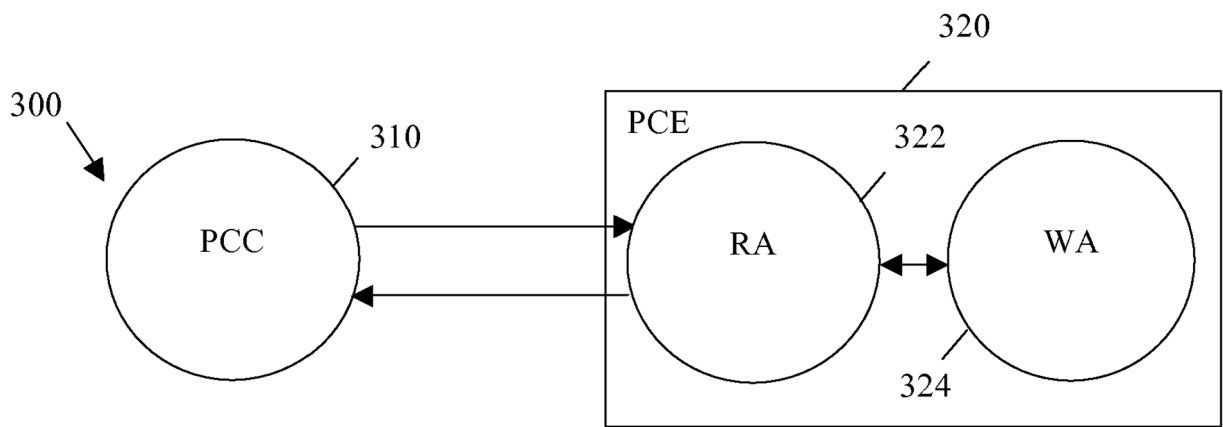


FIG. 3

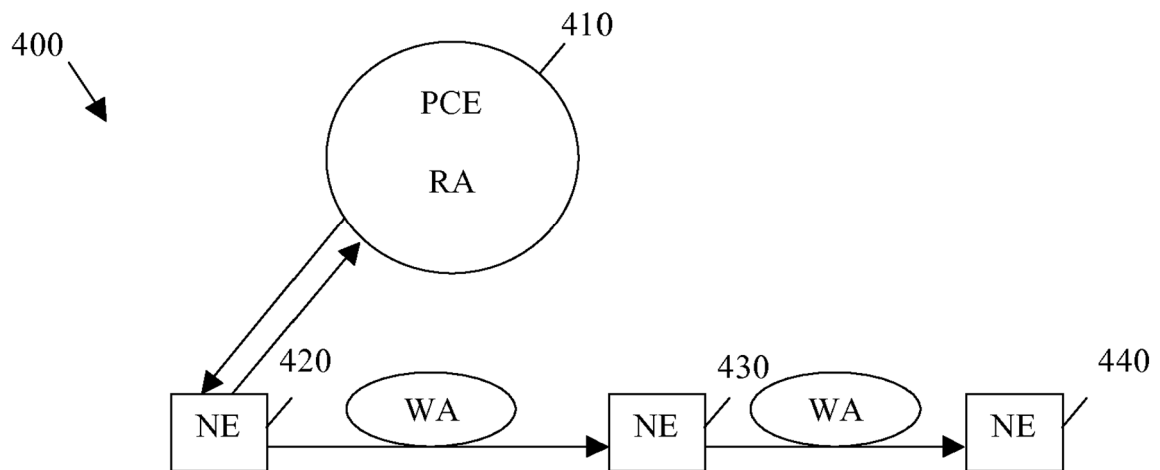


FIG. 4

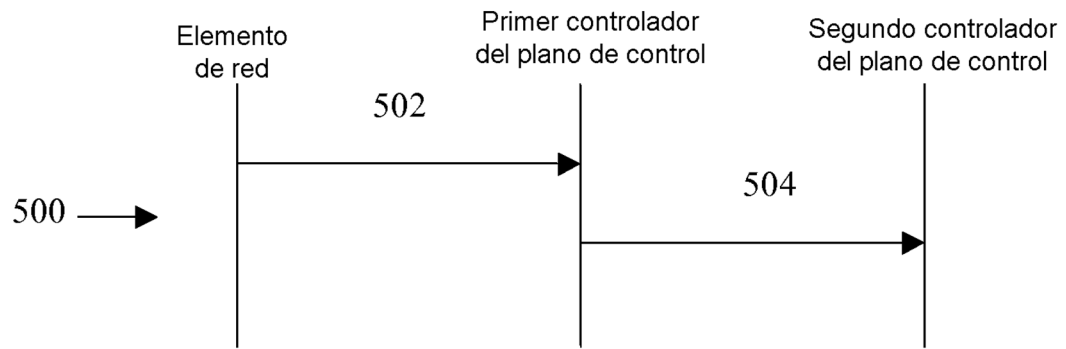


FIG. 5

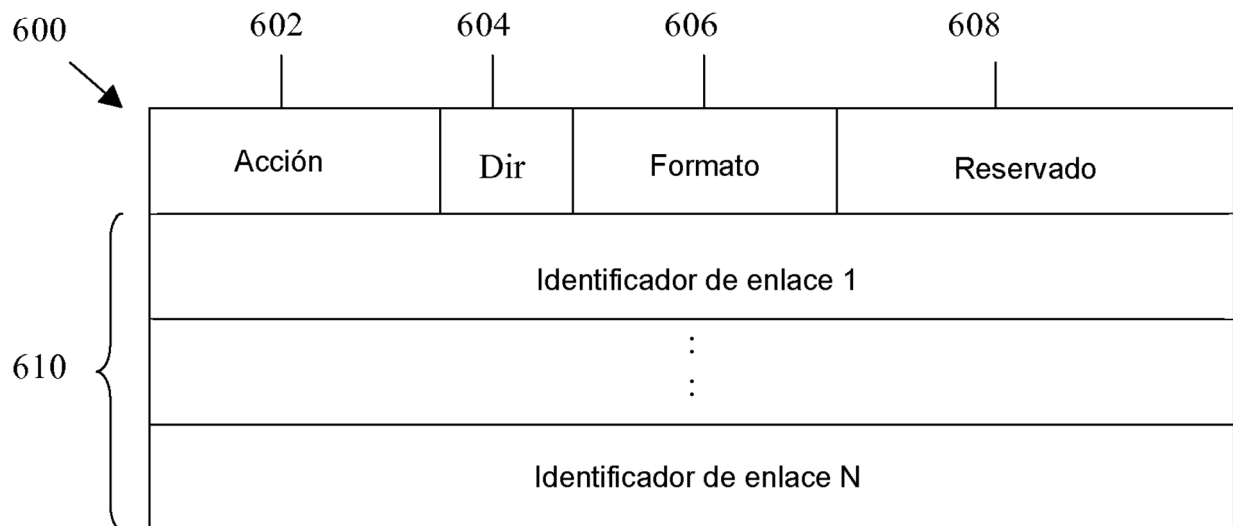
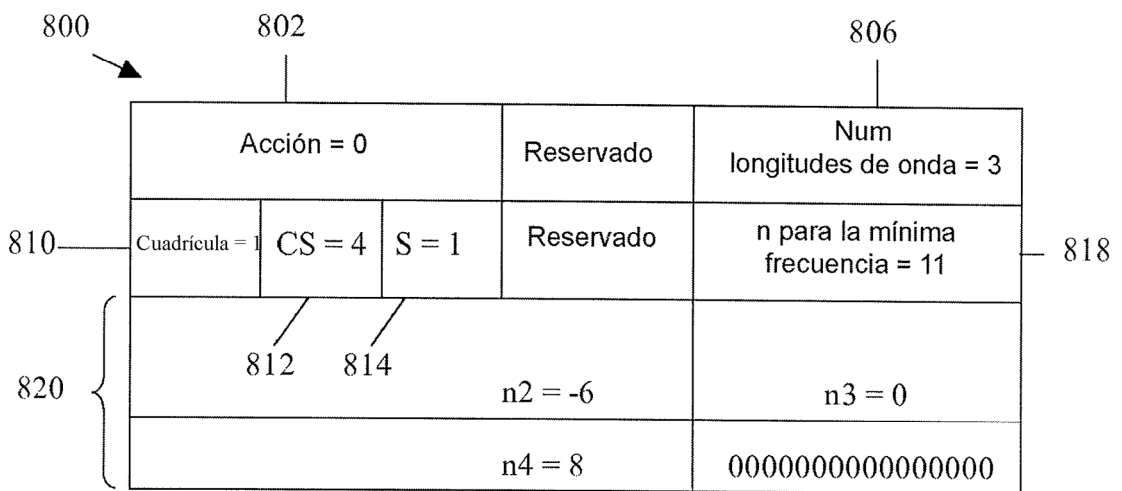
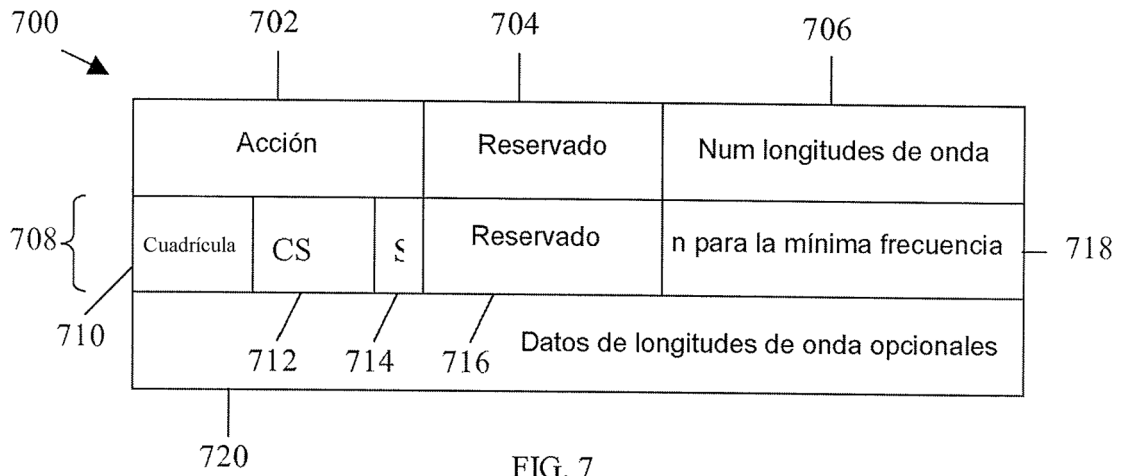


FIG. 6



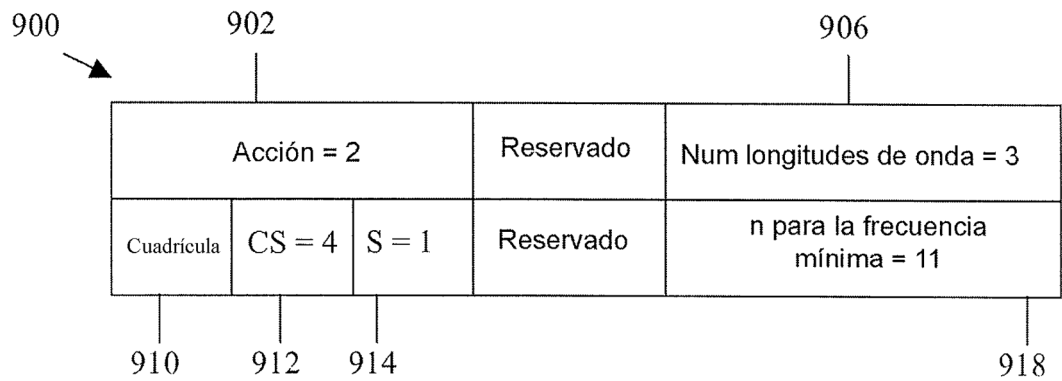


FIG. 9

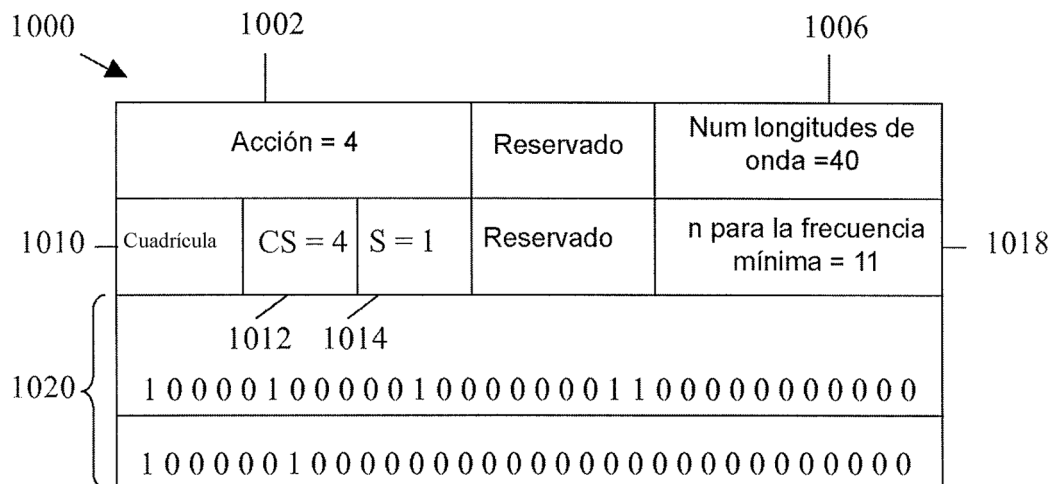


FIG. 10

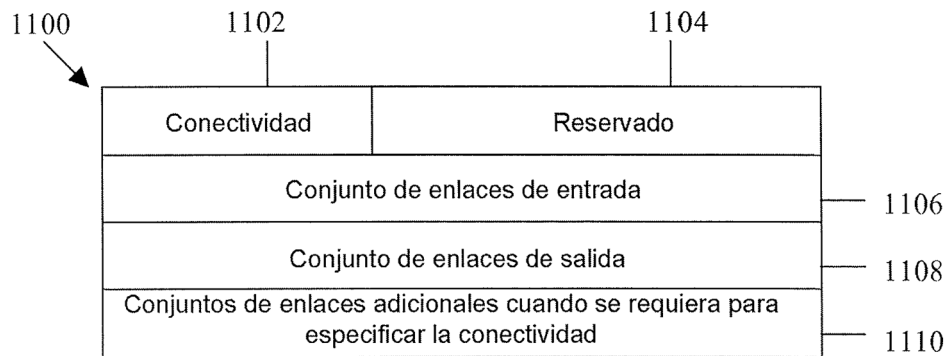


FIG. 11

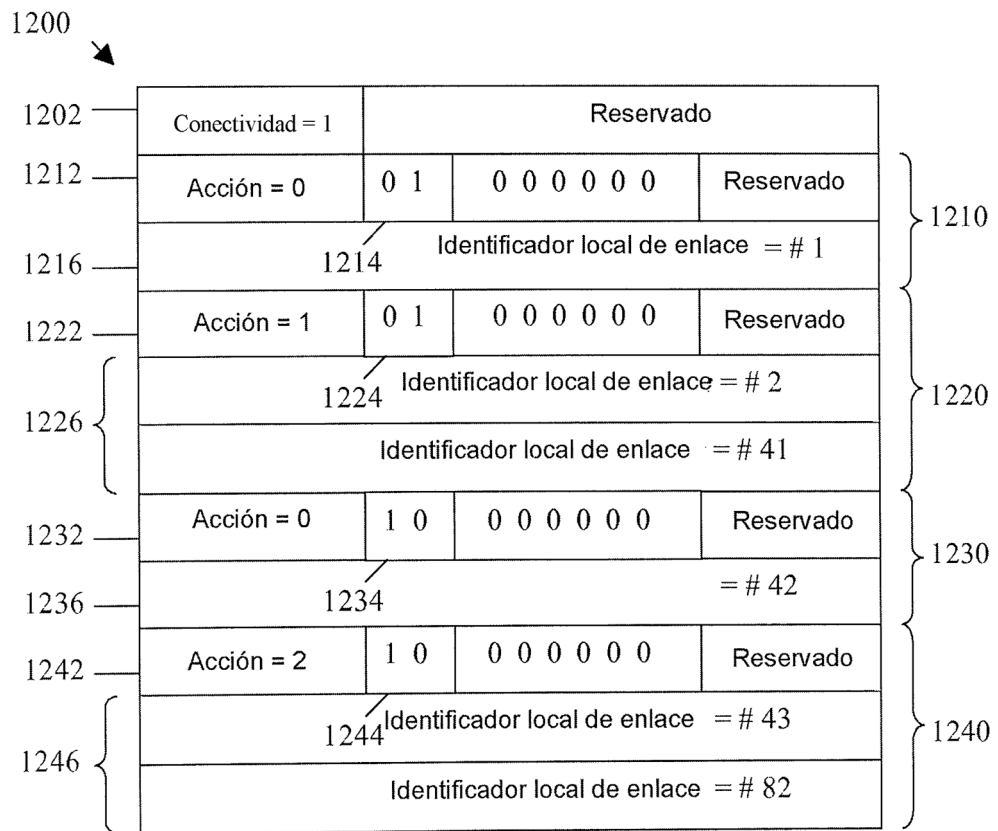


FIG. 12

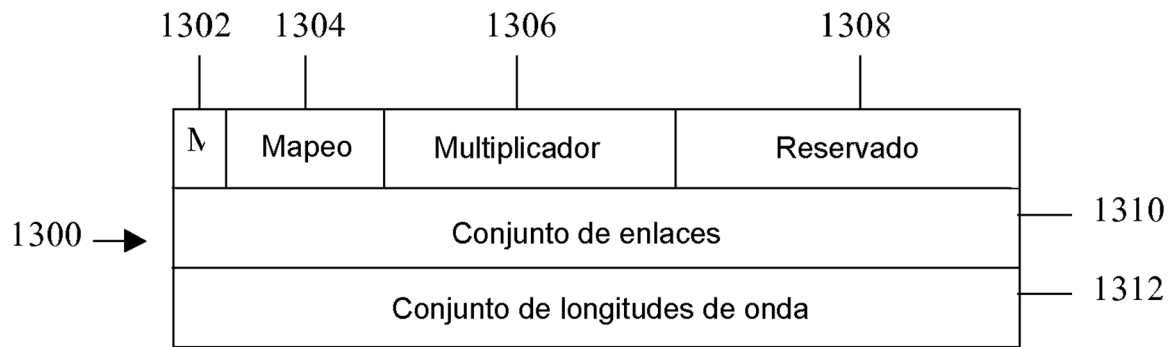


FIG. 13

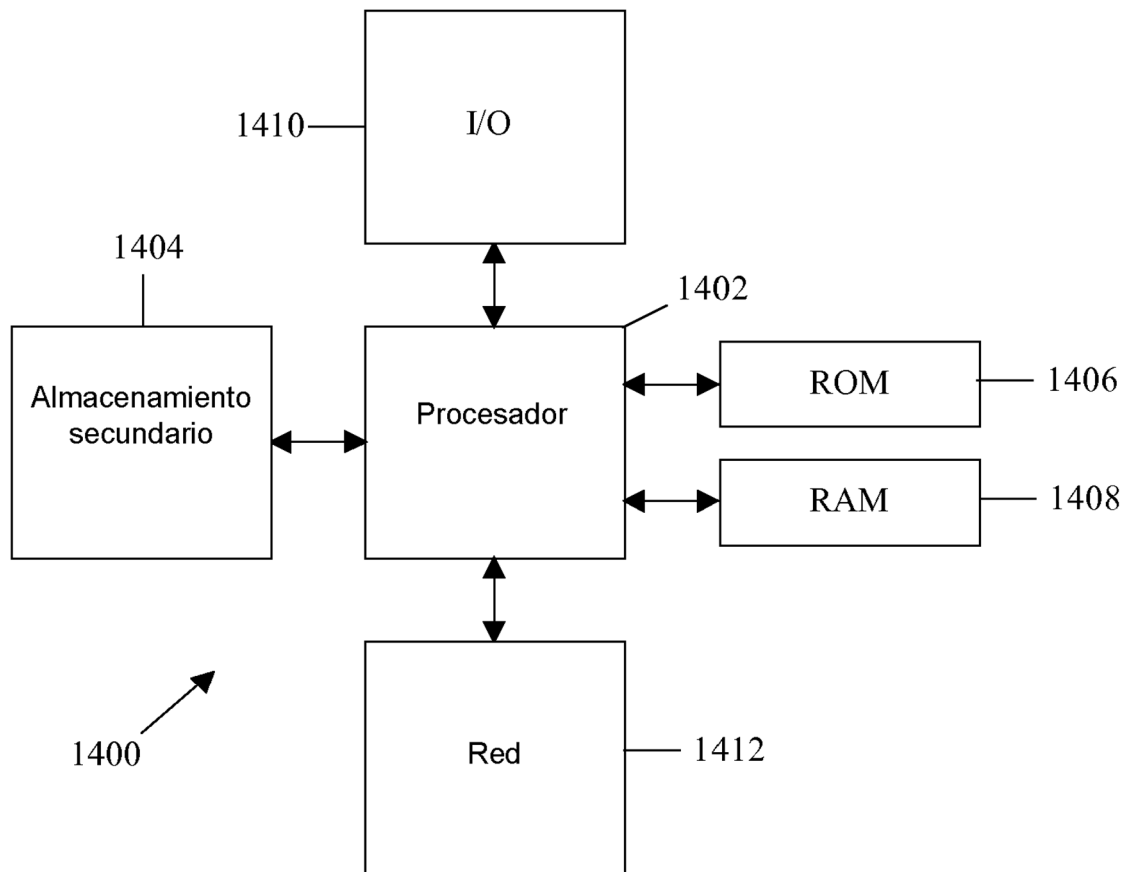


FIG. 14