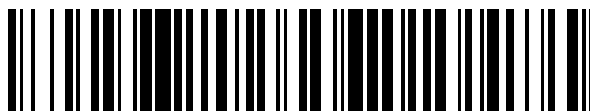


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 529**

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: **14.10.2011 PCT/CN2011/080805**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.11.2012 WO12149804**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.10.2011 E 11864770 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2017 EP 2747309**

54 Título: **Método, sistema y dispositivo de nodo para establecer un transconector de longitud de onda**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.11.2017

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

72 Inventor/es:
ZI, XIAOBING

74 Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 640 529 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método, sistema y dispositivo de nodo para establecer un transconector de longitud de onda

Campo técnico

5 La presente invención está relacionada con una tecnología de comunicaciones de red y, en particular, con un método, un sistema y un dispositivo de nodo para establecer una interconexión de longitud de onda.

Antecedentes

10 En una red basada en multiplexación por división de longitud de onda (WDM), una conexión de longitud de onda se transmite mediante un enlace de fibra óptica, y cada conexión de longitud de onda necesita ocupar ciertos recursos espectrales de una fibra óptica. Habitualmente, los recursos espectrales disponibles en la fibra óptica se dividen en intervalos fijos del espectro. Cada intervalo del espectro, utilizado como canal de longitud de onda, suele transportar una conexión de longitud de onda, y los anchos de banda de las conexiones de longitud de onda transportadas en la misma fibra óptica son iguales. Como resultado, cuando se utilizan conexiones de longitud de onda para la transmisión híbrida de servicios que requieren anchos de banda diferentes, es necesario dividir los recursos espectrales de la fibra óptica en canales de longitud de onda en función de un servicio que requiera un ancho de banda máximo, aunque otros servicios que requieren anchos de banda pequeños no necesiten canales de longitud de onda con un ancho de banda tan grande. En consecuencia, se desaprovechan los recursos espectrales de la fibra óptica y se reduce la utilización de los recursos espectrales de la fibra óptica.

15 Con el fin de mejorar la utilización de los recursos espectrales de la red WDM los intervalos del espectro se pueden dividir de forma flexible en función de los requisitos de servicio, esto es, pueden ser diferentes los anchos de banda espectrales ocupados por las conexiones de longitud de onda transportadas en la misma fibra óptica.

20 En la actualidad, para completar el establecimiento de una interconexión de longitud de onda con un ancho de banda espectral variable es necesario realizar una configuración manual de los nodos mediante un sistema de gestión de red. En consecuencia, la implementación resulta compleja y la fiabilidad es baja.

25 En el documento de Sambo y otros: "A contention detection scheme for Lightpath Restoration in GMPLS Networks (Un esquema de detección de contienda para Restauración del Camino Óptico en Redes GMPLS)" en Letters of Communications del IEEE, vol. 11, núm. 10, de octubre de 2007, páginas 820-822, se describe una red de enrutamiento en longitud de onda en la que se pueden establecer caminos ópticos de forma dinámica cuando se reservan recursos distribuidos. Además, se divulga que cada uno de los nodos de la red es un transconector totalmente óptico con un plano de control. En cada uno de los nodos, el plano de control mantiene una base de datos con información sobre la topología de la red y sobre la disponibilidad local de longitudes de onda. Cuando se detecta un fallo en la actualización de estas bases de datos se genera un mensaje de notificación. Un objeto conjunto de etiquetas contiene el conjunto de longitudes de onda disponibles que se pueden seleccionar para el camino óptico.

30 En el documento US 2009/0060512 A1 se describe un control de conversión de longitud de onda distribuido para protocolos de señalización. En él se obtiene información sobre la disponibilidad de longitudes de onda que comprende una lista de longitudes de onda disponibles en los saltos o una intersección de al menos algunas longitudes de onda disponibles.

Resumen

40 Los modos de realización de la presente invención proporcionan un método y un sistema para establecer una interconexión de longitud de onda, con el fin de resolver el problema de complejidad de implementación y baja fiabilidad de la técnica anterior.

Un aspecto de la presente invención se refiere a un método para establecer una interconexión que comprende:

- determinar, por parte de un primer nodo (A), el ancho de banda espectral de una conexión, que es el rango de ancho de banda cubierto por una frecuencia central,
- 45 • a) determinar, por parte del primer nodo (A), en función del ancho de banda espectral, un rango de frecuencias para una frecuencia central libre de un primer enlace (A-B), que es un enlace entre el primer nodo (A) y un nodo vecino (B, D) en el sentido del primer nodo (A) a un segundo nodo (C),
 - b) si las frecuencias centrales comprendidas en el rango de frecuencias cubierto por la frecuencia central libre son todas frecuencias centrales libres, determinar, por parte del primer nodo (A), que la frecuencia central libre es una frecuencia central disponible,
 - 50 c) realizar los pasos a) - b) para cada una de las frecuencias centrales libres, obteniendo de este modo a una serie de frecuencias centrales disponibles que constituyen un primer conjunto de frecuencias centrales disponibles;

- enviar, por parte del primer nodo (A), un mensaje de petición que incluye la información del primer conjunto de frecuencias centrales disponibles, que contiene el primer conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información del ancho de banda espectral, que contiene el ancho de banda espectral, al nodo vecino (B) en el sentido del primer nodo (A) al segundo nodo (C);
- 5 • recibir, por parte del nodo vecino (B), el mensaje de petición enviado desde el primer nodo (A), extraer, por parte del nodo vecino (B) la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información del ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, y obtener, por parte del nodo vecino (B) el primer conjunto de frecuencias centrales disponibles del primer enlace (A-B) y el ancho de banda espectral;
- 10 • d) determinar, por parte del nodo vecino (B), en función del ancho de banda espectral, un rango de frecuencias para una frecuencia central libre de un segundo enlace (B-C), que es un enlace entre el nodo vecino (B) y el segundo nodo (C),
 - e) si las frecuencias centrales comprendidas en el rango de frecuencias cubierto por la frecuencia central libre son todas frecuencias centrales libres, determinar, por parte del nodo vecino (B), que la frecuencia central libre es una frecuencia central disponible, y
 - 15 f) realizar los pasos d) - e) para cada una de las frecuencias centrales libres, obteniendo de este modo una serie de frecuencias centrales disponibles que constituyen un segundo conjunto de frecuencias centrales disponibles;
- obtener la intersección, por parte del nodo vecino (B), del primer conjunto de frecuencias disponibles y el segundo conjunto de frecuencias disponibles para obtener un conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizado y enviar, por parte del nodo vecino (B), un mensaje de petición al segundo nodo (C), en donde el mensaje de petición incluye la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizada que contiene el conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizado, e información del ancho de banda espectral que contiene el ancho de banda espectral;
- 20 • recibir, por parte del segundo nodo (C), el mensaje de petición, extraer, por parte del segundo nodo (C), la información del conjunto de frecuencias disponibles actualizada y la información del ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, obtener, por parte del segundo nodo (C), el conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizado y el ancho de banda espectral, seleccionar, por parte del segundo nodo (C), una frecuencia central disponible del conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizado, y establecer, por parte del segundo nodo (C), una conexión entre el segundo nodo (C) y el nodo vecino (B) basada en un rango espectral determinado por la frecuencia central seleccionada y el ancho de banda espectral, y enviarle un mensaje de respuesta al nodo vecino (B), en donde el mensaje de respuesta incluye información de frecuencia central que contiene la frecuencia central seleccionada;
- 25 • recibir, por parte del nodo vecino (B), el mensaje de respuesta, extraer, por parte del nodo vecino (B), la información de la frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, obtener la frecuencia central seleccionada, establecer, por parte del nodo vecino (B), una conexión entre el nodo vecino (B) y el segundo nodo (C) y una conexión entre el nodo vecino (B) y el primer nodo (A) basada en el rango espectral determinado por la frecuencia central seleccionada y el ancho de banda espectral, y enviar, por parte del nodo vecino (B), un mensaje de respuesta al primer nodo (A), en donde el mensaje de respuesta contiene información de frecuencia central que contiene la frecuencia central seleccionada;
- 30 • recibir, por parte del primer nodo (A), el mensaje de respuesta enviado desde el nodo vecino (B), extraer la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, obtener la frecuencia central seleccionada de la conexión para establecer como frecuencia operativa la frecuencia central obtenida, y establecer, por parte del primer nodo (A), una conexión entre el primer nodo (A) y el nodo vecino (B) basada en el rango espectral determinado por la frecuencia central seleccionada y el ancho de banda espectral.

45 Un aspecto adicional de la presente invención se refiere a un sistema que comprende el primer nodo (A), el nodo vecino (B) y el segundo nodo (C), en donde el sistema está configurado para aplicar el método descrito más arriba.

Mediante la utilización del método y el sistema para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con los modos de realización de la presente invención, se puede establecer automáticamente en un nodo una interconexión de longitud de onda de ancho de banda espectral variable. La implementación es sencilla y la fiabilidad es alta.

Breve descripción de los dibujos

Con el fin de describir más claramente las soluciones técnicas contenidas en los modos de realización de la presente invención, a continuación se presentan brevemente los dibujos adjuntos necesarios para describir los modos de realización. Evidentemente, los dibujos que se adjuntan a la siguiente descripción solo ilustran algunos modos de realización de la presente invención, y una persona con un conocimiento normal de la técnica todavía puede obtener sin esfuerzos creativos otros dibujos a partir de estos dibujos adjuntos.

- La FIG. 1a es un diagrama de flujo de un método para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;
- la FIG. 1b es un diagrama de flujo de un método para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con otro modo de realización de la presente invención;
- 5 la FIG. 1c es un diagrama de flujo de un método para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con otro modo de realización de la presente invención;
- la FIG. 1d es un diagrama de flujo de un método para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con otro modo de realización de la presente invención;
- 10 la FIG. 1e es un diagrama de flujo de un método para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con otro modo de realización de la presente invención;
- la FIG. 1f es un diagrama de flujo de un método para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con otro modo de realización de la presente invención;
- la FIG. 1g es un diagrama de flujo de un método para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con otro modo de realización de la presente invención;
- 15 la FIG. 1h es un diagrama de flujo de un método para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con otro modo de realización de la presente invención;
- la FIG. 1i es un diagrama de flujo de un método para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con otro modo de realización de la presente invención;
- 20 la FIG. 1j es un diagrama de flujo de un método para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con otro modo de realización de la presente invención;
- la FIG. 1k es un diagrama de flujo de un método para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con otro modo de realización de la presente invención;
- la FIG. 1l es un diagrama de flujo de un método para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con otro modo de realización de la presente invención;
- 25 la FIG. 1m es un diagrama de flujo de un método para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con otro modo de realización de la presente invención;
- la FIG. 1n es un diagrama de flujo de un método para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con otro modo de realización de la presente invención;
- 30 la FIG. 2 es un diagrama esquemático de recursos espectrales en un enlace de fibra óptica de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;
- la FIG. 3 es un diagrama esquemático de una topología de red WDM de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;
- la FIG. 4a es un diagrama esquemático de recursos espectrales de una fibra óptica sobre el enlace A-B en una red WDM de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;
- 35 la FIG. 4b es un diagrama esquemático de recursos espectrales de una fibra óptica sobre el enlace B-C en una red WDM de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;
- la FIG. 5 es un diagrama esquemático de otra topología de red WDM de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;
- 40 la FIG. 6a es un diagrama esquemático de recursos espectrales de una fibra óptica sobre el enlace A-D en otra red WDM de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;
- la FIG. 6b es un diagrama esquemático de recursos espectrales de una fibra óptica sobre el enlace D-E en otra red WDM de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;
- la FIG. 6c es un diagrama esquemático de recursos espectrales de una fibra óptica sobre el enlace E-C en otra red WDM de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;
- 45 la FIG. 7a muestra un formato de encapsulación de la carga útil de un objeto parámetro de tráfico de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;
- la FIG. 7b muestra un formato de encapsulación de la carga útil de un objeto de solicitud de etiqueta de acuerdo con

un modo de realización de la presente invención;

la FIG. 7c muestra un formato de encapsulación de la carga útil de un objeto etiqueta de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

5 la FIG. 8 es un diagrama de bloques de la estructura de un dispositivo de nodo de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

la FIG. 9 es un diagrama de bloques de la estructura de otro dispositivo de nodo de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

la FIG. 10 es un diagrama de bloques de la estructura de otro dispositivo de nodo de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

10 la FIG. 11 es un diagrama de bloques de la estructura de otro dispositivo de nodo de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

la FIG. 12 es un diagrama esquemático de un sistema para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con un modo de realización de la presente invención; y

15 la FIG. 13 es un diagrama esquemático de otro sistema para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.

Descripción de los modos de realización

20 Los modos de realización de la presente invención proporcionan un método, un sistema y un dispositivo de nodo para establecer una interconexión de longitud de onda. Con el fin de ayudar a comprender mejor las soluciones técnicas de la presente invención, a continuación se describen en detalle los modos de realización de la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

25 Se debe tener presente que los modos de realización descritos son tan solo algunos modos de realización ilustrativos de la presente invención, en lugar de todos los modos de realización de la presente invención. Cualesquiera otros modos de realización obtenidos sin esfuerzos creativos por una persona con un conocimiento normal de la técnica a partir de los modos de realización de la presente invención se considerarán dentro del alcance de protección de la presente invención.

En un modo de realización de la presente invención, en la FIG. 1a se ilustra un procedimiento de un método para establecer una interconexión de longitud de onda, en donde el método incluye los siguientes pasos:

30 Paso S101a: Un primer nodo determina el ancho de banda espectral de una conexión de longitud de onda, y obtiene un primer conjunto de frecuencias centrales disponibles de un primer enlace en función del ancho de banda espectral, en donde el primer enlace es un enlace entre el primer nodo y un nodo vecino en el sentido del primer nodo hasta un segundo nodo.

35 Paso S102a: El primer nodo obtiene la información de un primer conjunto de frecuencias centrales disponibles correspondiente al primer conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral correspondiente al ancho de banda espectral, y le envía un mensaje de petición que incluye la información de primer conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral al nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo.

40 Paso S103a: El primer nodo recibe un mensaje de respuesta, extrae la información de la frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, obtiene una frecuencia central de la conexión de longitud de onda y establece una interconexión de longitud de onda basada en un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral, en donde la frecuencia central es una frecuencia central disponible obtenida por el segundo nodo a partir de un segundo conjunto de frecuencias centrales disponibles y el segundo conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda.

45 En otro modo de realización de la presente invención, en la FIG. 1b se ilustra un procedimiento de un método para establecer una interconexión de longitud de onda, en donde el método incluye los siguientes pasos:

50 Paso S101b: Un segundo nodo recibe un mensaje de petición, extrae la información de un segundo conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, y obtiene un segundo conjunto de frecuencias centrales disponibles y un ancho de banda espectral, determinados por un primer nodo, de una conexión de longitud de onda, en donde el segundo conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda.

Paso S102b: El segundo nodo establece como frecuencia central de la conexión de longitud de onda una frecuencia

central disponible del segundo conjunto de frecuencias centrales disponibles, y establece una interconexión de longitud de onda basada en un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral.

En otro modo de realización de la presente invención, en la FIG. 1c se ilustra un procedimiento de un método para establecer una interconexión de longitud de onda, en donde el método incluye los siguientes pasos:

5 Paso S101c: Un tercer nodo recibe un mensaje de petición, extrae la información de un tercer conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, y obtiene un tercer conjunto de frecuencias centrales disponibles y un ancho de banda espectral, determinados por un primer nodo, de una conexión de longitud de onda, en donde el tercer conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces desde el primer nodo hasta el tercer nodo a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda.

10 Paso S102c: El tercer nodo obtiene un conjunto de frecuencias centrales disponibles de un segundo enlace de acuerdo con el ancho de banda espectral, obtiene la intersección del conjunto de frecuencias centrales disponibles del segundo enlace y el tercer conjunto de frecuencias centrales disponibles para obtener un cuarto conjunto de frecuencias centrales disponibles y obtiene la información del cuarto conjunto de frecuencias centrales disponibles correspondiente al cuarto conjunto de frecuencias centrales disponibles, en donde el segundo enlace es un enlace entre el tercer nodo y un nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo; y el tercer nodo le envía un mensaje de petición que incluye la información del cuarto conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información del ancho de banda espectral al nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo.

15 Paso S103c: El tercer nodo recibe un mensaje de respuesta, extrae la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, obtiene una frecuencia central de la conexión de longitud de onda, y establece una interconexión de longitud de onda basada en un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral, en donde la frecuencia central es una frecuencia central disponible obtenida por el segundo nodo de un segundo conjunto de frecuencias centrales disponibles y el segundo conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda.

20 En otro modo de realización de la presente invención, en la FIG. 1d se ilustra un procedimiento de un método para establecer una interconexión de longitud de onda, en donde el método incluye los siguientes pasos:

25 Paso S101d: Un primer nodo determina el ancho de banda espectral de una conexión de longitud de onda, obtiene información del primer conjunto de frecuencias centrales libres correspondiente a un primer conjunto de frecuencias centrales libres de un tercer enlace y la información del ancho de banda espectral correspondiente al ancho de banda espectral y le envía un mensaje de petición que incluye la información del primer conjunto de frecuencias centrales libres y la información de ancho de banda espectral a un nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo, en donde el tercer enlace es un enlace entre el primer nodo y el nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo.

30 Paso S102d: El primer nodo recibe un mensaje de respuesta, extrae la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, obtiene una frecuencia central de la conexión de longitud de onda, y establece una interconexión de longitud de onda basada en un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral, en donde la frecuencia central es una frecuencia central disponible obtenida por el segundo nodo de un segundo conjunto de frecuencias centrales libres en función del ancho de banda espectral, y el segundo conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda.

35 En otro modo de realización de la presente invención, en la FIG. 1e se ilustra un procedimiento de un método para establecer una interconexión de longitud de onda, en donde el método incluye los siguientes pasos:

40 Paso S101e: Un segundo nodo recibe un mensaje de petición, extrae la información del segundo conjunto de frecuencias centrales libres y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, y obtiene un segundo conjunto de frecuencias centrales libres y un ancho de banda espectral, determinados por un primer nodo, de una conexión de longitud de onda, en donde el segundo conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda.

45 Paso S102e: El segundo nodo establece como frecuencia central de la conexión de longitud de onda una frecuencia central disponible del segundo conjunto de frecuencias centrales libres en función del ancho de banda espectral, y establece una interconexión de longitud de onda basada en un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral.

50 En otro modo de realización de la presente invención, en la FIG. 1f se ilustra un procedimiento de un método para establecer una interconexión de longitud de onda, en donde el método incluye los siguientes pasos:

55 Paso S101f: Un tercer nodo recibe un mensaje de petición, extrae la información de un tercer conjunto de

frecuencias centrales libres y la información del ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, y obtiene un tercer conjunto de frecuencias centrales libres y un ancho de banda espectral, determinados por un primer nodo, de una conexión de longitud de onda, en donde el tercer conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces desde el primer nodo hasta el tercer nodo a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda.

5 Paso S102f: El tercer nodo obtiene la intersección de un conjunto de frecuencias centrales libres de un cuarto enlace y el tercer conjunto de frecuencias centrales libres para obtener un cuarto conjunto de frecuencias centrales libres, y obtiene la información de un cuarto conjunto de frecuencias centrales libres correspondiente al cuarto conjunto de frecuencias centrales libres, en donde el cuarto enlace es un enlace entre el tercer nodo y un nodo vecino en el sentido del primer nodo a un segundo nodo; y el tercer nodo le envía un mensaje de petición que incluye la información del cuarto conjunto de frecuencias centrales libres y la información de ancho de banda espectral al nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo.

10 Paso S103f: El tercer nodo recibe un mensaje de respuesta, extrae la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, obtiene una frecuencia central de la conexión de longitud de onda, y establece una interconexión de longitud de onda basada en un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral, en donde la frecuencia central es una frecuencia central disponible obtenida por el segundo nodo de un segundo conjunto de frecuencias centrales libres de acuerdo con el ancho de banda espectral, en donde el segundo conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda.

15 En otro modo de realización de la presente invención, en la FIG. 1g se ilustra un procedimiento de un método para establecer una interconexión de longitud de onda, en donde el método incluye los siguientes pasos:

20 Paso S101g: Un primer nodo determina el ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento en una conexión de longitud de onda, y obtiene un quinto conjunto de frecuencias centrales disponibles de un quinto enlace de acuerdo con el ancho de banda espectral de la conexión de un segmento del primer nodo, en donde el quinto enlace es un enlace entre el primer nodo y un nodo vecino en el sentido del primer nodo a un segundo nodo.

25 Paso S102g: El primer nodo obtiene la información de un quinto conjunto de frecuencias centrales disponibles correspondiente al quinto conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral correspondiente al ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento de la conexión de longitud de onda, y le envía un mensaje de petición que incluye la información del quinto conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral al nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo.

30 Paso S103g: El primer nodo recibe un mensaje de respuesta, extrae la información de la primera frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, obtiene la frecuencia central de la conexión del segmento del primer nodo, y establece una interconexión de longitud de onda basada en un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del primer nodo, en donde la frecuencia central es una frecuencia central disponible obtenida por un cuarto nodo entre el primer nodo y el segundo nodo del sexto conjunto de frecuencias centrales disponibles, y el sexto conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces de la conexión de los segmentos del primer nodo.

35 En otro modo de realización de la presente invención, en la FIG. 1h se ilustra un procedimiento de un método para establecer una interconexión de longitud de onda, en donde el método incluye los siguientes pasos:

40 Paso S101h: Un segundo nodo recibe un mensaje de petición, extrae la información de un noveno conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, y obtiene un noveno conjunto de frecuencias centrales disponibles y un ancho de banda espectral, determinados por el primer nodo, de la conexión de un segmento del segundo nodo en donde el noveno conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión del segmento del segundo nodo.

45 Paso S102h: El segundo nodo establece como frecuencia central de la conexión del segmento del segundo nodo una frecuencia central disponible del noveno conjunto de frecuencias centrales disponibles, y establece una interconexión de longitud de onda basada en un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del segundo nodo.

50 En otro modo de realización de la presente invención, en la FIG. 1i se ilustra un procedimiento de un método para establecer una interconexión de longitud de onda, en donde el método incluye los siguientes pasos:

55 Paso S101i: Un cuarto nodo recibe un mensaje de petición, extrae la información de un sexto conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de un primer ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, obtiene un sexto conjunto de frecuencias centrales disponibles y obtiene los anchos de banda espectrales, determinados por un primer nodo, de la conexión de un segmento del cuarto nodo en el lado del primer

nodo y la conexión de cada uno de los segmentos desde el cuarto nodo hasta un segundo nodo, en donde el sexto conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los que pasa la conexión del segmento del cuarto nodo en el lado del primer nodo.

5 Paso S102i: El cuarto nodo establece como frecuencia central de la conexión del segmento del cuarto nodo en el lado del primer nodo una frecuencia central disponible del sexto conjunto de frecuencias centrales disponibles.

10 Paso S103i: El cuarto nodo obtiene un séptimo conjunto de frecuencias centrales disponibles de un sexto enlace de acuerdo con el ancho de banda espectral de la conexión de un segmento del cuarto nodo en el lado del segundo nodo, en donde el sexto enlace es un enlace entre el cuarto nodo y un nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo; obtiene la información de un séptimo conjunto de frecuencias centrales disponibles correspondiente al séptimo conjunto de frecuencias centrales disponibles, obtiene la información de un segundo de ancho de banda espectral correspondiente al ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento desde el cuarto nodo al segundo nodo y le envía un mensaje de petición que incluye la información del séptimo conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información del segundo ancho de banda espectral al nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo.

15 Paso S104i: El cuarto nodo recibe un mensaje de respuesta, extrae la información de la segunda frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, obtiene una frecuencia central de la conexión del segmento del cuarto nodo en el lado del segundo nodo, determina un primer rango espectral basado en la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del cuarto nodo en el lado del primer nodo, determina un segundo rango espectral basado en la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del cuarto nodo en el lado del segundo nodo, y establece una interconexión de longitud de onda entre el primer rango espectral y el segundo rango espectral, en donde la frecuencia central de la conexión del segmento del cuarto nodo en el lado del segundo nodo es una frecuencia central disponible en un octavo conjunto de frecuencias centrales disponibles, y el octavo conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión del segmento del cuarto nodo en el lado del segundo nodo.

En otro modo de realización de la presente invención, en la FIG. 1j se ilustra un procedimiento de un método para establecer una interconexión de longitud de onda, en donde el método incluye los siguientes pasos:

30 Paso S101j: Un tercer nodo recibe un mensaje de petición, extrae la información de un décimo conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, obtiene un noveno conjunto de frecuencias centrales disponibles y obtiene los anchos de banda espectrales, determinados por un primer nodo, de la conexión de un segmento del tercer nodo y la conexión de cada uno de los segmentos desde el tercer nodo a un segundo nodo, en donde el noveno conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces desde el primer nodo o un cuarto nodo al tercer nodo a través de los cuales pasa la conexión del segmento del tercer nodo.

35 Paso S102j: El tercer nodo obtiene un conjunto de frecuencias centrales disponibles de un séptimo enlace de acuerdo con el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del tercer nodo, obtiene la intersección del conjunto de frecuencias centrales disponibles del séptimo enlace y un décimo conjunto de frecuencias centrales disponibles para obtener un undécimo conjunto de frecuencias centrales disponibles, y obtiene la información del undécimo conjunto de frecuencias centrales disponibles correspondiente al undécimo conjunto de frecuencias centrales disponibles, en donde el séptimo enlace es un enlace entre el tercer nodo y un nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo; y el tercer nodo le envía un mensaje de petición que incluye la información del undécimo conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral al nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo.

40 Paso S103j: El tercer nodo recibe un mensaje de respuesta, extrae la información de una tercera frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, obtiene una frecuencia central de la conexión del segmento del tercer nodo y establece una interconexión de longitud de onda basada en un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del tercer nodo, en donde la frecuencia central es una frecuencia central disponible obtenida por un cuarto nodo entre el tercer nodo y el segundo nodo o por el segundo nodo de un undécimo conjunto de frecuencias centrales disponibles, en donde el undécimo conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces de la conexión de los segmentos del tercer nodo.

45 En otro modo de realización de la presente invención, en la FIG. 1k se ilustra un procedimiento de un método para establecer una interconexión de longitud de onda, en donde el método incluye los siguientes pasos:

Paso S101k: Un primer nodo determina el ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento en una conexión de longitud de onda, obtiene la información de un quinto conjunto de frecuencias centrales libres correspondiente a un quinto conjunto de frecuencias centrales libres de un octavo enlace y la información de ancho

de banda espectral correspondiente al ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento de la conexión de longitud de onda, y le envía un mensaje de petición que incluye la información del quinto conjunto de frecuencias centrales libres y la información de ancho de banda espectral a un nodo vecino en el sentido del primer nodo a un segundo nodo, en donde el octavo enlace es un enlace entre el primer y el nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo.

5 Paso S102k: El primer nodo recibe un mensaje de respuesta, extrae la información de la quinta frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, obtiene una frecuencia central de la conexión de un segmento del primer nodo y establece una interconexión de longitud de onda basada en un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del primer nodo, en donde la frecuencia central es una frecuencia central disponible obtenida por un cuarto nodo entre el primer nodo y el segundo nodo de un sexto conjunto de frecuencias centrales libres de acuerdo con el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del primer nodo, y el sexto conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión del segmento del primer nodo.

10 En otro modo de realización de la presente invención, en la FIG. 11 se ilustra un procedimiento de un método para establecer una interconexión de longitud de onda, en donde el método incluye los siguientes pasos:

15 Paso S101l: Un segundo nodo recibe un mensaje de petición, extrae la información de un noveno conjunto de frecuencias centrales libres y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, obtiene un noveno conjunto de frecuencias centrales libres y obtiene un ancho de banda espectral, determinados por un primer nodo, de la conexión de un segmento del segundo nodo, en donde el noveno conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión del segmento del segundo nodo.

20 Paso S102l: El segundo nodo establece como frecuencia central de la conexión del segmento del segundo nodo una frecuencia central disponible del noveno conjunto de frecuencias centrales libres de acuerdo con el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del segundo nodo, y establece una interconexión de longitud de onda basada en un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del segundo nodo.

25 En otro modo de realización de la presente invención, en la FIG. 1m se ilustra un procedimiento de un método para establecer una interconexión de longitud de onda, en donde el método incluye los siguientes pasos:

30 Paso S101m: Un cuarto nodo recibe un mensaje de petición, extrae la información de un sexto conjunto de frecuencias centrales libres y la información de un tercer ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, obtiene un sexto conjunto de frecuencias centrales libres y obtiene los anchos de banda espectrales de la conexión de un segmento del cuarto nodo en el lado del primer nodo y la conexión de cada uno de los segmentos desde el cuarto nodo hasta un segundo nodo, en donde el sexto conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión del segmento del cuarto nodo en el lado del primer nodo.

35 Paso S102m: El cuarto nodo establece como frecuencia central de la conexión del segmento del cuarto nodo en el lado del primer nodo una frecuencia central disponible del sexto conjunto de frecuencias centrales libres de acuerdo con el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del cuarto nodo en el lado del primer nodo.

40 Paso S103m: El cuarto nodo obtiene la información de un séptimo conjunto de frecuencias centrales libres correspondiente a un séptimo conjunto de frecuencias centrales libres de un noveno enlace, obtiene la información de un cuarto ancho de banda espectral correspondiente al ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento del cuarto nodo al segundo nodo, y le envía un mensaje de petición que incluye la información del séptimo conjunto de frecuencias centrales libres y la información del cuarto ancho de banda espectral a un nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo, en donde el noveno enlace es un enlace entre el cuarto nodo y el nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo.

45 Paso S104m: El cuarto nodo recibe un mensaje de respuesta, extrae la información de una sexta frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, obtiene la frecuencia central de la conexión de un segmento del cuarto nodo en el lado del segundo nodo, determina un tercer rango espectral basado en la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión de un segmento del cuarto nodo en el lado del primer nodo, determina un cuarto rango espectral basado en la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del cuarto nodo en el lado del segundo nodo, y establece una interconexión de longitud de onda entre el tercer rango espectral y el cuarto rango espectral, en donde la frecuencia central de la conexión del segmento del cuarto nodo en el lado del segundo nodo es una frecuencia central disponible en un octavo conjunto de frecuencias centrales libres y el octavo conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión del segmento del cuarto nodo en el lado del segundo nodo.

50 En otro modo de realización de la presente invención, en la FIG. 1n se ilustra un procedimiento de un método para establecer una interconexión de longitud de onda, en donde el método incluye los siguientes pasos:

Paso S101n: Un tercer nodo recibe un mensaje de petición, extrae la información de un décimo conjunto de frecuencias centrales libres y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, obtiene un décimo conjunto de frecuencias centrales libres y obtiene los anchos de banda espectrales, determinados por un primer nodo, de la conexión de un segmento del tercer nodo y la conexión de cada uno de los segmentos desde el tercer nodo a un segundo nodo, en donde el décimo conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces desde el primer nodo o un cuarto nodo al tercer nodo a través de los cuales pasa la conexión del segmento del tercer nodo.

Paso S102n: El tercer nodo obtiene la intersección de un conjunto de frecuencias centrales libres de un décimo enlace y el décimo conjunto de frecuencias centrales libres para obtener un undécimo conjunto de frecuencias centrales libres, y obtiene la información de undécimo conjunto de frecuencias centrales libres correspondiente al undécimo conjunto de frecuencias centrales libres, en donde el décimo enlace es un enlace entre el tercer nodo y un nodo vecino en el sentido del primer nodo a un segundo nodo; y el tercer nodo le envía un mensaje de petición al nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo, en donde el mensaje de petición incluye la información del undécimo conjunto de frecuencias centrales libres y la información del ancho de banda espectral de la conexión del segmento del tercer nodo y la conexión de cada uno de los segmentos del tercer nodo al segundo nodo.

Paso S103n: El tercer nodo recibe un mensaje de respuesta, extrae la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, obtiene la frecuencia central de la conexión del segmento del tercer nodo y establece una interconexión de longitud de onda basada en un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del tercer nodo, en donde la frecuencia central es una frecuencia central disponible obtenida por un cuarto nodo entre el tercer nodo y el segundo nodo o por el segundo nodo del undécimo conjunto de frecuencias centrales libres de acuerdo con el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del tercer nodo, en donde el undécimo conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión del segmento del tercer nodo.

A continuación, se describen en detalle un procedimiento, un sistema y un dispositivo de nodo para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con los modos de realización de la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

Se debe tener presente que los modos de realización descritos son tan solo algunos modos de realización de la presente invención, en lugar de todos los modos de realización de la presente invención. Cualesquiera otros modos de realización obtenidos sin esfuerzos creativos por una persona con un conocimiento normal de la técnica a partir de los modos de realización de la presente invención también se considerarán dentro del alcance de protección de la presente invención.

En el modo de realización siguiente, los recursos espectrales en un enlace de fibra óptica se dividen en frecuencias centrales, en donde, a partir de 194,1 THz, la frecuencia central aumenta y disminuye en unidades de 6,25 GHz. En consecuencia, los recursos espectrales en el enlace de fibra óptica se pueden dividir tal como se ilustra en la FIG. 2, y la frecuencia central se puede calcular de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$f_n = 193,1 + (n \times 6,25/1000) \text{ (THz)}$$

donde n es un entero, por ejemplo, cuando n = 0, la frecuencia central f_0 es 193,1 THz; cuando n = 7, la frecuencia central f_7 es 193,14375 THz; cuando n = -8, la frecuencia central f_{-8} es 193,05 THz.

Modo de realización 1: El modo de realización de la presente invención proporciona un método para establecer una interconexión de longitud de onda. En la red WDM que se ilustra en la FIG. 3, las líneas de conexión entre los nodos A, B, C y D indican enlaces de fibra óptica.

Un sistema de gestión de red o un cliente le indica al nodo A que establezca una conexión de longitud de onda entre la interfaz 1 del nodo A y la interfaz 6 del nodo C de la FIG. 3. El requisito de ancho de banda espectral es 50 GHz, y la frecuencia central es $f_{-8} = 193,1 + (-8 \times 6,25/1000) = 193,05$ THz. El nodo A calcula u obtiene, mediante el sistema de gestión de red, una ruta de la conexión de longitud de onda: (A, B, C), esto es, (interfaz 1, interfaz 2, interfaz 3, interfaz 4, interfaz 5, interfaz 6). Por consiguiente, el nodo A es un nodo fuente, el nodo B es un nodo intermedio y el nodo C es un nodo sumidero. El método incluye específicamente los siguientes pasos:

Paso S201: El nodo A le envía al nodo B un mensaje de petición que incluye la información de frecuencia central y la información de ancho de banda espectral de la conexión de longitud de onda.

El nodo A determina que la frecuencia central de la conexión de longitud de onda es $f_{-8} = 193,05$ THz, y que el ancho de banda espectral de la conexión de longitud de onda es 50 GHz. El nodo A le envía un mensaje de petición al nodo B en sentido descendente, en donde el mensaje de petición incluye la información de ancho de banda espectral y la información de frecuencia central. En este modo de realización, el ancho de banda espectral es 50 GHz y la frecuencia central es $f_{-8} = 193,05$ THz. Además, el mensaje de petición puede también incluir información explícita de la ruta (interfaz 3, interfaz 4, interfaz 5, interfaz 6).

ES 2 640 529 T3

Paso S202: El nodo B recibe el mensaje de petición, extrae la información de frecuencia central y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, obtiene una frecuencia central y un ancho de banda espectral del ancho de banda de longitud de onda y le envía un mensaje de petición que incluye la información de frecuencia central y la información del ancho de banda espectral al nodo C.

- 5 El nodo B recibe el mensaje de petición enviado por el nodo A, extrae la información de frecuencia central y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, y obtiene el ancho de banda espectral de 50 GHz y la frecuencia central f_8 .

10 El nodo B le envía un mensaje de petición al nodo C, en donde el mensaje de petición incluye la información de frecuencia central y la información de ancho de banda espectral. En este modo de realización, el ancho de banda espectral es 50 GHz y la frecuencia central es f_8 . Además, el mensaje de petición puede también incluir información explícita de la ruta (interfaz 5, interfaz 6).

15 Paso S203: El nodo C recibe el mensaje de petición, extrae la información de frecuencia central y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, obtiene una frecuencia central y un ancho de banda espectral del ancho de banda de longitud de onda, establece una interconexión de longitud de onda basada en la frecuencia central y el ancho de banda espectral, y le envía un mensaje de respuesta que incluye la información de frecuencia central al nodo B.

El nodo C recibe el mensaje de petición enviado por el nodo B, extrae la información de frecuencia central y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, y obtiene el ancho de banda espectral de 50 GHz y la frecuencia central f_8 .

- 20 El nodo C establece como frecuencia operativa de la interfaz 6 la frecuencia central $f_8 = 193,05$ THz, y determina, de acuerdo con la frecuencia central f_8 y el ancho de banda espectral de 50 GHz, el rango espectral ocupado por la conexión de longitud de onda:

frecuencia más baja = frecuencia central - ancho de banda espectral/2;

frecuencia más alta = frecuencia central + ancho de banda espectral/2.

- 25 Esto es, el rango espectral ocupado por la conexión de longitud de onda es de 193,05625 a 193,10625 THz, y se establece una interconexión de longitud de onda basada en el rango espectral de la interfaz 5 y la interfaz 6.

El nodo C le envía un mensaje de respuesta al nodo B, en donde el mensaje de respuesta incluye la información de la frecuencia central, esto es, en este modo de realización la frecuencia central f_8 .

- 30 Paso S204: El nodo B recibe el mensaje de respuesta, extrae la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, establece una interconexión de longitud de onda basada en la frecuencia central y el ancho de banda espectral y le envía al nodo A un mensaje de respuesta que incluye la información de frecuencia central.

35 El nodo B recibe el mensaje de respuesta enviado por el nodo C, extrae la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, y obtiene la frecuencia central f_8 . En función de la frecuencia central f_8 y el ancho de banda espectral de 50 GHz, se determina que el rango espectral ocupado por la conexión de longitud de onda es de 193,025 a 193,075 THz, y se establece una interconexión de longitud de onda basada en el rango espectral de la interfaz 3 y la interfaz 4.

El nodo B le envía un mensaje de respuesta al nodo A, en donde el mensaje de respuesta incluye la información de frecuencia central, esto es, en este modo de realización la frecuencia central f_8 .

- 40 Paso S205: El nodo A recibe el mensaje de respuesta, extrae la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta y establece una interconexión de longitud de onda basada en la frecuencia central y el ancho de banda espectral.

El nodo A recibe el mensaje de respuesta enviado por el nodo B en sentido descendente, extrae la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta y obtiene la frecuencia central f_8 .

- 45 El nodo A establece como frecuencia operativa de la interfaz 1 la frecuencia central $f_8 = 193,05$ THz, determina, de acuerdo con la frecuencia central f_8 y el ancho de banda espectral de 50 GHz, que el rango espectral ocupado por la conexión de longitud de onda es de 193,025 a 193,075 THz, y establece una interconexión de longitud de onda basada en el rango espectral de la interfaz 1 y la interfaz 2.

50 En caso de que se conozcan el ancho de banda espectral y la frecuencia central de la conexión de longitud de onda, además del procedimiento del Modo de realización 1, cada nodo puede utilizar además otros pasos para establecer una interconexión, por ejemplo,

el nodo fuente establece una interconexión directamente de acuerdo con un rango espectral determinado por el ancho de banda espectral y la frecuencia central de la conexión de longitud de onda, y el mensaje de petición que

contiene la información de ancho de banda espectral y la información de frecuencia central se le puede enviar al nodo en sentido descendente antes o después de que se establezca la interconexión.

5 El nodo intermedio recibe el mensaje de petición que contiene la información de ancho de banda espectral y la información de frecuencia central, y establece una interconexión de acuerdo con el rango espectral determinado por el ancho de banda espectral y la frecuencia central de la conexión de longitud de onda, en donde el mensaje de petición que contiene la información de ancho de banda espectral y la información de frecuencia central se le puede enviar al nodo en sentido descendente antes o después de que se establezca la interconexión.

10 El nodo intermedio recibe el mensaje de respuesta que contiene el ancho de banda espectral y la frecuencia central, en primer lugar le envía a un nodo en sentido ascendente un mensaje de respuesta que incluye la información de ancho de banda espectral y la información de frecuencia central y, a continuación, establece una interconexión en función del espectro determinado por el ancho de banda espectral y la frecuencia central de la conexión de longitud de onda.

15 El nodo sumidero recibe el mensaje de petición que contiene la información de ancho de banda espectral y la información de frecuencia central, en primer lugar le envía un mensaje de respuesta que incluye la información de ancho de banda espectral y la información de frecuencia central al nodo en sentido ascendente y, a continuación, establece una interconexión en función del rango espectral determinado por el ancho de banda espectral y la frecuencia central de la conexión de longitud de onda.

20 Cada nodo puede determinar, de acuerdo con los atributos de configuración, la secuencia de envío del mensaje o recepción del mensaje y establecimiento de la interconexión. El paso específico de ejecución es análogo al del Modo de realización 1, el cual no se vuelve a describir en la presente solicitud.

25 En el Modo de realización 1, el ancho de banda espectral y la frecuencia central de la conexión de longitud de onda son conocidos y se les comunica a los nodos de la conexión de longitud de onda mediante un mensaje de petición. Por otro lado, la frecuencia central de la conexión de longitud de onda se puede seleccionar automáticamente en función de los recursos espectrales de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda. A continuación, se describe el método de forma detallada a través de los siguientes modos de realización.

Modo de realización 2: El modo de realización de la presente invención proporciona un método para establecer una interconexión de longitud de onda. En la red WDM que se ilustra en la FIG. 3, las líneas de conexión entre los nodos A, B, C y D indican enlaces de fibra óptica.

30 Un sistema de gestión de red o un cliente le indica al nodo A que establezca una conexión de longitud de onda entre la interfaz 1 del nodo A y la interfaz 6 del nodo C de la FIG. 3. El requisito de ancho de banda espectral es 50 GHz, el nodo A calcula u obtiene, mediante el sistema de gestión de red, una ruta de la conexión de longitud de onda: (A, B, C), esto es, (interfaz 1, interfaz 2, interfaz 3, interfaz 4, interfaz 5, interfaz 6). Por consiguiente, el nodo A es un nodo fuente, el nodo B es un nodo intermedio y el nodo C es un nodo sumidero. El método incluye específicamente los siguientes pasos:

35 Paso S301: El nodo A determina el ancho de banda espectral de una conexión de longitud de onda, obtiene un conjunto de frecuencias centrales disponibles del enlace A-B de acuerdo con el ancho de banda espectral y le envía un mensaje de petición al nodo B, en donde el mensaje de petición incluye información del conjunto de frecuencias centrales disponibles e información de ancho de banda espectral.

40 El nodo A determina que el ancho de banda espectral de la conexión de longitud de onda es 50 GHz. Un enlace entre el nodo A y un nodo vecino B en sentido descendente (esto es, en el sentido del nodo fuente A al nodo sumidero C) es el enlace A-B. El nodo A obtiene un conjunto de frecuencias centrales disponibles del enlace A-B de acuerdo con el ancho de banda espectral de 50 GHz.

Tal como se ilustra en la FIG. 4a, los recursos espectrales libres del enlace A-B son de 193,04375 a 193,125 THz, y el conjunto de frecuencias centrales libres es $\{f_9, f_8, f_7, f_6, f_5, f_4, f_3, f_2, f_1, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4\}$.

45 De acuerdo con el ancho de banda espectral de 50 GHz, se determina el rango de frecuencias cubierto por cada frecuencia central en el conjunto de frecuencias centrales libres:

frecuencia más baja = frecuencia central - ancho de banda espectral/2;

frecuencia más alta = frecuencia central + ancho de banda espectral/2.

50 Si las frecuencias centrales incluidas en el rango de frecuencias cubierto por una frecuencia central libre son todas frecuencias centrales libres, se determina que la frecuencia central libre es una frecuencia central disponible.

Por ejemplo, si el rango de frecuencias cubierto por una frecuencia central $f_7 = 193,05625$ THz es de 193,03125 a 193,08125 THz, e incluye las frecuencias centrales $f_{11}, f_{10}, f_9, f_8, f_7, f_6, f_5, f_4$, y f_3 , en donde f_{11} y f_{10} no son frecuencias libres, la frecuencia central f_7 no es una frecuencia central disponible; si el rango de frecuencias cubierto por la frecuencia central $f_3 = 193,08125$ THz es de 193,05625 a 193,10625 THz, e incluye las frecuencias centrales

$f_{.7}$, $f_{.6}$, $f_{.5}$, $f_{.4}$, $f_{.3}$, $f_{.2}$, $f_{.1}$, f_0 y f_1 , que son todas las frecuencias centrales libres, la frecuencia central $f_{.3}$ es una frecuencia central disponible. Por analogía, el nodo A obtiene el conjunto de frecuencias centrales disponibles del enlace A-B: $\{f_{.5}, f_{.4}, f_{.3}, f_{.2}, f_{.1}, f_0\}$.

5 El nodo A obtiene la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles correspondiente al conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral correspondiente al ancho de banda espectral de 50 GHz.

10 El nodo A le envía un mensaje de petición al nodo vecino B en sentido descendente (esto es, en el sentido del nodo fuente A al nodo sumidero C), en donde el mensaje de petición incluye la información de ancho de banda espectral y la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles, esto es, el ancho de banda espectral de 50 GHz y el conjunto de frecuencias centrales disponibles $\{f_{.5}, f_{.4}, f_{.3}, f_{.2}, f_{.1}, f_0\}$ en este modo de realización. Además, el mensaje de petición puede también incluir información explícita de la ruta (interfaz 3, interfaz 4, interfaz 5, interfaz 6).

15 Paso S302: El nodo B recibe el mensaje de petición, extrae la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, obtiene el conjunto de frecuencias centrales disponibles del enlace A-B y el ancho de banda espectral de la conexión de longitud de onda; obtiene un conjunto de frecuencias centrales disponibles del enlace B-C de acuerdo con el ancho de banda espectral, obtiene la intersección del conjunto de frecuencias centrales disponibles del enlace B-C y el conjunto de frecuencias centrales disponibles del enlace A-B para obtener un conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizado; y le envía un mensaje de petición al nodo C, en donde el mensaje de petición incluye la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizado y la información de ancho de banda espectral.

20 El nodo B recibe el mensaje de petición enviado por el nodo A, extrae la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, y obtiene el conjunto de frecuencias centrales disponibles $\{f_{.5}, f_{.4}, f_{.3}, f_{.2}, f_{.1}, f_0\}$ del enlace A-B y el ancho de banda espectral de 50 GHz de la conexión de longitud de onda.

25 Un enlace entre el nodo B y el nodo vecino C en sentido descendente (esto es, en el sentido del nodo fuente A al nodo sumidero C), es el enlace B-C. Tal como se ilustra en la FIG. 4b, los recursos espectrales libres del enlace B-C son de 193,05625 a 193,11875 THz, y el conjunto de frecuencias centrales libres es $\{f_{.7}, f_{.6}, f_{.5}, f_{.4}, f_{.3}, f_{.2}, f_{.1}, f_0, f_1, f_2, f_3\}$.

El nodo B obtiene el conjunto de frecuencias centrales disponibles $\{f_{.3}, f_{.2}, f_{.1}\}$ del enlace B-C de acuerdo con el ancho de banda espectral de 50 GHz de forma análoga a la del paso 301 de este modo de realización.

30 El nodo B obtiene la intersección del conjunto de frecuencias centrales disponibles $\{f_{.5}, f_{.4}, f_{.3}, f_{.2}, f_{.1}, f_0\}$ del enlace A-B y el conjunto de frecuencias centrales disponibles $\{f_{.3}, f_{.2}, f_{.1}\}$ del enlace B-C para obtener el conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizado $\{f_{.3}, f_{.2}, f_{.1}\}$, y obtiene la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizado correspondiente al conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizado.

35 El nodo B le envía un mensaje de petición al nodo vecino C en sentido descendente (esto es, en el sentido del nodo fuente A al nodo sumidero C), en donde el mensaje de petición incluye la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizado y la información de ancho de banda espectral, esto es, el conjunto de frecuencias centrales disponibles $\{f_{.3}, f_{.2}, f_{.1}\}$ y el ancho de banda espectral de 50 GHz en este modo de realización. Además, el mensaje de petición puede también incluir información explícita de la ruta (interfaz 5, interfaz 6).

40 Paso S303: El nodo C recibe el mensaje de petición, extrae la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, obtiene la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda y el ancho de banda espectral de la conexión de longitud de onda; establece como frecuencia central de la conexión de longitud de onda una frecuencia central disponible obtenida a partir de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces, y establece una interconexión de longitud de onda basada en la frecuencia central y el ancho de banda espectral; y le envía un mensaje de respuesta al nodo B, en donde el mensaje de respuesta incluye la información de la frecuencia central.

45 El nodo C recibe el mensaje de petición enviado por el nodo B, extrae la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, y obtiene la intersección $\{f_{.3}, f_{.2}, f_{.1}\}$ de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces (incluidos los enlaces A-B y B-C) a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda, y el ancho de banda espectral de 50 GHz de la conexión de longitud de onda.

55 El nodo C establece como frecuencia central de la conexión de longitud de onda una frecuencia central disponible obtenida a partir de la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces: si en los conjuntos de frecuencias centrales disponibles sólo existe una frecuencia central disponible se selecciona dicha frecuencia central disponible como frecuencia central de la conexión de longitud de onda; si en los conjuntos de frecuencias centrales disponibles existen múltiples frecuencias centrales disponibles, se puede seleccionar una frecuencia central disponible como frecuencia central de la conexión de longitud de onda de forma aleatoria o de

acuerdo con una regla, lo cual no se limita en este modo de realización.

En este modo de realización, como frecuencia central el nodo C selecciona $f_{.3}$ del conjunto de frecuencias centrales disponibles $\{f_{.3}, f_{.2}, f_{.1}\}$.

5 El nodo C establece como frecuencia operativa de la interfaz 6 la frecuencia central $f_{.3} = 193,1 + (-3 \times 6,25/1000) = 193,08125$ THz, determina, de acuerdo con la frecuencia central $f_{.3}$ y el ancho de banda espectral de 50 GHz, que el rango espectral ocupado por la conexión de longitud de onda es de 193,05625 a 193,10625 THz, y establece una interconexión de longitud de onda basada en el rango espectral de la interfaz 5 y la interfaz 6.

El nodo C obtiene la información de frecuencia central correspondiente a la frecuencia central $f_{.3} = 193,08125$ THz de la conexión de longitud de onda.

10 El nodo C le envía un mensaje de respuesta al nodo vecino B en sentido ascendente (esto es, en el sentido del nodo sumidero C al nodo fuente A), en donde el mensaje de respuesta incluye la información de la frecuencia central, esto es, la frecuencia central $f_{.3}$ en este modo de realización.

15 Paso S304: El nodo B recibe el mensaje de respuesta, extrae la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, obtiene la frecuencia central de la conexión de longitud de onda y establece una interconexión de longitud de onda basada en la frecuencia central y el ancho de banda espectral; y le envía un mensaje de respuesta al nodo A, en donde el mensaje de respuesta incluye la información de la frecuencia central.

20 El nodo B recibe el mensaje de respuesta enviado por el nodo C, extrae la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta y obtiene la frecuencia central $f_{.3}$ de la conexión de longitud de onda. A partir de la frecuencia central $f_{.3}$ y el ancho de banda espectral de 50 GHz se determina que el rango espectral ocupado por la conexión de longitud de onda es de 193,05625 a 193,10625 THz, y se establece una interconexión de longitud de onda basada en el rango espectral de la interfaz 3 y la interfaz 4.

El nodo B le envía un mensaje de respuesta al nodo vecino A en sentido ascendente (esto es, en el sentido del nodo sumidero C al nodo fuente A), en donde el mensaje de respuesta incluye la información de frecuencia central, esto es, la frecuencia central $f_{.3}$ en este modo de realización.

25 Paso S305: El nodo A recibe el mensaje de respuesta, extrae la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, obtiene la frecuencia central de la conexión de longitud de onda y establece una interconexión de longitud de onda basada en el rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral.

30 El nodo A recibe el mensaje de respuesta enviado por el nodo B, extrae la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta y obtiene la frecuencia central $f_{.3}$.

El nodo A establece como frecuencia operativa de la interfaz 1 la frecuencia central $f_{.3} = 193,1 + (-3 \times 6,25/1000) = 193,08125$ THz. En función de la frecuencia central $f_{.3}$ y el ancho de banda espectral de 50 GHz, se determina que el rango espectral ocupado por la conexión de longitud de onda es de 193,05625 a 193,10625 THz, y se establece una interconexión de longitud de onda basada en el rango espectral de la interfaz 1 y la interfaz 2.

35 En el Modo de realización 2 se obtienen mediante un mensaje de petición los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda, esto es, la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda. El nodo sumidero (es decir, en el Modo de realización 2 el nodo C) del mensaje de petición establece como frecuencia central de la conexión de longitud de onda una frecuencia central disponible a partir de dicha intersección.

40 El siguiente método se puede utilizar además para determinar la frecuencia central de la conexión de longitud de onda: recopilar a través de un mensaje de petición los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda, esto es, obtener la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda, y seleccionar, por parte del nodo sumidero del mensaje de petición, como frecuencia central de la conexión de longitud de onda un conjunto de frecuencias centrales disponibles a partir de dicha intersección. A continuación, se describe el método de forma detallada a través del Modo de realización 3 de la presente invención.

50 Modo de realización 3: El modo de realización de la presente invención proporciona un método para establecer una interconexión de longitud de onda. En la red WDM que se ilustra en la FIG. 3, las líneas de conexión entre los nodos A, B, C y D indican enlaces de fibra óptica.

Un sistema de gestión de red o un cliente le indica al nodo A que establezca una conexión de longitud de onda entre la interfaz 1 del nodo A y la interfaz 6 del nodo C de la FIG. 3. El requisito de ancho de banda espectral es 50 GHz, el nodo A calcula u obtiene, mediante el sistema de gestión de red, una ruta de la conexión de longitud de onda: (A, B, C), esto es, (interfaz 1, interfaz 2, interfaz 3, interfaz 4, interfaz 5, interfaz 6). Por lo tanto, el nodo A es un nodo

fuelle, el nodo B es un nodo intermedio y el nodo C es un nodo sumidero. El método incluye específicamente los siguientes pasos:

5 Paso S401: El nodo A determina el ancho de banda espectral de una conexión de longitud de onda y le envía un mensaje de petición al nodo B, en donde el mensaje de petición incluye la información del conjunto de frecuencias centrales libres y la información de ancho de banda espectral.

10 El nodo A determina que el ancho de banda espectral de la conexión de longitud de onda es 50 GHz. Un enlace entre el nodo A y el nodo vecino B en sentido descendente (esto es, en el sentido del nodo fuente A al nodo sumidero C), es el enlace A-B. Tal como se ilustra en la FIG. 4a, los recursos espectrales libres del enlace A-B son de 193,04375 a 193,125 THz, y el conjunto de frecuencias centrales libres es $\{f_{-9}, f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4\}$.

El nodo A obtiene la información del conjunto de frecuencias centrales libres correspondiente al conjunto de frecuencias centrales libres y la información de ancho de banda espectral correspondiente al ancho de banda espectral de 50 GHz.

15 El nodo A le envía un mensaje de petición al nodo vecino B en sentido descendente (esto es, en el sentido del nodo fuente A al nodo sumidero C), en donde el mensaje de petición incluye la información de ancho de banda espectral y la información del conjunto de frecuencias centrales libres, esto es, el ancho de banda espectral de 50 GHz y el conjunto de frecuencias centrales libres $\{f_{-9}, f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4\}$ en este modo de realización. Además, el mensaje de petición puede también incluir información explícita de la ruta (interfaz 3, interfaz 4, interfaz 5, interfaz 6).

20 Paso S402: El nodo B recibe el mensaje de petición y extrae la información del conjunto de frecuencias centrales libres y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición; obtiene el conjunto de frecuencias centrales libres del enlace A-B y el ancho de banda espectral de la conexión de longitud de onda; obtiene la intersección del conjunto de frecuencias centrales libres del enlace B-C y el conjunto de frecuencias centrales libres del enlace A-B para obtener un conjunto de frecuencias centrales libres actualizado; y le envía un mensaje de petición al nodo C, en donde el mensaje de petición incluye la información del conjunto de frecuencias centrales libres actualizado y la información del ancho de banda espectral.

30 El nodo B recibe el mensaje de petición enviado por el nodo A, extrae la información del conjunto de frecuencias centrales libres y la información del ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición y obtiene el conjunto de frecuencias centrales libres $\{f_{-9}, f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4\}$ del enlace A-B y el ancho de banda espectral de 50 GHz de la conexión de longitud de onda.

Un enlace entre el nodo B y el nodo vecino C en sentido descendente (esto es, en el sentido del nodo fuente A al nodo sumidero C), es el enlace B-C. Tal como se ilustra en la FIG. 4b, los recursos espectrales libres del enlace B-C son de 193,05625 a 193,11875 THz, y el conjunto de frecuencias centrales libres es $\{f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3\}$.

35 El nodo B obtiene la intersección del conjunto de frecuencias centrales libres $\{f_{-9}, f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4\}$ del enlace A-B y el conjunto de frecuencias centrales libres $\{f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3\}$ del enlace B-C para obtener un conjunto de frecuencias centrales libres actualizado $\{f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3\}$, y obtiene la información del conjunto de frecuencias centrales libres actualizado correspondiente al conjunto de frecuencias centrales libres actualizado.

40 El nodo B le envía un mensaje de petición al nodo vecino C en sentido descendente (esto es, en el sentido del nodo fuente A al nodo sumidero C), en donde el mensaje de petición incluye la información del conjunto de frecuencias centrales libres actualizado y la información del ancho de banda espectral, esto es, el conjunto de frecuencias centrales libres $\{f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3\}$ y el ancho de banda espectral de 50 GHz en este modo de realización. Además, el mensaje de petición puede también incluir información explícita de la ruta (interfaz 5, interfaz 6).

50 Paso S403: El nodo C recibe el mensaje de petición, extrae la información del conjunto de frecuencias centrales libres y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, obtiene la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda y el ancho de banda espectral de la conexión de longitud de onda; establece como frecuencia central de la conexión de longitud de onda una frecuencia central disponible obtenida a partir de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces, y establece una interconexión de longitud de onda basada en la frecuencia central y el ancho de banda espectral; y le envía un mensaje de respuesta al nodo B, en donde el mensaje de respuesta incluye la información de frecuencia central.

55 El nodo C recibe el mensaje de petición enviado por el nodo B, extrae la información del conjunto de frecuencias centrales libres y la información del ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición y obtiene un conjunto de frecuencias centrales libres $\{f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3\}$ de todos los enlaces (que incluyen los enlaces A-B y B-C) a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda y el ancho de banda espectral de 50

GHz de la conexión de longitud de onda.

El nodo C establece como frecuencia central de la conexión de longitud de onda una frecuencia central disponible obtenida a partir de la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces.

5 En primer lugar, el nodo C busca las frecuencias centrales disponibles en el conjunto de frecuencias centrales libres $\{f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3\}$. De acuerdo con el ancho de banda espectral de 50 GHz, se determina el rango de frecuencias cubierto por cada frecuencia central libre del conjunto de frecuencias centrales libres:

frecuencia más baja = frecuencia central - ancho de banda espectral/2;

frecuencia más alta = frecuencia central + ancho de banda espectral/2.

10 Si las frecuencias centrales incluidas en el rango de frecuencias cubierto por una frecuencia central libre son todas frecuencias centrales libres, se determina que la frecuencia central es una frecuencia central disponible.

15 Por ejemplo, si el rango de frecuencias cubierto por la frecuencia central $f_{-7} = 193,05625$ THz es de 193,03125 a 193,08125 THz, e incluye las frecuencias centrales $f_{-11}, f_{-10}, f_{-9}, f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}$, en donde f_{-11} y f_{-10} no son frecuencias libres, la frecuencia central f_{-7} no es una frecuencia central disponible; si el rango de frecuencias cubierto por la frecuencia central $f_{-3} = 193,08125$ THz es de 193,05625 a 193,10625 THz, e incluye las frecuencias centrales $f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0$ y f_1 , que son todas frecuencias centrales libres, la frecuencia central f_{-3} es una frecuencia central disponible. Por analogía, el nodo C obtiene el conjunto de frecuencias centrales disponibles, esto es, todas las frecuencias centrales disponibles: $\{f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}\}$.

20 Usando un procedimiento similar al del paso 303 en el Modo de realización 2, el nodo C establece como frecuencia central de la conexión de longitud de onda una frecuencia central disponible obtenida a partir de todas las frecuencias centrales disponibles (esto es, el conjunto de frecuencias centrales disponibles). En este modo de realización, el nodo C selecciona f_{-3} como frecuencia central de todas las frecuencias centrales disponibles.

25 El nodo C establece como frecuencia operativa de la interfaz 6 la frecuencia central $f_{-3} = 193,1 + (-3 \times 6,25/1000) = 193,08125$ THz. En función de la frecuencia central f_{-3} y el ancho de banda espectral de 50 GHz, se determina que el rango espectral ocupado por la conexión de longitud de onda es de 193,05625 a 193,10625 THz y se establece una interconexión de longitud de onda basada en el rango espectral de la interfaz 5 y la interfaz 6.

El nodo C obtiene la información de frecuencia central correspondiente a la frecuencia central $f_{-3} = 193,08125$ THz de la conexión de longitud de onda.

30 El nodo C le envía un mensaje de respuesta al nodo vecino B en sentido ascendente (esto es, en el sentido del nodo sumidero C al nodo fuente A), en donde el mensaje de respuesta incluye la información de la frecuencia central, esto es, la frecuencia central f_{-3} en este modo de realización.

En este modo de realización, el método de implementación de los pasos S404 y S405 es similar al de los pasos S304 y S305, los cuales no se vuelven a describir en la presente solicitud.

35 Modo de realización 4: El modo de realización de la presente invención proporciona un método para establecer una interconexión de longitud de onda. En la red WDM que se ilustra en la FIG. 5, las líneas de conexión entre los nodos A, B, C, D y E indican enlaces de fibra óptica, y el nodo E tiene una función de conversión OEO (Optical-Electrical-Optical, óptica-eléctrica-óptica).

40 Un sistema de gestión de red o un cliente le indica al nodo A que establezca una conexión de longitud de onda entre la interfaz 1 del nodo A y la interfaz 6 del nodo C de la FIG. 5. La ruta de la conexión de longitud de onda es (A, D, E, C), esto es, (interfaz 1, interfaz 10, interfaz 9, interfaz 11, interfaz 12, interfaz 13, interfaz 14, interfaz 6). Por lo tanto, el nodo A es un nodo fuente, el nodo D es un nodo intermedio y el nodo C es un nodo sumidero. El nodo E es un nodo OEO, e implementa la función OEO, esto es, el nodo E utiliza una interconexión eléctrica para empalmar las conexiones de dos segmentos de longitud de onda A-E y E-C. Los requisitos de ancho de banda espectral de la conexión del segmento A-E son 50 GHz, y los requisitos de ancho de banda espectral de la conexión del segmento E-C son 37,5 GHz. La conexión del segmento A-E es la conexión de un segmento del nodo E en el lado del nodo fuente A, y la conexión del segmento E-C es la conexión de un segmento del nodo E en el lado del nodo sumidero C. El método incluye específicamente los siguientes pasos:

50 Paso S501: El nodo A determina el ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento de una conexión de longitud de onda, obtiene un conjunto de frecuencias centrales disponibles del enlace A-D de acuerdo con el ancho de banda espectral de la conexión del segmento A-E; y le envía un mensaje de petición al nodo D, en donde el mensaje de petición incluye la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral.

El nodo A determina que el ancho de banda espectral de la conexión del segmento A-E en la conexión de longitud de onda es 50 GHz y que el ancho de banda espectral de la conexión del segmento E-C es 37,5 GHz.

Un enlace entre el nodo A y el nodo vecino D en sentido descendente (esto es, en el sentido del nodo fuente A al nodo sumidero C) es el enlace A-D. Tal como se ilustra en la FIG. 6a, los recursos espectrales libres del enlace A-D son de 193,025 a 193,125 THz, y el conjunto de frecuencias centrales libres es $\{f_{-12}, f_{-11}, f_{-10}, f_{-9}, f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4\}$.

- 5 El nodo A obtiene el conjunto de frecuencias centrales disponibles $\{f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0\}$ del enlace A-D de acuerdo con el ancho de banda espectral de 50 GHz de la conexión del segmento A-E de forma similar a la del paso S301 en el Modo de realización 2.

10 El nodo A obtiene la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles correspondiente al conjunto de frecuencias centrales disponibles del enlace A-D y la información de ancho de banda espectral correspondiente al ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento (incluyendo las conexiones de los segmentos A-E y E-C) en la conexión de longitud de onda.

15 El nodo A le envía un mensaje de petición al nodo D en sentido descendente, en donde el mensaje de petición incluye la información de ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento en la conexión de longitud de onda, esto es, el ancho de banda espectral de 50 GHz de la conexión del segmento A-E y el ancho de banda espectral de 37,5 GHz de la conexión del segmento E-C en este modo de realización. El mensaje de petición contiene además la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles, esto es, el conjunto de frecuencias centrales disponibles $\{f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0\}$ del enlace A-D en este modo de realización. Además, el mensaje de petición puede también incluir información explícita de la ruta (interfaz 9, interfaz 11, interfaz 12, interfaz 13, interfaz 14, interfaz 6).

20 Paso S502: El nodo D recibe el mensaje de petición, y extrae la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición; obtiene el conjunto de frecuencias centrales disponibles del enlace D-E de acuerdo con el ancho de banda espectral de la conexión del segmento A-E, obtiene la intersección del conjunto de frecuencias centrales disponibles del enlace D-E y el conjunto de frecuencias centrales disponibles del enlace A-D para obtener un conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizado; y le envía un mensaje de petición al nodo E, en donde el mensaje de petición incluye la información de ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento y la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizado.

30 El nodo D recibe el mensaje de petición enviado por el nodo A, extrae la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición y obtiene el ancho de banda espectral de 50 GHz de la conexión del segmento A-E, el ancho de banda espectral de 37,5 GHz de la conexión del segmento E-C, y el conjunto de frecuencias centrales disponibles $\{f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0\}$ de la conexión del segmento A-E.

35 Un enlace entre el nodo D y el nodo vecino E en sentido descendente (esto es, en el sentido del nodo fuente A al nodo sumidero C) es el enlace D-E. Tal como se ilustra en la FIG. 6b, los recursos espectrales libres del enlace D-E son de 193,0375 a 193,0625 THz, y el conjunto de frecuencias centrales libres es $\{f_{-10}, f_{-9}, f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6\}$.

El nodo D obtiene el conjunto de frecuencias centrales disponibles $\{f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2\}$ del enlace D-E de acuerdo con el ancho de banda espectral de 50 GHz de la conexión del segmento A-E de una forma similar a la del paso S301 en el Modo de realización 2.

40 El nodo D obtiene la intersección del conjunto de frecuencias centrales disponibles $\{f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0\}$ del enlace A-D y el conjunto de frecuencias centrales disponibles $\{f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2\}$ del enlace D-E para obtener un conjunto de frecuencias centrales disponibles $\{f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0\}$ de la conexión del segmento A-E actualizada.

45 El nodo D le envía un mensaje de petición al nodo E en sentido descendente, en donde el mensaje de petición incluye la información de ancho de banda espectral de la conexión de un segmento del nodo D y la conexión de cada uno de los segmentos en sentido descendente (esto es, entre el nodo D y el nodo sumidero C), esto es, el ancho de banda espectral de 50 GHz de la conexión del segmento A-E y el ancho de banda espectral de 37,5 GHz de la conexión del segmento E-C en este modo de realización. El mensaje de petición incluye además la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles de la conexión del segmento A-E actualizada, esto es, el conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizado $\{f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0\}$ en este modo de realización. Además, el mensaje de petición puede también incluir información explícita de la ruta (interfaz 12, interfaz 13, interfaz 14, interfaz 6).

55 Paso S503: El nodo E recibe el mensaje de petición, extrae la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, obtiene la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión del segmento A-E y obtiene los anchos de banda espectrales de la conexión del segmento A-E y la conexión del segmento E-C; determina la frecuencia central de la conexión del segmento A-E; obtiene el conjunto de frecuencias centrales disponibles del enlace E-C de acuerdo con el ancho de banda espectral de la conexión del

segmento E-C; y le envía un mensaje de petición al nodo C, en donde el mensaje de petición incluye la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral.

5 El nodo E recibe el mensaje de petición enviado por el nodo D, extrae la información de ancho de banda espectral y la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles contenidas en el mensaje de petición, y obtiene el ancho de banda espectral de 50 GHz de la conexión del segmento A-E, el ancho de banda espectral de 37,5 GHz de la conexión del segmento E-C, y el conjunto de frecuencias centrales disponibles $\{f_6, f_5, f_4, f_3, f_2, f_1, f_0\}$ de la conexión del segmento A-E.

10 El nodo E establece como frecuencia central de la conexión del segmento A-E una frecuencia central disponible del conjunto de frecuencias centrales disponibles de una forma similar a la del paso 303 en el Modo de realización 2. En este modo de realización, el nodo E selecciona f_3 del conjunto de frecuencias centrales disponibles $\{f_6, f_5, f_4, f_3, f_2, f_1, f_0\}$ de la conexión del segmento A-E como frecuencia central de la conexión del segmento AE.

Un enlace entre el nodo E y el nodo vecino C en sentido descendente (esto es, en el sentido del nodo fuente A al nodo sumidero C) es el enlace E-C. Tal como se ilustra en la FIG. 6c, los recursos espectrales libres del enlace E-C son de 193,075 a 193,15 THz, y las frecuencias centrales libres son $\{f_4, f_3, f_2, f_1, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7, f_8\}$

15 El nodo E obtiene el conjunto de frecuencias centrales disponibles $\{f_1, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4, f_5\}$ del enlace E-C de acuerdo con el ancho de banda espectral de 37,5 GHz de la conexión del segmento E-C de una forma similar a la del paso S301 en el Modo de realización 2.

20 El nodo E le envía un mensaje de petición al nodo C en sentido descendente, en donde el mensaje de petición incluye la información de ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento en sentido descendente del nodo E, esto es, el ancho de banda espectral de 37,5 GHz de la conexión del segmento E-C en este modo de realización. El mensaje de petición contiene además la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles de la conexión del segmento en sentido descendente del nodo E, esto es, el conjunto de frecuencias centrales disponibles $\{f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4, f_5\}$ de la conexión del segmento E-C en este modo de realización. Además, el mensaje de petición puede también incluir información explícita de la ruta (interfaz 14, interfaz 6).

25 Paso S504: El nodo C recibe el mensaje de petición, extrae la información de ancho de banda espectral y la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles contenidas en el mensaje de petición, y obtiene el ancho de banda espectral de la conexión del segmento E-C y la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión del segmento E-C; determina la frecuencia central de la conexión del segmento E-C; establece una interconexión de longitud de onda basada en la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento E-C; y le envía un mensaje de respuesta al nodo E, en donde el mensaje de respuesta incluye la información de frecuencia central de la conexión del segmento E-C.

30 El nodo C recibe el mensaje de petición enviado por el nodo E, extrae la información de ancho de banda espectral y la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles contenidas en el mensaje de petición, y obtiene el ancho de banda espectral de 37,5 GHz de la conexión del segmento E-C y el conjunto de frecuencias centrales disponibles $\{f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4, f_5\}$ de la conexión del segmento E-C.

35 El nodo C establece como frecuencia central de la conexión del segmento E-C una frecuencia central disponible del conjunto de frecuencias centrales disponibles de una forma similar a la del paso 303 en el Modo de realización 2. En este modo de realización, el nodo C selecciona f_2 del conjunto de frecuencias centrales disponibles como frecuencia central de la conexión del segmento E-C.

40 El nodo C establece como frecuencia operativa de la interfaz 6 la frecuencia central $f_2 = 193,1 + (-2 \times 6,25/1000) = 193,0875$ THz de la conexión del segmento E-C. En función de la frecuencia central f_2 y el ancho de banda espectral de 37,5 GHz de la conexión del segmento E-C, se determina que el rango espectral ocupado por la conexión del segmento es de 193,06875 a 193,10625 THz, y se establece una interconexión de longitud de onda basada en el rango espectral de la interfaz 14 y la interfaz 6.

45 El nodo C le envía un mensaje de respuesta al nodo E en sentido ascendente, en donde el mensaje de respuesta incluye la información de la frecuencia central de la conexión del segmento del nodo C, esto es, la frecuencia central f_2 de la conexión del segmento E-C en este modo de realización.

50 Paso S505: El nodo E recibe el mensaje de respuesta, extrae la información de la frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, y obtiene la frecuencia central de la conexión del segmento E-C; determina un rango espectral basado en la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento A-E, determina un rango espectral basado en la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento E-C y establece una interconexión de longitud de onda de las conexiones de los dos segmentos; y le envía un mensaje de respuesta al nodo D, en donde el mensaje de respuesta incluye la información de la frecuencia central.

55 El nodo E recibe el mensaje de respuesta enviado por el nodo C, extrae la información de la frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, y obtiene la frecuencia central f_2 de la conexión de longitud de onda E-C.

El nodo E establece como frecuencia operativa de la interfaz 13 la frecuencia central $f_{.2} = 193,1 + (-2 \times 6,25/1000) = 193,0625$ THz de la conexión del segmento E-C. En función de la frecuencia central $f_{.2}$ y el ancho de banda espectral de 37,5 GHz de la conexión del segmento E-C, se determina que el rango espectral ocupado por la conexión del segmento E-C es de 193,06875 a 193,10625 THz.

5 El nodo E establece como frecuencia operativa de la interfaz 12 la frecuencia central $f_{.3} = 193,1 + (-3 \times 6,25/1000) = 193,08125$ THz de la conexión del segmento A-E. En función de la frecuencia central $f_{.3}$ y el ancho de banda espectral de 50 GHz de la conexión del segmento A-E, se determina que el rango espectral ocupado por la conexión del segmento A-E es de 193,05625 a 193,10625 THz.

10 Se establece una interconexión de longitud de onda entre el rango espectral de 193,05625 a 193,10625 THz ocupado por la conexión del segmento A-E y el rango espectral de 193,06875 a 193,10625 THz ocupado por la conexión del segmento E-C.

El nodo E le envía un mensaje de respuesta al nodo D en sentido ascendente, en donde el mensaje de respuesta incluye la información de la frecuencia central de la conexión del segmento en sentido ascendente del nodo E, esto es, la información de frecuencia central $f_{.3}$ de la conexión del segmento A-E en este modo de realización.

15 Paso S506: El nodo D recibe el mensaje de respuesta, extrae la información de ancho de banda espectral contenida en el mensaje de respuesta, obtiene la frecuencia central de la conexión del segmento A-E y establece una interconexión de longitud de onda basada en el rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento A-E; y le envía un mensaje de respuesta al nodo A, en donde el mensaje de respuesta incluye la información de la frecuencia central de la conexión del segmento A-E.

20 El nodo D recibe el mensaje de respuesta enviado por el nodo E, extrae la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, y obtiene la frecuencia central $f_{.3}$ de la conexión del segmento A-E. En función de la frecuencia central $f_{.3}$ y el ancho de banda espectral de 50 GHz de la conexión del segmento A-E, se determina que el rango espectral ocupado por la conexión del segmento A-E es de 193,05625 a 193,10625 THz, y se establece una interconexión de longitud de onda basada en el rango espectral de la interfaz 9 y la interfaz 11.

25 El nodo D le envía un mensaje de respuesta al nodo A, en donde el mensaje de respuesta incluye la información de la frecuencia central, esto es, la información de la frecuencia central $f_{.3}$ de la conexión del segmento A-E en este modo de realización.

30 Paso S507: El nodo A recibe el mensaje de respuesta, extrae la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, obtiene la frecuencia central de la conexión del segmento A-E y establece una interconexión de longitud de onda basada en el rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento A-E.

El nodo A recibe el mensaje de respuesta enviado por el nodo D, extrae la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta y obtiene la frecuencia central $f_{.3}$ de la conexión del segmento A-E.

35 El nodo A establece como frecuencia operativa de la interfaz 1 la frecuencia central $f_{.3} = 193,1 + (-3 \times 6,25/1000) = 193,08125$ THz de la conexión del segmento A-E. En función de la frecuencia central $f_{.3}$ y el ancho de banda espectral de 50 GHz de la conexión del segmento, se determina que el rango espectral ocupado por la conexión del segmento A-E es de 193,05625 a 193,10625 THz y se establece una interconexión de longitud de onda basada en el rango espectral de la interfaz 1 y la interfaz 10.

40 Modo de realización 5: El modo de realización de la presente invención proporciona un método para establecer una interconexión de longitud de onda. En la red WDM que se ilustra en la FIG. 5, las líneas de conexión entre los nodos A, B, C, D y E indican enlaces de fibra óptica, y el nodo E tiene una función de conversión OEO (óptica-eléctrica-óptica).

45 Un sistema de gestión de red o un cliente le indica al nodo A que establezca una conexión de longitud de onda entre la interfaz 1 del nodo A y la interfaz 6 del nodo C de la FIG. 5. La ruta de la conexión de longitud de onda es (A, D, E, C), esto es, (interfaz 1, interfaz 10, interfaz 9, interfaz 11, interfaz 12, interfaz 13, interfaz 14, interfaz 6). Por lo tanto, el nodo A es un nodo fuente, el nodo D es un nodo intermedio y el nodo C es un nodo sumidero. El nodo E es un nodo OEO, e implementa la función OEO, esto es, el nodo E utiliza una interconexión eléctrica para empalmar las conexiones de dos segmentos de longitud de onda A-E y E-C. Los requisitos de ancho de banda espectral de la conexión del segmento A-E son 50 GHz, y los requisitos de ancho de banda espectral de la conexión del segmento E-C son 37,5 GHz. La conexión del segmento A-E es la conexión de un segmento del nodo E en el lado del nodo fuente A, y la conexión del segmento E-C es la conexión de un segmento del nodo E en el lado del nodo sumidero C. El método incluye específicamente los siguientes pasos:

55 Paso S601: El nodo A determina el ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento en una conexión de longitud de onda, y le envía un mensaje de petición al nodo D, en donde el mensaje de petición incluye la información de ancho de banda espectral y la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles.

El nodo A determina que el ancho de banda espectral de la conexión del segmento A-E en la conexión de longitud de onda es 50 GHz y que el ancho de banda espectral de la conexión del segmento E-C es 37,5 GHz.

5 Un enlace entre el nodo A y el nodo vecino D en sentido descendente (esto es, en el sentido del nodo fuente A al nodo sumidero C) es el enlace A-D. Tal como se ilustra en la FIG. 6a, los recursos espectrales libres del enlace A-D son de 193,025 a 193,125 THz, y el conjunto de frecuencias centrales libres es $\{f_{-12}, f_{-11}, f_{-10}, f_{-9}, f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4\}$.

10 El nodo A le envía un mensaje de petición al nodo D en sentido descendente, en donde el mensaje de petición incluye la información de ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento en la conexión de longitud de onda, esto es, el ancho de banda espectral de 50 GHz de la conexión del segmento A-E y el ancho de banda espectral de 37,5 GHz de la conexión del segmento E-C en este modo de realización. El mensaje de petición incluye además la información del conjunto de frecuencias centrales libres de la conexión del segmento del nodo A, esto es, el conjunto de frecuencias centrales libres $\{f_{-12}, f_{-11}, f_{-10}, f_{-9}, f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4\}$ de la conexión del segmento A-E en este modo de realización. Además, el mensaje de petición puede también incluir información explícita de la ruta (interfaz 9, interfaz 11, interfaz 12, interfaz 13, interfaz 14, interfaz 6).

15 Paso S602: El nodo D recibe el mensaje de petición, y extrae la información de ancho de banda espectral y la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles contenidas en el mensaje de petición; obtiene la intersección del conjunto de frecuencias centrales libres del enlace D-E y el conjunto de frecuencias centrales libres del enlace A-D para obtener un conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizado; y le envía un mensaje de petición al nodo E, en donde el mensaje de petición incluye la información de ancho de banda espectral y la información del conjunto de frecuencias centrales libres actualizado.

20 El nodo D recibe el mensaje de petición enviado por el nodo A, extrae la información de ancho de banda espectral y la información del conjunto de frecuencias centrales libres contenidas en el mensaje de petición, y obtiene el ancho de banda espectral de 50 GHz de la conexión del segmento A-E, el ancho de banda espectral de 37,5 GHz de la conexión del segmento E-C, y el conjunto de frecuencias centrales libres $\{f_{-12}, f_{-11}, f_{-10}, f_{-9}, f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4\}$ de la conexión del segmento A-E.

Un enlace entre el nodo D y el nodo vecino E en sentido descendente (esto es, en el sentido del nodo fuente A al nodo sumidero C) es el enlace D-E. Tal como se ilustra en la FIG. 6b, los recursos espectrales libres del enlace D-E son de 193,0375 a 193,0625 THz, y el conjunto de frecuencias centrales libres es $\{f_{-10}, f_{-9}, f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6\}$.

30 El nodo D obtiene la intersección del conjunto de frecuencias centrales libres $\{f_{-12}, f_{-11}, f_{-10}, f_{-9}, f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4\}$ del enlace A-D y el conjunto de frecuencias centrales libres $\{f_{-10}, f_{-9}, f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6\}$ del enlace D-E para obtener un conjunto de frecuencias centrales libres $\{f_{-10}, f_{-9}, f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4\}$ de la conexión de un segmento actualizado A-E.

35 El nodo D le envía un mensaje de petición al nodo E en sentido descendente, en donde el mensaje de petición incluye la información de ancho de banda espectral de la conexión de un segmento del nodo D y la conexión de cada uno de los segmentos en sentido descendente (esto es, entre el nodo D y el nodo sumidero C), esto es, el ancho de banda espectral de 50 GHz de la conexión del segmento A-E y el ancho de banda espectral de 37,5 GHz de la conexión del segmento E-C en este modo de realización. El mensaje de petición incluye además la información del conjunto de frecuencias centrales libres de la conexión del segmento A-E actualizado, esto es, el conjunto de frecuencias centrales libres $\{f_{-10}, f_{-9}, f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4\}$ en este modo de realización. Además, el mensaje de petición puede también incluir información explícita de la ruta (interfaz 12, interfaz 13, interfaz 14, interfaz 6).

40 Paso S603: El nodo E recibe el mensaje de petición, extrae la información de ancho de banda espectral y la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles contenidas en el mensaje de petición, obtiene la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión del segmento A-E, y obtiene los anchos de banda espectrales de la conexión del segmento A-E y la conexión del segmento E-C; determina la frecuencia central de las conexión de un primer segmento; y le envía un mensaje de petición al nodo C, en donde el mensaje de petición incluye la información del conjunto de frecuencias centrales libres y la información del ancho de banda espectral.

45 El nodo E recibe el mensaje de petición enviado por el nodo D, extrae la información de ancho de banda espectral y la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles contenidas en el mensaje de petición, y obtiene el ancho de banda espectral de 50 GHz de la conexión del segmento A-E, el ancho de banda espectral de 37,5 GHz de la conexión del segmento E-C, y el conjunto de frecuencias centrales libres $\{f_{-10}, f_{-9}, f_{-8}, f_{-7}, f_{-6}, f_{-5}, f_{-4}, f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4\}$ de la conexión del segmento A-E.

50 El nodo E establece como frecuencia central de la conexión del segmento A-E una frecuencia central disponible del conjunto de frecuencias centrales libres de una forma similar a la del paso 403 en el Modo de realización 3. El nodo E busca en primer lugar las frecuencias centrales disponibles en el conjunto de frecuencias centrales libres, y a continuación establece como frecuencia central de la conexión del segmento A-E una frecuencia central disponible

de todas las frecuencias centrales disponibles $\{f_6, f_5, f_4, f_3, f_2, f_1, f_0\}$. En este modo de realización, el nodo E selecciona como frecuencia central de la conexión del segmento A-E f_3 del conjunto de frecuencias centrales libres de la conexión del segmento A-E.

5 Un enlace entre el nodo E y el nodo vecino C en sentido descendente (esto es, en el sentido del nodo fuente A al nodo sumidero C) es el enlace E-C. Tal como se ilustra en la FIG. 6c, los recursos espectrales libres del enlace E-C son de 193,075 a 193,15 THz, y las frecuencias centrales libres son $\{f_4, f_3, f_2, f_1, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7, f_8\}$.

10 El nodo E le envía un mensaje de petición al nodo C en sentido descendente, en donde el mensaje de petición incluye la información de ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento en sentido descendente del nodo E, esto es, el ancho de banda espectral de 37,5 GHz de la conexión del segmento E-C en este modo de realización. El mensaje de petición incluye además la información del conjunto de frecuencias centrales libres de la conexión del segmento en sentido descendente del nodo E, esto es, el conjunto de frecuencias centrales libres $\{f_4, f_3, f_2, f_1, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7, f_8\}$ de la conexión del segmento E-C en este modo de realización. Además, el mensaje de petición puede también incluir información explícita de la ruta (interfaz 14, interfaz 6).

15 Paso S604: El nodo C recibe el mensaje de petición, extrae la información de ancho de banda espectral y la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles contenidas en el mensaje de petición, y obtiene el ancho de banda espectral de la conexión del segmento E-C y la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión del segmento E-C; determina la frecuencia central de la conexión del segmento E-C; establece una interconexión de longitud de onda basada en la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento E-C; y le envía un mensaje de respuesta al nodo E, en donde el mensaje de respuesta incluye la información de la frecuencia central de la conexión del segmento E-C.

20 El nodo C recibe el mensaje de petición enviado por el nodo E, extrae la información de ancho de banda espectral y la información del conjunto de frecuencias centrales libres contenidas en el mensaje de petición, y obtiene el ancho de banda espectral de 37,5 GHz de la conexión del segmento E-C y el conjunto de frecuencias centrales libres $\{f_4, f_3, f_2, f_1, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7, f_8\}$ de la conexión del segmento E-C.

25 El nodo C establece como frecuencia central de la conexión del segmento E-C una frecuencia central disponible del conjunto de frecuencias centrales libres de una forma similar a la del paso S403 en el Modo de realización 3. El nodo C busca en primer lugar las frecuencias centrales disponibles en el conjunto de frecuencias centrales libres y, a continuación, establece como frecuencia central de la conexión del segmento E-C una frecuencia central disponible de todas las frecuencias centrales disponibles $\{f_1, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4, f_5\}$. En este modo de realización, el nodo C selecciona como frecuencia central de la conexión del segmento E-C f_2 del conjunto de frecuencias centrales disponibles.

30 El nodo C establece como frecuencia operativa de la interfaz 6 la frecuencia central $f_2 = 193,1 + (-2 \times 6,25/1000) = 193,0875$ THz de la conexión del segmento E-C. En función de la frecuencia central f_2 y el ancho de banda espectral de 37,5 GHz de la conexión del segmento E-C, se determina que el rango espectral ocupado por la conexión del segmento es de 193,06875 a 193,10625 THz, y se establece una interconexión de longitud de onda basada en el rango espectral de la interfaz 14 y la interfaz 6.

35 El nodo C le envía un mensaje de respuesta al nodo E en sentido ascendente, en donde el mensaje de respuesta incluye la información de frecuencia central de la conexión del segmento del nodo C, esto es, la frecuencia central f_2 de la conexión del segmento E-C en este modo de realización.

En este modo de realización, el método de implementación de los pasos S605, S606 y S607 es similar al de los pasos S505, S506 y S507 en el Modo de realización 4, los cuales no se vuelven a describir en la presente solicitud.

40 La ruta de la conexión de longitud de onda puede incluir uno o más nodos OEO. El Modo de realización 4 y el Modo de realización 5 describen un caso en el que la ruta de la conexión de longitud de onda incluye un nodo OEO. En un caso en el que existan múltiples nodos OEO entre el nodo fuente y el nodo sumidero, el procesamiento de cada nodo OEO es similar al procesamiento del nodo OEO descrito en el Modo de realización 4 y el Modo de realización 5, el cual no se vuelve a describir en la presente solicitud. Se puede no incluir ningún nodo intermedio, o incluir uno o más nodos intermedios, entre el nodo fuente y el nodo OEO, entre el nodo OEO y el nodo sumidero y entre los nodos OEO, lo cual no se limita en el modo de realización de la presente invención.

45 Mediante la utilización del método para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con los modos de realización de la presente invención, se puede establecer automáticamente una interconexión de longitud de onda de ancho de banda espectral variable en un nodo. La implementación es sencilla y la fiabilidad es alta.

Modo de realización 6: El modo de realización de la presente invención proporciona un dispositivo de nodo, tal como se ilustra en la FIG. 8, que incluye:

50 un primer módulo 801 de procesamiento, configurado para determinar el ancho de banda espectral de una conexión de longitud de onda, obtener un primer conjunto de frecuencias centrales disponibles de un primer enlace en función

5 del ancho de banda espectral, en donde el primer enlace es un enlace entre el nodo local y un nodo vecino en el sentido del nodo local a un segundo nodo; configurado además para obtener la información de un primer conjunto de frecuencias centrales disponibles correspondiente al primer conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral correspondiente al ancho de banda espectral; y configurado además para obtener la frecuencia central de la conexión de longitud de onda, en donde la frecuencia central es una frecuencia central disponible obtenida por el segundo nodo de un segundo conjunto de frecuencias centrales disponibles, y el segundo conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda;

10 un primer módulo 802 de envío, configurado para enviarle un mensaje de petición que incluye la información del primer conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral al nodo vecino en el sentido del nodo local al segundo nodo;

un primer módulo 803 de recepción, configurado para recibir un mensaje de respuesta, y extraer la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta; y

15 un primer módulo 804 de establecimiento de interconexión, configurado para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral.

Modo de realización 7: El modo de realización de la presente invención proporciona un dispositivo de nodo, tal como se ilustra en la FIG. 9, que incluye:

20 un segundo módulo 901 de recepción, configurado para recibir un mensaje de petición, y extraer la información de un segundo conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, en donde el segundo conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda;

25 un segundo módulo 902 de procesamiento, configurado para obtener el segundo conjunto de frecuencias centrales disponibles y un ancho de banda espectral, determinados por un primer nodo, de una conexión de longitud de onda; y configurado además para establecer como frecuencia central de la conexión de longitud de onda una frecuencia central disponible del segundo conjunto de frecuencias centrales disponibles; y

30 un segundo módulo 903 de establecimiento de interconexión, configurado para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral.

Modo de realización 8: El modo de realización de la presente invención proporciona un dispositivo de nodo, tal como se ilustra en la FIG. 10, que incluye:

35 un tercer módulo 1001 de recepción, configurado para recibir un mensaje de petición, y extraer la información de un tercer conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición; y configurado además para recibir un mensaje de respuesta, y extraer la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta;

40 un tercer módulo 1002 de procesamiento, configurado para obtener un tercer conjunto de frecuencias centrales disponibles y un ancho de banda espectral, determinados por un primer nodo, de una conexión de longitud de onda, en donde el tercer conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces del primer nodo al nodo local a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda; configurado además para obtener un conjunto de frecuencias centrales disponibles de un segundo enlace en función del ancho de banda espectral, obtener la intersección del conjunto de frecuencias centrales disponibles del segundo enlace y el tercer conjunto de frecuencias centrales disponibles para obtener un cuarto conjunto de frecuencias centrales disponibles, y obtener la información del cuarto conjunto de frecuencias centrales disponibles correspondiente al cuarto conjunto de frecuencias centrales disponibles, en donde el segundo enlace es un enlace entre el nodo local y un nodo vecino en el sentido del primer nodo a un segundo nodo; y configurado además para obtener la frecuencia central de la conexión de longitud de onda, en donde la frecuencia central es una frecuencia central disponible obtenida por el segundo nodo de un segundo conjunto de frecuencias centrales disponibles, en donde el segundo conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda;

50 un tercer módulo 1003 de envío, configurado para enviarle un mensaje de petición que incluye la información del cuarto conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral al nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo; y

55 un tercer módulo 1004 de establecimiento de interconexión, configurado para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda

espectral.

Modo de realización 9: El modo de realización de la presente invención proporciona un dispositivo de nodo, tal como se ilustra en la FIG. 8, que incluye:

5 un primer módulo 801 de procesamiento, configurado para determinar el ancho de banda espectral de una conexión de longitud de onda y obtener la información de un primer conjunto de frecuencias centrales libres correspondiente a un primer conjunto de frecuencias centrales libres de un tercer enlace y una información de ancho de banda espectral correspondiente al ancho de banda espectral, en donde el tercer enlace es un enlace entre el primer nodo y un nodo vecino en el sentido del primer nodo a un segundo nodo; y configurado además para obtener la frecuencia central de la conexión de longitud de onda, en donde la frecuencia central es una frecuencia central disponible obtenida por el segundo nodo de un segundo conjunto de frecuencias centrales libres en función del ancho de banda espectral y el segundo conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda;

10 un primer módulo 802 de envío, configurado para enviarle un mensaje de petición que incluye la información del primer conjunto de frecuencias centrales libres y la información de ancho de banda espectral al nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo;

15 un primer módulo 803 de recepción, configurado para recibir un mensaje de respuesta, y extraer la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta; y

20 un primer módulo 804 de establecimiento de interconexión, configurado para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral.

Modo de realización 10: El modo de realización de la presente invención proporciona un dispositivo de nodo, tal como se ilustra en la FIG. 9, que incluye:

25 un segundo módulo 901 de recepción, configurado para recibir un mensaje de petición, y extraer la información de un segundo conjunto de frecuencias centrales libres y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición;

30 un segundo módulo 902 de procesamiento, configurado para obtener un segundo conjunto de frecuencias centrales libres y un ancho de banda espectral, determinados por un primer nodo, de una conexión de longitud de onda, en donde el segundo conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda; y configurado además para establecer como frecuencia central de la conexión de longitud de onda una frecuencia central disponible obtenida del segundo conjunto de frecuencias centrales libres en función del ancho de banda espectral; y

35 un segundo módulo 903 de establecimiento de interconexión, configurado para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral.

Modo de realización 11: El modo de realización de la presente invención proporciona un dispositivo de nodo, tal como se ilustra en la FIG. 10, que incluye:

40 un tercer módulo 1001 de recepción, configurado para recibir un mensaje de petición, y extraer la información de un tercer conjunto de frecuencias centrales libres y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición; y configurado además para recibir un mensaje de respuesta, y extraer la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta;

45 un tercer módulo 1002 de procesamiento, configurado para obtener un tercer conjunto de frecuencias centrales libres y un ancho de banda espectral, determinados por un primer nodo, de una conexión de longitud de onda, en donde el tercer conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces del primer nodo al nodo local a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda; configurado además para obtener la intersección de un conjunto de frecuencias centrales libres de un cuarto enlace y el tercer conjunto de frecuencias centrales libres para obtener un cuarto conjunto de frecuencias centrales libres, y obtener la información del cuarto conjunto de frecuencias centrales libres correspondiente al cuarto conjunto de frecuencias centrales libres, en donde el cuarto enlace es un enlace entre el nodo local y un nodo vecino en el sentido del primer nodo a un segundo nodo; y configurado además para obtener una frecuencia central de la conexión de longitud de onda, en donde la frecuencia central es una frecuencia central disponible obtenida por el segundo nodo de un segundo conjunto de frecuencias centrales libres en función del ancho de banda espectral, y el segundo conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión de longitud de onda;

55 un tercer módulo 1003 de envío, configurado para enviarle un mensaje de petición que incluye la información del cuarto conjunto de frecuencias centrales libres y la información de ancho de banda espectral al nodo vecino en el

sentido del primer nodo al segundo nodo; y

un tercer módulo 1004 de establecimiento de interconexión, configurado para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral.

- 5 Modo de realización 12: El modo de realización de la presente invención proporciona un dispositivo de nodo, tal como se ilustra en la FIG. 8, que incluye:

10 un primer módulo 801 de procesamiento, configurado para determinar el ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento en una conexión de longitud de onda, y obtener un quinto conjunto de frecuencias centrales disponibles de un quinto enlace en función de un ancho de banda espectral de la conexión de un segmento del primer nodo, en donde el quinto enlace es un enlace entre el primer nodo y un nodo vecino en el sentido del nodo local a un segundo nodo; y configurado además para obtener la información de un quinto conjunto de frecuencias centrales disponibles correspondiente al quinto conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral correspondiente al ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento de la conexión de longitud de onda;

15 un primer módulo 802 de envío, configurado para enviarle un mensaje de petición que incluye la información del quinto conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral al nodo vecino en el sentido del nodo local al segundo nodo; y configurado además para obtener una frecuencia central de la conexión del segmento del nodo local, en donde la frecuencia central es una frecuencia central disponible obtenida por un cuarto nodo entre el nodo local y el segundo nodo de un sexto conjunto de frecuencias centrales disponibles, y el sexto conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces de la conexión de los segmentos del nodo local;

20 un primer módulo 803 de recepción, configurado para recibir un mensaje de respuesta, y extraer la información de la primera frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta; y

25 un primer módulo 804 de establecimiento de interconexión, configurado para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del nodo local.

Modo de realización 13: El modo de realización de la presente invención proporciona un dispositivo de nodo, tal como se ilustra en la FIG. 9, que incluye:

30 un segundo módulo 901 de recepción, configurado para recibir un mensaje de petición, y extraer la información de un noveno conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición;

35 un segundo módulo 902 de procesamiento, configurado para obtener un noveno conjunto de frecuencias centrales disponibles y un ancho de banda espectral, determinados por un primer nodo, de la conexión de un segmento del nodo local, en donde el noveno conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión del segmento del nodo local; y configurado además para establecer como frecuencia central de la conexión del segmento del nodo local una frecuencia central disponible del noveno conjunto de frecuencias centrales disponibles; y

40 un segundo módulo 903 de establecimiento de interconexión, configurado para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del nodo local.

Modo de realización 14: El modo de realización de la presente invención proporciona un dispositivo de nodo, tal como se ilustra en la FIG. 11, que incluye:

45 un cuarto módulo 1101 de recepción, configurado para recibir un mensaje de petición, y extraer la información de un sexto conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de un primer ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición; y configurado además para recibir un mensaje de respuesta, y extraer la información de la segunda frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta;

50 un cuarto módulo 1102 de procesamiento, configurado para obtener un sexto conjunto de frecuencias centrales disponibles, y obtener los anchos de banda espectrales, determinados por un primer nodo, de la conexión de un segmento del nodo local en el lado del primer nodo y la conexión de cada uno de los segmentos desde el nodo local a un segundo nodo, en donde el sexto conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión del segmento del nodo local en el lado del primer nodo; configurado además para establecer como frecuencia central de la conexión del segmento del nodo local en el lado del primer nodo una frecuencia central disponible del sexto conjunto de frecuencias centrales disponibles; configurado además para obtener un séptimo conjunto de frecuencias centrales disponibles de un sexto enlace en función del ancho de banda espectral de la conexión del segmento del

55

nodo local en el lado del segundo nodo, en donde el sexto enlace es un enlace entre el nodo local y un nodo vecino en un sentido del primer nodo al segundo nodo; obtener la información de un séptimo conjunto de frecuencias centrales disponibles correspondiente al séptimo conjunto de frecuencias centrales disponibles y obtener la información de un segundo ancho de banda espectral correspondiente al ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento del nodo local al segundo nodo; y configurado además para obtener una frecuencia central de la conexión del segmento del nodo local en el lado del segundo nodo, en donde la frecuencia central de la conexión del segmento del nodo local en el lado del segundo nodo es una frecuencia central disponible en un octavo conjunto de frecuencias centrales disponibles, y el octavo conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión del segmento del cuarto nodo en el lado del segundo nodo;

un cuarto módulo 1103 de envío, configurado para enviarle un mensaje de petición que incluye la información del séptimo conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información del segundo ancho de banda espectral al nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo; y

un cuarto módulo 1104 de establecimiento de interconexión, configurado para determinar un primer rango espectral en función de la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del nodo local en el lado del primer nodo, determinar un segundo rango espectral basado en la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del nodo local en el lado del segundo nodo, y establecer una interconexión de longitud de onda entre el primer rango espectral y el segundo rango espectral.

Modo de realización 15: El modo de realización de la presente invención proporciona un dispositivo de nodo, tal como se ilustra en la FIG. 10, que incluye:

un tercer módulo 1001 de recepción, configurado para recibir un mensaje de petición, y extraer la información de un décimo conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición; y configurado además para recibir un mensaje de respuesta, y extraer la información de una tercera frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta;

un tercer módulo 1002 de procesamiento, configurado para obtener un noveno conjunto de frecuencias centrales disponibles, y obtener los anchos de banda espectrales, determinados por un primer nodo, de la conexión de un segmento del tercer nodo y la conexión de cada uno de los segmentos del nodo local a un segundo nodo, en donde el noveno conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces del primer nodo o un cuarto nodo al nodo local a través de los cuales pasa la conexión del segmento del nodo local; configurado además para obtener un conjunto de frecuencias centrales disponibles de un séptimo enlace de acuerdo con el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del nodo local, obtener la intersección del conjunto de frecuencias centrales disponibles del séptimo enlace y el décimo conjunto de frecuencias centrales disponibles para obtener un undécimo conjunto de frecuencias centrales disponibles y obtener la información de un undécimo conjunto de frecuencias centrales disponibles correspondiente al undécimo conjunto de frecuencias centrales disponibles, en donde el séptimo enlace es un enlace entre el tercer nodo y un nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo; y configurado además para obtener una frecuencia central de la conexión del segmento del nodo local, en donde la frecuencia central es una frecuencia central disponible obtenida por el cuarto nodo entre el nodo local y el segundo nodo o por el segundo nodo del undécimo conjunto de frecuencias centrales disponibles, y el undécimo conjunto de frecuencias centrales disponibles es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces de la conexión de los segmentos del tercer nodo;

un tercer módulo 1003 de envío, configurado para enviarle un mensaje de petición que incluye la información del undécimo conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información del ancho de banda espectral al nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo; y

un tercer módulo 1004 de establecimiento de interconexión, configurado para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del nodo local.

Modo de realización 16: El modo de realización de la presente invención proporciona un dispositivo de nodo, tal como se ilustra en la FIG. 8, que incluye:

un primer módulo 801 de procesamiento, configurado para determinar el ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento en una conexión de longitud de onda y obtener la información de un quinto conjunto de frecuencias centrales libres correspondiente a un quinto conjunto de frecuencias centrales libres de un octavo enlace y la información de ancho de banda espectral correspondiente al ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento de la conexión de longitud de onda, en donde el octavo enlace es un enlace entre el nodo local y un nodo vecino en el sentido del nodo local a un segundo nodo; y configurado además para obtener la frecuencia central de la conexión de un segmento del nodo local, en donde la frecuencia central es una frecuencia central disponible obtenida por un cuarto nodo entre el nodo local y el segundo nodo de un sexto conjunto de frecuencias centrales libres de acuerdo con el ancho de banda espectral de la conexión de un segmento del nodo local, en donde el sexto

conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión del segmento del nodo local;

5 un primer módulo 802 de envío, configurado para enviarle un mensaje de petición que incluye la información del quinto conjunto de frecuencias centrales libres y la información de ancho de banda espectral al nodo vecino en el sentido del nodo local al segundo nodo;

un primer módulo 803 de recepción, configurado para recibir un mensaje de respuesta, y extraer la información de la quinta frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta; y

10 un primer módulo 804 de establecimiento de interconexión, configurado para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del nodo local.

Modo de realización 17: El modo de realización de la presente invención proporciona un dispositivo de nodo, tal como se ilustra en la FIG. 9, que incluye:

15 un segundo módulo 901 de recepción, configurado para recibir un mensaje de petición, y extraer la información de un noveno conjunto de frecuencias centrales libres y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición;

20 un segundo módulo 902 de procesamiento, configurado para obtener un noveno conjunto de frecuencias centrales libres, y obtener el ancho de banda espectral, determinados por un primer nodo, de la conexión de un segmento del nodo local, en donde el noveno conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión del segmento del nodo local; y configurado además para establecer como frecuencia central de la conexión del segmento del nodo local una frecuencia central disponible del noveno conjunto de frecuencias centrales libres en función del ancho de banda espectral de la conexión del segmento del nodo local; y

25 un segundo módulo 903 de establecimiento de interconexión, configurado para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del nodo local.

Modo de realización 18: El modo de realización de la presente invención proporciona un dispositivo de nodo, tal como se ilustra en la FIG. 11, que incluye:

30 un cuarto módulo 1101 de recepción, configurado para recibir un mensaje de petición, y extraer la información de un sexto conjunto de frecuencias centrales libres y la información de un tercer ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición; y configurado además para recibir un mensaje de respuesta, y extraer la información de la sexta frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta;

35 un cuarto módulo 1102 de procesamiento, configurado para obtener un sexto conjunto de frecuencias centrales libres, y obtener los anchos de banda espectrales de la conexión de un segmento del nodo local en el lado del primer nodo y la conexión de cada uno de los segmentos del nodo local a un segundo nodo, en donde el sexto conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión del segmento del nodo local en el lado del primer nodo; configurado además para establecer como frecuencia central de la conexión del segmento del nodo local en el lado del primer nodo una frecuencia central disponible del sexto conjunto de frecuencias centrales libres de acuerdo con el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del nodo local en el lado del primer nodo; configurado además para obtener la información de un séptimo conjunto de frecuencias centrales libres correspondiente a un séptimo conjunto de frecuencias centrales libres de un noveno enlace y obtener la información de un cuarto ancho de banda espectral correspondiente al ancho de banda espectral de la conexión de cada segmento del nodo local al segundo nodo, en donde el noveno enlace es un enlace entre el nodo local y un nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo; y configurado además para obtener la frecuencia central de la conexión del segmento del nodo local en el lado del segundo nodo, en donde la frecuencia central de la conexión del segmento del nodo local en el lado del segundo nodo es una frecuencia central disponible del octavo conjunto de frecuencias centrales libres, y el octavo conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales disponibles de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión del segmento del nodo local en el lado del segundo nodo;

50 un cuarto módulo 1103 de envío, configurado para enviarle un mensaje de petición que incluye la información del séptimo conjunto de frecuencias centrales libres y la información del cuarto ancho de banda espectral al nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo; y

55 un cuarto módulo 1104 de establecimiento de interconexión, configurado para determinar un tercer rango espectral basado en la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del nodo local en el lado del primer nodo, determinar un cuarto rango espectral basado en la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del nodo local en el lado del segundo nodo y establecer una interconexión de longitud

de onda entre el tercer rango espectral y el cuarto rango espectral.

Modo de realización 19: El modo de realización de la presente invención proporciona un dispositivo de nodo, tal como se ilustra en la FIG. 10, que incluye:

5 un tercer módulo 1001 de recepción, configurado para recibir un mensaje de petición, y extraer la información de un décimo conjunto de frecuencias centrales libres y la información de ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición; y configurado además para recibir un mensaje de respuesta, y extraer la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta;

10 un tercer módulo 1002 de procesamiento, configurado para obtener un décimo conjunto de frecuencias centrales libres, y obtener los anchos de banda espectrales, determinados por un primer nodo, de la conexión de un segmento del nodo local y la conexión de cada uno de los segmentos del nodo local a un segundo nodo, en donde el décimo conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces del primer nodo o un cuarto nodo al nodo local a través de los cuales pasa la conexión del segmento del nodo local; configurado además para obtener la intersección del conjunto de frecuencias centrales libres de un
15 décimo enlace y el décimo conjunto de frecuencias centrales libres para obtener un undécimo conjunto de frecuencias centrales libres correspondiente al undécimo conjunto de frecuencias centrales libres, en donde el décimo enlace es un enlace entre el nodo local y un nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo; y configurado además para obtener la frecuencia central de la conexión del segmento del nodo local, en donde la frecuencia central es una frecuencia central disponible obtenida por el cuarto nodo entre el nodo local y el segundo nodo o por el segundo nodo del
20 undécimo conjunto de frecuencias centrales libres de acuerdo con el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del nodo local, en donde el undécimo conjunto de frecuencias centrales libres es la intersección de los conjuntos de frecuencias centrales libres de todos los enlaces a través de los cuales pasa la conexión del segmento del nodo local;

25 un tercer módulo 1003 de envío, configurado para enviarle un mensaje de petición al nodo vecino en el sentido del primer nodo al segundo nodo, en donde el mensaje de petición incluye la información del undécimo conjunto de frecuencias centrales libres y la información de ancho de banda espectral de la conexión del segmento del nodo local y la conexión de cada segmento del nodo local al segundo nodo; y

30 un tercer módulo 1004 de establecimiento de interconexión, configurado para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con un rango espectral determinado por la frecuencia central y el ancho de banda espectral de la conexión del segmento del nodo local.

El proceso de intercambio de información y ejecución entre los módulos de los dispositivos de nodo en los Modos de realización 6 a 19 se basan en el mismo concepto que los modos de realización del método de la presente invención. En relación con los detalles se puede hacer referencia a la descripción de los modos de realización del método de la presente invención, los cuales no se vuelven a describir en la presente solicitud.

35 Utilizando el dispositivo de nodo para establecer una interconexión de longitud de onda de acuerdo con los modos de realización de la presente invención, se puede establecer automáticamente en un nodo una interconexión de longitud de onda de ancho de banda espectral variable. La implementación es sencilla y la fiabilidad es alta.

40 Modo de realización 20: El modo de realización de la presente invención proporciona un sistema para establecer una interconexión de longitud de onda, tal como se ilustra en la FIG. 12, que incluye al menos un primer nodo 1201 y un segundo nodo 1202.

45 El primer nodo 1201 incluye un primer módulo de procesamiento, un primer módulo de envío, un primer módulo de recepción y un primer módulo de establecimiento de interconexión. En relación con los detalles, se puede hacer referencia al primer módulo 801 de procesamiento, el primer módulo 802 de envío, el primer módulo 803 de recepción y el primer módulo 804 de establecimiento de interconexión en el Modo de realización 6, los cuales no se vuelven a describir en la presente solicitud.

50 El segundo nodo 1202 incluye un segundo módulo de recepción, un segundo módulo de procesamiento y un segundo módulo de establecimiento de interconexión. En relación con los detalles, se puede hacer referencia al segundo módulo 901 de recepción, el segundo módulo 902 de procesamiento y el segundo módulo 903 de establecimiento de interconexión en el Modo de realización 7, los cuales no se vuelven a describir en la presente solicitud.

Puede existir además un tercer nodo 1203 entre el primer nodo 1201 y el segundo nodo 1202, en concreto:

55 el tercer nodo 1203 incluye un tercer módulo de recepción, un tercer módulo de procesamiento, un tercer módulo de envío y un tercer módulo de establecimiento de interconexión. En relación con los detalles, se puede hacer referencia al tercer módulo 1001 de recepción, el tercer módulo 1002 de procesamiento, el tercer módulo 1003 de envío y el tercer módulo 1004 de establecimiento de interconexión en el Modo de realización 8, los cuales no se vuelven a describir en la presente solicitud.

Modo de realización 21: El modo de realización de la presente invención proporciona un sistema para establecer una interconexión de longitud de onda, tal como se ilustra en la FIG. 12, que incluye al menos un primer nodo 1201 y un segundo nodo 1202.

5 El primer nodo 1201 incluye un primer módulo de procesamiento, un primer módulo de envío, un primer módulo de recepción y un primer módulo de establecimiento de interconexión. En relación con los detalles, se puede hacer referencia al primer módulo 801 de procesamiento, el primer módulo 802 de envío, el primer módulo 803 de recepción y el primer módulo 804 de establecimiento de interconexión en el Modo de realización 9, los cuales no se vuelven a describir en la presente solicitud.

10 El segundo nodo 1202 incluye un segundo módulo de recepción, un segundo módulo de procesamiento y un segundo módulo de establecimiento de interconexión. En relación con los detalles, se puede hacer referencia al segundo módulo 901 de recepción, el segundo módulo 902 de procesamiento y el segundo módulo 903 de establecimiento de interconexión en el Modo de realización 10, los cuales no se vuelven a describir en la presente solicitud.

Entre el primer nodo 1201 y el segundo nodo 1202 puede existir además un tercer nodo 1203, en concreto:

15 el tercer nodo 1203 incluye un tercer módulo de recepción, un tercer módulo de procesamiento, un tercer módulo de envío y un tercer módulo de establecimiento de interconexión. En relación con los detalles, se puede hacer referencia al tercer módulo 1001 de recepción, el tercer módulo 1002 de procesamiento, el tercer módulo 1003 de envío y el tercer módulo 1004 de establecimiento de interconexión en el Modo de realización 11, los cuales no se vuelven a describir en la presente solicitud.

20 Modo de realización 22: El modo de realización de la presente invención proporciona un sistema para establecer una interconexión de longitud de onda, tal como se ilustra en la FIG. 13, que incluye al menos un primer nodo 1301, un segundo nodo 1302 y un cuarto nodo 1303.

25 El primer nodo 1301 incluye un primer módulo de procesamiento, un primer módulo de envío, un primer módulo de recepción y un primer módulo de establecimiento de interconexión. En relación con los detalles, se puede hacer referencia al primer módulo 801 de procesamiento, el primer módulo 802 de envío, el primer módulo 803 de recepción y el primer módulo 804 de establecimiento de interconexión en el Modo de realización 12, los cuales no se vuelven a describir en la presente solicitud.

30 El cuarto nodo 1303 incluye un cuarto módulo de recepción, un cuarto módulo de procesamiento, un cuarto módulo de envío y un cuarto módulo de establecimiento de interconexión. En relación con los detalles, se puede hacer referencia al cuarto módulo 1101 de recepción, el cuarto módulo 1102 de procesamiento, el cuarto módulo 1103 de envío y el cuarto módulo 1104 de establecimiento de interconexión en el Modo de realización 14, los cuales no se vuelven a describir en la presente solicitud.

35 El segundo nodo 1302 incluye un segundo módulo de recepción, un segundo módulo de procesamiento y un segundo módulo de establecimiento de interconexión. En relación con los detalles, se puede hacer referencia al segundo módulo 901 de recepción, el segundo módulo 902 de procesamiento y el segundo módulo 903 de establecimiento de interconexión en el Modo de realización 13, los cuales no se vuelven a describir en la presente solicitud.

Entre el primer nodo 1301 y el segundo nodo 1302 puede existir además un tercer nodo 1304, en concreto:

40 el tercer nodo 1304 incluye un tercer módulo de recepción, un tercer módulo de procesamiento, un tercer módulo de envío y un tercer módulo de establecimiento de interconexión. En relación con los detalles, se puede hacer referencia al tercer módulo 1001 de recepción, el tercer módulo 1002 de procesamiento, el tercer módulo 1003 de envío y el tercer módulo 1004 de establecimiento de interconexión en el Modo de realización 15, los cuales no se vuelven a describir en la presente solicitud.

45 Modo de realización 23: El modo de realización de la presente invención proporciona un sistema para establecer una interconexión de longitud de onda, tal como se ilustra en la FIG. 13, que incluye al menos un primer nodo 1301, un segundo nodo 1302 y un cuarto nodo 1303.

50 El primer nodo 1301 incluye un primer módulo de procesamiento, un primer módulo de envío, un primer módulo de recepción y un primer módulo de establecimiento de interconexión. En relación con los detalles, se puede hacer referencia al primer módulo 801 de procesamiento, el primer módulo 802 de envío, el primer módulo 803 de recepción y el primer módulo 804 de establecimiento de interconexión en el Modo de realización 16, los cuales no se vuelven a describir en la presente solicitud.

55 El cuarto nodo 1303 incluye un cuarto módulo de recepción, un cuarto módulo de procesamiento, un cuarto módulo de envío y un cuarto módulo de establecimiento de interconexión. En relación con los detalles, se puede hacer referencia al cuarto módulo 1101 de recepción, el cuarto módulo 1102 de procesamiento, el cuarto módulo 1103 de envío y el cuarto módulo 1104 de establecimiento de interconexión en el Modo de realización 18, los cuales no se

vuelven a describir en la presente solicitud.

5 El segundo nodo 1302 incluye un segundo módulo de recepción, un segundo módulo de procesamiento y un segundo módulo de establecimiento de interconexión. En relación con los detalles, se puede hacer referencia al segundo módulo 901 de recepción, el segundo módulo 902 de procesamiento y el segundo módulo 903 de establecimiento de interconexión en el Modo de realización 17, los cuales no se vuelven a describir en la presente solicitud.

Entre el primer nodo 1301 y el segundo nodo 1302 puede existir además un tercer nodo 1304:

10 el tercer nodo 1304 incluye un tercer módulo de recepción, un tercer módulo de procesamiento, un tercer módulo de envío y un tercer módulo de establecimiento de interconexión. En relación con los detalles, se puede hacer referencia al tercer módulo 1001 de recepción, el tercer módulo 1002 de procesamiento, el tercer módulo 1003 de envío y el tercer módulo 1004 de establecimiento de interconexión en el Modo de realización 19, los cuales no se vuelven a describir en la presente solicitud.

15 Mediante la utilización de los modos de realización anteriores se puede implementar una configuración automática de una interconexión de longitud de onda unidireccional o una interconexión de longitud de onda bidireccional. En los modos de realización anteriores, durante la configuración de una interconexión de longitud de onda bidireccional la frecuencia central es una frecuencia central bidireccional y el ancho de banda espectral es un ancho de banda espectral bidireccional; en los modos de realización anteriores, durante la configuración de una interconexión de longitud de onda unidireccional la frecuencia central es una frecuencia central unidireccional y el ancho de banda espectral es un ancho de banda espectral unidireccional.

20 En los modos de realización anteriores, el mensaje de respuesta puede incluir o no incluir información del ancho de banda espectral. Si el mensaje de respuesta recibido contiene información del ancho de banda espectral, es necesario comparar la información del ancho de banda espectral con la información del ancho de banda espectral contenida en el mensaje de petición, y solo se pueden llevar a cabo los pasos siguientes cuando ambas informaciones son consistentes.

25 La ruta de la conexión de longitud de onda puede incluir solamente un nodo fuente y un nodo sumidero, sin incluir un nodo intermedio; o puede incluir un nodo fuente, un nodo sumidero y uno o más nodos intermedios. Los modos de realización anteriores describen un caso en el que la ruta de la conexión de longitud de onda incluye un nodo intermedio. En caso de que existan múltiples nodos intermedios entre el nodo fuente y el nodo sumidero, el procesamiento de cada nodo intermedio es similar al procesamiento del nodo intermedio descrito en este modo de realización, por lo que no se vuelve a describir en la presente solicitud.

30 Los modos de realización anteriores se pueden implementar ampliando un protocolo GMPLS (Generalized Multiprotocol Label Switching, Conmutación Generalizada por Etiquetas Multiprotocolo) RSVP-TE (Resource Reservation Protocol with TE, Protocolo de Reserva de Recursos con Ingeniería de Tráfico). En dicho protocolo, como mensaje de petición se utiliza el mensaje Path (ruta); como mensaje de respuesta se utiliza el mensaje Resv (reserva); y la información del ancho de banda espectral, la información de la frecuencia central y la información del conjunto de frecuencias centrales se pueden transmitir añadiendo o ampliando la señalización GMPLS RSVP-TE existente.

40 Cuando la información de ancho de banda espectral se transmite en el mensaje Path, la información de ancho de banda espectral puede ser transportada en un objeto parámetro de tráfico añadido o un objeto de solicitud de etiqueta ampliado; cuando la información de ancho de banda espectral se transmite en el mensaje Resv, la información de ancho de banda espectral puede ser transportada en un objeto parámetro de tráfico añadido.

En la FIG. 7a se ilustra el formato de encapsulación de la carga útil del objeto parámetro de tráfico añadido al mensaje Path y al mensaje Resv, en el que se utilizan 32 bits para indicar el ancho de banda espectral. El significado de los campos es el siguiente:

45 S: los bits 0 a 3 se utilizan para indicar el ancho de banda de una única unidad espectral, con un intervalo espectral $\text{Slot} = 6,25 \times S$ (GHz); por ejemplo, indica $\text{Slot} = 6,25$ GHz si $S = 1$, e indica $\text{Slot} = 12,5$ GHz si $S = 2$;

m: los bits 16 a 31 indican el número de intervalos espectrales Slot ocupados por el ancho de banda espectral; esto es, el ancho de banda espectral = $\text{Slot} \times m$; y

Reservado: los bits 4 a 15 están reservados.

50 De acuerdo con la definición anterior, cuando $S = 1$ y $m = 8$, el ancho de banda espectral = $\text{Slot} \times m = 6,25 \times S \times m = 50$ GHz.

En la FIG. 7b se ilustra el formato de encapsulación de la carga útil del objeto de solicitud de etiqueta ampliado en el mensaje Path. Al objeto de solicitud de etiqueta se le agregan 32 bits para indicar el ancho de banda espectral, en donde el significado de S y m es el mismo que el de los del objeto parámetro de tráfico añadido.

El significado de los campos originales en el objeto de solicitud de etiqueta es el siguientes:

Tipo de Encap. LSP: los bits 0 a 7 indican el tipo de codificación de una conexión; por ejemplo, cuando Tipo de Encap. LSP = 8, el tipo de codificación de la conexión es una conexión de longitud de onda; y

Tipo de Conmutación: los bits 8 a 15 indican el tipo de conmutación de una conexión.

- 5 Cuando el tipo de codificación es longitud de onda, esto es, una conexión de longitud de onda, al Tipo de Conmutación se le asigna un nuevo valor; por ejemplo, se utiliza Tipo de Conmutación = 151 para definir un tipo de conmutación de longitud de onda de ancho de banda espectral variable.

- 10 Por ejemplo, se puede indicar el ancho de banda espectral de 50 GHz de la conexión de longitud de onda mediante los siguientes parámetros en el objeto de solicitud de etiqueta: Tipo de Encap. LSP = 8, Tipo de Conmutación = 151, S = 1 y m = 8.

Además de los dos formatos de paquete que se ilustran en las FIG. 7a y 7b, el valor del ancho de banda espectral también puede transmitirse directamente en el objeto parámetro de tráfico añadido o en el objeto de solicitud de etiqueta ampliado, utilizados para que el mensaje Path o el mensaje Resv transporten información del ancho de banda espectral.

- 15 En caso de que sea necesario transportar información del ancho de banda espectral de una conexión de longitud de onda o información del ancho de banda espectral de la conexión de un segmento, la información del ancho de banda espectral es transmitida por el objeto parámetro de tráfico o el objeto de solicitud de etiqueta del mensaje Path o el objeto parámetro de tráfico del mensaje Resv.

- 20 En caso de que sea necesario transportar información del ancho de banda espectral de múltiples segmentos de conexión, como en los pasos 501 y 502 en el Modo de realización 4, la información de ancho de banda espectral de la conexión de un segmento puede ser transmitida por el objeto parámetro de tráfico o el objeto de solicitud de etiqueta en el mensaje Path o el objeto parámetro de tráfico en el mensaje Resv, y la información del ancho de banda espectral de las conexiones de otros segmentos pueden ser transmitidos por un objeto de ruta explícita: definiendo un subobjeto de ruta explícita e insertando uno o más subobjetos de ruta explícita después de la interfaz
- 25 OEO de conversión de longitud de onda del objeto de ruta explícita, en donde el formato de encapsulación del subobjeto de ruta explícita es el mismo que el formato de encapsulación de la carga útil del objeto parámetro de tráfico que se ilustra en la FIG. 7a.

- 30 Cuando la información de frecuencia central es transportada por el mensaje Resv, la información de frecuencia central puede ser transmitida por el objeto etiqueta ampliado. En la FIG. 7c se ilustra el formato de encapsulación de la etiqueta en el objeto etiqueta en el mensaje Resv, y se amplían los valores asignados a los parámetros de la etiqueta. El significado de los campos es el siguiente:

Grid: los bits 0 a 2 indican un tipo de división de longitud de onda; por ejemplo, cuando Grid = 1 indican DWDM;

C.S.: los bits 3 a 6 indican un intervalo espectral, y asignan un nuevo valor a C.S.; por ejemplo, cuando C.S. = 5 indican que el rango espectral es 6,25 GHz; y

- 35 n: los bits 16 a 31, indican la frecuencia central $f_n = 193,1 + (n \times C.S./1000)$ (THz).

De acuerdo con la definición anterior, cuando la frecuencia central es 193,05 THz, la frecuencia central puede indicarse mediante los siguientes parámetros de la etiqueta en el objeto etiqueta en el mensaje Resv: Grid = 1, C.S. = 5 y n = -8; cuando la frecuencia central es 193,1 THz, la frecuencia central puede indicarse mediante los siguientes parámetros del objeto conjunto de etiquetas en el mensaje Path: Grid = 1, C.S. = 5 y n = 0.

- 40 Cuando la información del conjunto de frecuencias centrales (un conjunto de frecuencias centrales disponibles o un conjunto de frecuencias centrales libres) es transportada por el mensaje Path, la información del conjunto de frecuencias centrales puede ser transmitida por un objeto conjunto de etiquetas ampliado. Cada etiqueta del objeto conjunto de etiquetas incluye un componente de información de frecuencias centrales. El formato de encapsulación de cada etiqueta se ilustra en la FIG. 7c, y el significado de los campos en la etiqueta es el mismo que el de los
- 45 campos de la etiqueta en el objeto etiqueta anterior.

Mediante la utilización de las soluciones técnicas proporcionadas por los modos de realización de la presente invención, se puede establecer automáticamente una interconexión de longitud de onda de ancho de banda espectral variable en un nodo. La implementación es sencilla y la fiabilidad es alta.

- 50 Una persona con un conocimiento normal de la técnica puede entender que la totalidad o una parte de los pasos de los modos de realización del método se pueden implementar mediante un programa informático que gestione a un hardware apropiado. El programa se puede almacenar en un medio de almacenamiento legible por un ordenador. Cuando se ejecuta el programa se llevan a cabo los procesos de los modos de realización del método. El medio de almacenamiento puede ser un disco magnético, un disco óptico, una memoria de sólo lectura (Read-Only Memory, ROM) o una memoria de acceso aleatorio (Random-Access Memory, RAM), etc.

Las descripciones anteriores son tan solo modos de realización específicos de la presente invención, pero no pretenden limitar el alcance de protección de la presente invención. Cualquier variación o sustitución fácilmente ideada por una persona experimentada en la técnica dentro del alcance técnico divulgado en la presente invención se considerará dentro del alcance de protección de la presente invención. De acuerdo con ello, el alcance de protección de la presente invención estará sujeto al alcance de protección de las reivindicaciones.

5

REIVINDICACIONES

1. Un método para establecer una interconexión de longitud de onda, que comprende:

- determinar (S101a), por parte de un primer nodo (A), un ancho de banda espectral de una conexión, estando cubierto un rango de anchos de banda por una frecuencia central,
- 5 a) determinar, por parte del primer nodo (A), en función del ancho de banda espectral, un rango de frecuencias para una frecuencia central libre de un primer enlace (A-B), que es un enlace entre el primer nodo (A) y un nodo vecino (B, D) en el sentido del primer nodo (A) a un segundo nodo (C),
- b) si las frecuencias centrales comprendidas en el rango de frecuencias cubierto por la frecuencia central libre son todas frecuencias centrales libres, determinar, por parte del primer nodo (A), que la frecuencia central libre es una frecuencia central disponible,
- 10 c) realizar los pasos a) - b) para cada una de las frecuencias centrales libres, llegando de este modo a una serie de frecuencias centrales disponibles que constituyen un primer conjunto de frecuencias centrales disponibles;
- enviar, por parte del primer nodo (A), un mensaje de petición que incluye la información de un primer conjunto de frecuencias centrales disponibles que contiene el primer conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información de ancho de banda espectral, que contiene el ancho de banda espectral, al nodo vecino (B) en el sentido del primer nodo (A) al segundo nodo (C);
- 15 • recibir (S101b), por parte del nodo vecino (B), el mensaje de petición enviado desde el primer nodo (A), extraer, por parte del nodo vecino (B) la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles y la información del ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, y obtener, por parte del nodo vecino (B), el primer conjunto de frecuencias centrales disponibles del primer enlace (A-B) y el ancho de banda espectral;
- 20 • d) determinar, por parte del nodo vecino (B), en función del ancho de banda espectral, un rango de frecuencias para una frecuencia central libre de un segundo enlace (B-C), que es un enlace entre el nodo vecino (B) y el segundo nodo C,
- 25 e) si las frecuencias centrales comprendidas en el rango de frecuencias cubierto por la frecuencia central libre son todas frecuencias centrales libres, determinar, por parte del nodo vecino (B), que la frecuencia central libre es una frecuencia central disponible, y
- f) realizar los pasos d) - e) para cada una de las frecuencias centrales libres, obteniendo de este modo una serie de frecuencias centrales disponibles que constituyen un segundo conjunto de frecuencias centrales disponibles;
- 30 • obtener la intersección, por parte del nodo vecino (B), del primer conjunto de frecuencias disponibles y el segundo conjunto de frecuencias disponibles para obtener un conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizado y enviar, por parte del nodo vecino (B), un mensaje de petición al segundo nodo (C), en donde el mensaje de petición incluye la información del conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizado que contiene el conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizado, y la información de ancho de banda espectral que contiene el ancho de banda espectral;
- 35 • recibir, por parte del segundo nodo (C), el mensaje de petición, extraer, por parte del segundo nodo (C), la información del conjunto de frecuencias disponibles actualizado y la información del ancho de banda espectral contenidas en el mensaje de petición, obtener, por parte del segundo nodo (C), el conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizado y el ancho de banda espectral, seleccionar, por parte del segundo nodo (C), una frecuencia central disponible del conjunto de frecuencias centrales disponibles actualizado y establecer, por parte del segundo nodo (C), una conexión entre el segundo nodo (C) y el nodo vecino (B) basada en un rango espectral determinado por la frecuencia central seleccionada y el ancho de banda espectral, y enviarle un mensaje de respuesta al nodo vecino (B), en donde el mensaje de respuesta incluye la información de frecuencia central que contiene la frecuencia central seleccionada;
- 40 • recibir, por parte del nodo vecino (B), el mensaje de respuesta, extraer, por parte del nodo vecino (B), la información de frecuencia central del mensaje de respuesta, obtener la frecuencia central seleccionada, establecer, por parte del nodo vecino (B), una conexión entre el nodo vecino (B) y el segundo nodo (C) y una conexión entre el nodo vecino (B) y el primer nodo (A) basadas en el rango espectral determinado por la frecuencia central seleccionada y el ancho de banda espectral, y enviar, por parte del nodo vecino (B), un mensaje de respuesta al primer nodo (A), en donde el mensaje de respuesta contiene la información de frecuencia central que contiene la frecuencia central seleccionada;
- 45 • recibir (S103a), por parte del primer nodo (A), el mensaje de respuesta enviado desde el nodo vecino (B),
- 50

extraer la información de frecuencia central contenida en el mensaje de respuesta, obtener la frecuencia central seleccionada de la conexión para establecer como frecuencia operativa la frecuencia central obtenida, y establecer, por parte del primer nodo (A), una conexión entre el primer nodo (A) y el nodo vecino (B) basada en el rango espectral determinado por la frecuencia central seleccionada y el ancho de banda espectral.

5

2. Un sistema que comprende un primer nodo (A), un nodo vecino (B) y un segundo nodo (C), en donde el sistema está configurado para aplicar el método de acuerdo con la reivindicación 1.

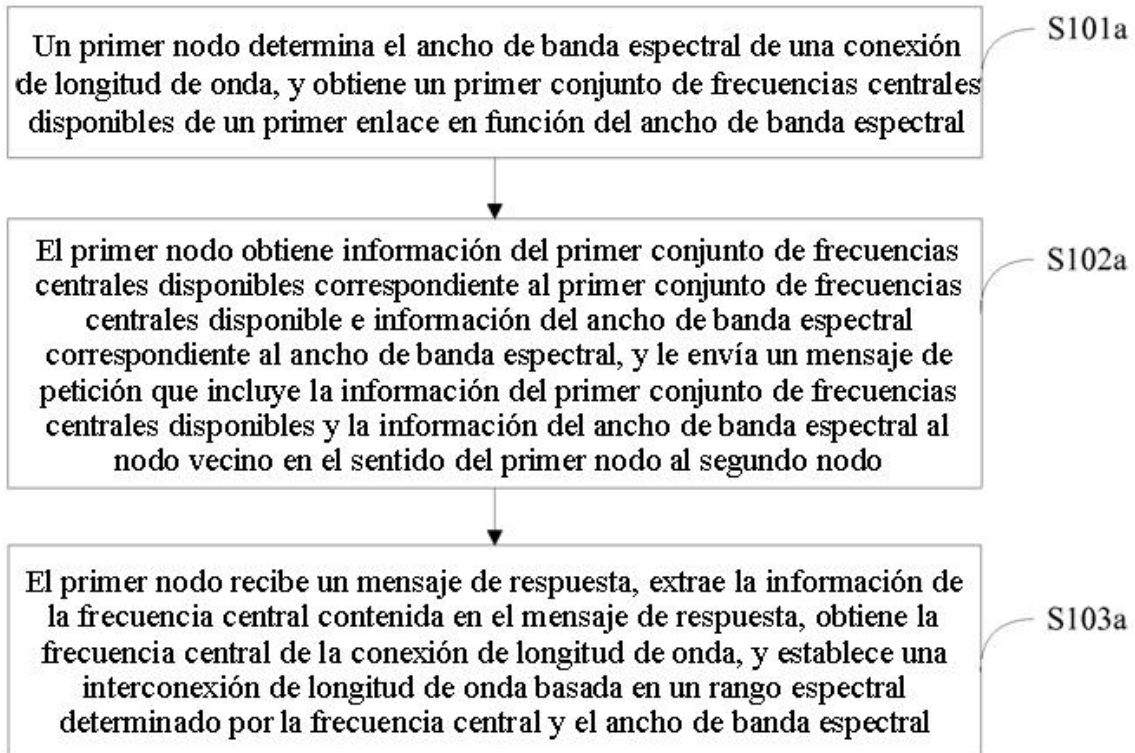


FIG. 1a

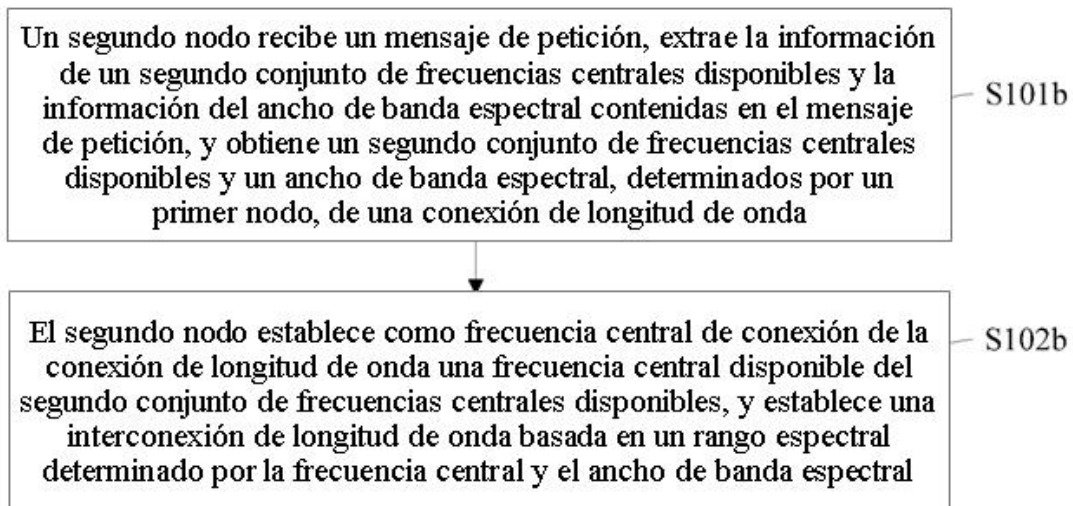


FIG. 1b

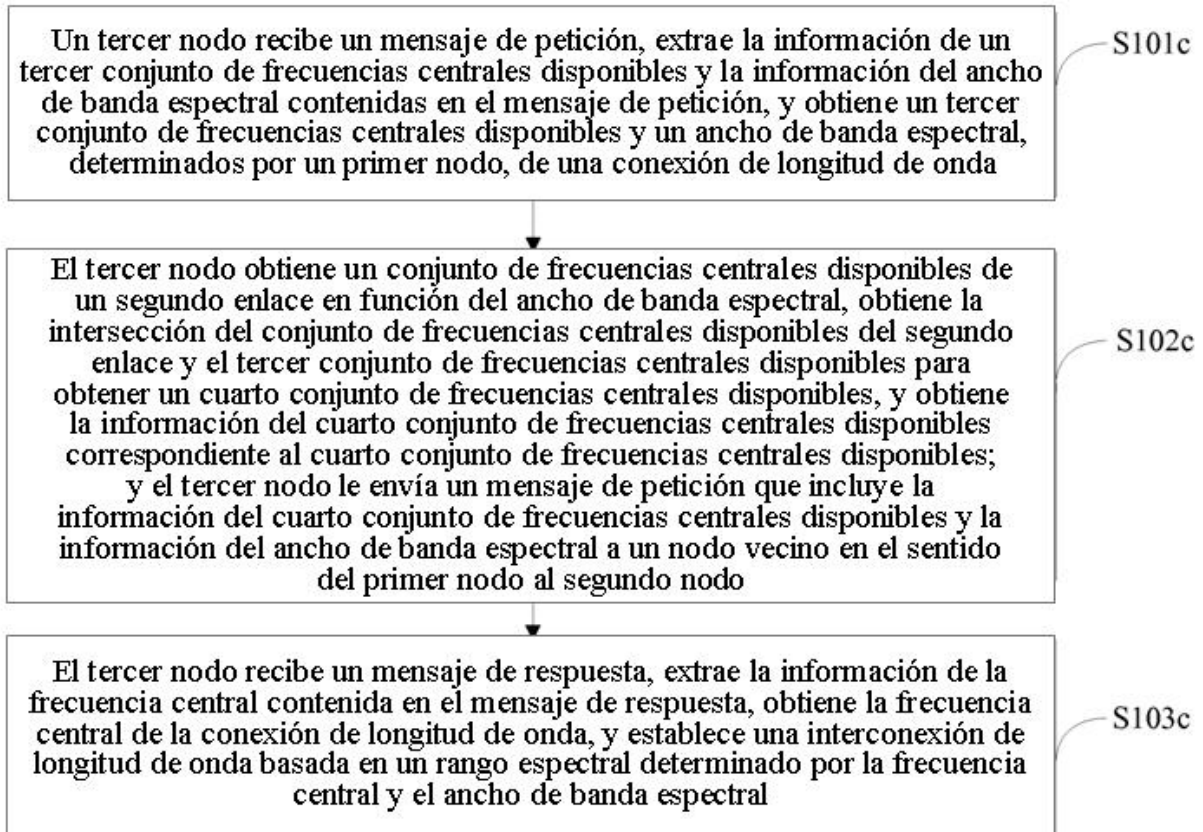


FIG. 1c

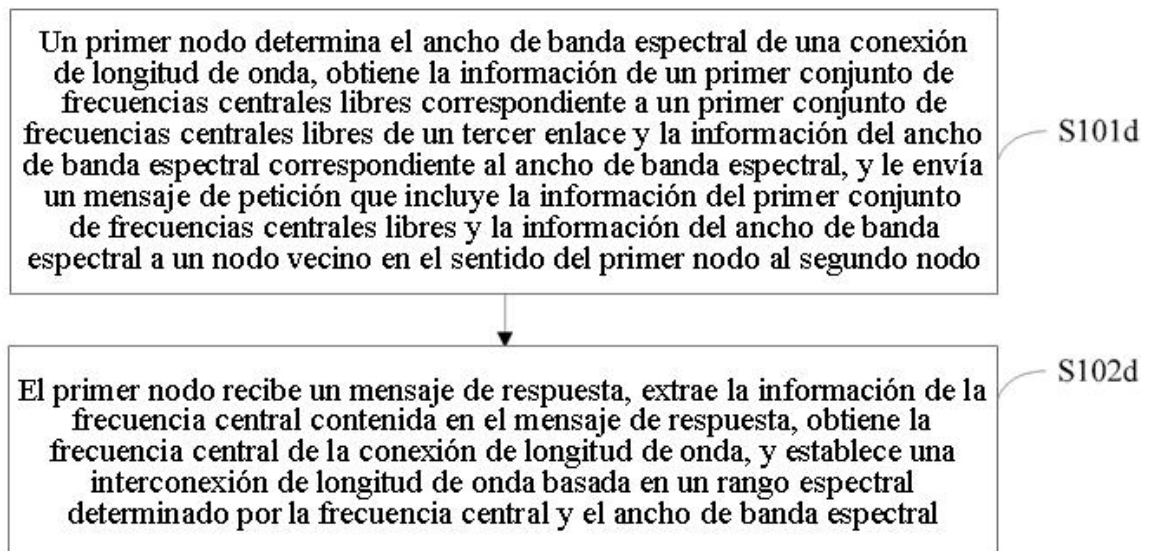


FIG. 1d

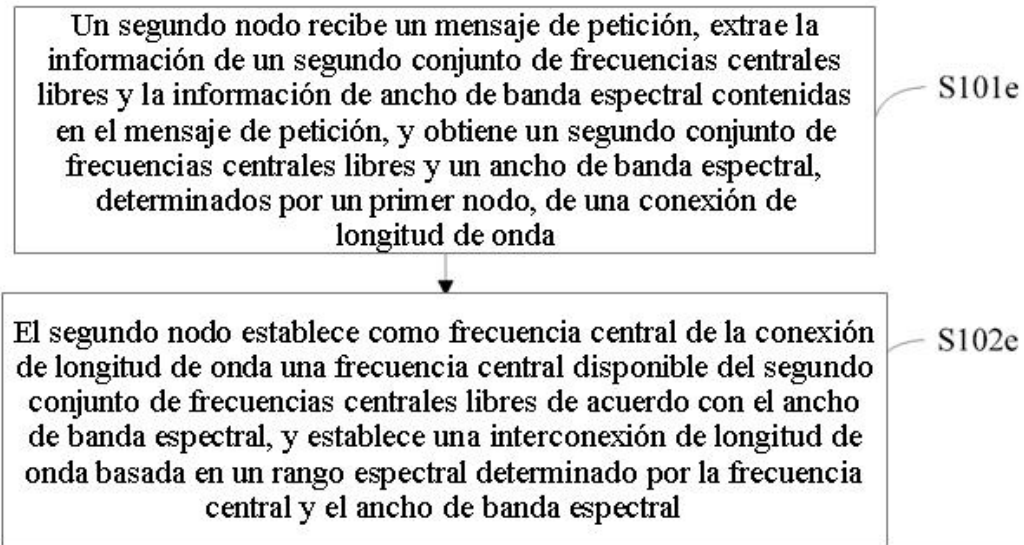


FIG. 1e

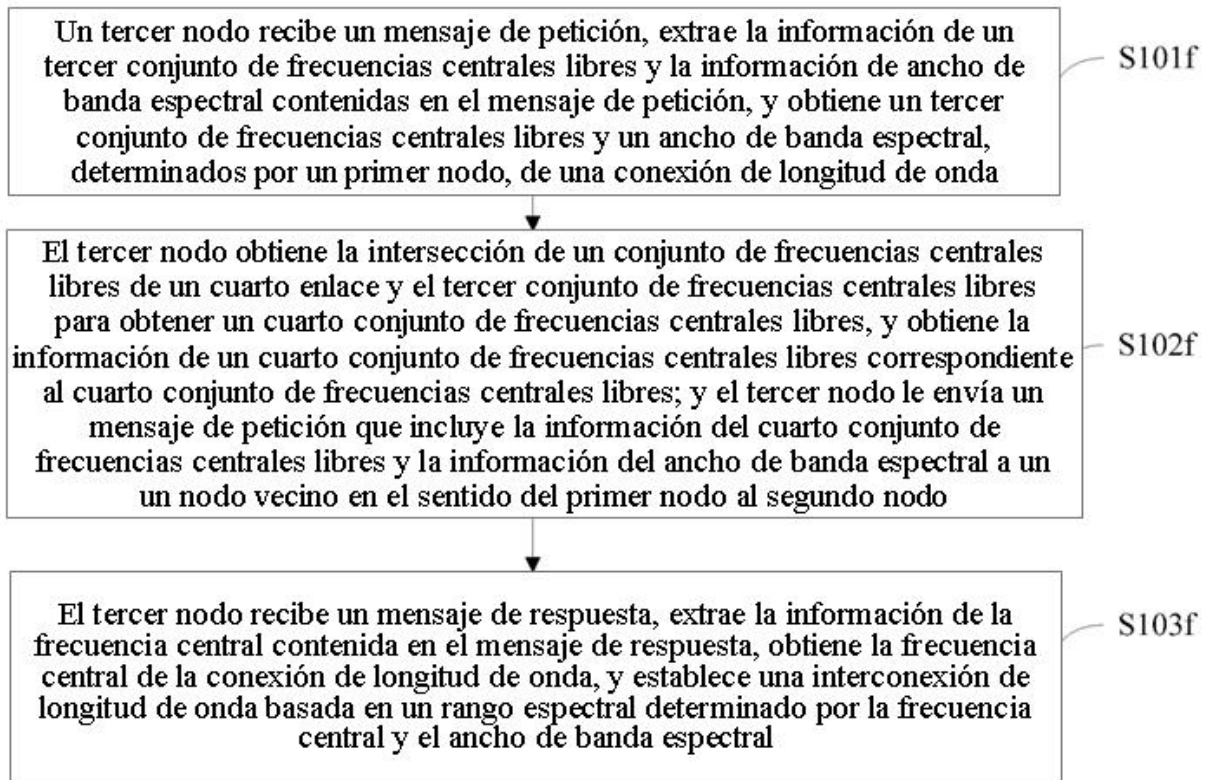


FIG. 1f

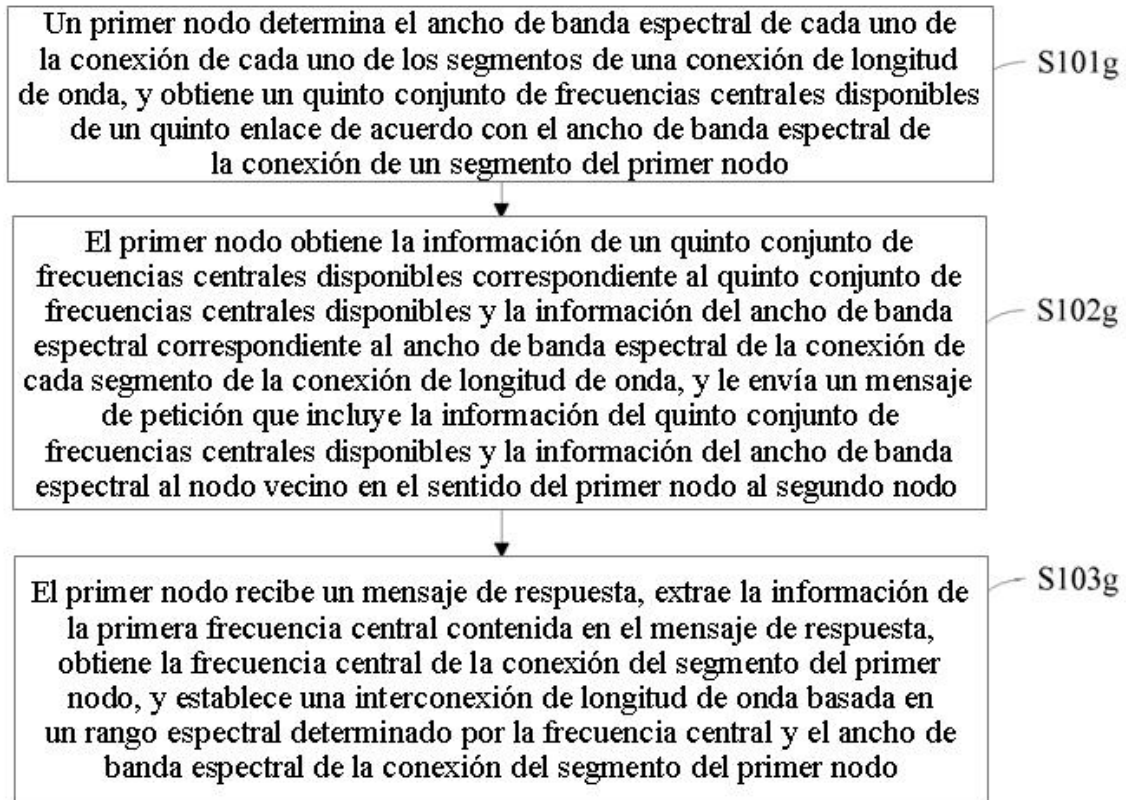


FIG. 1g

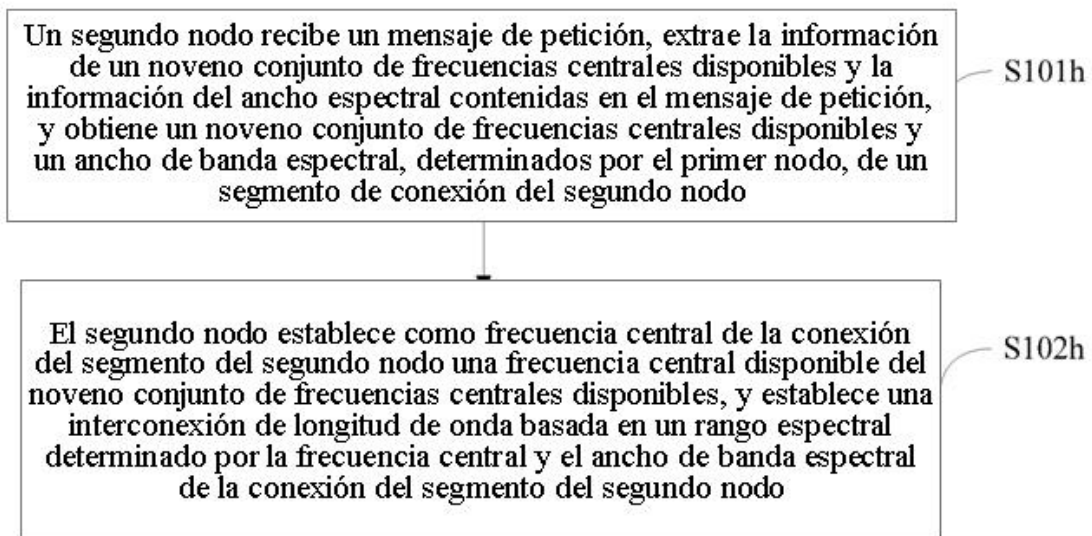


FIG. 1h

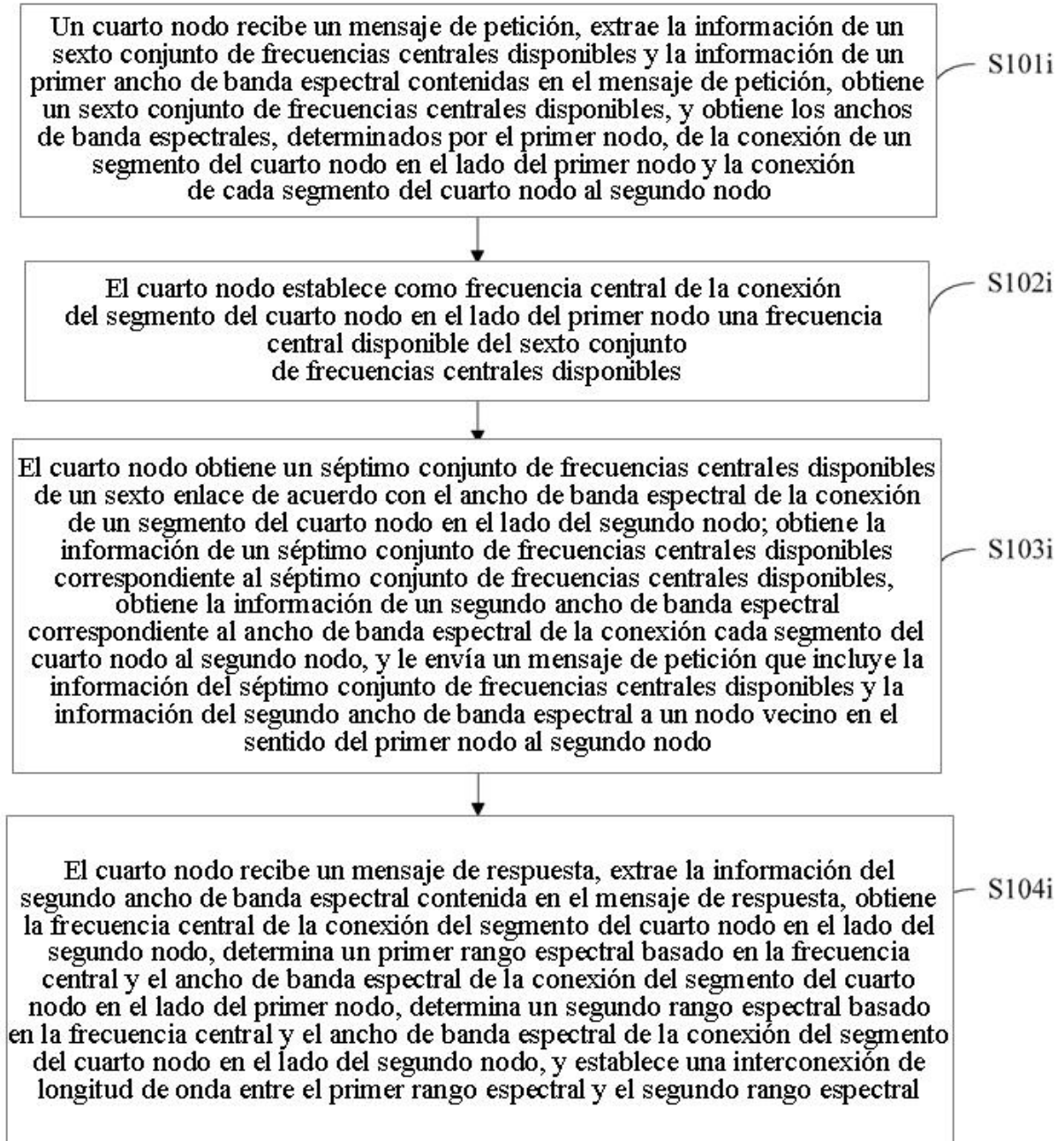


FIG. 1i

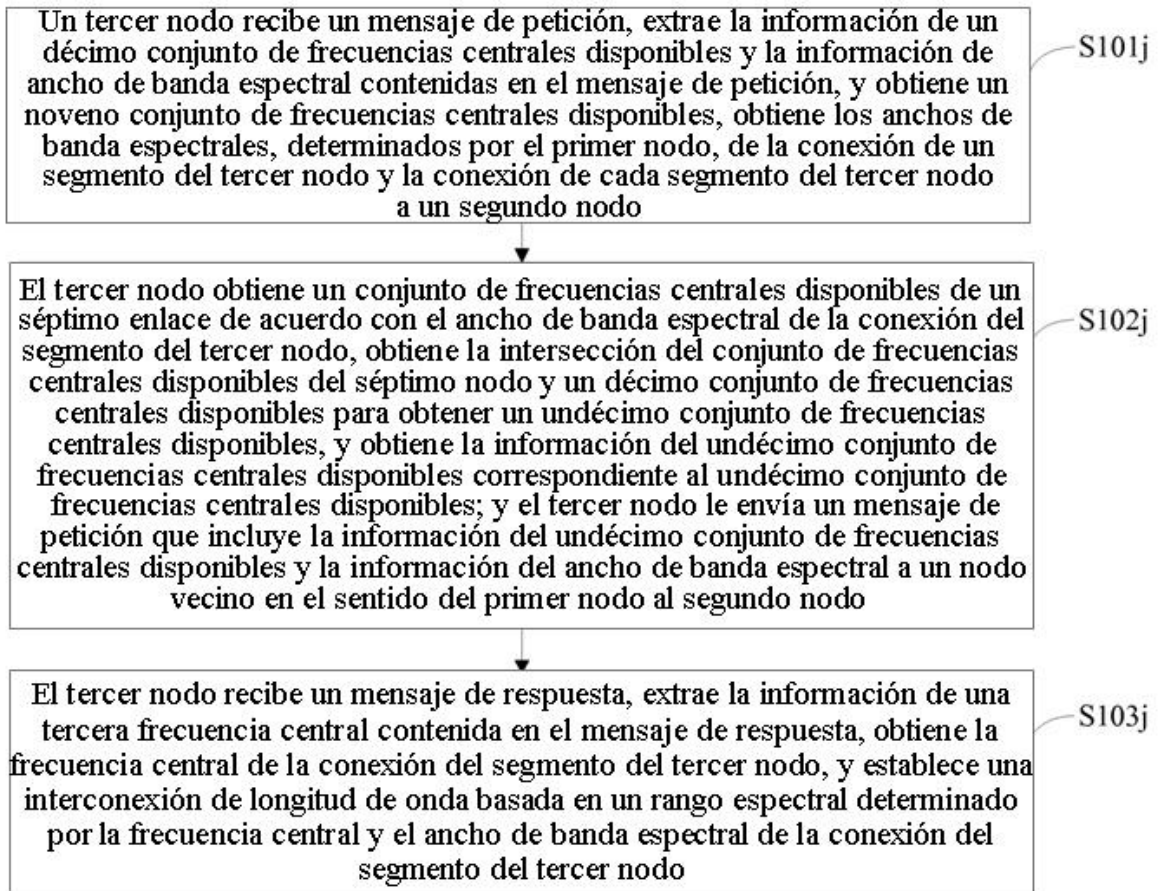


FIG. 1j

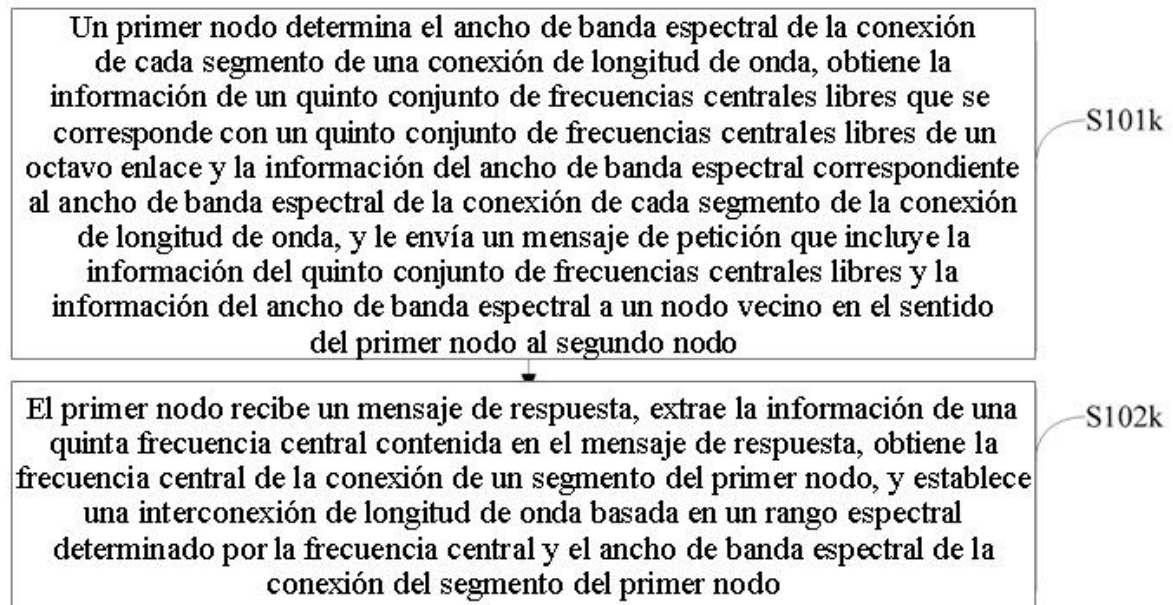


FIG. 1k

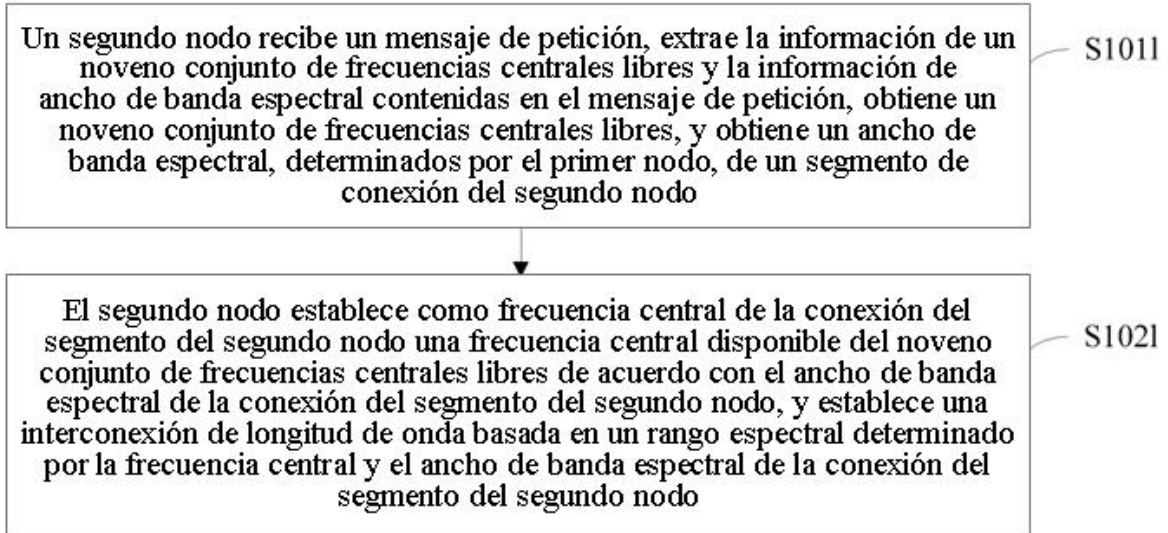


FIG. 11

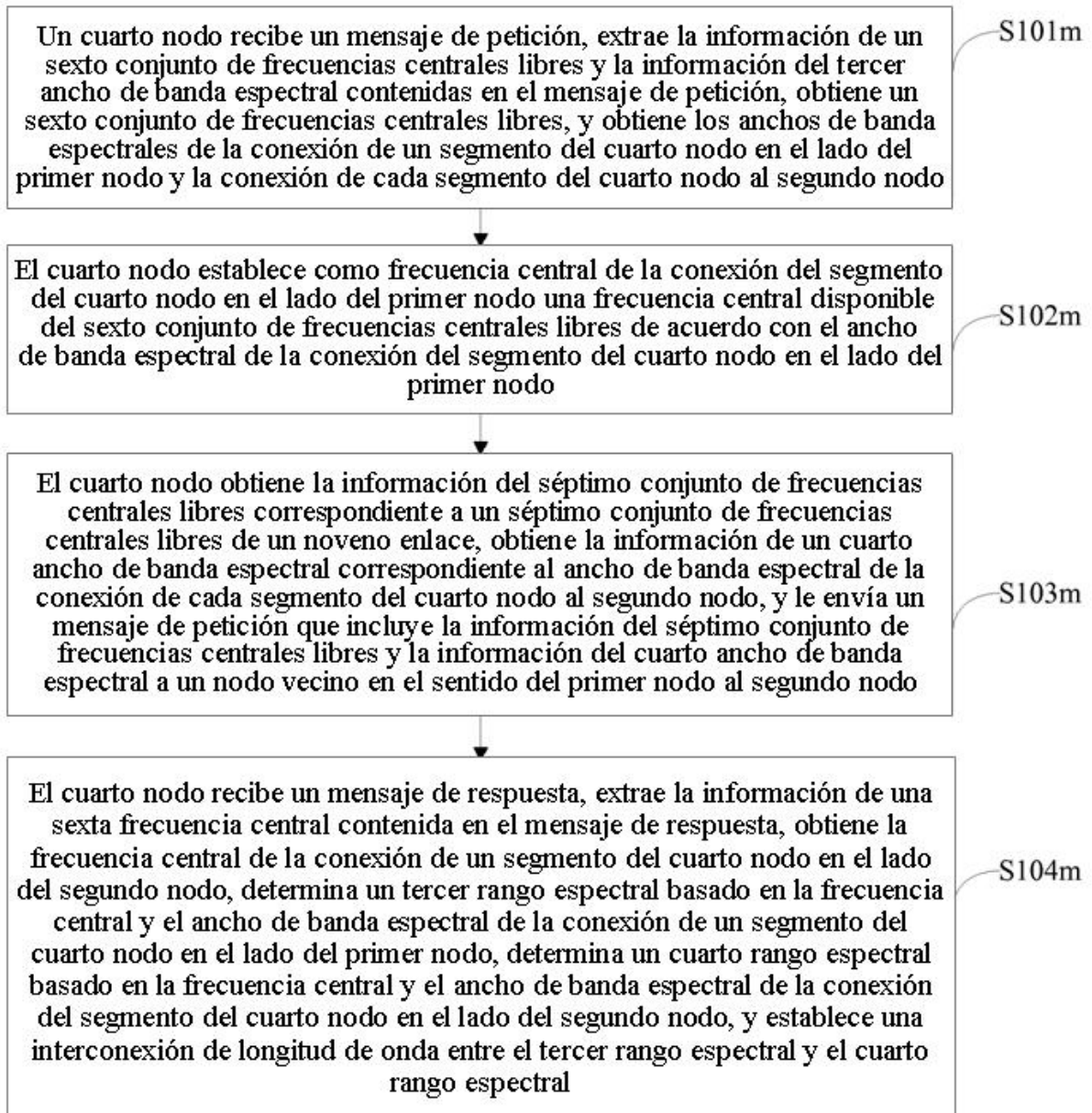


FIG. 1m

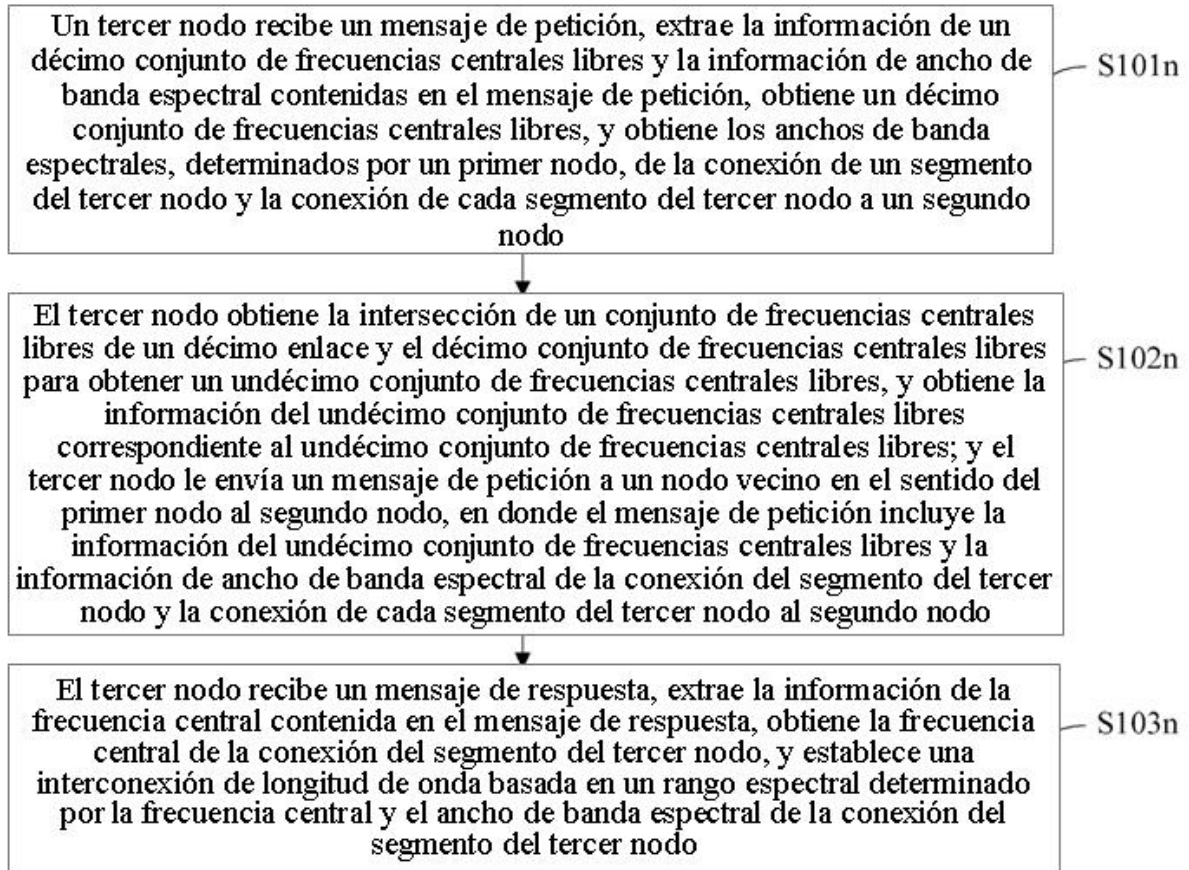


FIG. 1n

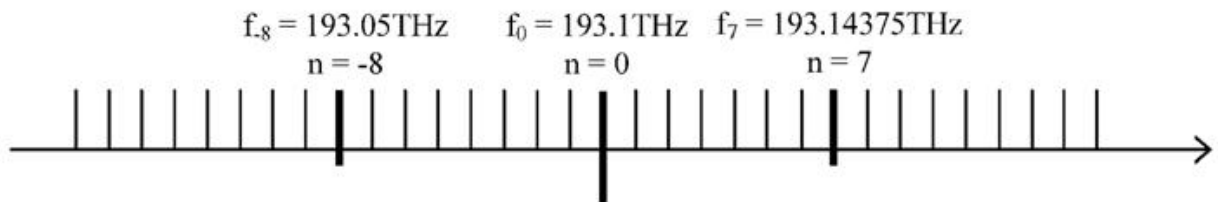


FIG. 2

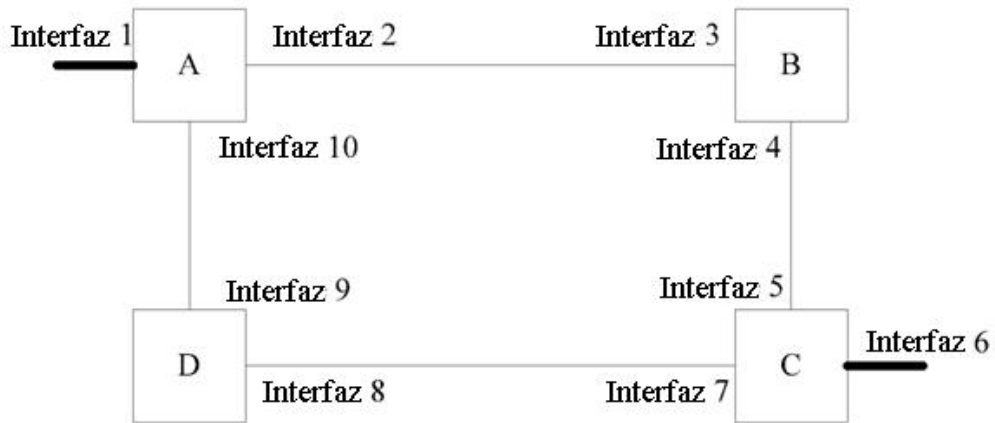


FIG. 3

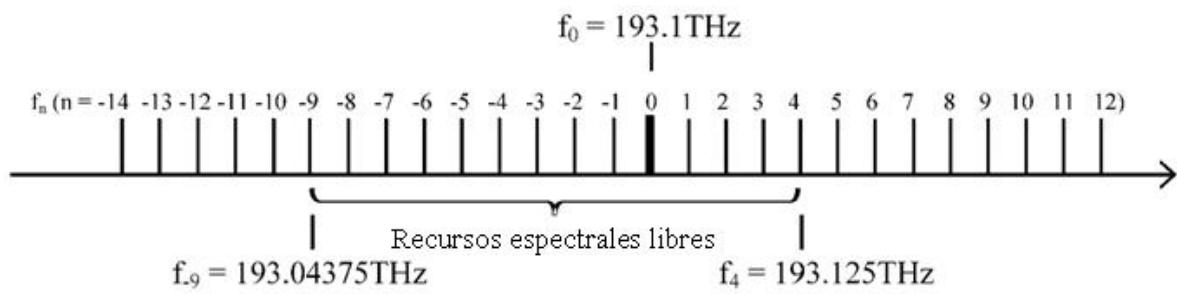


FIG. 4a

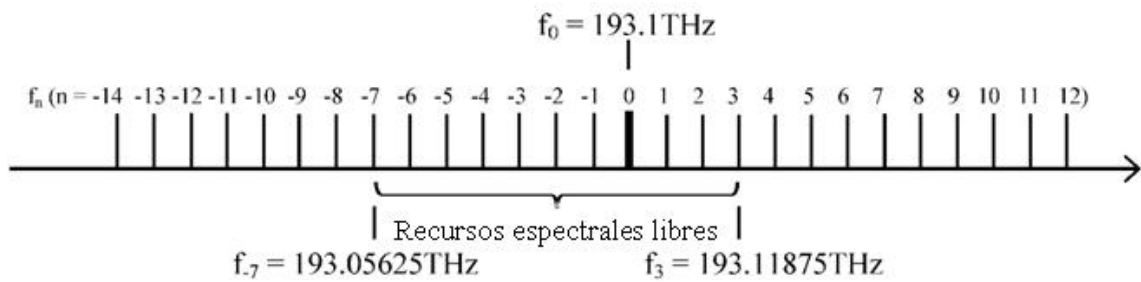


FIG. 4b

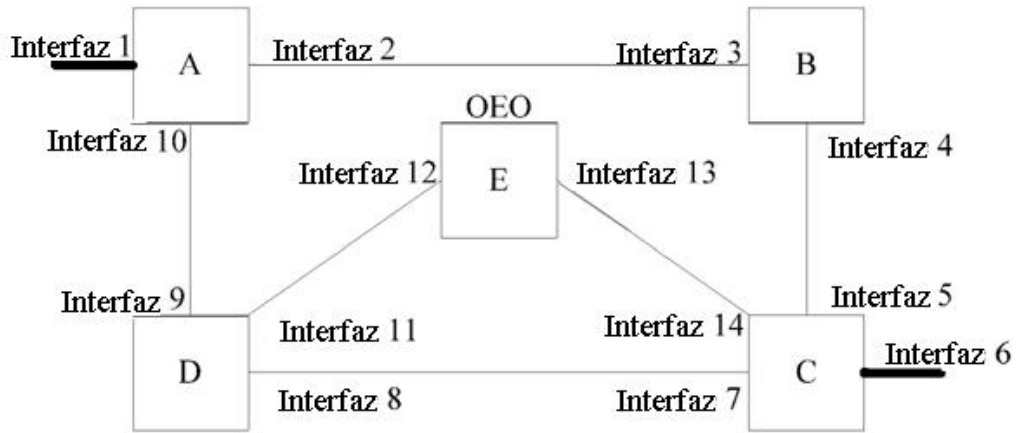


FIG. 5

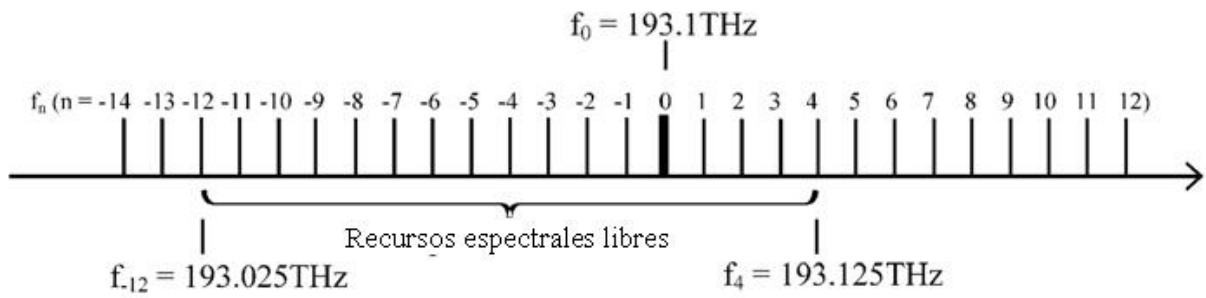


FIG. 6a

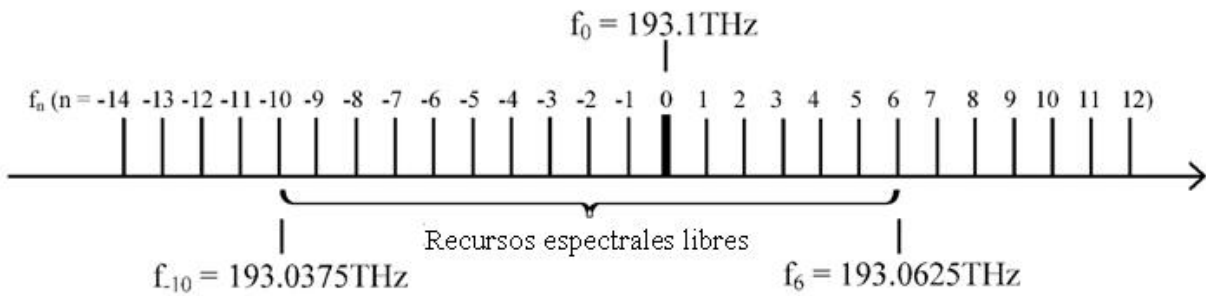


FIG. 6b

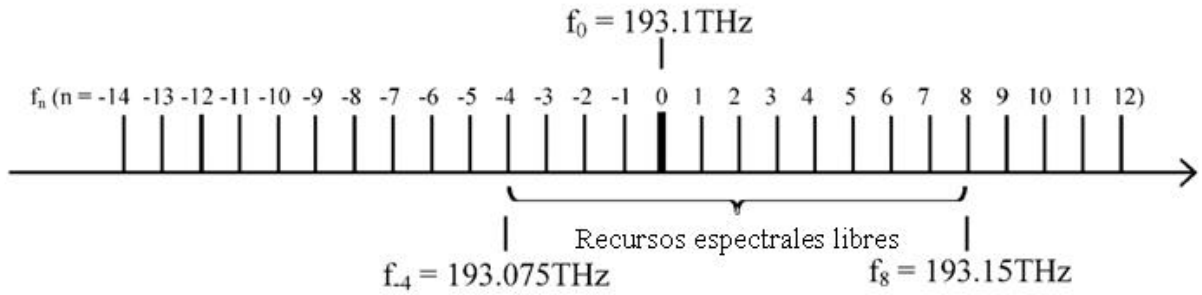


FIG. 6c



FIG. 7a

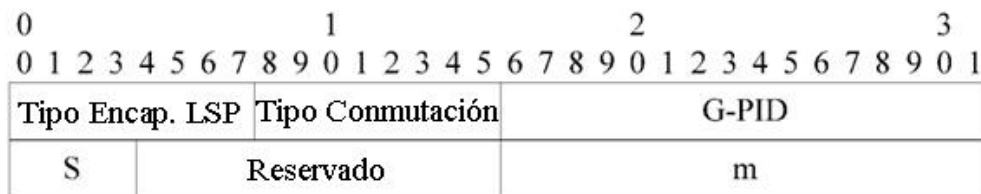


FIG. 7b

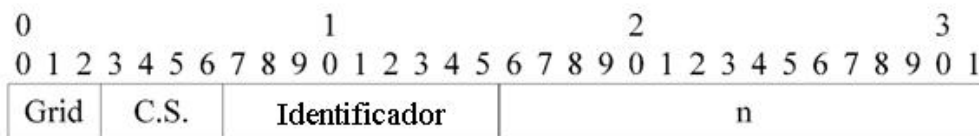


FIG. 7c

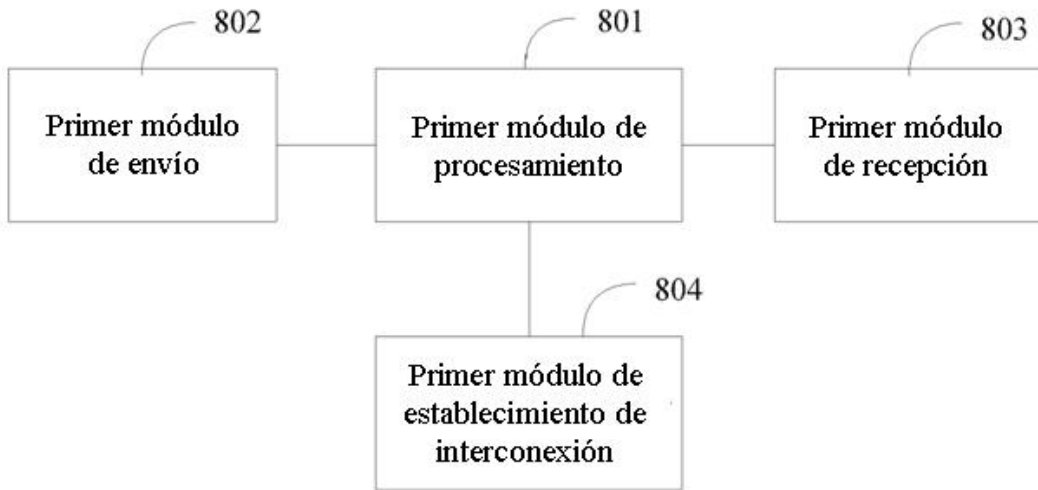


FIG. 8

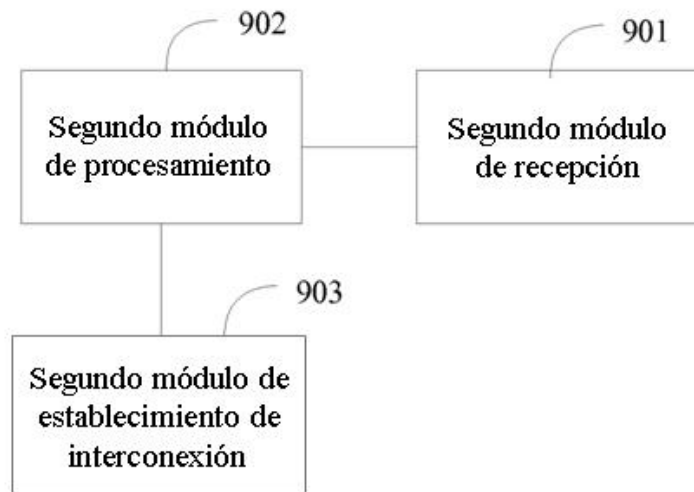


FIG. 9

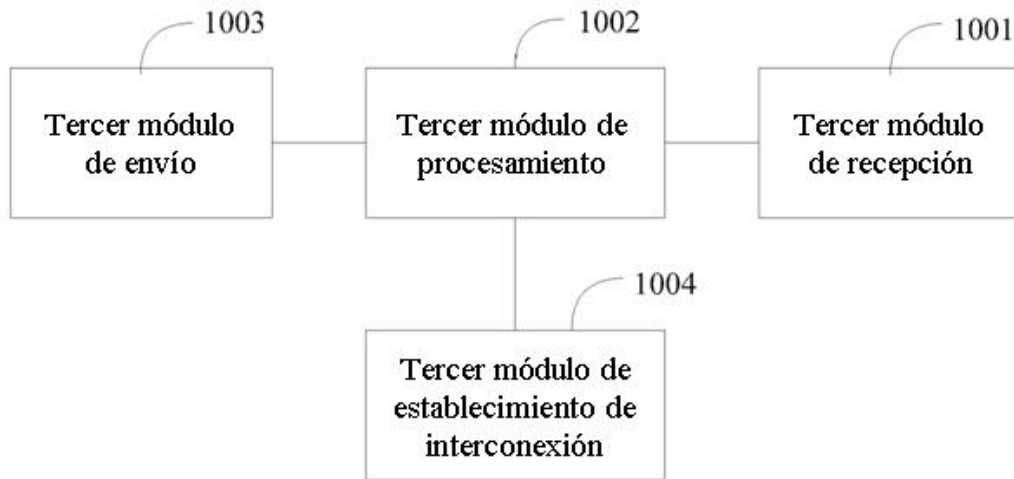


FIG. 10

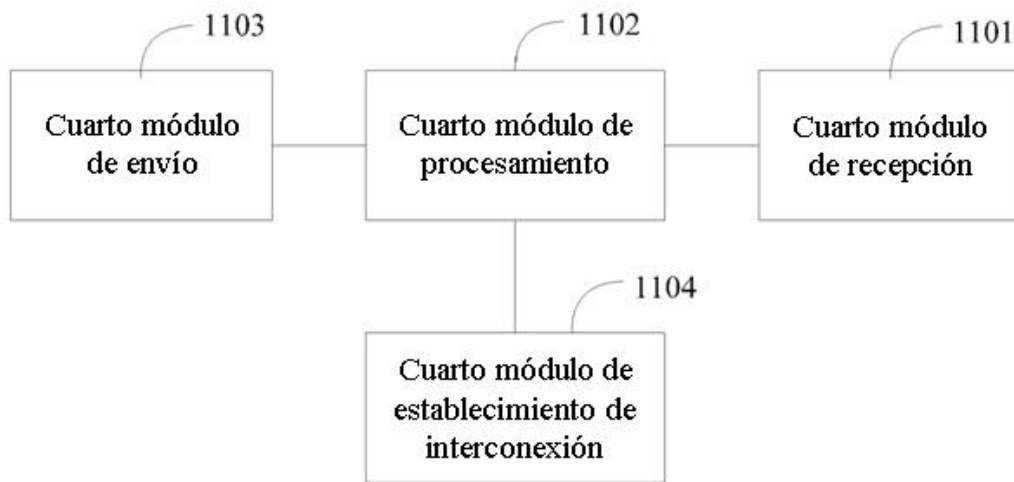


FIG. 11

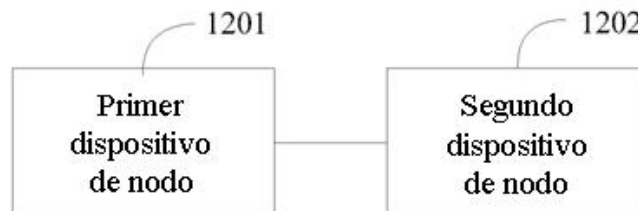


FIG. 12



FIG. 13