

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 623 913**

51 Int. Cl.:

H04J 14/02 (2006.01)

H04Q 11/00 (2006.01)

H04B 10/294 (2013.01)

H04B 10/293 (2013.01)

H04B 10/079 (2013.01)

H04B 10/564 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.12.2011 PCT/CN2011/084792**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.07.2013 WO13097104**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.12.2011 E 11878413 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.02.2017 EP 2787668**

54 Título: **Método y equipo para balancear el funcionamiento de enlaces**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.07.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ZHANG, SEN;
FENG, ZHIYONG y
HAN, JIANRUI**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 623 913 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y equipo para balancear el funcionamiento de enlaces

Campo técnico

5 La presente invención está relacionada con el campo de la multiplexación por división de longitud de onda óptica y, en particular, con un método y un equipo para equalizar el funcionamiento de enlaces.

Antecedentes

10 En un sistema WDM (Wavelength Division Multiplexing, multiplexación por división de longitud de onda), en un enlace se transmite luz de diferentes longitudes de onda. Debido al SRS (Stimulated Raman Scattering, dispersión estimulada de Raman), la potencia óptica de una longitud de onda corta se transfiere a la potencia óptica de una longitud de onda larga. Además, el espectro de ganancia y el espectro de la figura de ruido de un OA (Optical Amplifier, amplificador óptico) en el enlace no son planos para todas las longitudes de onda, y la pérdida de diferentes longitudes de onda debida al enlace no es consistente. Por lo tanto, para señales de diferentes longitudes de onda, aunque tengan la misma potencia y OSNR (Optical Signal to Noise Ratio, relación señal óptica a ruido) en un extremo transmisor, la potencia y la OSNR pueden ser sustancialmente diferentes
15 después de una transmisión de larga distancia, provocando un funcionamiento del servicio sustancialmente diferente de las diferentes longitudes de onda recibidas en un extremo receptor. En un sistema WDM, el funcionamiento de un enlace está limitado por la longitud de onda con el peor funcionamiento de transmisión utilizada en el enlace. Por lo tanto, es crucial equalizar el funcionamiento de la transmisión de las longitudes de onda en un enlace mediante el ajuste de la potencia óptica de las longitudes de onda.

20 En la práctica, con el fin de permitir que diferentes longitudes de onda en una misma fibra óptica tengan un funcionamiento de transmisión igual o parecido, es necesario realizar una operación de equalización únicamente sobre la potencia óptica y las relaciones señal óptica a ruido de las diferentes longitudes de onda para asegurar que las longitudes de onda tienen un funcionamiento de transmisión igual o parecido. Actualmente, se sitúa un subsistema de equalización OSNR y un subsistema de equalización de potencia óptica en cada sitio de ajuste en un enlace óptico. El subsistema de equalización OSNR detecta diferencias de OSNR entre longitudes de onda,
25 compara las OSNR de las longitudes de onda con un valor de referencia de la OSNR almacenado y, en función del resultado de la comparación, aumenta o atenúa las OSNR de las longitudes de onda hasta el valor de referencia de la OSNR. Después de que las OSNR de las longitudes de onda se hayan equalizado, el subsistema de equalización de potencia óptica detecta la potencia óptica de todas las longitudes de onda, compara la potencia óptica de las longitudes de onda con un valor de referencia de la potencia óptica almacenado, y aumenta o atenúa la potencia óptica de las longitudes de onda hasta el valor de referencia de la potencia óptica.

En una aplicación práctica, la técnica anterior tiene al menos los siguientes problemas:

35 como el ajuste en un sitio de ajuste previo afecta al cambio en la potencia óptica en un sitio de ajuste posterior, en cada sitio de ajuste únicamente se pueden realizar ajustes en serie, y para una red en anillo compleja, un proceso de ajuste es un proceso de iteración, y consume bastante tiempo. Además, como cada sitio de ajuste realiza un ajuste al mismo tiempo que realiza la detección, el ajuste únicamente se puede realizar después de haber conectado una ruta óptica.

40 El documento US 6961524 B1 divulga un método para equalizar el funcionamiento de múltiples canales que viajan a lo largo de diversos subconjuntos de una ruta óptica principal, donde se determina un factor de calidad específico de canal para cada uno de los canales y para al menos un canal se determina un factor de calidad específico del sitio que es un sitio de destino. El factor de calidad específico de canal para un canal concreto podría ser un factor de calidad (por ejemplo, OSNR, Q o VER) para dicho canal en el sitio de destino del canal concreto, mientras que el factor de calidad específico de sitio para un sitio de destino concreto puede ser un factor de calidad promedio para todos los canales recibidos en el sitio de destino concreto. Entonces, la equalización se consigue ajustando la potencia de cada canal como una función de la diferencia entre el factor de calidad específico de canal para dicho canal y el factor de calidad específico de sitio para el sitio de destino de dicho canal.
45

Resumen

50 Con el fin de mejorar la eficiencia en la equalización del funcionamiento de enlaces, y eliminar la dependencia sobre una ruta óptica conectada en un proceso para equalizar el funcionamiento de enlaces, los modos de realización de la presente invención proporcionan un método y un equipo para equalizar el funcionamiento de enlaces. Las soluciones técnicas son las siguientes:

Un método para equalizar el funcionamiento de enlaces incluye:

5 obtener información de enlace de una sección óptica de multiplexación en un sistema de multiplexación por división de longitud de onda óptica, y calcular la potencia de entrada de cada una de las longitudes de onda de cada uno de los amplificadores ópticos en la sección óptica de multiplexación de acuerdo con la información de enlace de la sección óptica de multiplexación; en donde la información de enlace comprende: distribución de longitudes de onda, pérdida de enlace, tipo de amplificador óptico y una ganancia de cada longitud de onda debida al amplificador óptico;

calcular la magnitud de la degradación de la relación señal óptica a ruido de cada longitud de onda en función de la potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación;

10 cuando la diferencia entre las magnitudes de degradación de la relación señal óptica a ruido de las longitudes de onda se encuentre dentro de un rango umbral preestablecido, calcular la potencia de salida de cada una de las longitudes de onda de un último amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación, y cuando la diferencia entre la potencia de salida de las longitudes de onda en el último amplificador óptico de la sección óptica de multiplexación se encuentre dentro de un rango de umbral preestablecido, utilizar la potencia de entrada de cada longitud de onda de un primer amplificador óptico y la potencia de salida de cada longitud de onda del último amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación como potencia de entrada objetivo y potencia de salida objetivo en la sección óptica de multiplexación;

15 calcular una potencia de entrada objetivo y una potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en una sección óptica de multiplexación siguiente a la sección óptica de multiplexación utilizando el mismo método para calcular la potencia de entrada objetivo y la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación; y

20 determinar una atenuación de onda individual de cada longitud de onda debida a un sitio de ajuste de potencia entre la sección óptica de multiplexación y la sección óptica de multiplexación siguiente en función de la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en dicha sección óptica de multiplexación y la potencia de entrada objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación siguiente.

25 Un equipo para ecualizar el funcionamiento de enlaces incluye:

un módulo de cálculo de potencia de entrada, configurado para obtener información de enlace de una sección óptica de multiplexación en un sistema de multiplexación por división de longitud de onda óptica, y calcular la potencia de entrada en cada una de las longitudes de onda de cada uno de los amplificadores ópticos en la sección óptica de multiplexación de acuerdo con la información de enlace de la sección óptica de multiplexación; en donde la información de enlace comprende: distribución de longitudes de onda, pérdida de enlace, tipo de amplificador óptico y una ganancia de cada longitud de onda debida al amplificador óptico;

30 un módulo de cálculo de magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido, configurado para calcular una magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido de cada longitud de onda en función de la potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación;

35 un módulo de cálculo de la potencia objetivo, configurado para: cuando la diferencia entre las magnitudes de degradación de la relación señal óptica a ruido de las longitudes de onda se encuentre dentro de un rango umbral preestablecido, calcular la potencia de salida de cada una de las longitudes de onda de un último amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación, y cuando la diferencia entre la potencia de salida de las longitudes de onda en el último amplificador óptico de la sección óptica de multiplexación se encuentre dentro de un rango de umbral preestablecido, utilizar la potencia de entrada de cada longitud de onda de un primer amplificador óptico y la potencia de salida de cada longitud de onda del último amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación como potencia de entrada objetivo y potencia de salida objetivo en la sección óptica de multiplexación; donde

40 el módulo de cálculo de la potencia objetivo está configurado, además, para calcular una potencia de entrada objetivo y una potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en una sección óptica de multiplexación siguiente a la sección óptica de multiplexación utilizando el mismo método para calcular la potencia de entrada objetivo y la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación; y

45 un módulo de atenuación de onda individual, configurado para determinar una atenuación de onda individual de cada longitud de onda debida a un sitio de ajuste de potencia entre la sección óptica de multiplexación y la sección óptica de multiplexación siguiente en función de la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en dicha sección óptica de multiplexación y la potencia de entrada objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación siguiente.

50 Los efectos beneficiosos de las soluciones técnicas proporcionadas por los modos de realización de la presente invención son los siguientes: los espectros de la potencia de entrada objetivo y los espectros de la potencia de

salida objetivo en todas las secciones OMS en una red y la atenuación de onda individual en un sitio de ajuste de potencia se pueden calcular concurrentemente en función de una información de enlace de las secciones ópticas de multiplexación, también se puede implementar un ajuste rápido para una topología de red compleja, y el ajuste se puede implementar para que se haga de una sola vez con el fin de evitar el problema del ajuste mediante iteración provocado por un impacto mutuo de los sitios de ajuste de potencia durante el ajuste en serie en una red en anillo. Además, en la fase de cálculo no es necesario conectar una ruta óptica, eliminando de este modo la dependencia de una ruta óptica conectada en el proceso para ecualizar el funcionamiento de enlaces.

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 introducen brevemente los dibujos adjuntos necesarios para describir los modos de realización. Evidentemente, los dibujos adjuntos en la siguiente descripción muestran únicamente algunos modos de realización de la presente invención, y una persona con un conocimiento normal de la técnica puede derivar, además, sin esfuerzos creativos, otros dibujos de acuerdo con estos dibujos adjuntos.

La FIG. 1 es un diagrama de flujo de un método para ecualizar el funcionamiento de enlaces de acuerdo con el Modo de realización 1 de la presente invención;

la FIG. 2 es un diagrama de flujo de un método para ecualizar el funcionamiento de enlaces de acuerdo con el Modo de realización 2 de la presente invención;

la FIG. 3 es un diagrama esquemático de una parte de una sección óptica de multiplexación en un sistema de multiplexación por división de longitud de onda óptica de acuerdo con el Modo de realización 2 de la presente invención;

la FIG. 4 es un diagrama esquemático de la estructura de un equipo para ecualizar el funcionamiento de enlaces de acuerdo con el Modo de realización 3 de la presente invención; y

la FIG. 5 es otro diagrama esquemático de la estructura de un equipo para ecualizar el funcionamiento de enlaces de acuerdo con el Modo de realización 3 de la presente invención.

Descripción de los modos de realización

Con el fin de hacer más comprensibles los objetivos, las soluciones técnicas y las ventajas de la presente invención, a continuación, se describen, además, los modos de realización de la presente invención en detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

Modo de realización 1

Haciendo referencia a la FIG. 1, este modo de realización proporciona un método para ecualizar el funcionamiento de enlaces, que incluye:

101. Obtener información de enlace de cualquier OMS (Optical Multiplexing section, sección óptica de multiplexación) en un sistema de multiplexación por división de longitud de onda óptica, y calcular la potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación en función de la información de enlace de dicha sección óptica de multiplexación.

102. Calcular una magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido de cada longitud de onda en función de la potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación.

103. Cuando la diferencia entre magnitudes de degradación de la relación señal óptica a ruido de longitudes de onda se encuentra dentro de un rango de umbral preestablecido, calcular la potencia de salida de cada longitud de onda de un último amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación, y cuando la diferencia entre la potencia de salida de longitudes de onda en el último amplificador óptico de dicha sección óptica de multiplexación se encuentre dentro de un rango de umbral preestablecido, utilizar la potencia de entrada de cada longitud de onda de un primer amplificador óptico y la potencia de salida de cada longitud de onda del último amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación como potencia de entrada objetivo y potencia de salida objetivo en dicha sección óptica de multiplexación.

104. Calcular la potencia de entrada objetivo y la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en una sección óptica de multiplexación siguiente a dicha sección óptica de multiplexación utilizando un mismo método para calcular la potencia de entrada objetivo y la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en dicha sección óptica de multiplexación.

105. Determinar una atenuación de onda individual de cada longitud de onda debida a un sitio de ajuste de potencia entre dicha sección óptica de multiplexación y la sección óptica de multiplexación siguiente en función de la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en dicha sección óptica de multiplexación y la potencia de entrada objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación siguiente.

5 En este modo de realización, se pueden calcular concurrentemente los espectros de la potencia de entrada objetivo y los espectros de la potencia de salida objetivo en todas las secciones OMS en una red y una atenuación de onda individual en un sitio de ajuste de potencia en función de una información de enlace de las secciones OMS, también se puede implementar un ajuste rápido para una topología de red compleja, y el ajuste se puede implementar para que se haga de una sola vez con el fin de evitar que el problema del ajuste mediante iteración sea provocado por un impacto mutuo de los sitios de ajuste de potencia durante el ajuste en serie en una red en anillo. Además, en la fase de cálculo no es necesario conectar una ruta óptica, eliminando de este modo la dependencia de una ruta óptica conectada en un proceso para equalizar el funcionamiento de enlaces.

Modo de realización 2

15 Haciendo referencia a la FIG. 2, este modo de realización proporciona un método para equalizar el funcionamiento de enlaces, que incluye:

201. Obtener información de enlace de una cualquiera de las secciones ópticas de multiplexación en un sistema de multiplexación por división de longitud de onda óptica.

La información de enlace incluye: distribución de longitudes de onda, pérdida de enlace, un tipo de amplificador óptico y una ganancia de cada longitud de onda debida al amplificador óptico, etc.

20 En este modo de realización, dicha sección óptica de multiplexación se define como OMS(i). Se utiliza la FIG. 3 como ejemplo. En la FIG. 3 existen tres sitios de ajuste de potencia, esto es, OEQ-A, OEQ-B, OEQ-C, y la sección entre OEQ-A y OEQ-B se define como OMS (i).

202. Calcular la potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación de acuerdo con la información de enlace de dicha sección óptica de multiplexación.

25 El paso 202 incluye, específicamente:

Determinar una potencia óptica típica de entrada de un primer amplificador óptico de acuerdo con un tipo del primer amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación, una ganancia promedio de las longitudes de onda debida al primer amplificador óptico, y el número total de longitudes de onda en el sistema de multiplexación por división de longitud de onda óptica, y utilizar la potencia óptica típica de entrada del primer amplificador óptico como potencia de entrada del primer amplificador óptico.

30 La ganancia promedio de las longitudes de onda debida al primer amplificador óptico se obtiene promediando una suma de las ganancias de las longitudes de onda debidas al primer amplificador óptico.

35 Por ejemplo, la ganancia promedio de las longitudes de onda debida a un tipo de amplificador óptico es 20dB, y la potencia óptica típica de entrada del amplificador óptico es -20dBm en un sistema de multiplexación por división de longitud de onda óptica con un número total de longitudes de onda de 40, esto es, para cada longitud de onda, la potencia óptica típica de entrada del amplificador óptico es -20dBm. La potencia óptica típica de entrada es la potencia de entrada que permite a un amplificador óptico trabajar en las mejores condiciones, y en una implementación específica, se puede establecer que las mejores condiciones de trabajo corresponden a un estado en el que se satisface cierto rango umbral. La potencia óptica típica de entrada es un valor de referencia de funcionamiento de un amplificador óptico, y la potencia óptica típica de entrada del amplificador óptico es la misma para diferentes longitudes de onda.

40 Calcular la potencia de salida de cada longitud de onda del primer amplificador óptico en función de la potencia de entrada del primer amplificador óptico y la ganancia de cada longitud de onda debida al primer amplificador óptico, y calcular la potencia de entrada de cada longitud de onda de un segundo amplificador óptico de acuerdo

45 con la fórmula $P_{inF}^{\lambda_k} - L_{F-X} = P_{inX}^{\lambda_k}$;

donde $P_{inF}^{\lambda_k}$ indica la potencia de salida de cada longitud de onda λ_k en un amplificador óptico F anterior, L_{F-X} indica la pérdida de enlace de una longitud de onda entre el amplificador óptico F anterior y un amplificador óptico

X siguiente, y $P_{inX}^{\lambda_k}$ indica la potencia de entrada de cada longitud de onda λ_k en el amplificador óptico X siguiente.

Calcular la potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación utilizando el mismo método para calcular la potencia de entrada de cada longitud de onda del segundo amplificador óptico.

5 203. Calcular una magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido de cada longitud de onda en función de la potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación,

específicamente de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$S(\lambda_k) = \frac{NF_1(\lambda_k)h\nu_k B}{P_{in1}^{\lambda_k}} + \frac{NF_2(\lambda_k)h\nu_k B}{P_{in2}^{\lambda_k}} + \dots + \frac{NF_N(\lambda_k)h\nu_k B}{P_{inN}^{\lambda_k}}$$

calcular la magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido de cada longitud de onda;

10 donde λ_k es una k-ésima longitud de onda, $S(\lambda_k)$ indica una magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido de λ_k , $P_{inN}^{\lambda_k}$ es la potencia de entrada de λ_k de un N-ésimo amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación, $NF_N(\lambda_k)$ es una figura de ruido del N-ésimo amplificador óptico para λ_k , la cual está relacionada con la potencia de entrada y una ganancia en el N-ésimo amplificador óptico, y normalmente es proporcionada por el fabricante del equipo, B es un ancho de banda del filtro, h es la constante de Planck, y ν_k es una frecuencia de una señal luminosa con la longitud de onda de λ_k .

15 204. Determinar si la diferencia entre las magnitudes de degradación de la relación señal óptica a ruido de las longitudes de onda se encuentra dentro de un rango de umbral preestablecido; si se encuentra dentro del rango de umbral preestablecido, ejecutar el paso 205, y si no se encuentra dentro del rango de umbral preestablecido, redefinir un grupo de potencia de entrada de las longitudes de onda de cada amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación, y ejecutar el paso 203.

25 En este modo de realización, no se encuentra limitado el método para redefinir el grupo de potencia de entrada de las longitudes de onda de cada amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación, y a continuación se proporciona un método factible a modo de ejemplo. Por ejemplo, en primer lugar, se determina un valor promedio de la magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido de las longitudes de onda, y si la magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido de una longitud de onda es menor que el valor promedio, se puede aumentar la potencia de entrada de la longitud de onda en todos los amplificadores ópticos, y se puede establecer un valor de aumento específico como valor preestablecido basado en la experiencia.

30 205. Calcular la potencia de salida de cada longitud de onda del último amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación, determinar si la diferencia entre la potencia de salida de longitudes de onda en el último amplificador óptico de dicha sección óptica de multiplexación se encuentra dentro de un rango de umbral preestablecido; si se encuentra dentro del rango de umbral preestablecido, utilizar la potencia de entrada de cada longitud de onda del primer amplificador óptico y la potencia de salida de cada longitud de onda del último amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación como potencia de entrada objetivo y potencia de salida objetivo en dicha sección óptica de multiplexación, y si no se encuentra dentro del rango de umbral preestablecido, redefinir un grupo de potencia de entrada de longitudes de onda de cada amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación, y ejecutar el paso 203.

35 El cálculo de la potencia de salida de cada longitud de onda del último amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación incluye, específicamente: calcular la potencia de salida de cada longitud de onda del último amplificador óptico en función de la potencia de entrada de cada longitud de onda del último amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación y la ganancia de cada longitud de onda debida al último amplificador óptico.

40 206. Calcular la potencia de entrada objetivo y la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en una sección óptica de multiplexación siguiente a dicha sección óptica de multiplexación utilizando el mismo método para calcular la potencia de entrada objetivo y la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en dicha sección óptica de multiplexación.

Por ejemplo, tal como se muestra en la FIG. 3, si la sección entre OEQ-A y OEQ-B es la sección óptica de multiplexación OMS (i), entonces la sección entre OEQ-B y OEQ-C es la sección óptica de multiplexación siguiente OMS (i+1).

45 207. Determinar una atenuación de onda individual de cada longitud de onda debida a un sitio de ajuste de potencia entre dicha sección óptica de multiplexación y la sección óptica de multiplexación siguiente en función de la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en dicha sección óptica de multiplexación y la potencia de entrada objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación siguiente.

Específicamente, se utiliza la diferencia entre la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en dicha sección óptica de multiplexación y la potencia de entrada objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación siguiente como la atenuación de onda individual de cada longitud de onda debida al sitio de ajuste de potencia.

5 La fórmula es la siguiente:

$$P_{outF}^{\lambda_k} - P_{inX}^{\lambda_k} = A_{F-X}^{\lambda_k}$$

10 donde $P_{outF}^{\lambda_k}$ indica la potencia de salida objetivo de una longitud de onda λ_k en una sección óptica de multiplexación F anterior, $P_{inX}^{\lambda_k}$ indica la potencia de entrada objetivo de la longitud de onda λ_k en una sección óptica de multiplexación X siguiente, y $A_{F-X}^{\lambda_k}$ es una atenuación de onda individual de la longitud de onda λ_k debida a un sitio de ajuste de potencia entre la sección óptica de multiplexación F anterior y la sección óptica de multiplexación X siguiente.

15 En este modo de realización, se pueden calcular concurrentemente los espectros de la potencia de entrada objetivo y los espectros de la potencia de salida objetivo en todas las secciones OMS en una red y una atenuación de onda individual en un sitio de ajuste de potencia en función de una información de enlace de las secciones OMS, también se puede implementar un ajuste rápido para una topología de red compleja, y el ajuste se puede implementar para que se haga de una sola vez con el fin de evitar que el problema del ajuste mediante iteración sea provocado por un impacto mutuo de los sitios de ajuste de potencia durante el ajuste en serie en una red en anillo.

Modo de realización 3

20 Haciendo referencia a la FIG. 4, este modo de realización proporciona un equipo para equalizar el funcionamiento de enlaces, que incluye:

25 un módulo 301 de cálculo de potencia de entrada, configurado para obtener información de enlace de cualquier sección óptica de multiplexación en un sistema de multiplexación por división de longitud de onda óptica, y calcular la potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación en función de la información de enlace de dicha sección óptica de multiplexación;

un módulo 302 de cálculo de la magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido, configurado para calcular una magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido de cada longitud de onda en función de la potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación;

30 un módulo 303 de cálculo de la potencia objetivo, configurado para: cuando la diferencia entre magnitudes de degradación de la relación señal óptica a ruido de longitudes de onda se encuentra dentro de un rango de umbral preestablecido, calcular la potencia de salida de cada longitud de onda de un último amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación, y cuando la diferencia entre la potencia de salida de longitudes de onda en el último amplificador óptico de dicha sección óptica de multiplexación se encuentre dentro de un rango de umbral preestablecido, utilizar la potencia de entrada de cada longitud de onda de un primer amplificador óptico y la potencia de salida de cada longitud de onda del último amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación como potencia de entrada objetivo y potencia de salida objetivo en dicha sección óptica de multiplexación; donde

35 el módulo 303 de cálculo de la potencia objetivo está configurado, además, para, calcular la potencia de entrada objetivo y la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en una sección óptica de multiplexación siguiente a dicha sección óptica de multiplexación utilizando un mismo método para calcular la potencia de entrada objetivo y la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en dicha sección óptica de multiplexación; y

40 un módulo 304 de atenuación de onda individual, configurado para determinar una atenuación de onda individual de cada longitud de onda debida a un sitio de ajuste de potencia entre dicha sección óptica de multiplexación y la sección óptica de multiplexación siguiente en función de la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en dicha sección óptica de multiplexación y la potencia de entrada objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación siguiente.

45 La información de enlace incluye: distribución de longitudes de onda, pérdida de enlace, un tipo de amplificador óptico y una ganancia de cada longitud de onda debida al amplificador óptico.

Haciendo referencia a la FIG. 5, el módulo 301 de cálculo de potencia de entrada incluye: una unidad 301a de obtención y una unidad 301b de cálculo.

La unidad 301a de obtención está configurada para obtener la información de enlace de dicha sección óptica de multiplexación en el sistema de multiplexación por división de longitud de onda óptica.

- 5 La unidad 301b de cálculo está configurada para determinar una potencia óptica típica de entrada de un primer amplificador óptico de acuerdo con un tipo del primer amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación, una ganancia promedio de las longitudes de onda debida al primer amplificador óptico, y el número total de longitudes de onda en el sistema de multiplexación por división de longitud de onda óptica, y utilizar la potencia óptica típica de entrada del primer amplificador óptico como potencia de entrada del primer amplificador óptico, donde la ganancia promedio de las longitudes de onda debida al primer amplificador óptico se obtiene promediando una suma de las ganancias de las longitudes de onda debida al primer amplificador óptico; calcular la potencia de salida de cada longitud de onda del primer amplificador óptico en función de la potencia de entrada del primer amplificador óptico y la ganancia de cada longitud de onda debida al primer amplificador óptico, y calcular la potencia de entrada de cada longitud de onda de un segundo amplificador óptico
- 10 de acuerdo con la fórmula $P_{inF}^{\lambda_k} - L_{F-X} = P_{inX}^{\lambda_k}$ donde $P_{inF}^{\lambda_k}$ indica la potencia de salida de una longitud de onda λ_k en un amplificador óptico F anterior, L_{F-X} indica la pérdida de enlace de una longitud de onda entre el amplificador óptico F anterior y un amplificador óptico X siguiente, y $P_{inX}^{\lambda_k}$ indica la potencia de entrada de la longitud de onda λ_k en el amplificador óptico X siguiente; y calcular la potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación utilizando el mismo método para calcular la potencia de entrada de cada longitud de onda del segundo amplificador óptico.
- 20

El módulo 302 de cálculo de la magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido está configurado específicamente para:

calcular la magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido de cada longitud de onda de acuerdo con

$$S(\lambda_k) = \frac{NF_1(\lambda_k)h\nu_k B}{P_{in1}^{\lambda_k}} + \frac{NF_2(\lambda_k)h\nu_k B}{P_{in2}^{\lambda_k}} + \dots + \frac{NF_N(\lambda_k)h\nu_k B}{P_{inN}^{\lambda_k}}$$

- 25 donde λ_k es una k-ésima longitud de onda, $S(\lambda_k)$ indica una magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido de λ_k , $P_{inN}^{\lambda_k}$ es la potencia de entrada de λ_k de un N-ésimo amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación, $NF_N(\lambda_k)$ es una figura de ruido del N-ésimo amplificador óptico para λ_k , B es un ancho de banda del filtro, h es la constante de Planck, y ν_k es una frecuencia de una señal luminosa con la longitud de onda de λ_k .

- 30 El módulo 303 de cálculo de la potencia objetivo, para calcular la potencia de salida de cada longitud de onda del último amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación, está configurado específicamente para:

calcular la potencia de salida de cada longitud de onda del último amplificador óptico en función de la potencia de entrada de cada longitud de onda del último amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación y la ganancia de cada longitud de onda debida al último amplificador óptico.

El módulo 304 de atenuación de onda individual está configurado, específicamente para:

- 35 utilizar la diferencia entre la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en dicha sección óptica de multiplexación y la potencia de entrada objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación siguiente como la atenuación de onda individual de cada longitud de onda debida al sitio de ajuste de potencia.

El módulo 302 de cálculo de la magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido está configurado, además para:

- 40 cuando la diferencia entre las magnitudes de degradación de la relación señal óptica a ruido de las longitudes de onda no se encuentra dentro de un rango de umbral preestablecido o cuando la diferencia entre la potencia de salida de las longitudes de onda del último amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación no se encuentra dentro de un rango de umbral preestablecido, redefinir la potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación, y recalcular, en función de la potencia de entrada redefinida de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en dicha sección óptica de multiplexación, la magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido de cada longitud de onda.
- 45

En este modo de realización, se pueden calcular concurrentemente los espectros de la potencia de entrada objetivo y los espectros de la potencia de salida objetivo en todas las secciones OMS en una red y una atenuación de onda individual en un sitio de ajuste de potencia en función de una información de enlace de las

secciones OMS, también se puede implementar un ajuste rápido para una topología de red compleja, y el ajuste se puede implementar para que se haga de una sola vez con el fin de evitar que el problema del ajuste mediante iteración sea provocado por un impacto mutuo de los sitios de ajuste de potencia durante el ajuste en serie en una red en anillo.

- 5 Una persona con un conocimiento normal de la técnica puede entender que todos o una parte de los pasos de los modos de realización anteriores se pueden implementar mediante hardware, y también se pueden implementar mediante un programa que gestione el hardware apropiado. El programa se puede almacenar en un medio de almacenamiento legible por un ordenador. El medio de almacenamiento anterior puede ser una memoria de sólo lectura, un disco magnético, un disco óptico, etc.
- 10 La descripción anterior es únicamente un conjunto de ejemplos de modos de realización de la presente invención, pero no pretende limitar la presente invención. Cualquier modificación, sustitución equivalente y mejora realizada dentro del principio de la presente invención se considerará dentro del alcance de protección de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para equalizar el funcionamiento de enlaces, que comprende:

5 obtener (101, 201) información de enlace de una sección óptica de multiplexación en un sistema de multiplexación por división de longitud de onda óptica, y calcular (101, 202) una potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación en función de la información de enlace de la sección óptica de multiplexación; en donde la información de enlace comprende: distribución de longitudes de onda, pérdida de enlace, un tipo de amplificador óptico y una ganancia de cada longitud de onda debida al amplificador óptico;

10 calcular (102, 203) para cada longitud de onda una magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido en la sección óptica de multiplexación, en función de la potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación; cuando la diferencia entre las magnitudes de degradación de la relación señal óptica a ruido calculada para cada longitud de onda se encuentra dentro de un rango de umbral preestablecido, calcular (103, 205) una potencia de salida de cada longitud de onda de un último amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación, y cuando la diferencia entre una potencia de salida de longitudes de onda en el último amplificador óptico de la sección óptica de multiplexación se encuentre dentro de un rango de umbral preestablecido, utilizar la potencia de entrada de cada longitud de onda de un primer amplificador óptico y la potencia de salida de cada longitud de onda del último amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación como potencia de entrada objetivo y potencia de salida objetivo en la sección óptica de multiplexación;

20 calcular (104, 206) una potencia de entrada objetivo y una potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en una sección óptica de multiplexación siguiente a la sección óptica de multiplexación utilizando un mismo método para calcular la potencia de entrada objetivo y la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación; y

25 determinar (105, 207) una atenuación de cada longitud de onda debida a un sitio de ajuste de potencia entre la sección óptica de multiplexación y la sección óptica de multiplexación siguiente en función de la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación y la potencia de entrada objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación siguiente.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el cálculo (101, 202) de la potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación den función de la información de enlace de la sección óptica de multiplexación comprende, específicamente:

35 determinar una potencia óptica típica de entrada del primer amplificador óptico de acuerdo con un tipo del primer amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación, una ganancia promedio de las longitudes de onda debida al primer amplificador óptico, y el número total de longitudes de onda en el sistema de multiplexación por división de longitud de onda óptica, y utilizar la potencia óptica típica de entrada del primer amplificador óptico como potencia de entrada del primer amplificador óptico, en donde la ganancia promedio de las longitudes de onda debida al primer amplificador óptico se obtiene promediando una suma de las ganancias de las longitudes de onda debida al primer amplificador óptico;

40 calcular la potencia de salida de cada longitud de onda del primer amplificador óptico en función de la potencia de entrada del primer amplificador óptico y la ganancia de cada longitud de onda debida al primer amplificador óptico, y calcular la potencia de entrada de cada longitud de onda de un segundo amplificador óptico de acuerdo con la fórmula $P_{inF}^{\lambda_k} - L_{F-X} = P_{inX}^{\lambda_k}$, en donde $P_{inF}^{\lambda_k}$ indica la potencia de salida de cada longitud de onda λ_k en un amplificador óptico F anterior, L_{F-X} indica la pérdida de enlace de una longitud de onda entre el amplificador óptico F anterior y un amplificador óptico X siguiente, y $P_{inX}^{\lambda_k}$ indica la potencia de entrada de cada longitud de onda λ_k en el amplificador óptico X siguiente; y

45 calcular la potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación utilizando el mismo método para calcular la potencia de entrada de cada longitud de onda del segundo amplificador óptico.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en donde el cálculo (102, 203) de la magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido de cada longitud de onda en función de la potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación comprende, específicamente:

calcular la magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido de cada longitud de onda de acuerdo con

$$S(\lambda_k) = \frac{NF_1(\lambda_k)h\nu_k B}{P_{in1}^{\lambda_k}} + \frac{NF_2(\lambda_k)h\nu_k B}{P_{in2}^{\lambda_k}} + \dots + \frac{NF_N(\lambda_k)h\nu_k B}{P_{inN}^{\lambda_k}}$$

donde λ_k es una k-ésima longitud de onda, $S(\lambda_k)$ indica una magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido de λ_k , $P_{inN}^{\lambda_k}$ es la potencia de entrada de λ_k de un N-ésimo amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación, $NF_N(\lambda_k)$ es una figura de ruido del N-ésimo amplificador óptico para λ_k , B es un ancho de banda del filtro, h es la constante de Planck, y ν_k es una frecuencia de una señal luminosa con la longitud de onda de λ_k .

4. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el cálculo (103, 205) de una potencia de salida de cada longitud de onda de un último amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación comprende, específicamente:

calcular una potencia de salida de cada longitud de onda del último amplificador óptico en función de la potencia de entrada de cada longitud de onda del último amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación y la ganancia de cada longitud de onda debida al último amplificador óptico.

5. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la determinación (105, 207) de la atenuación de cada longitud de onda debida a un sitio de ajuste de potencia entre la sección óptica de multiplexación y la sección óptica de multiplexación siguiente en función de la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación y la potencia de entrada objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación siguiente comprende, específicamente:

utilizar la diferencia entre la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación y la potencia de entrada objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación siguiente como la atenuación de cada longitud de onda debida al sitio de ajuste de potencia.

6. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde cuando la diferencia entre las magnitudes de degradación de la relación señal óptica a ruido de las longitudes de onda no se encuentra dentro de un rango de umbral preestablecido, o cuando la diferencia entre la potencia de salida de las longitudes de onda del último amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación no se encuentra dentro de un rango de umbral preestablecido, el método comprende, además:

redefinir la potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación, y recalcular, en función de la potencia de entrada redefinida de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación, la magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido de cada longitud de onda.

7. Un equipo para equalizar el funcionamiento de enlaces, que comprende:

un módulo (301) de cálculo de potencia de entrada, configurado para obtener información de enlace de una sección óptica de multiplexación en un sistema de multiplexación por división de longitud de onda óptica, y calcular una potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación en función de la información de enlace de la sección óptica de multiplexación; en donde la información de enlace comprende: distribución de longitudes de onda, pérdida de enlace, un tipo de amplificador óptico y una ganancia de cada longitud de onda debida al amplificador óptico;

un módulo (302) de cálculo de la magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido, configurado para calcular para cada longitud de onda una magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido en la sección óptica de multiplexación, en función de la potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación;

un módulo (303) de cálculo de la potencia objetivo, configurado para: cuando la diferencia entre las magnitudes de degradación de la relación señal óptica a ruido calculada para cada longitud de onda se encuentra dentro de un rango de umbral preestablecido, calcular una potencia de salida de cada longitud de onda de un último amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación, y cuando la diferencia entre una potencia de salida de longitudes de onda en el último amplificador óptico de la sección óptica de multiplexación se encuentre dentro de un rango de umbral preestablecido, utilizar la potencia de entrada de cada longitud de onda de un primer amplificador óptico y la potencia de salida de cada longitud de onda del último amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación como potencia de entrada objetivo y potencia de salida objetivo en la sección óptica de multiplexación; en donde

el módulo (303) de cálculo de la potencia objetivo está configurado, además, para calcular una potencia de entrada objetivo y una potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en una sección óptica de multiplexación siguiente a la sección óptica de multiplexación utilizando un mismo método para calcular la

potencia de entrada objetivo y la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación; y

5 un módulo (304) de atenuación, configurado para determinar una atenuación de cada longitud de onda debida a un sitio de ajuste de potencia entre la sección óptica de multiplexación y la sección óptica de multiplexación siguiente en función de la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación y la potencia de entrada objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación siguiente.

8. El equipo de acuerdo con la reivindicación 7, en donde el módulo (301) de cálculo de potencia de entrada comprende: una unidad (301a) de obtención y una unidad (301b) de cálculo;

10 en donde la unidad (301a) de obtención está configurada para obtener la información de enlace de la sección óptica de multiplexación en el sistema de multiplexación por división de longitud de onda óptica; y

15 la unidad (301b) de cálculo está configurada para determinar una potencia óptica típica de entrada de un primer amplificador óptico en función del tipo del primer amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación, una ganancia promedio de las longitudes de onda debida al primer amplificador óptico, y el número total de longitudes de onda en el sistema de multiplexación por división de longitud de onda óptica, y utilizar la potencia óptica típica de entrada del primer amplificador óptico como potencia de entrada del primer amplificador óptico, en donde la ganancia promedio de las longitudes de onda debida al primer amplificador óptico se obtiene promediando una suma de las ganancias de las longitudes de onda debida al primer amplificador óptico; calcular la potencia de salida de cada longitud de onda del primer amplificador óptico en función de la potencia de entrada del primer amplificador óptico y la ganancia de cada longitud de onda debida al primer amplificador óptico; y calcular la potencia de entrada de cada longitud de onda de un segundo amplificador óptico de acuerdo con la

20 fórmula $P_{inF}^{\lambda_k} - L_{F-X} = P_{inX}^{\lambda_k}$, en donde $P_{inF}^{\lambda_k}$ indica la potencia de salida de una longitud de onda λ_k en un amplificador óptico F anterior, L_{F-X} indica la pérdida de enlace de una longitud de onda entre el amplificador óptico F anterior y un amplificador óptico X siguiente, y $P_{inX}^{\lambda_k}$ indica la potencia de entrada de la longitud de onda λ_k en el amplificador óptico X siguiente; y calcular la potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación utilizando un mismo método para calcular la potencia de entrada de cada longitud de onda del segundo amplificador óptico.

25

9. El equipo de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en donde el módulo (302) de cálculo de la magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido está configurado específicamente para:

30 calcular la magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido de cada longitud de onda de acuerdo

con
$$S(\lambda_k) = \frac{NF_1(\lambda_k)h\nu_k B}{P_{in1}^{\lambda_k}} + \frac{NF_2(\lambda_k)h\nu_k B}{P_{in2}^{\lambda_k}} + \dots + \frac{NF_N(\lambda_k)h\nu_k B}{P_{inN}^{\lambda_k}}$$

35 en donde λ_k es una k-ésima longitud de onda, $S(\lambda_k)$ indica una magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido de λ_k , $P_{inN}^{\lambda_k}$ es la potencia de entrada de λ_k de un N-ésimo amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación, $NF_N(\lambda_k)$ es una figura de ruido del N-ésimo amplificador óptico para λ_k , B es un ancho de banda del filtro, h es la constante de Planck, y ν_k es una frecuencia de una señal luminosa con la longitud de onda de λ_k .

10. El equipo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en donde el módulo (303) de cálculo de la potencia objetivo, para calcular una potencia de salida de cada longitud de onda de un último amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación, está configurado específicamente para:

40 calcular una potencia de salida de cada longitud de onda del último amplificador óptico en función de la potencia de entrada de cada longitud de onda del último amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación y la ganancia de cada longitud de onda debida al último amplificador óptico.

11. El equipo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en donde el módulo (304) de atenuación está configurado específicamente para:

45 utilizar la diferencia entre la potencia de salida objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación y la potencia de entrada objetivo de cada longitud de onda en la sección óptica de multiplexación siguiente como la atenuación de cada longitud de onda debida al sitio de ajuste de potencia.

12. El equipo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, en donde el módulo (302) de cálculo de la magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido está configurado, además, para:

- 5 cuando la diferencia entre las magnitudes de degradación de la relación señal óptica a ruido de las longitudes de onda no se encuentra dentro de un rango de umbral preestablecido o cuando la diferencia entre la potencia de salida de las longitudes de onda del último amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación no se encuentra dentro de un rango de umbral preestablecido, redefinir la potencia de entrada de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación, y recalcular, en función de la potencia de entrada redefinida de cada longitud de onda de cada amplificador óptico en la sección óptica de multiplexación, la magnitud de degradación de la relación señal óptica a ruido de cada longitud de onda.

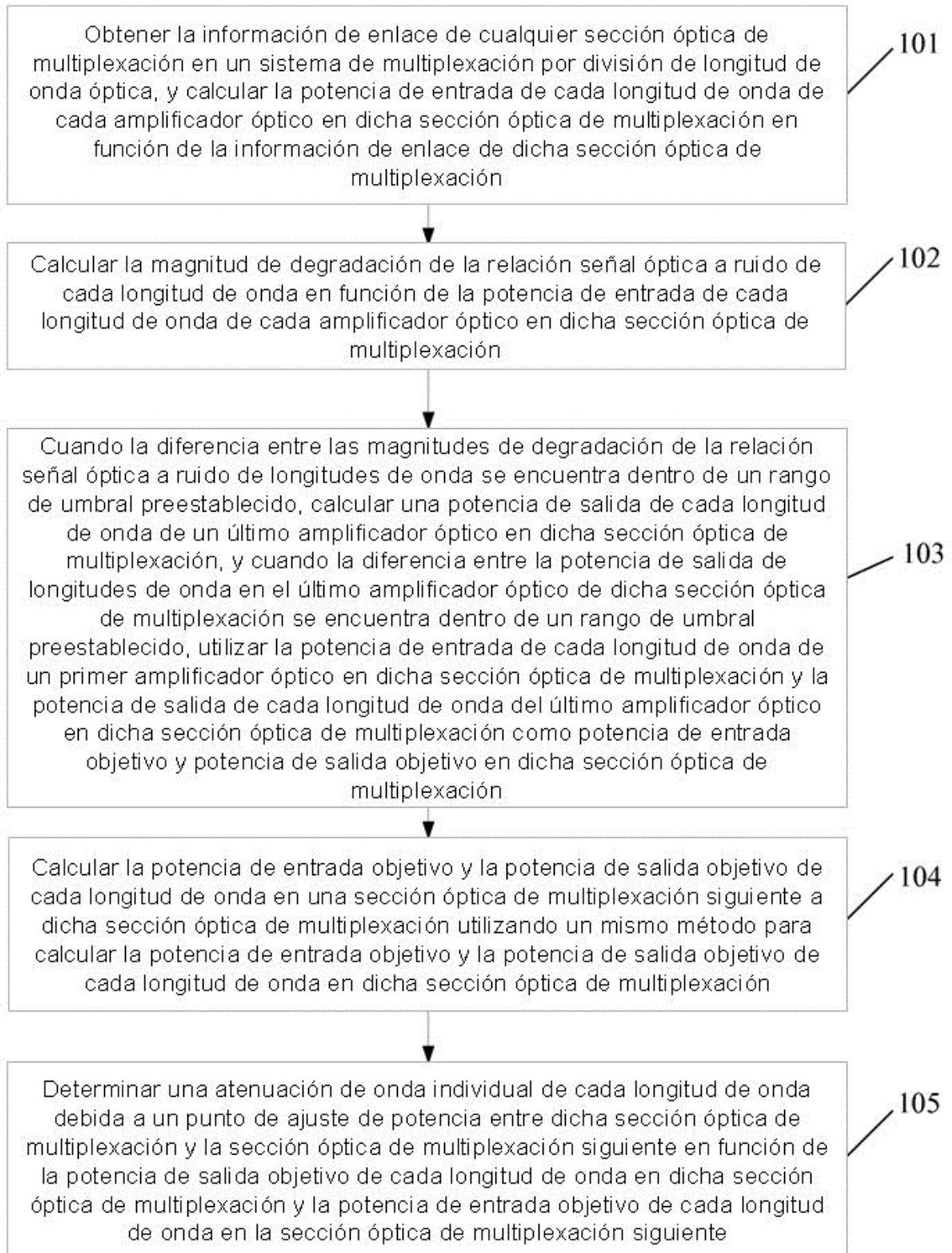


FIG. 1

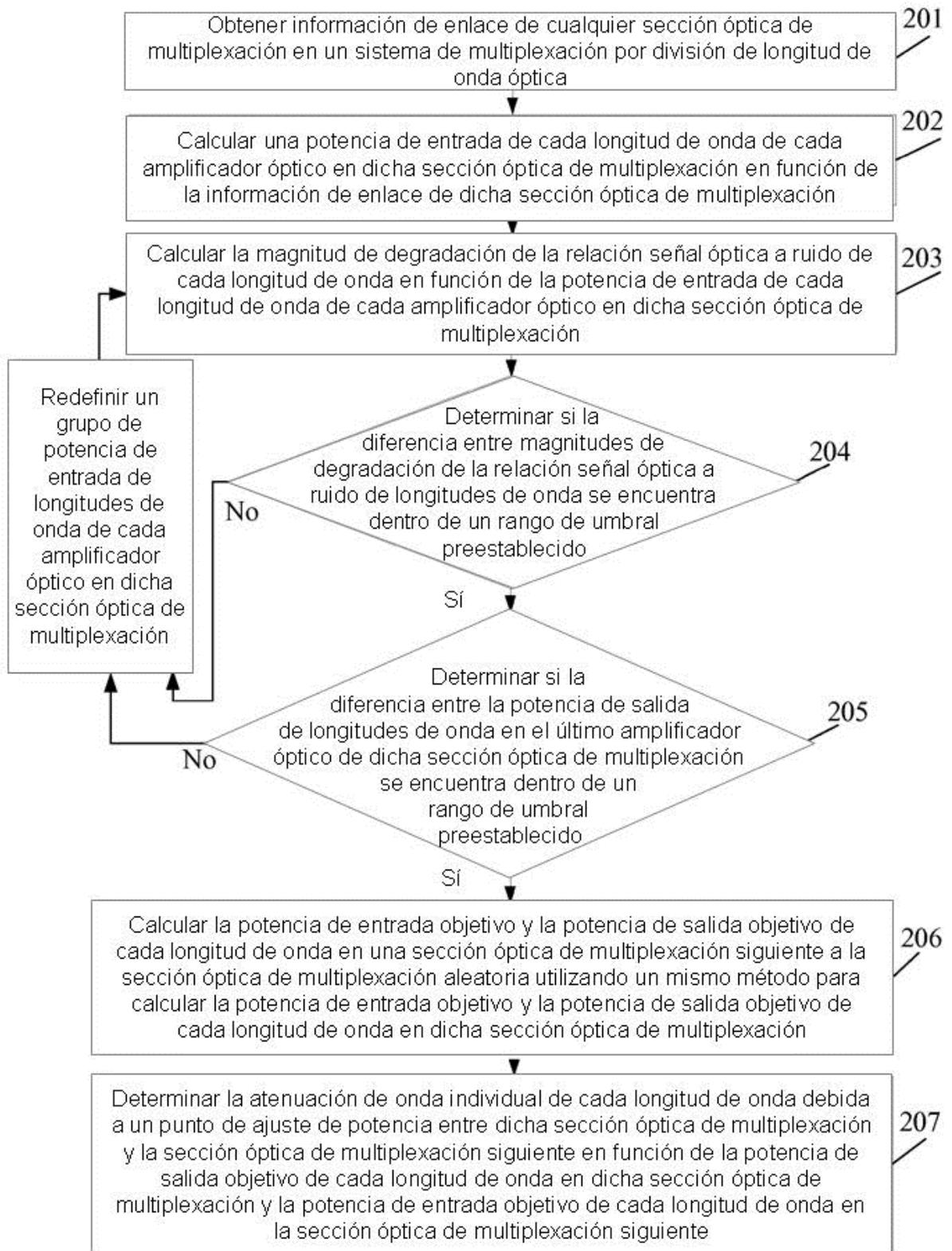


FIG. 2

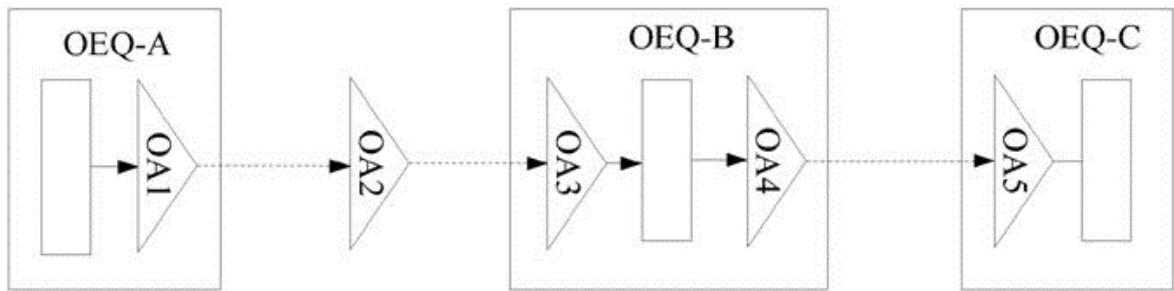


FIG. 3

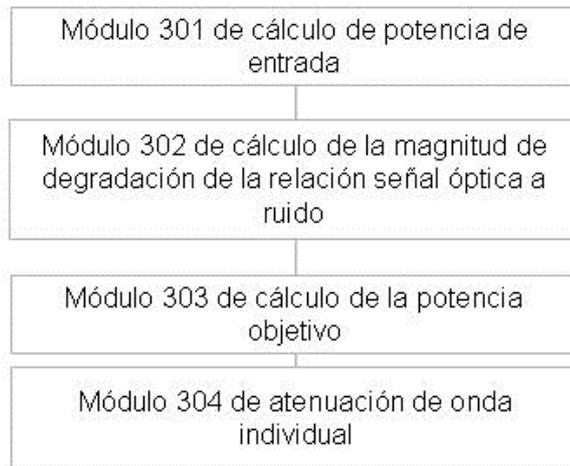


FIG. 4

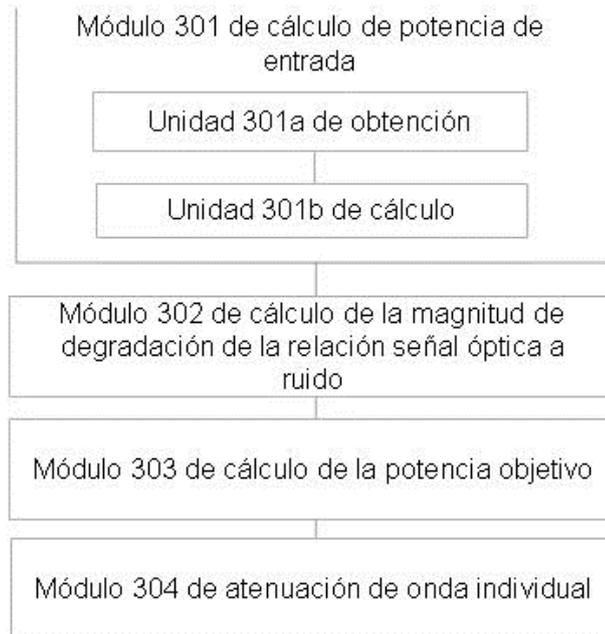


FIG. 5