

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 385 493**

51 Int. Cl.:

H04B 10/2513 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2005 E 05822752 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **11.02.2015 EP 1971052**

54 Título: **Aparato y procedimiento de compensación auto-adaptativa de dispersión**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente modificada:
14.05.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

SHU, HUADE

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

DESCRIPCIÓN

Aparato y procedimiento de compensación auto-adaptativa de dispersión

Campo técnico

5 La presente revelación se refiere al campo de los sistemas de transmisión ópticos y, más especialmente, a un aparato para la compensación adaptativa de la dispersión y un procedimiento para la misma.

Técnica anterior

10 Con el rápido desarrollo de la tecnología de las comunicaciones ópticas, los sistemas de comunicaciones ópticas se desarrollan en la dirección de la alta velocidad, gran capacidad, larga distancia e inteligencia. Hoy en día, el sistema de comunicaciones ópticas de Multiplexación por División de la Longitud de Onda Densa (DWDM) con 160 canales y, una velocidad del canal único de 10 Gb/s, así como el sistema de la Red Óptica Conmutada Automáticamente (ASON) basado en la conmutación de circuitos inteligente, también se ha aplicado comercialmente. En el futuro aparecerán sistemas de redes ópticas con una mayor capacidad y una velocidad más alta (40 Gb/s o superior) y los sistemas de redes ópticas inteligentes con la función de Conexión de Cruce Óptico (OXC) o el Multiplexor Óptico Reconfigurable de Suma/Caída (ROADM).

15 En un sistema de transmisión óptica de ultra alta velocidad, la dispersión y la dispersión del modo de polarización (PMD) deterioran la calidad de la señal óptica y reducen la distancia de transmisión. Para aumentar la distancia de transmisión del sistema de transmisión óptica, deberían tomarse medidas para compensar la dispersión y la PMD. En un sistema de comunicaciones ópticas convencional, los compensadores de dispersión fijos se aplican a menudo para compensar la dispersión en la línea de transmisión óptica, y la Figura 1 es el diagrama de bloques del medio de
20 compensación de dispersión para el sistema de comunicaciones ópticas convencionales. Debido a la compensación de dispersión, la dispersión residual de las señales ópticas en el lado de recepción puede controlarse dentro del intervalo del cual puede tolerar el receptor. El compensador de dispersión se implementa de forma general por el módulo de fibra óptica de compensación de dispersión que puede estar situado en la estación terminal óptica así como en la estación de regeneración óptica. En la estación de terminación óptica, el módulo de compensación de
25 dispersión generalmente se usa para realizar la compensación de dispersión para las señales ópticas multi-canal en el sistema DWDM antes de la multiplexación de longitudes de onda y después de la de-multiplexación de longitudes de onda. En la estación de regeneración óptica, se aplica principalmente la estructura del amplificador óptico de dos etapas y el módulo de fibra óptica de compensación de dispersión puede situarse entre los amplificadores de dos etapas para implementar la compensación de dispersión multicanal.

30 Para un sistema de transmisión óptica de larga distancia, factores tales como la temperatura y la presión pueden causar una pequeña variación del coeficiente de dispersión de la línea de fibra óptica, de modo que el cambio en tiempo real de la dispersión de la señal óptica en la línea se acumulará continuamente junto con el aumento de la distancia de transmisión total, que probablemente cause que la dispersión residual de la señal en el lado de recepción exceda el intervalo tolerable y deteriore la característica de errores de bit del sistema.

35 Con el aumento de la velocidad de transmisión de canal único, la tolerancia de la dispersión de la fuente óptica disminuirá. La tolerancia de dispersión es aproximadamente 1000 ps/nm para la señal óptica de 10 Gb/s sin pre-chirp (pre-barrido de frecuencias), y aproximadamente de 40 ps/nm para la señal óptica de 40 Gb/s sin pre-chirp, que es solo equivalente a 2 km de distancia de transmisión en una ventana de 1550 nm de la fibra óptica G652. Por lo tanto, podemos decir que para el sistema de 40 Gb/s, como la tolerancia de dispersión de la fuente óptica es relativamente pequeña, cualesquiera pequeños cambios de la dispersión de la línea de fibra óptica pueden causar
40 que la dispersión residual de la señal en el lado de recepción exceda el intervalo tolerable y deteriore la característica de errores de bit del sistema. La influencia del cambio de la dispersión de la fibra es especialmente evidente para el funcionamiento del sistema de 40 Gb/s.

45 Por otra parte, con el desarrollo de la red óptica inteligente, pueden introducirse los nodos ROADM e incluso OXM dentro de la red óptica. En estos nodos de la red óptica, la multiplexación dinámica de suma/caída y la conexión de cruce dinámica de la señal óptica puede causar los cambios de dispersión de la línea óptica a través de la cual se transmite la señal óptica, causando de este modo que la dispersión residual de la señal en el lado de recepción exceda el intervalo tolerable y deteriore la característica de errores de bit del sistema.

50 En una palabra, los factores anteriores indican que con el desarrollo de las redes ópticas en la dirección de la alta velocidad, larga distancia e inteligencia, la dispersión residual de la señal en el lado de recepción cambiará continuamente debido a la variación de la dispersión de la línea y los nodos de red ópticos después de que se transmite la señal óptica a través de la línea. Es necesario realizar la compensación de dispersión adaptativa para estas señales cuya dispersión residual cambia continuamente, cómo conseguir la compensación de la dispersión adaptativa es un problema clave en el campo técnico.

55 La compensación de dispersión adaptativa del sistema de transmisión óptica puede implementarse de forma óptica o eléctricamente por el compensador de dispersión sintonizable.

Hay muchos procedimientos para conseguir la compensación de la dispersión. Como se muestra en la Figura 2 que es un diagrama de bloques esquemático del receptor con capacidad de compensación eléctrica de la dispersión, después de que la señal óptica se convierte en fotoeléctrica y se amplifica de forma lineal, se envía al circuito de igualación. Usando alguna estrategia de control y el funcionamiento del igualador de control de realimentación, la comprobación de la calidad de la señal eléctrica después de igualada, puede realizarse la compensación de dispersión adaptativa. La característica de este procedimiento es que el procedimiento de implementación es simple y la respuesta es rápida, aunque el intervalo de compensación de dispersión es estrecho y puede implementarse la compensación de dispersión de canal único. El circuito de igualación aplicado para la compensación eléctrica de dispersión puede ser un Igualador de Alimentación directa (FFE), un Igualador de Retroalimentación de Decisión (DFE), una Búsqueda de Árbol de Retardo Fijo (FDTs) o la Estimación de Secuencia de Probabilidad Máxima (MLSE) o sus combinaciones. Para la tecnología de compensación eléctrica de dispersión, el valor de la dispersión a compensar es generalmente pequeño. Por ejemplo, para la señal de 10 Gb/s, la compensación eléctrica de distorsión es igual a aumentar de 20 a 40 cm la distancia de transmisión en la fibra óptica G.652.

La Figura 3 es un diagrama de bloques esquemático de aplicación de un compensador óptico de dispersión sintonizable para implementar la compensación de dispersión adaptativa, la función de compensación de dispersión adaptativa puede implementarse detectando la dispersión residual del sistema, o la característica de errores de bit del sistema para controlar la cantidad de compensación de dispersión del compensador de dispersión sintonizable a través de retroalimentación. Hay muchos procedimientos para la implementación de la compensación óptica de dispersión sintonizable, incluyendo procedimientos para la aplicación de la tecnología de rejilla Bragg de fibra con barrido de frecuencia (CFBG), la tecnología de interferencia basada en el etalón G-T (Gires-Tournois), la tecnología basada en los sistemas micro electro mecánicos (MEMS), la cavidad resonante en anillo (Circuito Planificador de Onda de Luz) y el módulo de compensación de dispersión multi-etapa (DCM) en cascada.

Para el procedimiento de compensación de dispersión adaptativa mostrado en la Figura 3, el funcionamiento detectado por el compensador de dispersión adaptativa puede ser también de dispersión residual, como se describe en la patente WO 161889; o la forma de la señal óptica, como se describe en las patentes US6515779, US6266170. La deficiencia de implementación de la compensación adaptativa de dispersión detectando la dispersión residual es que la tecnología es compleja y el procedimiento es difícil de implementar, y el efecto no lineal y la dispersión del modo de polarización (PMD) pueden afectar directamente a la precisión de la detección de dispersión; para la señal multi-canal, la información de dispersión residual de cada uno de los canales es necesaria para el ajuste de la dispersión, y el procedimiento es relativamente complicado; la precisión de la detección de la dispersión residual y el tiempo de detección afectan directamente al funcionamiento del compensador adaptativo de dispersión. La deficiencia de implementación de la compensación de dispersión adaptativa detectando la característica de errores de bit del sistema es que la detección de errores de bit está relacionada con el tipo de código y afecta a la adaptabilidad del sistema de compensación adaptativa de dispersión; hay muchos factores para causar los errores de bit del sistema, el procedimiento de implementación de ajuste de la dispersión de acuerdo con la característica de los errores de bit es relativamente complicado; durante el procedimiento de ajuste de la compensación adaptativa de dispersión, usualmente deben realizarse varios ajustes de acuerdo con la característica de los errores de bit, que aumenta el tiempo para el ajuste de la dispersión.

El documento EP 1385281 A2 desvela un procedimiento de monitorización de la cantidad de variación de dispersión en dos o más canales de longitudes de onda para saber la magnitud de la influencia de una dependencia de la temperatura de una pendiente de dispersión en un sistema de transmisión óptica de multiplexación por división de longitudes de onda. Este documento también desvela un procedimiento de compensación de la dependencia de la longitud de onda de la dependencia de la temperatura de la dispersión proporcionando una dispersión apropiada individualmente a los canales o resumiendo para todos los anchos de banda en base a las magnitudes de variación de la dispersión monitorizada.

El documento EP 1439647 A2 desvela un procedimiento para ajustar de forma adecuada un condensador de dispersión sintonizable cuyos cambios de la longitud de onda central del paso de banda cambia cuando se cambia la magnitud de la compensación de dispersión. La relación entre la temperatura para el mantenimiento de la longitud de onda central constante y la magnitud de compensación de dispersión se almacena con anticipación. Después de controlar la cantidad de compensación de dispersión para conseguir la mejor o la óptima calidad de transmisión, la magnitud de compensación de dispersión se convierte en temperatura de acuerdo con la relación almacenada y en base esto, se controla la temperatura para mantener la longitud de onda central constante.

El documento EP 1580906 A2 desvela un procedimiento de compensación de dispersión para compensar la ocurrencia de dispersión de longitud de onda en una línea de transmisión óptica, incluye las etapas de a) realizar la compensación de dispersión causando que una señal óptica, suministrada a partir de la línea de transmisión, pase a través de un compensador de dispersión variable, y b) controlar una magnitud de compensación de dispersión en el compensador de dispersión variable de acuerdo con una información de errores de código correspondiente a un tipo de código en una señal de datos recibida obtenida a partir de la recepción de la señal óptica que ha sufrido la compensación de dispersión.

En conjunto, si la compensación adaptativa de dispersión se implementa detectando directamente la dispersión residual, los efectos de la no linealidad, PDM, y etc. afectarán directamente a la precisión de la detección de

dispersión, mientras que el procedimiento de detección de dispersión indirecta por la aplicación de la detección de errores de bit está relacionado con la estructura de trama aplicada por el sistema, y a menudo necesita implementarse a través de varios ajustes, y el tiempo para el ajuste de la dispersión es relativamente largo.

Sumario de la invención

5 El problema técnico a resolver en la presente invención es ofrecer un aparato para la compensación adaptativa de dispersión y el procedimiento de la misma para superar la deficiencia de la técnica anterior, y el aparato puede compensar de forma adaptativa la dispersión del sistema en tiempo real y garantizar de forma eficaz la calidad de transmisión de la señal en el sistema.

La presente invención proporciona un aparato de acuerdo con la reivindicación 1.

10 La presente invención ofrece también un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7.

En el que, dicha etapa de detección de la característica de dispersión es para detectar por un sistema distribuido, distribuido en cada uno de los nodos en dicho sistema de comunicaciones ópticas, con el intercambio de información entre los nodos que se realiza por un canal físico.

15 La etapa de calcular el valor de ajuste de la compensación óptica de dispersión sintonizable que comprende: obtener la información de la característica de dispersión a través de la transmisión de señalización entre los nodos cuando se detecta el cambio de la característica de dispersión del canal mientras que la topología relevante de la línea no cambia, calcular el valor de ajuste de la dispersión del compensador de dispersión sintonizable. La etapa comprende además: el establecimiento del compensador óptico de dispersión al valor correspondiente de acuerdo con dicho valor de ajuste de dispersión.

20 La etapa de calcular el valor de ajuste de la compensación óptica de dispersión sintonizable incluye: originar una señalización de búsqueda de una nueva ruta y obtener la información de dispersión a través de la transmisión de señalización entre los nodos cuando se detectan los cambios de la característica de dispersión en el canal y la topología relevante de la línea; después de que se encuentra una nueva ruta adecuada, calcular el valor del ajuste del compensador de dispersión sintonizable en base a la información de dispersión obtenida; la etapa adicional incluye: durante la conmutación del sistema a una nueva ruta, fijar el compensador óptico de dispersión al valor correspondiente de acuerdo con dicho valor de ajuste de la dispersión.

25 El aparato para la compensación de la dispersión adaptativa y el procedimiento del mismo de la presente invención pueden aplicarse en un sistema multi-canal o de canal único para implementar la compensación de dispersión adaptativa para el sistema multi-canal o de canal único en la condición de que cambian la dispersión de la línea o los nodos de la red óptica.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una ilustración de la compensación de dispersión en el sistema de comunicaciones ópticas convencional;

35 la Figura 2 es un diagrama de bloques esquemático de aplicación del compensador óptico de dispersión sintonizable adaptativo para implementar la compensación de dispersión;

la Figura 3 es un diagrama de bloques esquemático de aplicación de un compensador eléctrico de dispersión sintonizable para implementar una compensación de dispersión adaptativa.

la Figura 4 es un diagrama de bloques esquemático del aparato para la compensación de dispersión adaptativa de acuerdo con una realización de la presente invención;

40 la Figura 5 es un diagrama de bloques de la posición del aparato para la compensación de dispersión adaptativa en el sistema óptico de comunicaciones de acuerdo con una realización de la presente invención.

la Figura 6 es un diagrama de flujo del procedimiento para la compensación de dispersión adaptativa de acuerdo con una realización de la presente invención;

45 la Figura 7 es un diagrama de bloques funcional del aparato para la compensación de dispersión adaptativa para implementar la compensación de dispersión adaptativa de un único canal en el lado de recepción;

la Figura 8 es un diagrama de bloques funcional del aparato para la compensación de dispersión adaptativa para implementar la compensación de dispersión adaptativa multi-canal en el lado de recepción;

50 la Figura 9 es un diagrama de bloques funcional de la implementación de la compensación de dispersión adaptativa de canal único por el aparato para la compensación de dispersión adaptativa y las medidas de compensación eléctrica de dispersión;

la Figura 10 es un diagrama de bloques funcional de la implementación de la compensación de dispersión adaptativa multi-canal por el aparato para la compensación de dispersión adaptativa y las medidas de compensación eléctrica de dispersión;

5 la Figura 11 es una ilustración del aumento de la distancia de transmisión del sistema después de la aplicación de la compensación eléctrica de dispersión adaptativa.

La Figura 12 es un diagrama de flujo de la implementación de la compensación de dispersión adaptativa por el aparato de compensación de dispersión adaptativa

Realización preferida de la presente invención

10 El esquema técnico de la presente invención y sus efectos beneficiosos resultarán obvios a través de la descripción detallada de las realizaciones preferidas con referencia a las figuras adjuntas.

15 El contenido central de la presente invención es: aplicar la unidad del sistema de señalización para transmitir la dispersión de la línea o los nodos de red óptica y su información de cambio (a saber, la información de la característica de dispersión) en tiempo real, y con esta información de la característica de dispersión, la unidad lógica de control aplica la estrategia de control especificada para calcular el valor de ajuste de la compensación de dispersión, controlar el compensador de dispersión sintonizable a través de la retroalimentación, y ajustar el valor de la compensación de dispersión, consiguiendo de este modo el propósito de la compensación de dispersión adaptativa.

20 La Figura 4 es un diagrama de bloques estructural del aparato para la compensación de dispersión adaptativa de acuerdo con la presente invención. El aparato puede aplicarse en un sistema de un único canal y multi-canal y comprende cinco partes: fibra óptica de entrada, fibra óptica de salida, compensador óptico de dispersión sintonizable, unidad del sistema de señalización y unidad lógica de control.

25 En la Figura 4, la fibra óptica de entrada se usa para introducir la señal óptica; el compensador óptico de dispersión sintonizable se usa para compensar de forma óptica la dispersión de la señal óptica a partir de la fibra óptica de entrada; la fibra óptica de salida se usa para emitir la señal óptica para la cual se realiza la compensación óptica de dispersión; la unidad del sistema de señalización se usa para detectar la información de la característica de dispersión en el canal del sistema óptico de comunicaciones; la unidad lógica de control se usa para calcular el valor de ajuste del compensador óptico de dispersión sintonizable de acuerdo con la información de la característica de dispersión detectada por la unidad del sistema de señalización, controlar el compensador óptico de dispersión sintonizable a través de la retroalimentación y ajustar la cantidad de compensación de dispersión del compensador óptico de dispersión.

30 El aparato para la compensación de dispersión adaptativa de acuerdo con la presente invención puede colocarse en el lado de transmisión, en el lado de recepción del sistema de comunicaciones ópticas y en los nodos de amplificación óptica de la línea del sistema. En donde:

35 La unidad lógica de control usa cierta estrategia de control para controlar el compensador óptico de dispersión sintonizable a través de retroalimentación de acuerdo con la dispersión y su información de cambio (a saber, la información de la característica de dispersión) detectada por la unidad del sistema de señalización, ajustar la cantidad de compensación de dispersión de la unidad de compensador óptico de dispersión sintonizable hasta que el canal de la señal óptica alcanza la compensación de dispersión óptima. La estrategia para la unidad lógica de control para controlar el compensador óptico de dispersión sintonizable en el cual se calcula el valor de la dispersión a fijar para el compensador de dispersión sintonizable y se realiza el ajuste adaptativo de la dispersión, puede usar, pero sin limitarse a esta, la siguiente estrategia: la dispersión residual de la señal del canal después de que la dispersión adaptativa compensada se controla dentro de un cierto intervalo.

45 La unidad del sistema de señalización puede ser un sistema distribuido, distribuido en cada uno de los nodos del sistema, y el intercambio de información entre el nodo en el cual se localiza la compensación de dispersión adaptativa y la unidad del sistema de señal de cada uno de los otros nodos puede realizarse a través del canal físico.

50 La unidad del sistema de señalización detecta el canal de señal óptica desde el nodo de origen al nodo terminal para obtener la dispersión y su información de cambio de cada una de las unidades en el sistema, y la información incluye, pero sin limitarse a estas, la siguiente información: la tolerancia de dispersión del transmisor, las dispersiones residuales mínima y máxima permitidas por el receptor; el valor de dispersión aumentado o disminuido del nodo de amplificación óptica ordinaria (sin las funciones OXC o ROADM); el valor de dispersión de la línea de fibra óptica; la dispersión equivalente de los efectos no lineales de la línea de fibra óptica, que se usa para describir la influencia causada por los efectos no lineales tales como la SPM (Modulación de auto-fase) y la compresión de pulsos causada por efectos tales como la SPM; el valor de la dispersión aumentada o disminuida de cada uno de los canales relacionados con las condiciones OAD del nodo de transporte óptico ROADM; el valor aumentado o disminuido de la dispersión de cada uno de los canales relacionados con las condiciones OXC del nodo de transporte óptico OXC; y otras características de dispersión de los nodos de red o las unidades de red que causan el

cambio de dispersión.

El procedimiento para la unidad del sistema de señalización para detectar la información de la característica de dispersión puede ser, pero sin limitarse a estos, los siguientes procedimientos:

5 La información de dispersión estática de la unidad de red, incluyendo la tolerancia de dispersión del transmisor, la dispersión residual permitida por el receptor, el valor de la dispersión aumentada o disminuida del nodo óptico de amplificación ordinario (sin las funciones de OXC y ROADM); la dispersión de la línea de fibra óptica; la dispersión equivalente del efecto no lineal de la línea de fibra óptica, y así sucesivamente, se reportan a la unidad del sistema de señalización por cada una de las unidades de red de acuerdo con la información prefijada;

10 El valor de dispersión aumentado o disminuido de cada uno de los canales relacionados con las condiciones de OAD del nodo de transporte óptico ROADM puede ser la información de dispersión en diferentes condiciones de OAD reportada por cada una de las unidades de red a la unidad del sistema de señalización así como las diferentes condiciones de OAD prefijadas, y la unidad del sistema de señalización analiza además para obtener el valor de la dispersión aumentada o disminuida de cada uno de los canales relacionados con las condiciones OAD del nodo de transporte óptico de ROADM.

15 El valor de la dispersión aumentada o disminuida de cada uno de los canales relacionados con las condiciones de OXC del nodo de transporte óptico de OXC puede ser la información de dispersión en diferentes condiciones de OXC reportada por cada una de las unidades de red a la unidad del sistema de señalización así como las diferentes condiciones prefijadas de OXC, y la unidad del sistema de señalización analiza además para obtener el valor de dispersión aumentada o disminuida de cada uno de los canales relacionados con las condiciones OXC del nodo de transporte óptico de OXC.

20 La unidad del sistema de señalización transmite la dispersión del canal desde el nodo de origen al nodo objetivo y su información de cambio, y el procedimiento para transmitir la información puede ser, pero sin limitarse a estos, los procedimientos siguientes:

25 La unidad del sistema de señalización puede originar la transmisión de información cuando cambia la topología de la línea o la dispersión de cierto componente de un nodo de la red óptica o cambia la línea, y a través del intercambio de información entre los nodos, transmite la información de la característica de dispersión dinámica del canal a controlar en cada una de las partes del sistema de la red óptica al nodo en el cual se localiza el aparato para la compensación de dispersión adaptativa y eventualmente transmite la información a la unidad lógica de control;

30 La unidad del sistema de señalización también puede originar oportunamente el procedimiento de intercambio de información y transmitir oportunamente la información de la característica de dispersión del canal a controlar en cada una de las partes del sistema de la red óptica al nodo en el cual se localiza el aparato para la compensación de dispersión adaptativa a través del intercambio de información entre los nodos y transmitir eventualmente la información a la unidad lógica de control;

35 La unidad del sistema de señalización también puede originar el procedimiento de transmisión de información en el momento de inicialización del nodo, la transmisión de la información de la característica de dispersión del canal a controlar en cada una de las partes del sistema de la red óptica al nodo en el cual se localiza el aparato para la compensación de dispersión adaptativa a través del intercambio de información entre los nodos y transmitir la información a la unidad lógica de control.

40 El procedimiento de transmisión de la información para la unidad del sistema de señalización puede ser una combinación de los procedimientos anteriores.

45 El compensador óptico de dispersión sintonizable puede ser, pero sin limitarse a estos, los siguientes compensadores: diversos compensadores de dispersión sintonizables que aplican CFBG, tecnología de interferencia con G-T etalón, tecnología MEMS (sistema micro electro mecánico), la cavidad de resonancia de anillo PLC y etc., y también pueden ser los dispositivos que aplican compensadores de dispersión fijos multi-etapa en cascada y que usan el conmutador óptico para implementar diferentes valores de compensación de dispersión o cualesquiera otros dispositivos ópticos que pueden conseguir la compensación de dispersión.

50 La Figura 5 es un diagrama de bloques de la posición del aparato que tiene la función de la compensación de dispersión adaptativa en el sistema de comunicaciones ópticas. La compensación de dispersión del sistema está dividida en compensación de dispersión fija y compensación óptica de dispersión sintonizable. La primera se usa para compensar estáticamente la dispersión de la línea y la última compensa dinámicamente la dispersión y además incluye la compensación óptica de dispersión sintonizable multi-canal y la compensación de dispersión sintonizable de un único canal. Como se muestra en la Figura 5, la compensación óptica de dispersión sintonizable se implementa por el compensador de dispersión adaptativa, que es el aparato para la compensación óptica de dispersión sintonizable multi-canal o la compensación óptica de dispersión sintonizable de un único canal situada en el lado de recepción del sistema de comunicaciones ópticas o el nodo de amplificación óptica del sistema.

La Figura 6 es un diagrama de flujo de la compensación adaptativa de la dispersión en el canal de la señal óptica por el aparato para la compensación de la dispersión adaptativa, que comprende:

Etapa 601: el uso del compensador óptico de dispersión sintonizable para compensar de forma óptica la dispersión de las señales ópticas de entrada y emitir las señales ópticas compensadas.

5 Etapa 602: la detección de la información de la característica de dispersión en el canal del sistema de comunicaciones ópticas;

Etapa 603: el cálculo del valor de ajuste de la compensación óptica de dispersión sintonizable de acuerdo con la información detectada de la característica de dispersión;

10 Etapa 604: el control del compensador óptico de dispersión sintonizable a través de la retroalimentación y ajuste de la cantidad de compensación de dispersión del compensador óptico de dispersión en base al valor de ajuste.

15 El aparato de compensación de dispersión adaptativa de la presente invención usa la información de dispersión obtenida por la unidad del sistema de señalización para controlar la cantidad de compensación de dispersión del compensador óptico de dispersión. En el que, la unidad del sistema de señalización intercambia dinámicamente la información de dispersión de cada uno de los nodos en la línea y la información de tolerancia de dispersión de la fuente óptica, la estructura de la topología del sistema, los cambios de la trayectoria de transmisión de una cierta longitud de onda o los cambios de la característica de dispersión de la fuente óptica causados por el OADM en el nivel de longitud de onda óptica del nodo de ROADM en el sistema, los cambios de la trayectoria de transmisión de una cierta longitud de onda o los cambios de la característica de dispersión de la fuente óptica causados por el nivel de la longitud de onda óptica de conexión en cruz del nodo de OXC. La unidad lógica de control calcula la cantidad de compensación de dispersión óptima del compensador de dispersión sintonizable de acuerdo con la información transmitida por la unidad del sistema de señalización y fija el valor de la compensación de dispersión del compensador óptico de dispersión sintonizable como el valor óptimo.

Las siguientes figuras desde la Figura 7 a la Figura 10 son varias aplicaciones del aparato para la compensación de dispersión adaptativa de la presente invención en el sistema:

25 la Figura 7 es un diagrama de bloques funcional del aparato para la compensación de dispersión adaptativa para implementar la compensación de dispersión adaptativa de un canal único en el lado de recepción, que se usa para implementar la función de compensación de dispersión adaptativa de un único canal;

30 la Figura 8 es un diagrama de bloques funcional del aparato para la compensación de dispersión adaptativa para implementar la compensación de dispersión adaptativa multi-canal en el lado de recepción, que se usa para implementar la función de compensación de dispersión adaptativa multi-canal;

35 la Figura 9 es un diagrama de bloques funcional de la implementación de la compensación de dispersión adaptativa de canal único por el aparato para la compensación de dispersión adaptativa y las medidas de compensación eléctrica de dispersión, que se usan para implementar la función de compensación de dispersión adaptativa de un canal único; en el que el control del compensador eléctrico de dispersión sintonizable se controla detectando el funcionamiento de la señal del canal único a través de la retroalimentación.

40 la Figura 10 es un diagrama de bloques funcional de la implementación de la compensación de dispersión adaptativa multi-canal por el aparato para la compensación de dispersión adaptativa y las medidas de la compensación de dispersión eléctrica, que se usan para implementar la función de la compensación de dispersión adaptativa multi-canal; en el que el control del compensador eléctrico de dispersión sintonizable se controla detectando el funcionamiento de la señal del canal único a través de la retroalimentación.

45 El compensador eléctrico sintonizable de dispersión sintonizable mostrado en la Figura 9 y la Figura 10 pueden usarse para expandir la capacidad de tolerancia del receptor de la dispersión residual. La Figura 11 es una ilustración de la aplicación de la medida de la compensación eléctrica de dispersión para extender la distancia de transmisión del sistema de 10 Gb/s, y puede verse que para la fuente óptica modulada de LiNbO₃, la distancia de transmisión de la fibra óptica normal es de aproximadamente 80 Km antes de la aplicación de la compensación eléctrica de dispersión y se extiende a 120 Km después de la aplicación de la compensación eléctrica de la dispersión.

50 En las aplicaciones prácticas, hay muchas clases de procedimientos de compensación de dispersión adaptativa realizados por el aparato de compensación de dispersión adaptativa de la presente invención. La Figura 12 es un diagrama de flujo de uno de ellos.

En primer lugar, cada uno de los nodos en el sistema detecta si se necesita cambiar o no la característica de dispersión del nodo o la topología de la línea relacionada con el canal (etapa 1201).

Si sólo cambia la característica de dispersión, la unidad del sistema de señalización origina una señalización y transmite la información de dispersión única y otra información de la red relacionada con el canal al nodo controlado

del compensador de dispersión adaptativa, calcula el valor de ajuste de la dispersión del compensador de dispersión sintonizable de acuerdo con la información de dispersión y fija el compensador de dispersión sintonizable como el valor correspondiente cuando la información de dispersión de cada uno de los nodos de red se intercambia completamente.

5 Si la topología de la línea también cambia y se necesita una nueva ruta para realizar la conmutación de protección o restauración, el sistema de señalización inicializa el procedimiento de señalización para buscar una nueva ruta e intercambia la información de dispersión única y otra información de la red relacionada con el canal para el nodo controlado del compensador de dispersión adaptativa (etapa 1202).

10 Se determina si se encuentra una nueva ruta y se intercambia completamente la información de dispersión de cada uno de los nodos de red (etapa 1203).

Después de que la información de dispersión de cada uno de los nodos de red se intercambia completamente y se encuentra una ruta adecuada, el valor de ajuste de dispersión del compensador de dispersión sintonizable se calcula de acuerdo con la información de dispersión (etapa 1204).

15 El compensador de dispersión sintonizable se fija como el valor correspondiente mientras que el sistema se conmuta a la nueva ruta (etapa 1205).

Como se ha mencionado anteriormente, la unidad del sistema de señalización detecta y transmite la dispersión y su cambio de la línea y cada uno de los canales del sistema. La característica de dispersión de los componentes relacionados en el sistema de comunicaciones ópticas se refiere al canal con la longitud de onda correspondiente, y la característica de dispersión concluye los siguientes aspectos:

20 tolerancia de dispersión del transmisor C_{Tx} ;

la dispersión residual mínima C_{min} y la dispersión residual máxima C_{max} permitidas por el receptor;

valor de ajuste de la dispersión del compensador de dispersión sintonizable C_{ajus} ;

el valor de la dispersión aumentado o disminuido del nodo de amplificación óptica normal (sin las funciones de OXC o ROADM) C_{NEj} ;

25 dispersión de la línea de fibra óptica C_{Li} , que se usa para describir el valor de la dispersión de la línea;

dispersión equivalente del efecto no lineal de la línea de fibra óptica C_{NLi} que se usa para describir la influencia causada por el efecto no lineal tal como la SPM; como la compresión de pulsos causada por la SPM es similar al efecto causado por la dispersión, este elemento se lista en este punto;

30 el valor de la dispersión aumentada o disminuida de cada uno de los canales relacionados con la condición de OAD del nodo de transporte óptico de ROADM C_{NEj} ;

el valor de la dispersión aumentada o disminuida de cada uno de los canales relacionados con la condición de OXC del nodo de transporte óptico C_{NEj} ;

35 La unidad del sistema de señalización es un sistema distribuido, distribuido en cada uno de los nodos de la red óptica en el sistema. El intercambio de información entre el nodo de la red óptica donde se localiza el aparato de compensación de dispersión adaptativa y la unidad del sistema de señalización entre cada uno de los nodos de la red óptica se realiza a través de un cierto canal físico. Y hay diversos canales físicos.

40 El objeto clave del aparato y procedimiento de la presente invención es retroalimentar la característica de dispersión de cada una de las partes del sistema del canal en el que cambia la dispersión al nodo donde se localiza el compensador de distorsión sintonizable a través del intercambio de información entre los nodos cuando cambia la condición topológica de la línea o cambia la dispersión de algún componente en la línea o el sub-sistema de nodos de la red óptica. La unidad lógica de control aplica cierta estrategia para calcular el valor de la dispersión que es necesario fijar para el compensador de dispersión sintonizable y fija el valor de la compensación de dispersión del compensador de dispersión sintonizable a su posición óptima para implementar el ajuste de la dispersión adaptativa de acuerdo con los cambios de dispersión de cada uno de los canales en el sistema y los cambios de dispersión en la línea obtenidos por el sistema de señalización. Hay diversas estrategias de compensación de dispersión para el compensador de distorsión sintonizable, y la más simple es ajustar la cantidad de la compensación de dispersión del compensador de dispersión para controlar el valor de la dispersión residual $C_{residual}$ del sistema para el cual se ha realizado la compensación de dispersión para un cierto intercalo ($C_{min} \sim C_{max}$).

$$C_{residual} = C_{Tx} - C_{ajus} - \sum_i C_{Li} - \sum_i C_{NLi} - \sum_j C_{ONj}$$

$$50 \quad C_{min} \leq C_{residual} \leq C_{max}$$

5 Debería entenderse que aunque la invención ha sido descrito con referencia específica a las realizaciones preferidas, el ámbito real de la invención no debería limitarse a las mismas. Pueden realizarse diversas modificaciones y alteraciones por expertos en la materia en base al concepto técnico de la presente invención, y se pretende incluir todas esas modificaciones y alteraciones en el alcance de protección de las reivindicaciones adjuntas.

Aplicabilidad industrial

10 Un aparato para la compensación de dispersión adaptativa y un procedimiento del mismo de acuerdo con la presente invención pueden superar la deficiencia de la técnica anterior, compensar de forma adaptativa la dispersión del sistema en tiempo real, garantizar de forma eficaz la calidad de transmisión de las señales en el sistema y puede aplicarse a sistemas multi-canal o sistemas de canal único para implementar su compensación de dispersión adaptativa en la condición de que cambia la dispersión de la línea o los nodos en la red óptica.

REIVINDICACIONES

1. Aparato de compensación de dispersión adaptativa usado en la compensación de dispersión adaptativa en un sistema de comunicaciones ópticas, el aparato comprende:
- 5 fibra óptica de entrada, que está adaptada a las señales ópticas de entrada;
 un compensador óptico de dispersión sintonizable, que está adaptado para compensar de forma óptica la dispersión de las señales ópticas de la fibra óptica de entrada;
 una fibra óptica de salida, que está adaptada para emitir las señales ópticas cuya dispersión está compensada de forma óptica;
- 10 una unidad lógica de control, que está adaptada para calcular un valor de ajuste del compensador de dispersión sintonizable, controlar dicho compensador óptico de dispersión sintonizable a través de la retroalimentación y ajustar la cantidad de compensación de dispersión de dicho compensador óptico de dispersión sintonizable;
caracterizado porque el aparato comprende además:
- 15 una unidad del sistema de señalización, que está adaptada para detectar la información de la característica de dispersión en un canal de dicho sistema de comunicaciones ópticas de acuerdo con unos informes de funcionamiento ofrecidos por cada unidad de red en dicho sistema de comunicaciones ópticas; y
 en el que la unidad lógica de control está adaptada para calcular el valor de ajuste del compensador óptico de dispersión sintonizable de acuerdo con la información de la característica de dispersión detectada por la unidad del sistema de señalización;
- 20 en el que dicha unidad del sistema de señalización intercambia además la información de la característica de dispersión detectada a dicha unidad lógica de control; en el que dicha unidad del sistema de señalización intercambia la información de la característica de dispersión del canal óptico a la unidad lógica de control del nodo en el cual se localiza el compensador óptico de dispersión sintonizable a través de interacción de señalización entre nodos cuando cambia la condición de topología de una línea de dicho sistema de comunicación óptico.
- 25 2. El aparato de la reivindicación 1, en el que dicha unidad del sistema de señalización es un sistema distribuido, que incluye varias sub-unidades del sistema de señalización distribuidas en cada uno de los nodos de dicho sistema de comunicaciones ópticas y el intercambio de información entre las sub-unidades del sistema de señalización en cada uno de los nodos se realiza a través de un canal físico.
- 30 3. El aparato de la reivindicación 1, en el que la información de la característica de dispersión detectada por dicha unidad del sistema de señalización en el canal incluye la siguiente información o cualquier combinación de las mismas:
- 35 tolerancia de dispersión de un transmisor;
 dispersiones residuales mínima y máxima permitidas por un receptor;
 dispersión aumentada o disminuida de un nodo de amplificación óptica ordinario;
 dispersión de la línea de fibra óptica;
 dispersión equivalente de los efectos no lineales de la línea de fibra óptica;
 valor de la dispersión aumentada o disminuida de cada uno de los canales relacionados con las condiciones de Suma/Caída Óptica, OAD, del nodo óptico de transporte del Multiplexor Óptico de Suma/Caída Reconfigurable, ROADM;
- 40 valor de la dispersión aumentada o disminuida de cada uno de los canales relacionados con las condiciones de la Conexión de Cruce Óptico, OXC, del nodo óptico de transporte de la Conexión Óptica Cruzada, OXC.
4. El aparato de la reivindicación 1, en el que dicha unidad del sistema de señalización transmite oportunamente la información de la característica de dispersión del canal óptico a la unidad lógica de control del nodo en el cual se localiza el compensador de dispersión sintonizable a través de la interacción de señalización entre los nodos.
- 45 5. El aparato de la reivindicación 1, en el que dicha unidad del sistema de señalización envía la información de la característica de dispersión del canal óptico a la unidad lógica de control del nodo en el cual se localiza el compensador óptico de dispersión sintonizable a través del intercambio de información entre los nodos cuando el nodo en el cual se localiza el compensador óptico de dispersión sintonizable está inicializando.
- 50 6. El aparato de la reivindicación 1, en el que dicho compensador óptico de dispersión sintonizable es un compensador de dispersión sintonizable que aplica la retícula Bragg de fibra con barrido de frecuencia, la tecnología de interferencia con etalón de Gires-Tournois, la tecnología del sistema micro electromecánico o la tecnología de cavidad resonante de anillo del Circuito Planificador de la Onda de Luz, PLC, o un dispositivo que aplica compensadores de dispersión fija multi-etapa en cascada y que usa un conmutador óptico para implementar diferente cantidad de compensación de dispersión.
- 55 7. Un procedimiento para la compensación de dispersión adaptativa a usar para la compensación de dispersión adaptativa en un sistema de comunicaciones ópticas, **caracterizado porque** el procedimiento comprende las siguientes etapas de:

- usar un compensador óptico de dispersión sintonizable para compensar de forma óptica la dispersión de las señales ópticas de entrada y emitir las señales ópticas compensadas (601);
 calcular un valor de ajuste de la compensación óptica de dispersión sintonizable;
 controlar el compensador óptico de dispersión sintonizable a través de la retroalimentación de acuerdo con el
 5 valor de ajuste y que ajusta la cantidad de compensación de dispersión de dicho compensador óptico de dispersión sintonizable (604);
caracterizado porque el procedimiento comprende además la etapa de:
- detectar la información de la característica de dispersión en el canal de dicho sistema de comunicaciones
 ópticas (602) en base a unos informes de funcionamiento ofrecidos por cada unidad de red en el sistema de
 10 comunicaciones ópticas; y
 en el que la etapa de calcular comprende el cálculo del valor de ajuste de la compensación óptica de dispersión sintonizable de acuerdo con la información de la característica de dispersión detectada (603).
- dicha etapa de cálculo del valor de ajuste de la compensación óptica de dispersión sintonizable incluye: originar
 una señalización para buscar una nueva ruta y obtener dicha información de la característica de dispersión a
 15 través de la transmisión de señalización entre los nodos cuando se detectan cambios de la característica de dispersión en el canal y la topología de la línea relevante;
 después de que se encuentra una nueva ruta adecuada, calcular el valor de ajuste del compensador de dispersión sintonizable en base a la información de dispersión obtenida;
 dicha etapa de control del compensador óptico de dispersión sintonizable a través de la retroalimentación
 20 incluye: el establecimiento de dicho compensador óptico de dispersión a un valor correspondiente de acuerdo con dicho valor de ajuste de la dispersión mientras que el sistema conmuta a la nueva ruta.
8. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que dicha etapa de detección de la característica de dispersión es para detectar por un sistema distribuido, distribuido en cada uno de los nodos en dicho sistema de comunicaciones ópticas, y el intercambio de información entre los nodos se realiza por un canal físico.
- 25 9. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que dicha información de la característica de dispersión detectada incluye la siguiente información o cualquier combinación de las mismas:
- tolerancia de dispersión del transmisor;
 las dispersiones residuales mínima y máxima permitidas por el receptor;
 la dispersión aumentada o disminuida de un nodo de amplificación óptica normal;
 30 la dispersión de la línea de fibra óptica;
 la dispersión equivalente de los efectos no lineales de la línea de fibra óptica;
 el valor de la dispersión aumentada o disminuida de cada uno de los canales relacionado con las condiciones de Suma/Caída Óptica, OAD, del nodo de transporte óptico del Multiplexor Óptico de Suma/Caída Reconfigurable, ROADM;
 35 el valor de la dispersión aumentada o disminuida de cada uno de los canales relacionados con las condiciones de la Conexión Óptica de Cruce, OXC, del nodo de transporte óptico de la Conexión Óptica de Cruce, OXC.
10. El aparato de la reivindicación 7, en el que dicho compensador óptico de dispersión sintonizable es un compensador de dispersión sintonizable que aplica una rejilla Bragg de fibra con barrido de frecuencias, o una tecnología de interferencia con etalón de Gires-Tournois o una tecnología del sistema micro electromecánico, o una
 40 tecnología de cavidad resonante de anillo del Circuito Planificador de Onda de Luz, PLC, o un dispositivo que aplica un compensador fijo de dispersión multi-etapa en cascada y que usa un conmutador óptico para implementar diferentes cantidades de la compensación de dispersión.

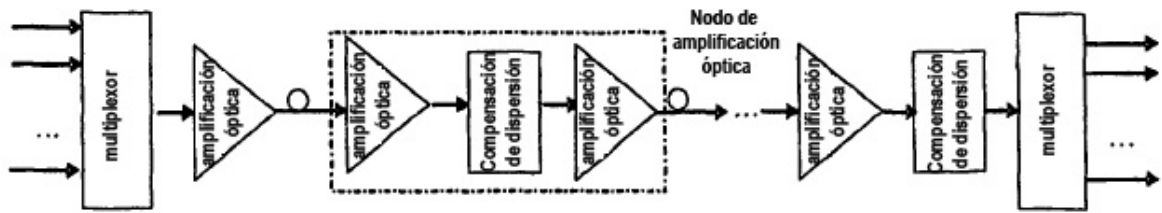


fig. 1

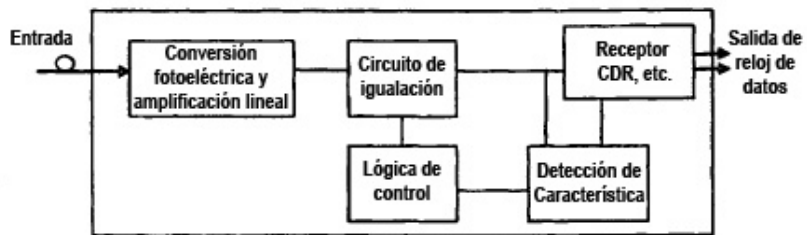


fig. 2

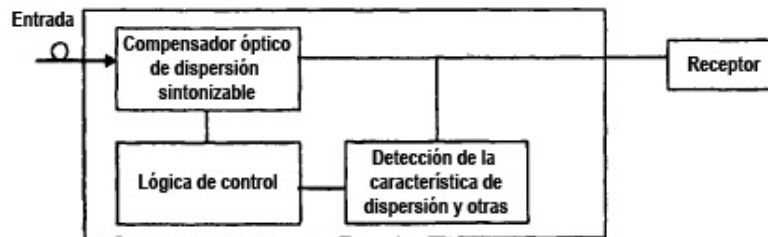


fig. 3

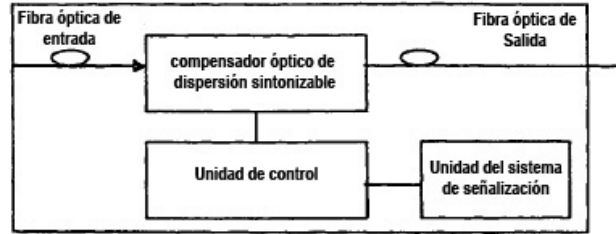


fig. 4

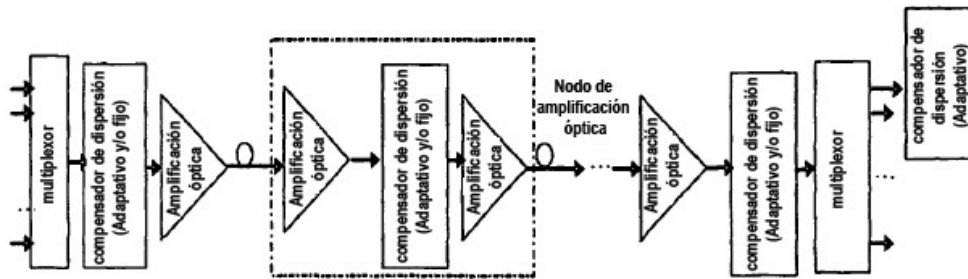


fig. 5

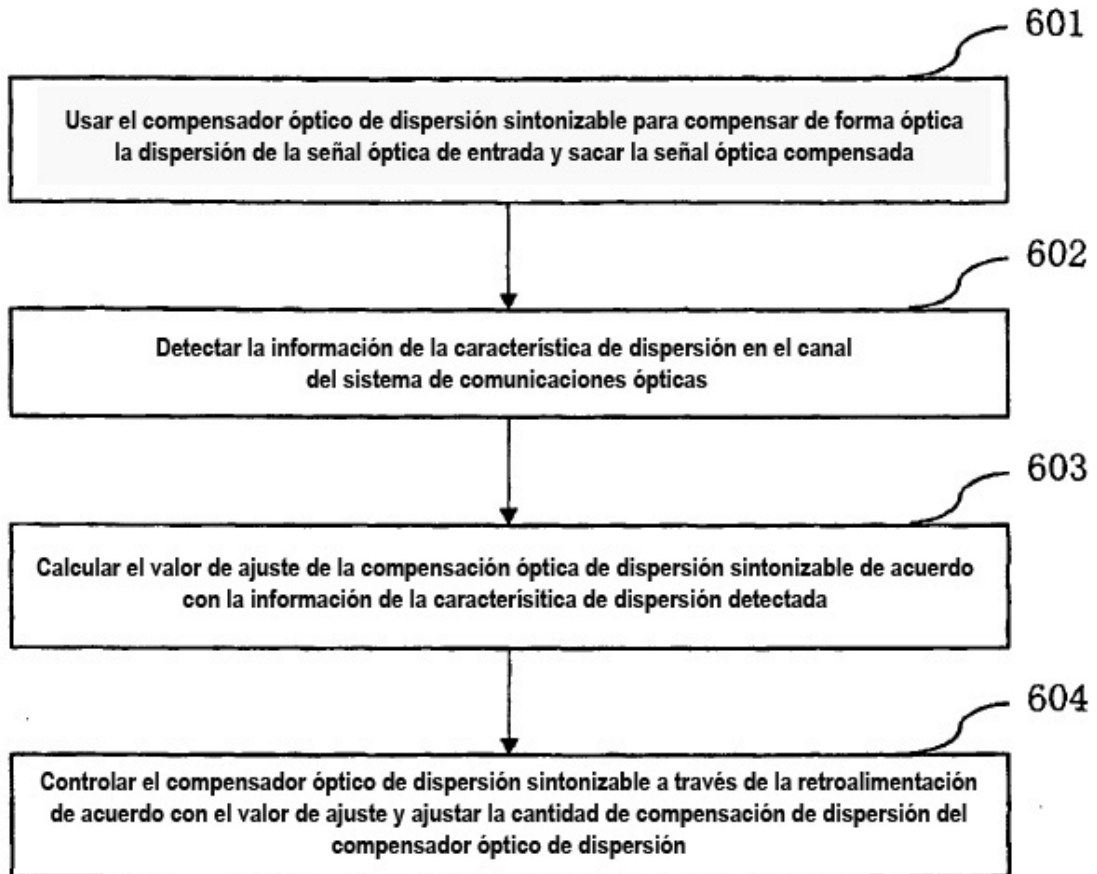


fig. 6

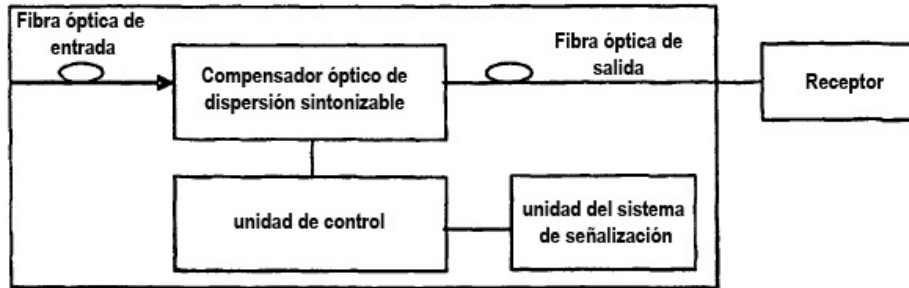


fig. 7

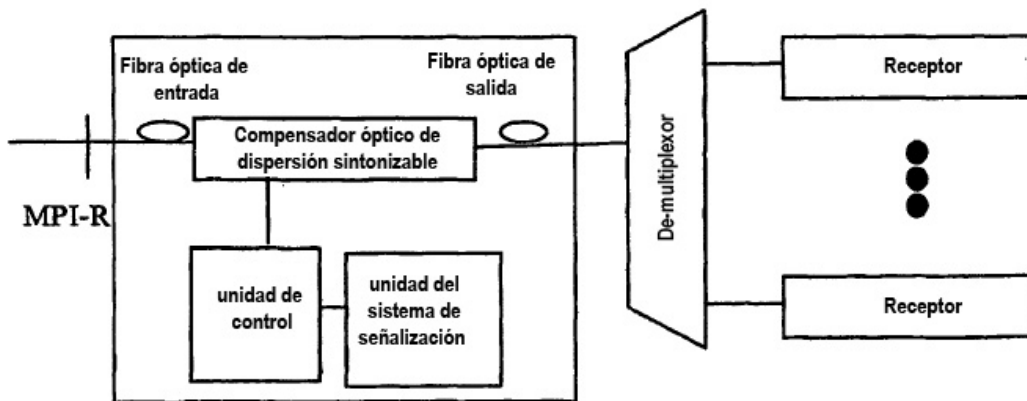


fig. 8

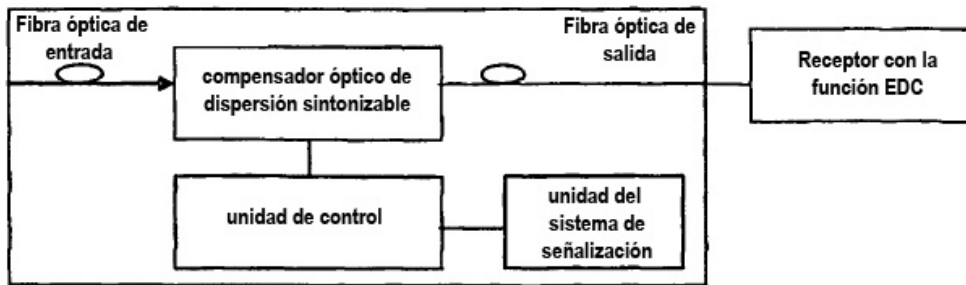


fig. 9

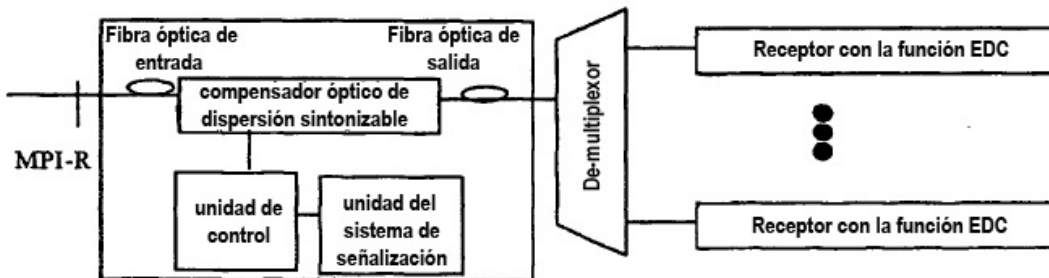


fig. 10

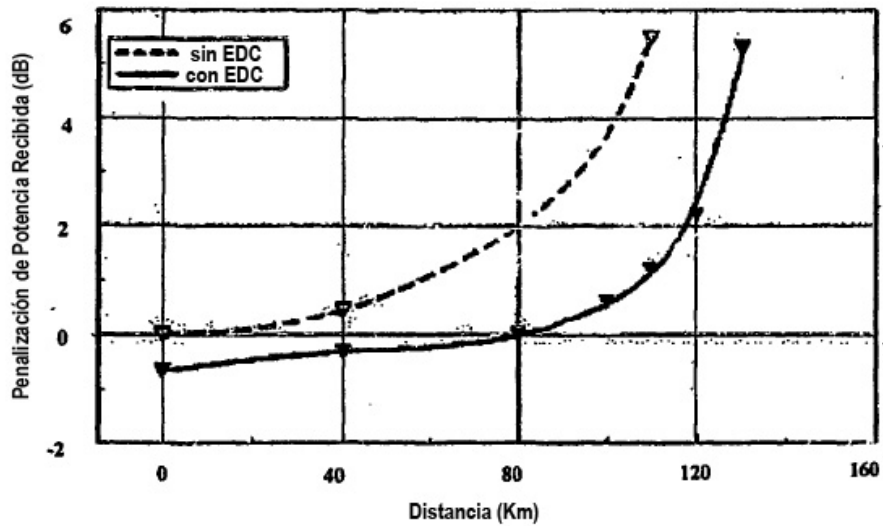


fig. 11

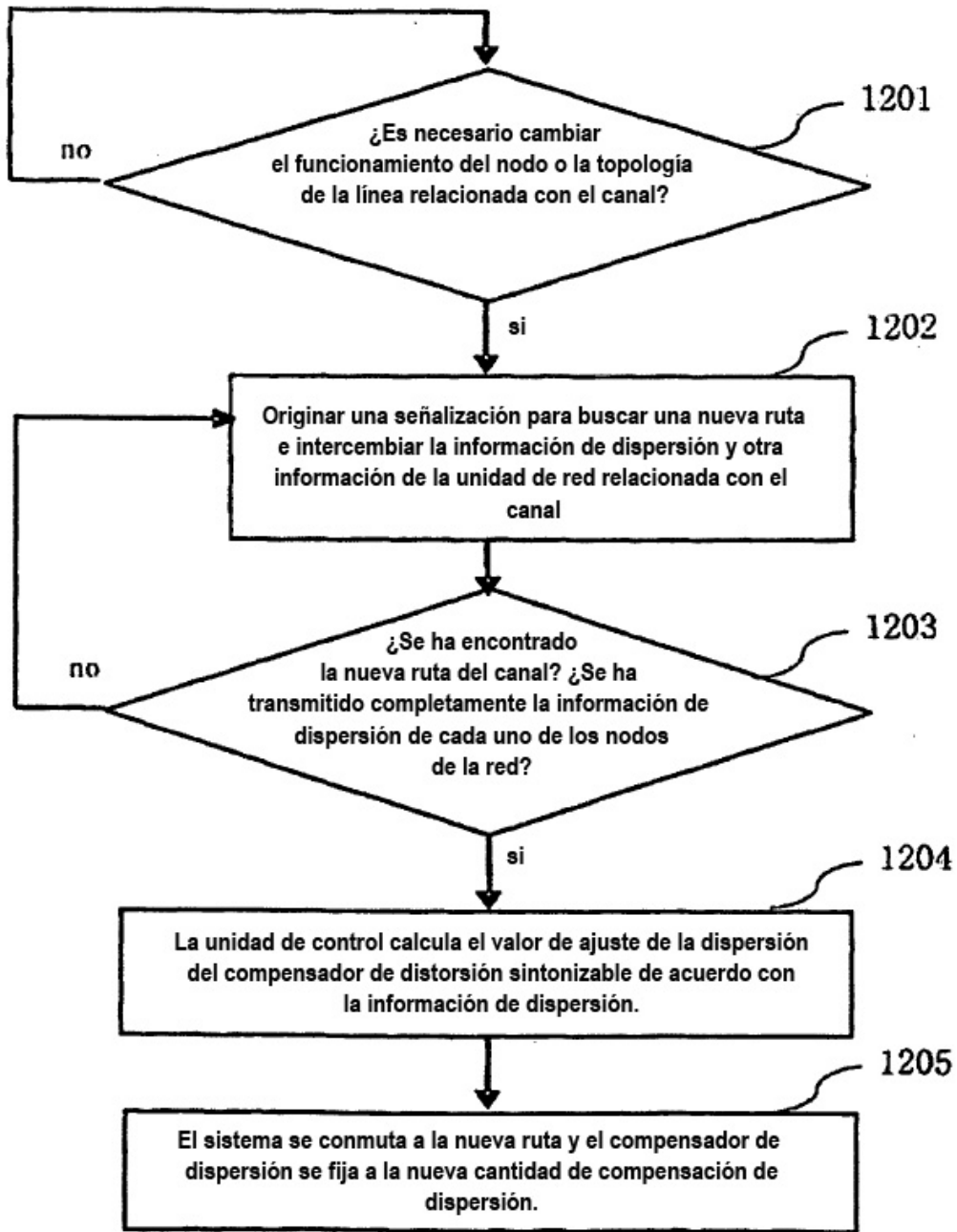


fig. 12