



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 363 039**

51 Int. Cl.:
H04B 10/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07702186 .3**

96 Fecha de presentación : **24.01.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2019499**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.01.2009**

54 Título: **Método y dispositivo para detectar la dispersión, y sistema de transmisión de señal óptica.**

30 Prioridad: **13.05.2006 CN 2006 1 0080030**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.07.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.07.2011

73 Titular/es: **HUAWEI TECHNOLOGIES Co., Ltd.**
Huawei Administration Building
Bantian, Longgang District, Shenzhen
Guangdong 518129, CN

72 Inventor/es: **Liu, Yue;**
Li, Lijun;
Tao, Zhihui y
Fu, Wei

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 363 039 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 dispositivo para detectar la dispersión, y sistema de transmisión de señal óptica

Esta solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de patente china número 200610080030.3, titulada "Método y Dispositivo para la Detección de la Dispersión" y presentada en la Oficina de Patentes China el 13 de mayo de 2006.

5 Campo de la invención

La presente invención está relacionada con el campo de la transmisión óptica, y en particular con un método y un dispositivo para la detección de la dispersión en un sistema adaptativo de compensación de la dispersión.

Antecedentes de la invención

10 Varias frecuencias o varios modos de una señal transmitida en una fibra óptica tienen diferentes velocidades de transmisión, lo que provoca una distorsión de la forma de onda de la señal, y dicho fenómeno se denomina dispersión. El impacto de la dispersión en la transmisión óptica provoca interferencia entre símbolos entre pulsos de datos. Por lo tanto, es necesaria una compensación de la dispersión para asegurar el rendimiento de la transmisión de un sistema. Para un sistema de transmisión óptica de alta velocidad con una velocidad superior a 40 Gb/s o una red de transmisión óptica que se desea poder configurar dinámicamente, es necesaria una solución ajustable de 15 compensación de la dispersión de forma adaptativa. Para implementar un sistema adaptativo de compensación de la dispersión es necesario un mecanismo de detección de la dispersión y un control de realimentación.

En la actualidad, existen fundamentalmente tres soluciones ajustables de compensación de la dispersión, esto es compensación de la dispersión basada en una red de Bragg de fibra óptica ajustable de periodo variable, pre-distorsión en la parte transmisora, y equilibrio en la parte receptora.

20 Las tres soluciones de detección de la dispersión en los sistemas de compensación de la dispersión anteriores se describen principalmente como sigue.

En la solución 1, se determina la medida de la dispersión mediante la comparación de la diferencia de fase entre las señales de reloj.

25 En relación con la Figura 1, se muestra un método para detectar la dispersión divulgado en un artículo titulado "Técnica de Monitorización de la Dispersión Cromática Utilizando Filtrado Óptico de Banda Lateral y Detección de Desplazamiento de Fase de Reloj", Journal of Lightwave Technology (JTL), Vol. 20, Núm. 12. En este método se filtra una señal de banda lateral vestigial superior (VSB-U) o una señal de banda lateral vestigial inferior (VSB-L) sobre el espectro de la señal utilizando un filtro óptico 101 antes de la conversión fotoeléctrica en la parte receptora, después se realiza la conversión fotoeléctrica sobre la señal VSB-U o la señal VSB-L mediante un conversor 30 fotoeléctrico 102. Se extrae una señal de reloj mediante una unidad 103 de recuperación de reloj, y se elimina la información de fase de la señal de banda lateral. Posteriormente, se determina la medida de la dispersión mediante la comparación de la diferencia de fase entre las dos señales de reloj correspondientes a las señales de banda lateral y una señal de banda base respectivamente.

35 Esta solución necesita dos equipos de conversión fotoeléctrica de alta velocidad y configuración del proceso, y es complicado de configurar. Además, la repetición periódica puede ocurrir con una diferencia de fase de reloj, por lo tanto únicamente se puede cuantificar una medida de la dispersión correspondiente hasta un máximo de una variación de un ciclo de reloj, y la variación de la medida de la dispersión cuantificable está limitada.

40 En la solución 2, se añade una señal de transmisión con una señal de detección de armónicos que se extrae en la parte receptora tras la conversión fotoeléctrica, y la medida de la dispersión del sistema se determina mediante la intensidad de la señal de detección de armónicos en la parte receptora.

45 En relación con la Figura 2, se muestra una solución de monitorización y compensación de la dispersión utilizando un tono de subportadora en la banda, divulgado en WH4, OFC2001. En esta solución se añade una señal de detección de armónicos, utilizando un modulador, a una señal transmitida en una línea de transmisión, en la parte receptora, el espectro de potencia de la señal de detección de armónicos se separa con un filtro eléctrico después de la conversión fotoeléctrica de la señal óptica, y se determina la medida de la dispersión del sistema de acuerdo con la disminución de la medida de la potencia.

En este método es necesario añadir un dispositivo sintonizador adicional en la parte transmisora, lo que aumenta la complejidad del sistema.

50 En la solución 3, una señal óptica se convierte en una señal eléctrica, y la dispersión del sistema se determina mediante la detección de un cambio de un primer punto mínimo de dispersión en el espectro de potencia.

Se divulga una solución de la detección de la dispersión en la patente de Estados Unidos número US6487352.

Como se muestra en la Figura 3, la implementación de esta solución de detección es como sigue: después de la conversión fotoeléctrica de una señal óptica, la señal se filtra mediante algunos filtros de banda estrecha de RF, y después se determina un valor de la medida de la dispersión del sistema mediante un análisis de varios componentes del espectro de banda estrecha. En esta solución se utiliza la relación de correspondencia entre el grado de expansión del coseno del espectro de potencia de un receptor cuadrático y la medida de la dispersión de la señal. Aquí, los números de referencia en la Figura 3 son respectivamente como siguen: 300 representa una señal óptica de entrada; 301 representa un conversor fotoeléctrico; 302 representa un amplificador ajustable; 303 representa un filtro paso banda; 304 representa un amplificador ajustable; 305 representa un filtro paso banda; 306 representa un detector cuadrático; 307 representa un filtro paso bajo; 308 representa un conversor A/D; 309 representa un procesador de señal digital; y 310 representa una señal de control de la dispersión.

En la patente anterior, la posición valle de la onda se busca mediante muestreo de alta densidad en el espectro de la potencia, y se determina la medida de la dispersión de una señal con la dirección del desfase y la cantidad de desfase de la posición valle de la onda. El muestreo de alta densidad es necesario para situar con precisión la posición valle de la onda, lo que complica la configuración del sistema de detección e incrementa el coste del mismo. Además, en un sistema de alta velocidad se necesita detectar y compensar incluso un pequeño cambio de la medida de la dispersión de la señal. Sin embargo, el cambio de la posición valle de la onda no es sensible a una pequeña variación en la medida de la dispersión, lo que limita la aplicación de esta solución en el sistema de alta velocidad. Además, en esta solución, es necesario amplificar la energía eléctrica en cada salida del filtro, lo que aumenta el consumo de potencia del sistema.

En la patente de los Estados Unidos número 2004/0156038 se divulga otra solución para la detección de la dispersión.

Resumen de la invención

Un objeto de la presente invención es superar los inconvenientes del método y dispositivo para la detección de la dispersión de la técnica anterior, que son complejos e insensibles a una pequeña dispersión. La presente invención proporciona un método y dispositivo de detección, que se utiliza en un sistema adaptativo de compensación de la dispersión, con una implementación sencilla, y un sistema de transmisión de la señal óptica.

El método proporcionado para la detección de la dispersión en la presente invención incluye los siguientes pasos.

Obtener una señal eléctrica con un rango de ancho de banda predeterminado a partir de una señal óptica recibida.

Obtener un valor resultante de una potencia mediante una operación sobre la señal eléctrica con el rango de ancho de banda predeterminado.

Obtener una medida de la dispersión del sistema a partir de la relación de correspondencia entre el valor resultante de la potencia y la medida de la dispersión del sistema.

El dispositivo proporcionado para la detección de la dispersión en la presente invención incluye una unidad operacional de filtro fotoeléctrico y una unidad de proceso.

La unidad operacional de filtro fotoeléctrico se adapta para obtener una señal eléctrica con un rango de ancho de banda predeterminado en función de una señal óptica recibida, y consigue un valor resultante de potencia mediante una operación sobre la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado.

La unidad de proceso se adapta para obtener la medida de la dispersión del sistema mediante una relación de correspondencia entre el valor resultante de potencia y la medida de la dispersión del sistema.

El sistema de transmisión de señal óptica proporcionado en la presente invención incluye un módulo ajustable de compensación de la dispersión y un módulo divisor de la luz que se conectan en serie en un camino de la fibra óptica, y un módulo de detección de la dispersión adaptado para obtener la luz de detección del módulo divisor de la luz para la detección de la medida de la dispersión del sistema, y un módulo de control conectado en serie entre el módulo ajustable de compensación de la dispersión y el módulo de detección de la dispersión. El módulo de detección de la dispersión incluye una unidad operacional de filtro fotoeléctrico y una unidad de proceso.

La unidad operacional de filtro fotoeléctrico se adapta para obtener una señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado en función de una señal óptica recibida, y para obtener un valor resultante de la potencia mediante una operación sobre la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado.

La unidad de proceso se adapta para obtener la medida de la dispersión del sistema mediante una relación de correspondencia entre el valor resultante de la potencia y la medida de la dispersión del sistema.

La presente invención tiene las siguientes ventajas.

1. Comparado con la solución 1 de la técnica anterior, en la presente invención el sistema de detección y compensación de la dispersión no necesita una unidad de recuperación de reloj compleja y costosa.

5 2. Comparado con la solución 2 de la técnica anterior, en la presente invención no se necesita añadir ninguna luz de detección adicional en la parte transmisora, por lo que se ahorran recursos de ancho de banda, y se evita el impacto de la luz de detección en la luz de la señal.

3. Comparado con la solución 3 de la técnica anterior, en la presente invención se desea monitorizar la potencia total o la potencia promedio, y el método para obtenerlas es simple y único, lo cual es más flexible en una aplicación práctica del sistema.

10 4. La presente invención es aplicable no sólo en un escenario con un enlace sin cambios, sino también en un escenario con un enlace variable.

5. En la presente invención, la potencia promedio o la potencia total se calcula en cierto rango de ancho de banda, y por lo tanto es relativamente sensible a una pequeña dispersión.

Breve descripción de los dibujos

15 La Figura 1 es un diagrama esquemático de la estructura de un dispositivo para la detección de la dispersión mediante la comparación de la diferencia de fase entre las señales de reloj en la técnica anterior;

La Figura 2 es un diagrama esquemático de la estructura de un dispositivo para la detección de la dispersión mediante una señal de detección de armónicos en la técnica anterior;

20 La Figura 3 es un diagrama esquemático de la estructura de un dispositivo para la detección de la dispersión mediante la detección de un cambio en el primer punto mínimo de dispersión en el espectro de potencia en la técnica anterior;

La Figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra una curva característica de la amplitud de una señal eléctrica en función de la frecuencia en la que se normaliza la intensidad espectral, en la que la señal eléctrica se obtiene de la detección cuadrática de un pulso de una señal óptica transmitida por una fibra óptica;

25 La Figura 5 es un diagrama de flujo de un método para la detección de la dispersión de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

La Figura 6 es un diagrama de la estructura de un dispositivo para la detección de la dispersión de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

La Figura 7a es un diagrama de la estructura de un dispositivo para la detección de la dispersión en el que se utiliza un integrador en un módulo operacional de acuerdo con la presente invención;

30 La Figura 7b es un diagrama de la estructura de un dispositivo para la detección de la dispersión en el que se utiliza un módulo para el cálculo de la potencia media en un módulo operacional de acuerdo con la presente invención;

La Figura 7c es un diagrama de la estructura de un dispositivo para la detección de la dispersión en el que se utiliza un módulo para el cálculo de la relación de potencia en un módulo operacional de acuerdo con la presente invención;

35 La Figura 8 es un diagrama de la estructura de un dispositivo para la detección de la dispersión de acuerdo con otro modo de realización de la presente invención;

La Figura 9 es un diagrama que muestra una estructura de la unidad operacional del filtro fotoeléctrico suministrado en la presente invención;

40 La Figura 10 es un diagrama de la estructura de un sistema adaptativo de compensación, que emplea el dispositivo para la detección de la dispersión, que es aplicable a la parte transmisora y la línea de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

La Figura 11 es un diagrama de la estructura de un sistema adaptativo de compensación, que emplea el dispositivo para la detección de la dispersión, que es aplicable a la parte receptora de acuerdo con un modo de realización de la presente invención; y

45 La Figura 12 es un diagrama que muestra un resultado simulado de la densidad espectral de potencia.

Descripción detallada de los modos de realización

A continuación se describen los modos de realización preferidos de la presente invención con referencia a los

dibujos anexos.

En primer lugar se explican los principios de la presente invención tomando como ejemplo una señal de coseno alzado de frecuencia única.

5 Se supone una señal $I = I_0 (1 + m \cos(2\pi ft))$, $m \ll 1$, donde I_0 indica la potencia media de la señal, y m indica la profundidad de modulación. La densidad espectral de potencia resultante tras la detección cuadrática es $I_f = I_0 m |\cos(\pi \lambda^2 D_r f^2 / c)|$, donde, λ indica la longitud de onda de una portadora, D_r indica la dispersión del sistema de transmisión, y c indica la velocidad de la luz en el vacío.

10 El primer valor extremo de la dispersión indica un primer punto nulo en el espectro del impulso de la respuesta del sistema a la dispersión, y el segundo valor extremo de la dispersión indica un segundo punto nulo en el espectro del impulso de la respuesta del sistema a la dispersión, etc. Una frecuencia F correspondiente al primer valor extremo de la dispersión se obtiene mediante cálculo, donde, $F = (c/2D_r\lambda^2)^{1/2}$. A partir de la relación de correspondencia entre el primer valor extremo F de la dispersión y la dispersión D_r del sistema se puede observar que, cuando la dispersión D_r del sistema aumenta, disminuye el valor de la frecuencia que se corresponde con el primer punto mínimo F de dispersión, y cuando la dispersión D_r del sistema disminuye, aumenta el valor de la frecuencia que se corresponde con el primer punto mínimo F de la dispersión.

15 Con respecto a la intensidad espectral $I_f = I_0 m |\cos(\pi \lambda^2 D_r f^2 / c)|$, se puede calcular una suma en un rango de ancho de banda seleccionado, y se puede obtener una relación entre la potencia total y la dispersión D_r del sistema en el rango de ancho de banda seleccionado a partir de la expresión de la intensidad espectral de más arriba. Existe una relación de correspondencia uno a uno entre la potencia total y la dispersión D_r del sistema. La potencia total disminuye cuando aumenta la dispersión D_r del sistema, y aumenta cuando disminuye D_r .

20 En referencia a la Figura 4, es un diagrama esquemático que ilustra una curva característica de la amplitud de una señal eléctrica en función de la frecuencia en la que se normaliza la intensidad espectral, en la que la señal eléctrica se obtiene de la detección cuadrática de un pulso de una señal óptica transmitida por una fibra óptica. El primer punto mínimo de la dispersión de la intensidad espectral se sitúa en F (el segundo punto mínimo de dispersión y otros mínimos no se muestran). Debido a los efectos de la dispersión, esta característica de la amplitud respecto de la frecuencia es distinta de la característica ideal de la amplitud respecto de la frecuencia sin dispersión. La posición de F es fija si la dispersión del sistema es constante. En caso contrario, la posición de F cambia con la dispersión del sistema. Cuando aumenta la dispersión de una señal, el primer punto mínimo de la dispersión se desplaza desde el punto F de frecuencia hacia una frecuencia más baja, como se muestra en el punto F' de frecuencia de la Figura 4. Cuando disminuye la dispersión de la señal, el primer punto mínimo F de dispersión se desplaza hacia una frecuencia más alta, como se muestra en el punto F'' de frecuencia en la Figura 4. Una variación en la densidad espectral causa que el arco MN se mueva hacia $M'N'$ o $M''N''$, y por lo tanto, varía la potencia total en el área comprendida por las letras M , N , P y Q . En otras palabras, cuando aumenta la dispersión D_r del sistema, disminuye la potencia total en el área comprendida por las letras M , N , P y Q , y cuando disminuye la dispersión D_r del sistema, aumenta la potencia total en el área comprendida por las letras M , N , P y Q .

35 En relación con la intensidad espectral $I_f = I_0 m |\cos(\pi \lambda^2 D_r f^2 / c)|$, si se calcula un valor promedio en un rango de ancho de banda seleccionado, se puede obtener la relación entre la potencia promedio y la dispersión D_r del sistema en el rango de ancho de banda seleccionado a partir de la expresión de la intensidad espectral de más arriba. Existe una relación de correspondencia uno a uno entre la potencia total y la dispersión D_r del sistema. La potencia promedio disminuye cuando aumenta la dispersión D_r del sistema, y aumenta cuando disminuye D_r .

40 Para evitar la no linealidad, no pueden ser cero ni la dispersión local ni la dispersión de un sistema. De otro modo, no existiría un primer punto mínimo de dispersión, o el primer punto mínimo de dispersión estaría a una distancia infinita. Si la dispersión estándar del sistema es $D_{rs} \neq 0$, se puede asegurar que en un sistema real existe un primer punto mínimo estándar de dispersión, y un primer punto mínimo real de dispersión varía con la dispersión del sistema alrededor del primer punto mínimo estándar de dispersión.

45 Si la dispersión estándar es D_{rs} , la curva de intensidad normalizada correspondiente se muestra como la línea de puntos y rayas en la Figura 4. Se supone que la dispersión real de un sistema es D_r , donde D_r satisface que $D_{rl} \leq D_r \leq D_{rh}$. Si la dispersión es D_{rl} , la curva de intensidad normalizada correspondiente se muestra como la línea de puntos en la Figura 4. Si la dispersión es D_{rh} , la curva de intensidad normalizada correspondiente se muestra mediante la línea continua en la Figura 4.

50 En la presente invención, la cantidad de dispersión del sistema se determina mediante la medición de la potencia de una señal dentro de un rango de ancho de banda $\Delta f1$ con los límites superior e inferior correspondientes a los puntos de frecuencia P y Q . Se obtiene la cantidad de dispersión del sistema con la relación de correspondencia entre la potencia total o potencia promedio dentro del rango de ancho de banda $\Delta f1$ y la medida de dispersión del sistema, y se obtiene la compensación de la medida de dispersión del sistema a partir del cálculo de una diferencia entre la medida de dispersión del sistema y la dispersión estándar, y a continuación se obtiene una medida de control para la

compensación de la dispersión en el sistema de acuerdo con una solución de compensación de la dispersión específica del sistema, consiguiendo de este modo la compensación de la dispersión en el sistema.

En referencia a la Figura 5, el método para la detección de la dispersión de acuerdo con un modo de realización de la presente invención incluye los siguientes pasos.

- 5 En el paso 201, se obtiene una señal eléctrica mediante la conversión fotoeléctrica de una señal óptica. En el modo de realización, tomando un pulso de coseno alzado modulado en intensidad, por ejemplo, asumiendo que la intensidad del pulso óptico $I = I_0(1 + m \cos(2\pi ft))$, $m \ll 1$, donde I_0 indica la potencia promedio de la señal, y m indica la profundidad de la modulación. El espectro de potencia resultante tras la detección cuadrática en la conversión fotoeléctrica se expresa como $I_f = I_0 m |\cos(\pi \lambda^2 D_r f^2 / c)|$, donde, λ indica la longitud de onda de la portadora, D_r indica la dispersión del sistema de transmisión, y c indica la velocidad de la luz en el vacío.

En el modo de realización, la modulación de la intensidad se utiliza como una aproximación a la modulación de la luz. También se utilizan otras técnicas de modulación, como por ejemplo la modulación en fase, la modulación en frecuencia y la modulación en polarización.

- 15 En el paso 202, se selecciona un rango de ancho de banda $\Delta f1$, y sus límites de frecuencia superior e inferior se seleccionan de acuerdo con los principios de que el valor P de frecuencia superior sea menor que un valor de frecuencia correspondiente al primer punto mínimo de la dispersión de la densidad espectral de potencia de la señal eléctrica, y el valor Q de frecuencia inferior se selecciona como aquel valor de frecuencia que permite la potencia más sensible a un cambio en la dispersión, siendo 0 el valor de la frecuencia en el punto óptico.

- 20 En la práctica, se puede establecer una banda de guarda $\Delta f2$ que es menor que la diferencia de frecuencias entre el punto P y el punto F. La $\Delta f2$ se selecciona de acuerdo con el principio de que el punto P de frecuencia es tan pequeño como sea posible sin que pase a un lado del punto F con una frecuencia más alta.

En el paso 203, el espectro de potencia que está en el rango de ancho de banda $\Delta f1$ y que tiene unos límites de frecuencia superior e inferior Q y P se separa mediante filtrado de la señal de la potencia obtenida, y por lo tanto se obtiene una señal paso banda o paso bajo.

- 25 El paso 201 de más arriba se puede realizar después del paso 203, en otras palabras, en primer lugar se obtiene una señal óptica con rango de ancho de banda $\Delta f1$ mediante filtrado de la señal óptica con un filtro óptico paso banda, y a continuación se obtiene una señal eléctrica mediante una conversión fotoeléctrica de la señal óptica filtrada. En el modo de realización, la señal eléctrica es la señal de potencia.

- 30 En el paso 204, se sintetiza la señal paso banda o paso bajo obtenida mediante separación mediante un filtro, de modo que se obtiene la potencia total de la señal que tiene los límites de frecuencia superior e inferior Q y P y un rango de ancho de banda $\Delta f1$.

En el paso 205, se obtiene la medida de dispersión del sistema en función de la relación de correspondencia entre la potencia total y la medida de la dispersión del sistema.

- 35 Existe una relación de correspondencia fija entre la potencia total obtenida y la medida de la dispersión del sistema que se puede deducir de $I_f = I_0 m |\cos(\pi \lambda^2 D_r f^2 / c)|$. Por lo tanto, se puede obtener la medida de la dispersión del sistema mediante la detección de la potencia total. Además, la potencia total obtenida se puede convertir a la medida de compensación de la dispersión y la medida de control, que se utilizan como la medida de control de un sistema de compensación de la dispersión para compensar la dispersión.

- 40 En esta implementación, la relación entre la potencia total, la medida de la dispersión, la medida de la compensación de la dispersión y la medida de control de la compensación de la dispersión se puede incorporar a una tabla de búsqueda que se almacena en un dispositivo de almacenamiento como por ejemplo RAM. En la práctica, esta tabla de búsqueda se puede invocar en tiempo real para obtener la medida de control de la compensación de la dispersión que se introduce a un módulo de control para controlar un módulo de compensación de la dispersión para generar la correspondiente medida de compensación de la dispersión.

- 45 Antes de invocar la tabla de búsqueda, se puede convertir una señal analógica de la potencia total en una señal digital, que se utiliza como un índice de búsqueda para la medida de control correspondiente de la compensación de la dispersión en la tabla de búsqueda. En referencia a la Tabla 1, se muestra un ejemplo de tabla de búsqueda.

Tabla 1

Potencia de salida del conversor A/D (dBw)	Medida de dispersión del sistema (ps/nm)	Medida de compensación de la dispersión del sistema (ps/nm)	Medida de control de la compensación de la dispersión (a.u.)
-54,48	15	10	10
-54,70	10	5	5
-54,90	5	0	0
-55,10	0	-5	-5
-55,20	-5	-10	-10
-55,28	-10	-15	-15
-55,30	-15	-20	-20

Para la obtención de los datos de la tabla anterior, se incluyen las condiciones del siguiente experimento.

5 Se utiliza una secuencia de pulsos de Gauss de 40 Gbit/s, la Amplitud Total a Media Altura (FWHM) de un pulso es 6,25 ps, la potencia de pico de una señal de entrada es 10 dBm, la dispersión estándar del sistema es 42 ps/nm, un primer punto mínimo de dispersión está en 36,8 GHz, y P = 36 GHz, Q = 0 GHz. La potencia de salida de un conversor A/D es la potencia total dentro del ancho de banda.

10 En referencia a la Figura 12, se muestra un diagrama que ilustra el resultado simulado de la densidad espectral de potencia con los datos de más arriba utilizados como condiciones del experimento. Donde la curva 1 representa la densidad espectral de potencia de una señal fuente, mientras la curva 2 representa la densidad espectral de potencia de la señal en el caso de que la dispersión sea 55 ps/nm, y la curva 3 representa la densidad espectral de potencia de la señal en el caso de que la dispersión sea 41,6 ps/nm.

La medida de control de la compensación de la dispersión depende de una tecnología específica de compensación de la dispersión. Los datos de más arriba se generan mediante la Fibra de Compensación de la Dispersión (DCF).

15 En el caso de que el enlace no cambie, existe una dispersión estándar única. En el paso 205, una señal analógica de la potencia puede no convertirse en una señal digital antes de invocar la tabla de búsqueda, en su lugar, se puede buscar directamente la tabla de búsqueda. En referencia a la Tabla 2, la tabla de búsqueda se explora con una aproximación de muchos a uno en lugar de la aproximación de uno a uno para la Tabla 1 de búsqueda.

Tabla 2

Potencia de salida del integrador (dBw)	Medida de dispersión del sistema (ps/nm)	Medida de compensación de la dispersión del sistema (ps/nm)	Medida de control de la compensación de la dispersión (a.u.)
$X_1 \sim X_2$	y_1	z_1	w_1
$X_2 \sim X_3$	y_2	z_2	w_2
$X_3 \sim X_4$	y_3	z_3	w_3
.....
$X_{n-1} \sim X_n$	y_n	z_n	w_n

20 En el modo de realización anterior, la medida de dispersión del sistema se determina mediante la medición de una variación en la potencia total de una señal dentro del rango de ancho de banda Δf que tiene unos límites superior e inferior que se corresponden con los puntos P y Q de frecuencia. Además, la medida de dispersión del sistema se puede determinar calculando una variación en la potencia promedio, y los otros pasos son esencialmente los mismos que los del modo de realización anterior y por lo tanto no se describen aquí en detalle.

El modo de realización anterior es apropiado para el caso en el que se pueda ignorar el efecto de no linealidad de un sistema. Si el efecto de no linealidad del sistema es relativamente importante, para reducir el impacto del efecto de no linealidad, en primer lugar de acuerdo con el modo de realización anterior se calcula la potencia total (o la potencia promedio) dentro del rango de ancho de banda seleccionado, y a continuación se calcula además una potencia total (o potencia promedio) dentro de una región sensible no lineal, donde el límite de frecuencia superior de la región sensible no lineal es más pequeño que el límite de frecuencia inferior del rango de ancho de banda seleccionado al que pertenece la región sensible no lineal. Debido a que la región sensible no lineal está situada en una región de frecuencia inferior, el punto de frecuencia más bajo está en 0. Se obtiene una proporción de las potencias totales o las potencias promedio de las dos regiones. La proporción tiene también una relación de correspondencia uno a uno con la medida de dispersión del sistema y, por lo tanto, con la proporción también se puede obtener la medida de dispersión del sistema y se puede utilizar como medida de control del sistema de compensación de la dispersión. El paso siguiente es el mismo que el paso 205, y por lo tanto no se describirá aquí en detalle.

En otro modo de realización del método de la presente invención, en primer lugar también se puede seleccionar una señal óptica dentro de un rango de ancho de banda predeterminado, del cual un límite superior es menor que el valor de la frecuencia correspondiente al primer punto mínimo de dispersión de la densidad espectral de potencia, y después se obtiene una señal eléctrica mediante la conversión fotoeléctrica de una señal óptica en el rango de ancho de banda predeterminado. Y el procesado posterior de la señal eléctrica se puede llevar a cabo de acuerdo con el modo de realización mostrado en la Figura 5. Además, en la Figura 6 se muestra un modo de realización de un dispositivo para la detección de la dispersión proporcionado en la presente invención, y el dispositivo para la detección de la dispersión incluye una unidad operacional de filtro fotoeléctrico 61, un conversor A/D 62 y una unidad de proceso 63.

La unidad operacional de filtro fotoeléctrico 61 se adapta para separar una señal eléctrica en el rango de ancho de banda seleccionado, para obtener un valor resultante de la potencia mediante una operación sobre la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado, y para convertir una señal óptica en una señal eléctrica.

El conversor A/D 62 se adapta para convertir una señal analógica en una señal digital.

La unidad de proceso 63 se adapta para obtener la medida de dispersión del sistema mediante una relación de correspondencia entre el valor resultante de la potencia y la medida de dispersión del sistema, y además para obtener la medida de compensación de la dispersión del sistema y la medida de control de la compensación de la dispersión del sistema.

Una señal eléctrica 64 de salida de la unidad operacional de filtro fotoeléctrico 61 es la entrada del conversor A/D 62, y una señal digital 65 de salida del conversor A/D 62 es la entrada de la unidad de proceso 63.

En referencia a la figura 7a, la unidad operacional de filtro fotoeléctrico incluye un módulo conversor fotoeléctrico 71, un filtro 72, y un módulo operacional. En el modo de realización, el módulo operacional es un integrador de frecuencia 73, y la unidad de proceso es un módulo de búsqueda 74 de la potencia total.

Una señal óptica que tiene una portadora óptica de f_c se pasa al módulo conversor fotoeléctrico 71 para obtener una señal eléctrica 81; a continuación el espectro de potencia que está dentro del rango de ancho de banda Δf_1 y que tiene unos límites de frecuencia superior e inferior Q y P se separa mediante el filtro 72 para obtener una señal paso banda o paso bajo 82, que a continuación se pasa al integrador de frecuencias 73. El integrador de frecuencia 73 produce una señal analógica 83 de la potencia total que indica una potencia total de una señal que tiene los límites de frecuencia superior e inferior Q y P y que tiene un rango de ancho de banda de Δf_1 . Mediante el conversor A/D 62, la señal analógica 83 de la potencia total se convierte en una señal digital 84 de la potencia total, que se utiliza como índice para buscar la medida correspondiente de dispersión del sistema en el módulo de búsqueda 74 de la potencia total, y obteniéndose de este modo la medida de compensación de la dispersión del sistema y la medida de control de la compensación 66 de la dispersión del sistema. En la Tabla 1 se muestra un ejemplo de tabla de búsqueda. El módulo conversor fotoeléctrico 71 se puede implementar con un transistor PIN u otros dispositivos de detección fotoeléctricos. Debido a que existe una relación de correspondencia fija entre la energía detectada y la medida de dispersión de la señal, el módulo de búsqueda de la potencia total es un dispositivo de almacenamiento, como por ejemplo RAM, en el que se almacena la relación entre la potencia detectada y la medida de dispersión del sistema. En la práctica, la tabla de búsqueda en el módulo de búsqueda de la potencia total se invoca en tiempo real. Además, en el módulo de búsqueda de la potencia total se puede almacenar una relación de correspondencia entre la potencia, la medida de la dispersión, la medida de compensación de la dispersión y la medida de control de la compensación de la dispersión del sistema. De este modo, la medida de la compensación de la dispersión del sistema y la medida de control de la compensación de la dispersión del sistema 66 se pueden obtener directamente a partir del módulo de búsqueda 74 de la potencia total.

En referencia a la Figura 7b, el integrador de frecuencia 73 del módulo operacional se puede reemplazar por un módulo de cálculo 75 de la potencia promedio, y el módulo de búsqueda 74 de la potencia total de la unidad de

proceso se puede reemplazar por un módulo de búsqueda 76 de la potencia promedio.

La señal 82 paso banda o paso bajo de salida del filtro 72 sirve de entrada al módulo 75 de cálculo de la potencia promedio para obtener una señal analógica 85 de la potencia promedio de una señal eléctrica en el rango de ancho de banda seleccionado. Mediante el convertor A/D 62, la señal analógica 85 de la potencia promedio se convierte en una señal digital 86 de la potencia promedio, que se utiliza como un índice para la búsqueda de la medida correspondiente de dispersión del sistema en el módulo de búsqueda 76 de la potencia promedio, y por lo tanto se obtienen la medida de compensación de la dispersión del sistema y la medida de control de la compensación del sistema 66. El resto de relaciones entre señales son las mismas que las del modo de realización anterior y, por lo tanto, no se describen aquí en detalle.

- 5
- 10 En referencia a la Figura 7c, el integrador de frecuencia 73 de la unidad de proceso se puede reemplazar por un módulo de cálculo 77 del coeficiente de potencia, y el módulo de búsqueda 74 de la potencia total de la unidad de proceso se puede reemplazar por un módulo de búsqueda 78 del coeficiente de potencia.

La señal paso banda o paso bajo 82 de salida del filtro 72 es la entrada del módulo de cálculo 77 del coeficiente de potencia para obtener una proporción 87 entre la potencia promedio o la potencia total de una señal eléctrica en el rango de ancho de banda seleccionado y en la región sensible no lineal. Mediante el convertor A/D 62, se convierte la señal analógica 87 del coeficiente de potencia en una señal digital 88 del coeficiente de potencia, que se utiliza como índice para buscar la medida correspondiente de dispersión del sistema en el módulo de búsqueda 78 del coeficiente de potencia y, por lo tanto, se obtiene la medida de compensación de la dispersión del sistema y la medida de control de la compensación de la dispersión del sistema 66. El resto de relaciones entre señales son las mismas que las del modo de realización anterior, por lo tanto, no se describen aquí en detalle.

- 15
- 20

En el caso en que no cambie el enlace, el dispositivo no necesita incluir el convertor A/D 62. Como se muestra en la Figura 8, el dispositivo incluye una unidad operacional de filtro fotoeléctrico 61 y una unidad de proceso 63. La salida de la unidad operacional de filtro fotoeléctrico 61 se conecta a la entrada de la unidad de proceso 63. Una señal analógica 64 de salida de la unidad operacional de filtro fotoeléctrico 61 entra directamente en un módulo de búsqueda de la unidad de proceso para realizar la búsqueda. En consecuencia, en el módulo de búsqueda se explora una tabla de búsqueda en una aproximación de muchos a uno. Este caso es apropiado para la estructura en la que en el módulo operacional se utilizan un integrador, un módulo de cálculo de la potencia promedio o un módulo de cálculo del coeficiente de potencia, y puede no incluirse el convertor A/D. Esto tiene una estructura similar a la del modo de realización anterior y no se describe aquí en detalle.

- 25
- 30 En los modos de realización anteriores, el módulo convertor fotoeléctrico 71 se sitúa delante del filtro 72 en la unidad operacional del filtro fotoeléctrico. En la práctica, como se muestra en la Figura 9, el filtro 72 puede situarse delante del módulo convertor fotoeléctrico 71 con la salida del filtro 72 conectada a la entrada del módulo convertor fotoeléctrico 71 y, por lo tanto, el filtro es un filtro óptico paso banda.

El dispositivo para detectar la dispersión proporcionado en la presente invención se puede utilizar para construir un sistema ajustable de compensación de la dispersión.

- 35

En relación con la Figura 10, se muestra un modo de realización de un sistema en el que un módulo ajustable de compensación de la dispersión es aplicable a la parte transmisora y la línea. En la Figura 11, se muestra un modo de realización de un sistema en el que un módulo ajustable de compensación de la dispersión es aplicable a la parte receptora. Los sistemas que se muestran en las Figuras 10 u 11 incluyen un módulo ajustable de compensación de la dispersión y un módulo divisor de la luz (p.e. un divisor de luz) los cuales se conectan en serie en un camino de fibra óptica, un módulo de detección de la dispersión adaptado para obtener la detección de la luz a partir del módulo divisor de la luz para detectar la medida de dispersión del sistema, y un módulo de control conectado en serie entre el módulo ajustable de compensación de la dispersión y el módulo de detección de la dispersión. El módulo de detección de la dispersión incluye una unidad operacional de filtro fotoeléctrico y una unidad de proceso. La unidad operacional de filtro fotoeléctrico se adapta para obtener una señal eléctrica en el rango de ancho de banda predeterminado a partir de una señal óptica recibida, y obtener un valor resultante de la potencia a partir de la operación sobre la señal eléctrica en el rango de ancho de banda predeterminado; la unidad de proceso se adapta para obtener la medida de dispersión del sistema mediante la utilización de una relación de correspondencia entre el valor resultante de la potencia y la medida de dispersión del sistema.

- 40
- 45

En el sistema que se muestra en la Figura 10, una señal óptica entra en el módulo ajustable 4a1 de compensación de la dispersión después de la transmisión sobre la línea. Mediante un divisor de luz 4a2 se divide parte de la luz de salida en la que se ha realizado la compensación de la dispersión, para utilizarla como luz de detección que a continuación es la entrada en un módulo de detección de la dispersión 4a3. Un módulo de control 4a4 retroalimenta una señal de control al módulo ajustable de compensación de la dispersión de acuerdo con el resultado de la medida de dispersión detectada mediante el módulo de detección de la dispersión, para así ajustar la medida de compensación de la dispersión para conseguir el rendimiento óptimo del sistema. Se puede proporcionar, o no, un segmento de transmisión entre el módulo ajustable 4a1 de compensación de la dispersión y el divisor de luz 4a2.

- 50
- 55

5 En el sistema que se muestra en la Figura 11, después de la transmisión sobre una línea, en primer lugar se divide parte de la señal óptica mediante un divisor de luz 4a2, para utilizarse como luz de detección que a continuación es la entrada en un módulo de detección de la dispersión 4a3. Un módulo de control 4a4 retroalimenta una señal de control al módulo ajustable 4a1 de compensación de la dispersión de acuerdo con el resultado de la medida de dispersión detectada mediante el módulo de detección de la dispersión, para así ajustar la medida de compensación de la dispersión para conseguir el rendimiento óptimo del sistema.

10 Las descripciones anteriores han explicado los modos de realización preferidos de la presente invención. Para aquellos experimentados en la técnica será obvio que se pueden realizar modificaciones y alteraciones a la invención sin apartarse del alcance de la presente invención, y se pretende que todas las modificaciones y alteraciones formen parte del alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la detección de la dispersión, que comprende:
- 5 la obtención de una señal eléctrica dentro de un rango de ancho de banda predeterminado a partir de una señal óptica recibida, donde el rango de ancho de banda predeterminado tiene un límite superior menor que un valor de frecuencia correspondiente a un primer punto mínimo de la curva de densidad espectral de potencia de la señal con dispersión;
- la obtención de un valor resultante de una potencia mediante una operación sobre una señal eléctrica dentro el rango de ancho de banda predeterminado; y
- 10 la obtención de una medida de dispersión del sistema de acuerdo con una relación de correspondencia entre el valor resultante de la potencia y la medida de dispersión del sistema.
2. El método para la detección de la dispersión de acuerdo con la reivindicación 1, donde la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado se obtiene mediante los siguientes pasos:
- la obtención de la señal eléctrica mediante conversión fotoeléctrica de la señal óptica recibida; y
- la selección de la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado.
- 15 3. El método para la detección de la dispersión de acuerdo con la reivindicación 1, donde la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado se obtiene mediante los siguientes pasos:
- la selección de una señal óptica dentro de un rango de ancho de banda predeterminado; y
- la obtención de la señal eléctrica mediante conversión fotoeléctrica de la señal óptica dentro del rango de ancho de banda predeterminado.
- 20 4. El método para la detección de la dispersión de acuerdo con la reivindicación 2 ó 3, donde se obtiene una potencia total de la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado mediante una operación de suma sobre la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado, y
- la medida de dispersión del sistema se obtiene de acuerdo con una relación de correspondencia entre la potencia total y la medida de dispersión del sistema.
- 25 5. El método para la detección de la dispersión de acuerdo con la reivindicación 2 ó 3, donde la potencia promedio de la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado se obtiene mediante una operación de promedio de la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado, y
- la medida de dispersión del sistema se obtiene de acuerdo con una relación de correspondencia entre la potencia promedio y la medida de dispersión del sistema.
- 30 6. El método para la detección de la dispersión de acuerdo con la reivindicación 2 ó 3, que comprende además:
- la obtención de la potencia total de la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado mediante la operación de adición sobre la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado;
- 35 a continuación, la obtención de una proporción entre la potencia total de la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado y una potencia total de una señal eléctrica dentro de una región sensible no lineal mediante una operación de división sobre la potencia total de la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado y la potencia total de la señal eléctrica dentro de una región sensible no lineal, y
- la obtención de la medida de dispersión del sistema de acuerdo con una relación de correspondencia entre la proporción de las potencias totales y la medida de dispersión del sistema.
7. El método para la detección de la dispersión de acuerdo con la reivindicación 2 ó 3, que comprende además:
- 40 la obtención de la potencia promedio de la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado mediante la operación promedio sobre la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado;
- a continuación, la obtención de una proporción entre la potencia promedio de la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado y una potencia promedio de una señal eléctrica dentro de una región sensible no lineal mediante una operación de división sobre la potencia promedio de la señal eléctrica dentro del rango de ancho
- 45 de banda predeterminado y la potencia promedio de la señal eléctrica dentro de la región sensible no lineal, y
- la obtención de la medida de dispersión del sistema de acuerdo con una relación de correspondencia entre la

proporción de las potencias promedio y la medida de dispersión del sistema.

8. Un dispositivo para la detección de la dispersión, que comprende una unidad operacional de filtro fotoeléctrico y una unidad de proceso, donde,

5 la unidad operacional de filtro fotoeléctrico (61) se adapta para obtener una señal eléctrica dentro de un rango de ancho de banda predeterminado a partir de una señal óptica recibida, y para obtener un valor resultante de la potencia mediante una operación sobre la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado, donde el rango de ancho de banda predeterminado tiene un límite superior menor que el valor de una frecuencia correspondiente a un primer punto mínimo de la curva de densidad espectral de potencia de la señal con dispersión; y

10 la unidad de proceso (63) se adapta para obtener una medida de dispersión del sistema de acuerdo con una relación de correspondencia entre el valor resultante de la potencia y la medida de dispersión del sistema.

9. El dispositivo para la detección de la dispersión de acuerdo con la reivindicación 8, donde la unidad operacional de filtro fotoeléctrico comprende un módulo conversor fotoeléctrico, un filtro y un módulo operacional, donde,

el módulo conversor fotoeléctrico (71) se adapta para convertir la señal óptica en la señal eléctrica; y

15 el filtro (72) se adapta para filtrar la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado de salida del módulo conversor fotoeléctrico; y

el modulo operacional (73) se adapta para obtener el valor resultante de la potencia mediante la operación sobre la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado.

20 10. El dispositivo para la detección de la dispersión de acuerdo con la reivindicación 8, donde la unidad operacional de filtro fotoeléctrico comprende un módulo conversor fotoeléctrico, un filtro y un módulo operacional, donde,

el módulo conversor fotoeléctrico (71) se adapta para convertir la señal óptica de salida del filtro en la señal eléctrica;

el filtro (72) se adapta para filtrar una señal óptica dentro de un rango de ancho de banda predeterminado; y

el módulo operacional (73) se adapta para obtener el valor resultante de la potencia mediante la operación sobre la señal dentro del rango de ancho de banda predeterminado.

25 11. El dispositivo para la detección de la dispersión de acuerdo con la reivindicación 9 ó 10, donde el módulo operacional es un integrador y la unidad de proceso es un módulo de búsqueda (74) de la potencia total.

12. El dispositivo para la detección de la dispersión de acuerdo con la reivindicación 9 ó 10, donde el módulo operacional es un módulo de cálculo de la potencia promedio y la unidad de proceso es un módulo de búsqueda de la potencia promedio.

30 13. El dispositivo para la detección de la dispersión de acuerdo con la reivindicación 9 ó 10, donde el módulo operacional es un módulo de cálculo del coeficiente de potencia y la unidad de proceso es un módulo de búsqueda del coeficiente de potencia.

35 14. El dispositivo para la detección de la dispersión de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende además un conversor A/D (62) adaptado para convertir una señal analógica en una señal digital, una entrada del conversor A/D (62) conectada a una salida de la unidad operacional de filtro fotoeléctrico, y una salida del conversor A/D (62) conectada a una entrada del módulo de proceso.

40 15. Un sistema de transmisión de señal óptica, que comprende un módulo ajustable de compensación de la dispersión y un módulo divisor de luz que se conectan en serie en un camino de fibra óptica, un módulo para la detección de la dispersión adaptado para obtener la luz de detección del módulo divisor de luz para detectar la medida de dispersión del sistema, y un módulo de control conectado en serie entre el módulo ajustable de compensación de la dispersión y el módulo detector de la dispersión, donde el módulo detector de la dispersión incluye una unidad operacional de filtro fotoeléctrico y una unidad de proceso, donde,

45 la unidad operacional (61) de filtro fotoeléctrico se adapta para obtener una señal eléctrica dentro de un rango de ancho de banda predeterminado a partir de una señal óptica recibida, y para obtener un valor resultante de potencia mediante una operación sobre la señal eléctrica dentro del rango de ancho de banda predeterminado, donde el rango de ancho de banda predeterminado tiene un límite superior menor que un valor de frecuencia correspondiente a un primer punto mínimo de la curva de densidad espectral de potencia de la señal con dispersión; y

la unidad de proceso (63) se adapta para obtener la medida de dispersión del sistema de acuerdo con una relación de correspondencia entre el valor resultante de potencia y la medida de dispersión del sistema.

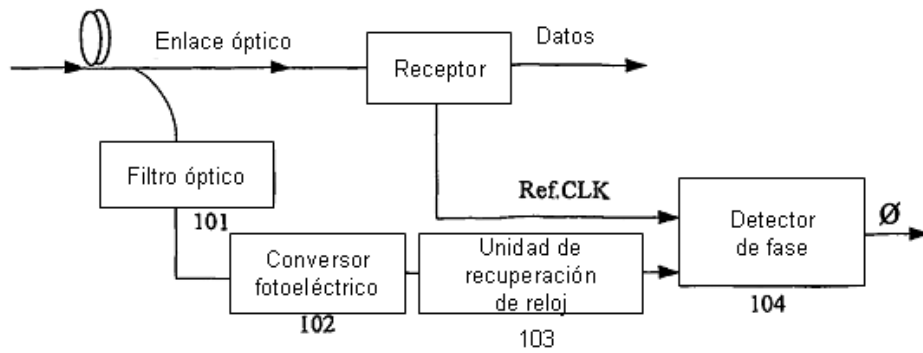


Fig.1

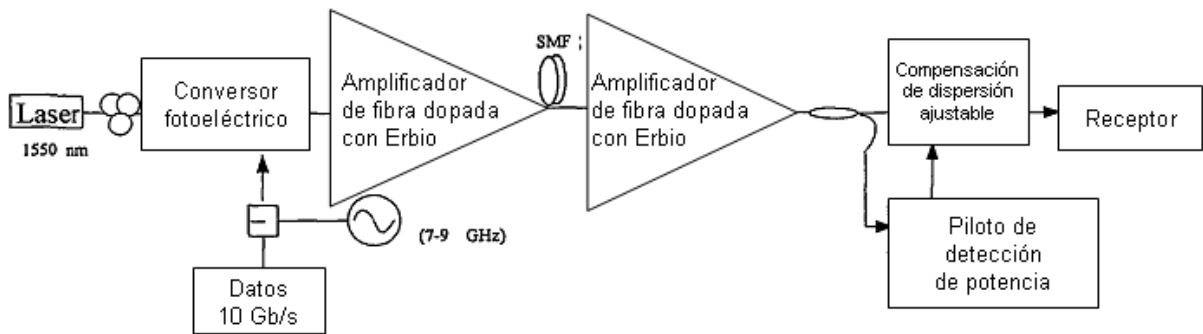


Fig.2

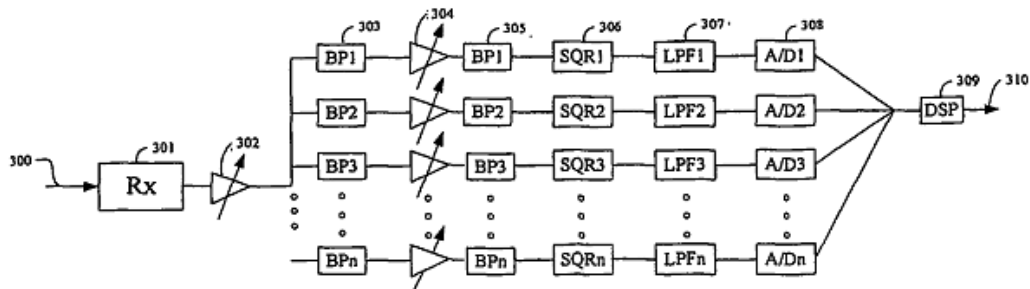


Fig.3

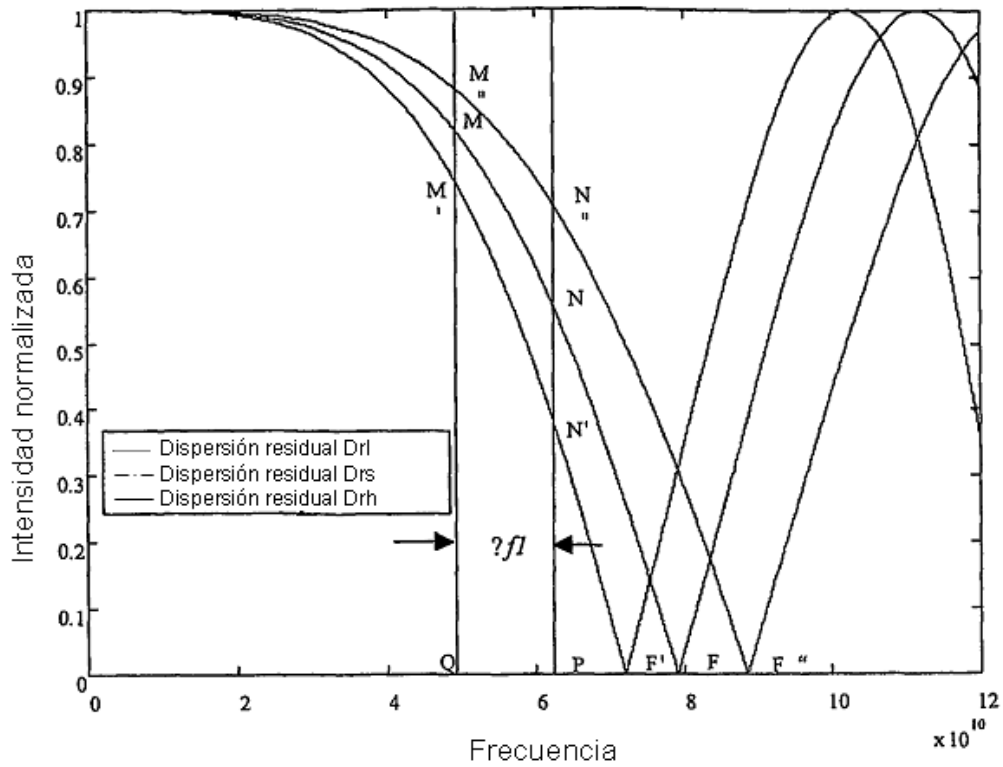


Fig.4

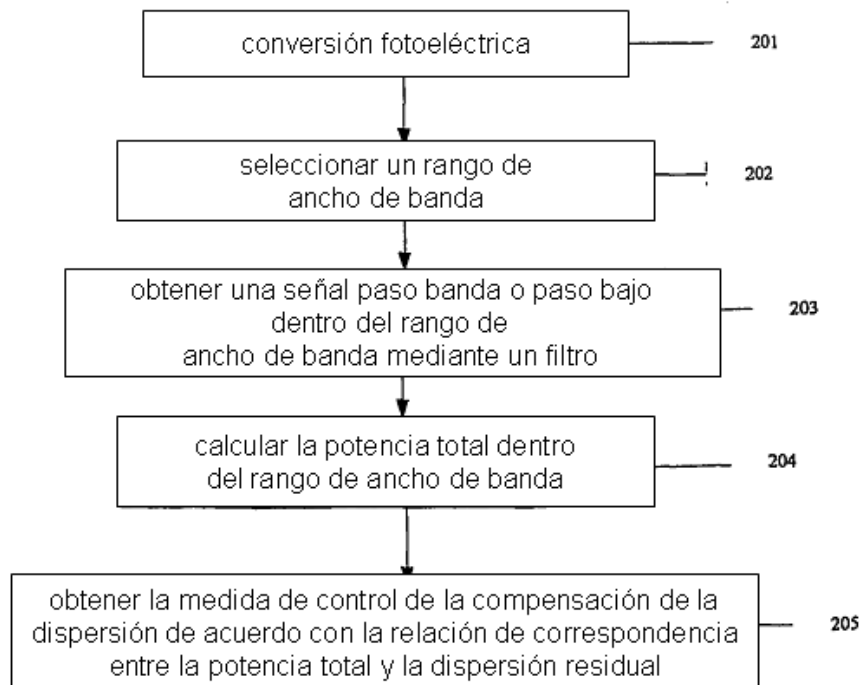


Fig.5

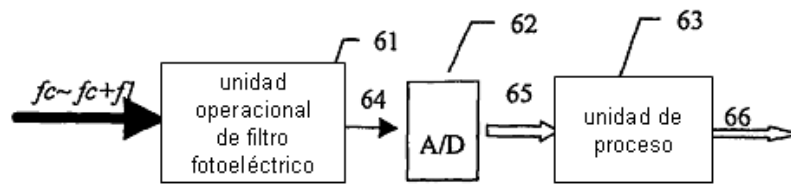


Fig. 6

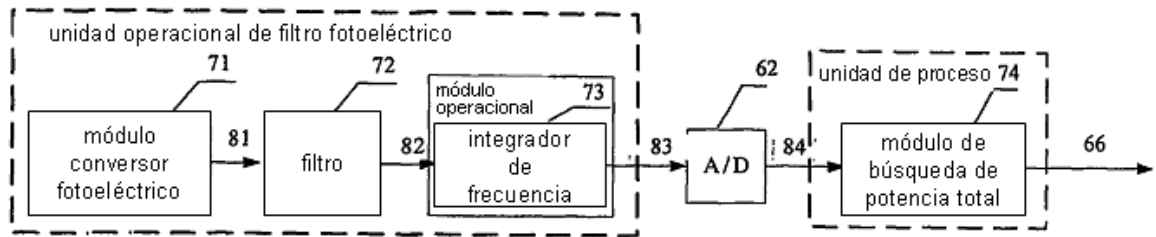


Fig. 7a

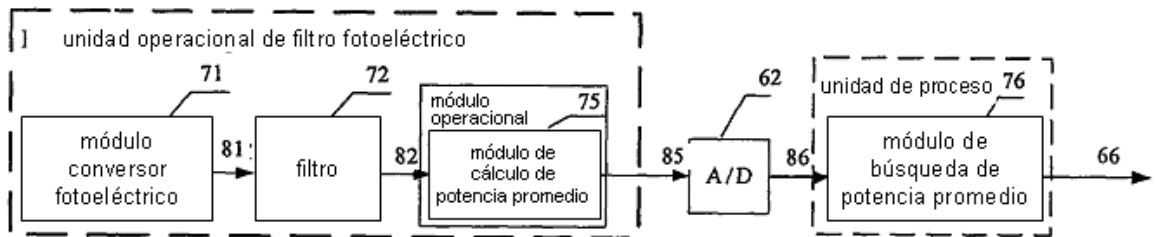


Fig. 7b

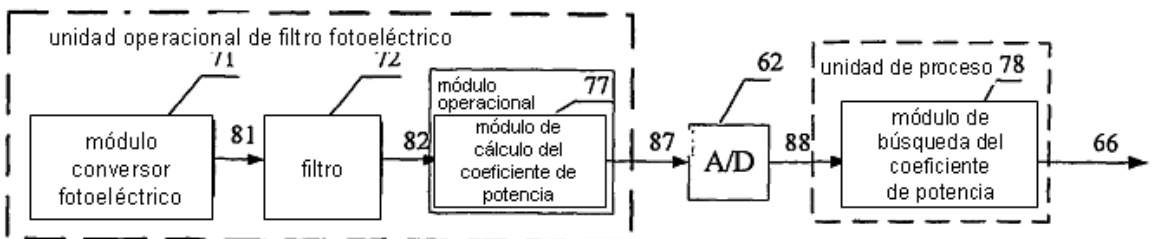


Fig. 7c

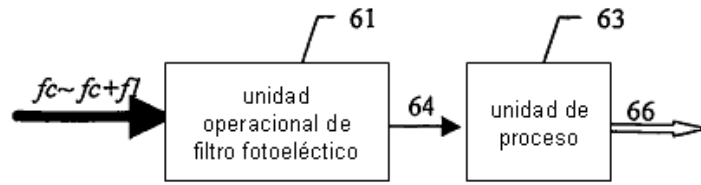


Fig.8

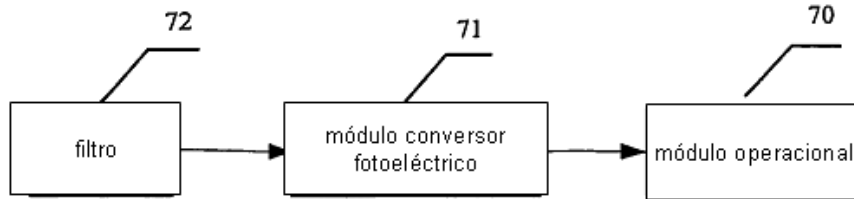


Fig.9

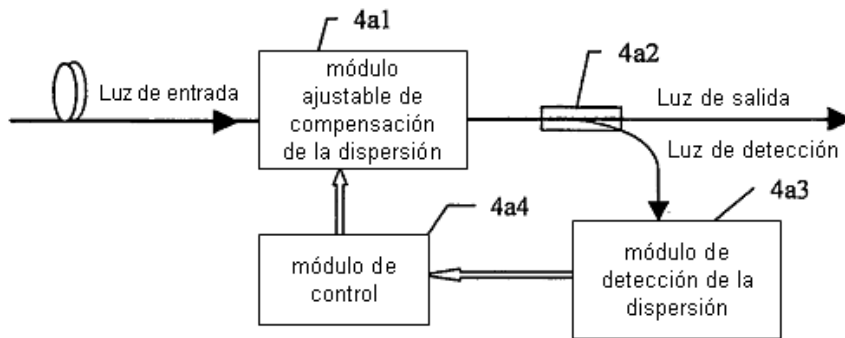


Fig.10

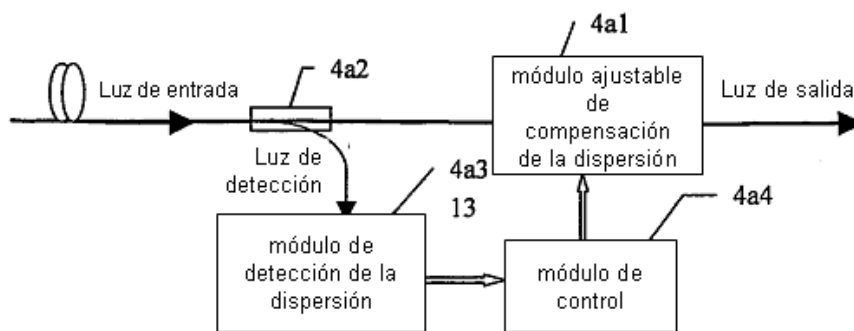


Fig.11

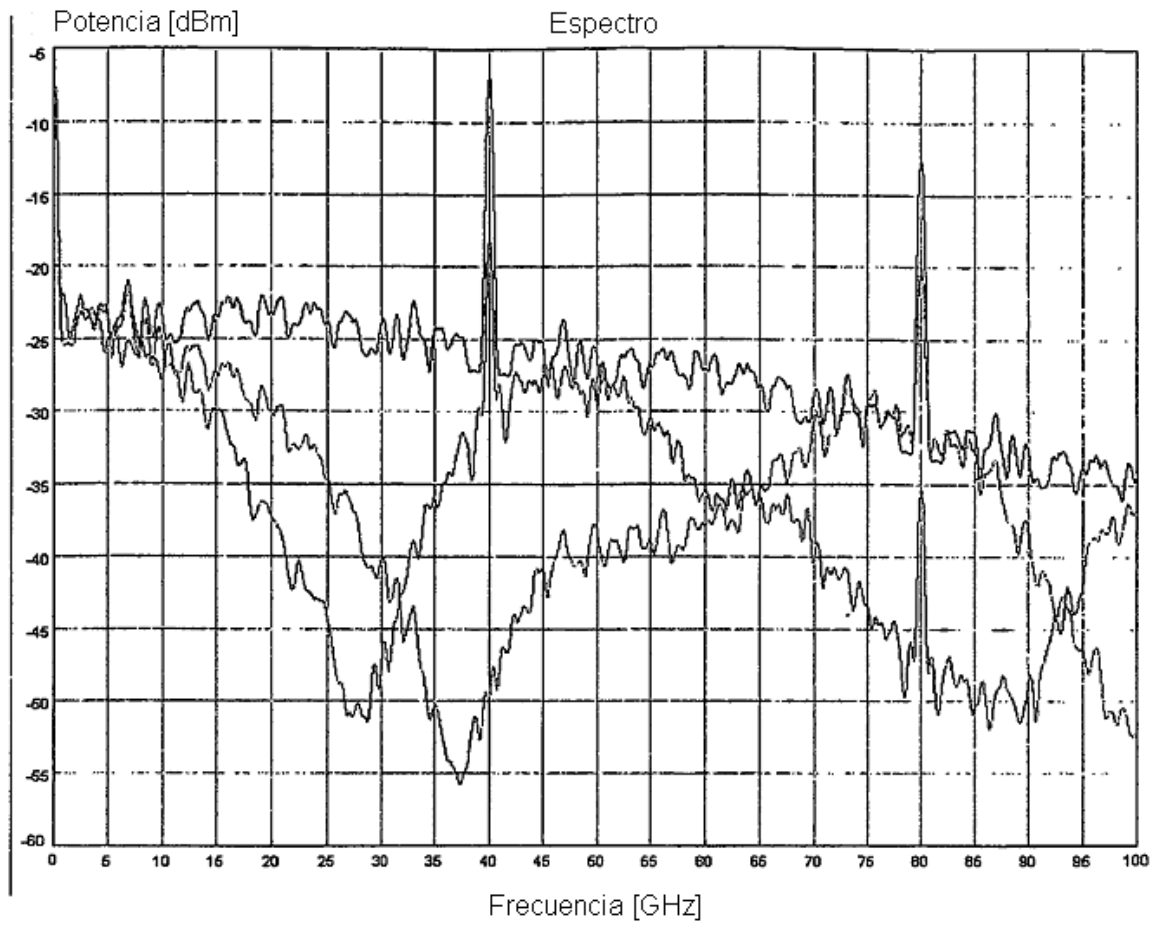


Fig.12