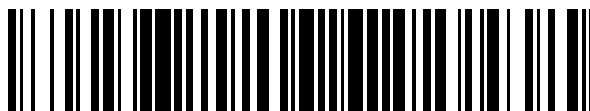


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 459 915**

51 Int. Cl.:

H04B 10/2513 (2013.01)

H04B 10/516 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.03.2008** **E 08715237 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2014** **EP 2144383**

54 Título: **Dispositivo generador y método para señal de compensación de dispersión**

30 Prioridad:

30.03.2007 CN 200710073930

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.05.2014

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

FU, WEI;
TAO, ZHIHUI;
LIU, YUE y
JIA, JIA

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 459 915 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

Dispositivo generador y método para señal de compensación de dispersión.

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere al campo de transmisión de comunicación y más en particular, a un método y aparato para generar una señal de compensación de dispersión.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En un sistema de transmisión de fibras ópticas, el efecto de dispersión, como consecuencia de diferentes componentes de frecuencia o varias frecuencia para diversos modos de componentes de frecuencia, pueden afectar, en forma muy desfavorable, a las señales que se desplazan a través de las fibras ópticas y de este modo, distorsionar las ondas de señales y causar una interferencia entre símbolos. Los daños incurridos por la dispersión en el rendimiento del sistema no se pueden ignorar. En general, un sistema de transmisión de fibras ópticas a través de 10 Gbits/s requiere una compensación de dispersión para garantizar la función de transmisión del sistema. Actualmente, una técnica de compensación de dispersión ampliamente comercializada utiliza fibras ópticas de compensación de dispersión que son contrarias a las características de dispersión de la fibra óptica de transmisión para realizar la compensación de dispersión. En los últimos años, debido a la capacidad de compensación de dispersión a larga distancia y a la capacidad de compensación auto-adaptada, una técnica de compensación de dispersión eléctrica, en un extremo transmisor, supera el efecto de utilización de fibra óptica de compensación de dispersión y de este modo, atrae la especial atención del sector.

Sin embargo, un problema de la pre-compensación de la dispersión es que puede introducir una relación de potencia máxima a potencia media considerable en el extremo transmisor, que puede hacer que la señal sufra un más perjudicial efecto no lineal durante la transmisión. El efecto no lineal, en este caso, se refiere principalmente al efecto de auto-modulación de fase, el efecto de modulación de fase cruzada, el efecto de mezcla de cuatro ondas y efectos similares en fibras ópticas. La influencia del efecto no lineal está asociada con la distancia de transmisión de la señal, potencia de iniciación operativa y la forma de onda de la señal. El efecto no lineal sobre el sistema de transmisión de fibra óptica, a través de 10 Gbit/s no puede ignorarse. Actualmente, una forma efectiva para suprimir el efecto no lineal es utilizar un nuevo modo de modulación, a modo de ejemplo, retorno a cero (RZ), retorno a cero con supresión de portadora (CSRZ), retorno a cero fluctuante (CRZ).

Un diagrama de bloques de un transmisor capaz de la pre-compensación de dispersión eléctrica, en la técnica anterior, se ilustra en la Figura 1. El transmisor codifica primero eléctricamente la señal de datos y genera señales eléctricas de retorno a cero, con supresión de portadora, con diversas anchuras de pulsos. A continuación, se utiliza un módulo de pre-compensación para realizar la pre-compensación de dispersión en las señales eléctricas de retorno a cero, con supresión de portadora, para generar señales eléctricas pre-distorsionadas digitales. Las señales eléctricas pre-distorsionadas digitales se convierten en señales eléctricas CSRZ de pre-compensación de dispersión por intermedio de un módulo de conversión digital-analógica. Por último, las señales eléctricas CSRZ de pre-compensación de dispersión se procesan por un modulador electro-óptico y se proporcionan a la salida, como señales pre-distorsionadas. Las señales ópticas pre-distorsionadas se utilizan para compensar el efecto de dispersión causado por las líneas de fibras ópticas acopladas al modulador electro-óptico. Sin embargo, la señal eléctrica CSRZ introducida por el módulo de codificación puede ensanchar el ancho de banda de la señal de datos. Para un sistema a través de 10 Gbit/s, el ancho de banda del módulo de conversión digital-analógico actual no puede cumplir el requisito de ancho de banda.

La Figura 2 ilustra un diagrama convencional del espectro de una señal eléctrica CSRZ de pre-compensación de

dispersión, en donde el eje x y el eje y indican la frecuencia y la potencia de la señal eléctrica CSRZ $s(t) \sin \frac{\omega_b}{2} t$, respectivamente. La señal eléctrica CSRZ tiene un ciclo de servicio del 67 %, con una anchura de lóbulo principal de 15 GHz, que es un 50 % más ancho que la anchura de lóbulo principal de los símbolos de no retorno a cero convencionales. En consecuencia, el convertidor digital-analógico es requerido para tener un ancho de banda de al menos 30 GHz. Por lo tanto, el ancho de banda del dispositivo eléctrico, tal como un convertidor digital-analógico, requerido por la técnica de compensación de dispersión eléctrica ha de aumentarse consecuentemente. Sin embargo, el convertidor digital-analógico existente no puede cumplir este requisito. Por lo tanto, no se puede realizar, en la técnica anterior, la introducción de los símbolos de retorno a cero para la técnica de pre-compensación de dispersión eléctrica para suprimir el efecto no lineal.

El documento D1 (WO 2004/032386 A1) se refiere a la mitigación, en el dominio eléctrico, de los efectos dependientes de la polarización (PDEs), incluyendo la Dispersión del Modo de Polarización (PMD) y la Pérdida Dependiente de la polarización (PDL) de un enlace óptico de un sistema de comunicación óptica. Los efectos PDEs impuestos sobre las señales ópticas transmitidas a través de un enlace óptico se compensan mediante el procesamiento de una señal de entrada en el dominio eléctrico antes de la transmisión. Se deriva una función de

compensación que al menos en parte compensa los efectos PDEs. A continuación, la señal de comunicación se procesa, en el dominio eléctrico, utilizando la función de compensación para generar una señal pre-distorsionada eléctrica. La señal pre-distorsionada eléctrica se utiliza luego para modular una fuente óptica para generar una señal óptica pre-distorsionada correspondiente para su transmisión a través del enlace óptico. Los efectos PDEs del enlace óptico, que operan a partir de la señal óptica pre-distorsionada, de modo que la señal óptica prácticamente no distorsionada se reciba en un extremo receptor del enlace. El documento D1 deja de sugerir cómo superar el efecto de que la técnica anterior no es capaz de introducir los símbolos de retorno a cero para la técnica de pre-compensación de dispersión eléctrica para suprimir el efecto no lineal, puesto que existe una alta demanda para el ancho de banda del dispositivo eléctrico, tal como un convertidor digital-analógico, que se requiere por la técnica de compensación de dispersión eléctrica.

El documento D2 (US 2006/078336 A1) se refiere a la compensación de dispersión óptica impuesta sobre una señal de comunicación transmitida a través de un sistema de comunicación óptica modulando la señal de comunicación en el dominio eléctrico. Se determina una función de compensación que prácticamente atenúa la dispersión cromática. La señal de comunicación se modula luego, en el dominio eléctrico, utilizando la función de compensación. Más concretamente, la compensación se realiza en el transmisor, utilizando una tabla de consulta y un convertidor digital-analógico para generar una señal pre-distorsionada eléctrica. La señal pre-distorsionada eléctrica se utiliza luego para modular una fuente óptica para generar una señal óptica pre-distorsionada correspondiente para su transmisión a través del sistema de comunicación óptica. Sin embargo, el documento D2 implica componentes excesivos, esto es, tabla de consulta, detector y motor de cálculo, lo que puede no ser beneficioso para eliminar la necesidad de un ancho de banda excesivamente amplio para los dispositivos eléctricos. Además, la función de compensación se genera en función de los parámetros de rendimiento del lado receptor, en donde los parámetros de rendimiento del lado receptor se envían al transmisor como una realimentación operativa.

El documento D3 (SAID EL M M ET AL: "UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN DUOBINARIO DE 10 –GB/S ELÉCTRICAMENTE PRE-ECUALIZADO", JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, ESTADOS UNIDOS, LNKDDOI: 10.1109/JLT.2004.838812, vol. 23, nº 1, 1 de enero de 2005 (2005-01-01), páginas 388-400, XP001227336 ISSN: 0733-8724) proponen un sistema basado en la utilización de la linealidad de un sistema de onda de luz coherente para desplazar el proceso de ecualización al transmisor, en donde los datos están todavía en una forma operativamente no corrupta. Más concretamente, la señal duo-binaria se pre-ecualiza utilizando dos filtros de FIR espaciados en T/2 sintonizables. Las salidas de los filtros de FIR modulan luego dos portadoras ópticas que están en cuadratura de fase. De este modo, las ventajas operativas de la ecualización de receptor coherente se mantienen todavía al mismo tiempo que se utiliza un receptor de detección directa no coherente convencional. Sin embargo, el documento D3 está limitado al sistema de transmisión duo-binaria y está limitado, además, la utilización de un receptor de detección directa no coherente convencional, en lugar de la utilización de un módulo de conversión digital-analógico actual que puede utilizarse por la técnica de compensación de dispersión eléctrica.

El documento D4 (US 2006/024062 A1) se refiere a la pre-compensación para distorsión del modulador en sistema ópticos, en donde un sistema, un método y un producto de programa informático se dan a conocer para acceder a valores desde una memoria multipuerto que tiene una pluralidad de puertos de lectura, representado cada valor un valor de compensación de la distorsión del modulador asociado con un modulador de un dispositivo óptico y una señal de entrada se procesa utilizando los valores accedidos para generar una señal de salida que compensan la distorsión del modulador. El documento D4 no proporciona ninguna enseñanza con respecto a la forma de eliminar la necesidad de un ancho de banda uniformemente amplio para dispositivos eléctricos para generar la señal de compensación de dispersión.

SUMARIO DE LA INVENCION

Y un aparato y un método para generar una señal de compensación de dispersión se dan a conocer según formas de realización de la presente invención. En consecuencia, la presente invención puede eliminar la necesidad de un ancho de banda uniformemente amplio para dispositivos eléctricos según se requiere por la técnica de compensación de dispersión eléctrica convencional, en donde se introducen los símbolos de retorno a cero. De esta manera, se mejora la calidad de transmisión de la señal.

El aparato para generar una señal óptica de retorno a cero con supresión de portadora, CSRZ, de compensación de dispersión, según una forma de realización de la presente invención, incluye un módulo divisor, N módulos de pre-procesamiento, N moduladores electro-ópticos, un módulo generador de portadoras ópticas y un módulo de acoplamiento óptico.

El módulo divisor está configurado para dividir una señal de datos a enviarse en N canales de señales de datos.

Los N módulos de pre-procesamiento están configurados para ajustar, en el dominio de la frecuencia, las fases y amplitudes de los N canales de señales de datos procedentes de la salida del módulo divisor y N canales de salida de señales eléctricas pre-distorsionadas.

El módulo generador de portadoras ópticas está configurado para generar N canales de portadoras ópticas coherentes que tienen diferentes frecuencias.

Los N moduladores electro-ópticos están configurados para modular los N canales de portadoras ópticas coherentes sobre la base de los N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas y para generar N canales de señales ópticas pre-distorsionadas.

El módulo de acoplamiento óptico está configurado para acoplar los N canales de señales ópticas pre-distorsionadas en una señal óptica de compensación de dispersión, en donde N es un número natural mayor que 1.

El módulo de pre-procesamiento incluye un módulo de pre-procesamiento digital y un módulo de conversión digital-analógica, en donde el módulo de pre-procesamiento digital está configurado para ajustar, en el dominio de la frecuencia digital, las fases y amplitudes de los N canales de señales de datos y proporcionar, a la salida, N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas digitales y el módulo de conversión digital-analógico está configurado para convertir los N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas digitales en N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas analógicas. El módulo generador de portadoras ópticas comprende al menos una fuente óptica para generar portadoras ópticas, al menos un generador de señal de reloj y al menos un modulador electro-óptico y un divisor óptico, en donde el generador de señal de reloj está configurado para generar una señal de reloj que tenga una frecuencia que sea un múltiplo entero de la mitad de la frecuencia de la señal de datos; el modulador electro-óptico está configurado para recibir una portadora óptica desde la fuente óptica y la señal de reloj desde el generador de señales de reloj, para modular la portadora óptica con la señal de reloj para obtener N canales de portadoras ópticas coherentes con las diferentes frecuencias y para combinar los N canales de portadoras ópticas coherentes con las diferentes frecuencias para proporcionarlas, a la salida, a los divisores ópticos y el divisor óptico está configurado para dividir los N canales de portadoras ópticas coherentes con las diferentes frecuencias transmitidas en combinación en N canales de portadoras ópticas que se transmiten por separado.

Un método para generar una señal óptica de retorno a cero, con supresión de portadora, CSRZ, de compensación de dispersión se da a conocer también según una forma de realización de la presente invención. Dicho método incluye:

la división de una señal de datos a transmitirse en N canales de señales de datos;

el ajuste, en el dominio de la frecuencia, de las fases y amplitudes de los N canales de señales de datos y proporcionar, a la salida, N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas;

la modulación de los N canales de portadoras ópticas coherentes que tienen diferentes frecuencias basadas en los N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas y la generación de N canales de señales ópticas pre-distorsionadas y el acoplamiento de los N canales de señales ópticas pre-distorsionadas en una señal óptica de compensación de dispersión, en donde N es un número natural mayor que 1; el ajuste, en el dominio de la frecuencia, de las fases y amplitudes de los N canales de señales de datos y proporcionar, a la salida, N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas incluye:

el ajuste, en el dominio de la frecuencia digital, de las fases y amplitudes de los N canales de señales de datos y proporcionar, a la salida, N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas digitales y

la conversión de los N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas digitales en N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas analógicas; la generación de N canales de portadoras ópticas coherentes comprende: la generación de una señal de reloj que tenga una frecuencia que sea un múltiplo entero de la mitad de la frecuencia de señales de datos; la modulación de las portadoras ópticas con la señal de reloj para obtener N canales de portadoras ópticas coherentes y la transmisión en combinación de los N canales de portadoras ópticas coherentes y la división de los N canales de portadoras ópticas coherentes que se transmiten en combinación en N canales de portadoras ópticas coherentes que se transmiten por separado.

En consecuencia, las formas de realización de la presente invención pueden permitir el uso de los dispositivos existentes para generar la señal de compensación de dispersión mediante en pre-procesamiento de N canales (dos o más canales) de señales de datos. Por lo tanto, el requisito de ancho de banda para dispositivos electrónicos se disminuye. En consecuencia, el defecto de que la técnica anterior no es capaz de introducir los símbolos de retorno a cero para la técnica de pre-compensación de dispersión eléctrica para suprimir el efecto no lineal puede superarse de este modo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es un diagrama de bloques convencional de un transmisor capaz de realizar la pre-compensación de dispersión eléctrica;

La Figura 2 es un diagrama convencional de un espectro de una señal CSRZ de pre-compensación de dispersión;

La Figura 3 es un diagrama de bloques de un aparato para generar una señal de compensación de dispersión según una primera forma de realización de la presente invención;

La Figura 4 es un diagrama de bloques de un aparato para generar una señal de compensación de dispersión según una segunda forma de realización de la presente invención;

La Figura 5 ilustra un espectro óptico según una segunda forma de realización de la presente invención;

La Figura 6 es un diagrama de bloques de un aparato para generar una señal de compensación de dispersión según una tercera forma de realización de la presente invención y

La Figura 7 es un diagrama de bloques de un módulo generador de portadoras ópticas según una forma de realización de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Las soluciones técnicas según la presente invención se describen, a continuación, en conjunción con varias formas de realización.

Forma de realización 1

La Figura 3 ilustra un diagrama de bloques de un aparato para generar una señal de compensación de dispersión según una forma de realización de la presente invención. Las líneas continuas delgadas representan señales eléctricas, mientras que las líneas continuas en negrillas representan señales ópticas. El aparato para generar la señal de compensación dispersa incluye cinco componentes, esto es, un módulo divisor, N módulos de pre-procesamiento, N moduladores electro-ópticos, un módulo generador de portadoras ópticas y un módulo de acoplamiento óptico. El módulo divisor está configurado para dividir una señal de datos a enviarse en N canales de señales de datos. Los N módulos de pre-procesamiento están configurados para ajustar, en el dominio de la frecuencia, las fases y amplitudes de los N canales de señales de datos procedentes del módulo divisor. El módulo de ajuste se describe como sigue. La expresión de la función de la señal óptica RZ está descompuesta en N términos basados en la relación de transformación entre la expresión de índice imaginaria y la expresión de función trigonométrica. Cada término corresponde a un desplazamiento de compensación de frecuencia. N funciones de pre-procesamiento se generan basadas en las funciones de compensación de dispersión correspondientes a N desplazamientos de frecuencia, respectivamente. Las N funciones de pre-procesamiento realizan una operación de convolución en los N canales de señales de datos, respectivamente, con el fin de ajustar, en el dominio de la frecuencia, las fases y amplitudes de los N canales de señales de datos y proporcionar, a la salida, N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas. En condiciones normales, la función de procesamiento para cada módulo de pre-procesamiento puede definirse mediante una función de compensación de dispersión que se utiliza para disminuir el impacto de dispersión y mediante una función que expresa la señal de pre-compensación de dispersión a generarse. El módulo generador de portadoras ópticas está configurado para generar N canales de portadoras ópticas coherentes. Los N moduladores electro-ópticos están configurados para modular los N canales de portadoras ópticas coherentes sobre la base de los N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas generadas por los N módulos de pre-procesamiento y para generar N canales de señales ópticas pre-distorsionadas. El módulo de acoplamiento óptico está configurado para acoplar los N canales de señales ópticas pre-distorsionadas en una señal óptica de compensación de dispersión.

Forma de realización 2

La Figura 4 ilustra un aparato para generar una señal de compensación de dispersión según una forma de realización de la presente invención. El módulo de pre-procesamiento incluye un módulo de pre-procesamiento digital y un módulo de conversión digital-analógico. El módulo de acoplamiento óptico puede ser un acoplador óptico. El módulo de reproducción digital está configurado para ajustar las fases y las amplitudes de las señales de datos en el dominio de la frecuencia digital y para proporcionar, a la salida, señales eléctricas pre-distorsionadas digitales. El módulo de conversión digital-analógico está configurado para convertir las señales eléctricas pre-distorsionadas digitales en señales eléctricas pre-distorsionadas analógicas.

A continuación, se proporciona una realización, a modo de ejemplo, en donde la señal CSRZ se utiliza para la pre-compensación de dispersión.

El módulo divisor divide la señal de datos a transmitirse en dos canales. Las señales de datos de dos canales pasan a través de un módulo de pre-procesamiento digital 11 y de un módulo de pre-procesamiento digital 12, respectivamente. Las funciones de procesamiento de los dos módulos de pre-procesamiento digital pueden

generarse como sigue. La señal CSRZ $s(t) \sin \frac{\omega_b t}{2}$ (ω_b es la frecuencia de señales de datos) puede dividirse en dos términos basados en la relación de transformación entre la expresión de índice imaginaria y la expresión de función trigonométrica. Estos dos términos son como sigue:

$$s(t) \exp(j \frac{\omega_b}{2} t) \quad \text{y} \quad s(t) \exp(-j \frac{\omega_b}{2} t)$$

La función de compensación de dispersión $h(t)$ se somete a dos desplazamientos de frecuencia y genera dos

$$h(t) \exp(j \frac{\omega_b}{2} t) \quad \text{y}$$

funciones de procesamiento de dos módulos de pre-procesamiento digitales:

$$h(t) \exp(-j \frac{\omega_b}{2} t)$$

. Las señales de datos de dos canales $s(t)$ se procesan por las dos funciones de procesamiento y se proporcionan, a la salida, como señales eléctricas pre-distorsionadas digitales. En general, la función de procesamiento se determina mediante una función de compensación de dispersión capaz de atenuar el efecto de dispersión y la forma de señal CSRZ. El módulo de pre-procesamiento digital puede ser un filtro de respuesta de impulsos finito, un filtro de respuesta de impulsos infinitos, un filtro de transformada de Fourier rápida o una unidad de procesamiento de tabla de consulta. El módulo de pre-procesamiento digital puede ajustar la función de compensación de la dispersión sobre la base de los parámetros de dispersión del sistema de transmisión de fibras ópticas con el fin de realizar un ajuste de la compensación de dispersión dinámica.

La salida de señales eléctricas pre-distorsionadas digitales desde los módulos de pre-procesamiento digital 11 y 12 se convierten en dos canales de señales eléctricas pre-distorsionadas, respectivamente, por intermedio de convertidores digital-analógicos 21 y 22. Los dos canales de señales eléctricas pre-distorsionadas controlan los moduladores electro-ópticos respectivos 31 y 32 que modulan dos canales de portadoras ópticas generadas por el módulo generador de portadoras ópticas 4 con el fin de generar dos canales de señales ópticas pre-distorsionadas. La salida de espectros ópticos desde el modulador electro-óptico 31 y 32 son según se ilustra en la Figura 5(a) y 5(b). Por último, una señal óptica de compensación de dispersión, capaz de la compensación de dispersión, se obtiene entonces por un acoplador 5 que añade las señales ópticas pre-distorsionadas. El espectro de salida desde el acoplador 5 es según se ilustra en la Figura 5(c).

Forma de realización 3

La Figura 6 ilustra un aparato para generar una señal de compensación de dispersión según una forma de realización de la presente invención. Sobre la base de la segunda forma de realización, la presente forma de realización da a conocer, además, dos dispositivos de retardo ópticos. Dos canales de señales ópticas pre-distorsionadas, a la salida de dos moduladores electro-ópticos, se alimentan en dos dispositivos de retardo ópticos. Los dispositivos de retardo óptico retardan las señales ópticas pre-distorsionadas y ajustan la diferencia temporal entre los dos canales de señales ópticas pre-distorsionadas, de modo que dos canales de señales ópticas pre-distorsionadas puedan entrar en el acoplador óptico simultáneamente y de este modo, conseguir la sincronización.

Según se entenderá por los expertos en esta técnica, el módulo de acoplamiento óptico, según la presente invención, puede incluir, además, N dispositivos de retardo y un acoplador óptico.

La Figura 7 es un diagrama de bloques del módulo generador de portadoras ópticas según una forma de realización de la presente invención. El módulo generador de portadoras ópticas realiza la generación de una pluralidad de portadoras ópticas entre las cuales se cumple una determinada relación de fases, p.e., en fase o fase inversa. El módulo generador de portadoras ópticas incluye una fuente óptica para generar una portadora óptica única, un generador de señales de reloj, un modulador electro-óptico y un divisor óptico.

El generador de señal de reloj está configurado para generar una señal de reloj que tenga una frecuencia que sea un múltiplo entero de la mitad de la frecuencia de señales de datos. Tomando, a modo de ejemplo, una señal CSRZ capaz de la pre-compensación de dispersión, la señal CSRZ se divide en dos términos que incluyen

desplazamientos de frecuencia que son positivos $\frac{\omega_b}{2}$ y negativos $\frac{\omega_b}{2}$. En consecuencia, el generador de señal de

reloj puede necesitar generar una señal de reloj con una frecuencia de $\frac{\omega_b}{2}$. Después de dividir otra señal óptica de RZ (retorno a cero), estas señales incluyen N términos de desplazamiento de frecuencia que son múltiplos enteros

de $\frac{\omega_b}{2}$. Por lo tanto, el generador de señal de reloj necesita generar una señal de reloj que tenga un valor de frecuencia que sea un múltiplo entero de la mitad de la frecuencia de señales de datos. La portadora óptica única se alimenta en el modulador electro-óptico. El modulador electro-óptico modula la portadora óptica única con la señal de reloj, de modo que el espectro de la portadora óptica única se desplace desde el centro a la izquierda y a la derecha. En consecuencia, dos canales de portadoras ópticas coherentes son objeto de salida y se transmiten en combinación, en donde estas dos portadoras ópticas coherentes son simétricas con respecto al centro del espectro. A modo de ejemplo, si la frecuencia central de la salida de señal óptica desde la fuente óptica es 193.1 THz, la frecuencia de la señal de datos es 10 Gb/s y la frecuencia de la señal de reloj, en ese momento, es 5 GHz,

entonces, los dos canales de portadoras ópticas coherentes, que son objeto de salida desde el modulador electro-óptico y se transmiten en combinación, son $193.1 \text{ THz} + 5 \text{ GHz}$ y $193.1 \text{ THz} - 5 \text{ GHz}$. El divisor óptico está configurado para dividir las portadoras ópticas coherentes transmitidas en combinación en portadoras ópticas individuales que se transmiten por separado. Más concretamente, después de que dos canales de portadoras ópticas coherentes, transmitidos en combinación, han sido procesados por el divisor óptico, dos canales de portadoras ópticas a $193.1 \text{ THz} + 5 \text{ GHz}$ y $193.1 \text{ THz} - 5 \text{ GHz}$ se generan y transmiten de forma independiente.

Si se requieren tres canales de portadoras ópticas, puede proporcionarse una fuente óptica adicional con el fin de generar diferentes señales ópticas. A continuación, las portadoras ópticas a la salida pueden estar a $193.1 \text{ THz} + 5 \text{ GHz}$, 193.1 THz , $193.1 \text{ THz} - 5 \text{ GHz}$. Si se requieren cuatro canales de portadoras ópticas, dos conjuntos de dispositivos que incluyen dos generadores de señales de reloj, dos moduladores electro-ópticos, dos divisores ópticos, se proporcionan a este respecto, según se ilustra en la Figura 7. En consecuencia, si se requieren N canales de portadoras ópticas, solamente es necesario multiplicar y combinar los dispositivos en la Figura 7.

En una forma de realización, el modulador electro-óptico puede ser un modulador de Mach-Zehnder o puede ser un modulador de electro-absorción.

Un método para generar una señal de compensación de dispersión se da a conocer también según una forma de realización de la presente invención. El método incluye:

dividir una señal de datos a transmitirse en N canales de señales de datos y

ajustar las fases y amplitudes de N canales de señales de datos en el dominio de la frecuencia y proporcionar, a la salida, N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas. Más concretamente, las fases y amplitudes de N canales de señales de datos se ajustan en frecuencia digital y se proporcionan, a la salida, como N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas digitales. Estos N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas digitales se convierten luego en N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas analógicas.

El proceso de generar N canales de portadoras ópticas coherentes incluye la generación de una señal de reloj que tiene un valor de frecuencia que es un múltiplo entero de la mitad de la frecuencia de señales de datos; la modulación de las portadoras ópticas de señales con la señal de reloj y proporcionar, a la salida, N canales de portadoras ópticas coherentes transmitidas en combinación; la división de los N canales de portadoras ópticas coherentes transmitidas en combinación en N canales de portadoras ópticas coherentes transmitidas por separado.

El método incluye, además, la modulación de N canales de portadoras ópticas coherentes basadas en los N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas; la generación de N canales de señales ópticas pre-distorsionadas; el ajuste de la diferencia temporal entre N canales de señales ópticas pre-distorsionadas de modo que los N canales ajustados de señal óptica pre-distorsionadas puedan entrar en el acoplador óptico al mismo tiempo; el acoplamiento de los N canales ajustados de señales ópticas pre-distorsionadas en una sola señal óptica de compensación de dispersión, en donde N es un número natural mayor que 1.

La señal de compensación de dispersión, según la presente invención, puede utilizarse para realizar la compensación de dispersión en las señales ópticas que se desplazan a través del sistema de transmisión de fibras ópticas y para recuperar también las señales de datos en el extremo receptor del sistema de transmisión de fibras ópticas. Puesto que se elimina la necesidad de la fibra de compensación de dispersión y las señales de datos son pre-procesadas eléctricamente, se puede realizar el ajuste dinámico de la compensación de dispersión. Después de que se introduzcan símbolos de retorno a cero, se mejora la capacidad de la señal de compensación de dispersión para contrarrestar el efecto no lineal de la fibra óptica. Mediante el pre-procesamiento de dos o más canales de señales de datos, uno puede utilizar los dispositivos existentes para generar la señal de compensación de dispersión, con lo que se reduce la necesidad de ancho de banda para los dispositivos eléctricos. En consecuencia, se puede superar el defecto de que la técnica anterior no es capaz de introducir los símbolos de retorno a cero para la técnica de pre-compensación de dispersión eléctrica para suprimir el efecto no lineal.

Lo que antecede es simplemente formas de realización, a modo de ejemplo, de la presente invención, mientras que el alcance de la presente invención no está limitado a dichas formas de realización. Cualesquiera variaciones o equivalentes pueden fácilmente apreciarse por los expertos en esta técnica. Estas variaciones o equivalentes se consideraran como que caen dentro del alcance de protección de la presente invención. Por lo tanto, el alcance de la presente invención debe determinarse por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para generar una señal óptica de retorno a cero con supresión de portadora, CSRZ, de compensación de dispersión, que comprende un módulo de división, N módulos de pre-procesamiento, N moduladores electro-ópticos (31, 32), un módulo generador de portadoras ópticas (4) y un módulo de acoplamiento óptico (5), en donde
5 el módulo de división está configurado para dividir una señal de datos a enviarse en N canales de señales de datos;
10 los N módulos de pre-procesamiento están configurados para ajustar, en el dominio de la frecuencia, las fases y amplitudes de los N canales de señales de datos proporcionados a la salida por el módulo de división y proporcionar, a la salida, canales de señales eléctricas pre-distorsionadas;
15 el módulo de generación de portadoras ópticas está configurado para generar N canales de portadoras ópticas coherentes que tienen frecuencias diferentes;
20 los N moduladores electro-ópticos están configurados para modular los N canales de portadoras ópticas coherentes que tienen diferentes frecuencias en función de los N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas y para generar N canales de señales ópticas pre-distorsionadas y
25 el módulo de acoplamiento óptico está configurado para acoplar los N canales de señales ópticas pre-distorsionadas en una señal óptica de compensación de dispersión;
30 en donde N es un número natural superior a 1;
35 el módulo de pre-procesamiento comprende un módulo de pre-procesamiento digital (11, 12) y un módulo de conversión digital-analógico (21, 22) en donde
40 el módulo de pre-procesamiento digital (11, 12) está configurado para ajustar, en el dominio de frecuencia digital, las fases y amplitudes de los N canales de señales de datos y para proporcionar, a la salida, N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas digitales y
45 el módulo de conversión digital-analógico (21, 22) está configurado para convertir los N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas digitales en N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas analógicas;
50 en donde el módulo de generación de portadoras ópticas comprende al menos una fuente óptica para generar portadoras ópticas, al menos un generador de señal de reloj y al menos un modulador electro-óptico y un divisor óptico, en donde
55 el generador de señal de reloj está configurado para generar una señal de reloj que tenga una frecuencia que sea un múltiplo entero de la mitad de la frecuencia de las señales de datos;
60 el modulador electro-óptico está configurado para recibir una portadora óptica desde la fuente óptica y la señal de reloj desde el generador de señal de reloj, para modular la portadora óptica con la señal de reloj para obtener N canales de portadoras ópticas coherentes con las frecuencias diferentes y para combinar los N canales de portadoras ópticas coherentes con las diferentes frecuencias para proporcionar, a la salida, los divisores ópticos y
65 el divisor óptico está configurado para dividir los N canales de portadoras ópticas coherentes con las diferentes frecuencias transmitidas en combinación en N canales de portadoras ópticas que se transmiten por separado.
2. El aparato según la reivindicación 1 caracterizado por cuanto que comprende, además, N dispositivos de retardo óptico,
estando los N dispositivos de retardo óptico configurados para retardar los N canales de señales ópticas pre-distorsionadas generadas por el modulador electro-óptico y para ajustar la diferencia temporal entre los N canales de señales ópticas pre-distorsionadas, de modo que los N canales ajustados de señales ópticas pre-distorsionadas puedan entrar simultáneamente en el módulo de acoplamiento óptico.
3. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado por cuanto que el modulador electro-óptico es un modulador de Mach-Zehnder o un modulador de electro-absorción.
4. Un método para generar una señal óptica de retorno a cero con supresión de portadora, CSRZ, de compensación de dispersión, caracterizado por cuanto que comprende:
la división de una señal de datos a transmitir en N canales de señales de datos;

el ajuste en el dominio de la frecuencia, de las fases y amplitudes de los N canales de señales de datos y la producción, a la salida, de N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas;

5 la modulación de los N canales de portadoras ópticas coherentes que tienen diferentes frecuencias en función de los N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas y la generación de los N canales de señales ópticas pre-distorsionadas y

10 el acoplamiento de los N canales de señales ópticas pre-distorsionadas en una señal óptica de compensación de dispersión;
en donde N es un número natural superior a 1;

15 el ajuste, en el dominio de la frecuencia, de las fases y amplitudes de los N canales de señales de datos y la producción, a la salida, de N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas comprende:

el ajuste, en el dominio de frecuencia digital, de las fases y amplitudes de los N canales de señales de datos y la producción, a la salida, de N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas digitales y

20 la conversión de los N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas digitales en N canales de señales eléctricas pre-distorsionadas analógicas;

en donde la generación de los N canales de portadoras ópticas coherentes comprende:

25 la generación de una señal de reloj que tiene una frecuencia que es un múltiplo entero de la mitad de la frecuencia de las señales de datos;

30 la recepción de una portadora óptica desde la fuente óptica y de la señal de reloj desde el generador de señal de reloj, la modulación de la portadora óptica con la señal de reloj para obtener N canales de portadoras ópticas coherentes con las diferentes frecuencias y la transmisión en combinación de los N canales de portadoras ópticas coherentes con las diferentes frecuencias y

la división de los N canales de portadoras ópticas coherentes con las diferentes frecuencias transmitidas en combinación en N canales de portadoras ópticas coherentes que se transmiten por separado.

35 **5.** El método según la reivindicación 4, caracterizado por cuanto que el acoplamiento de los N canales de señales ópticas pre-distorsionadas en una señal óptica de compensación de dispersión comprende:

40 el ajuste de la diferencia temporal entre los N canales de señales ópticas pre-distorsionadas, de tal modo que los N canales ajustados de señales ópticas pre-distorsionadas entren simultáneamente en un acoplador óptico y

el acoplamiento de los N canales de señales ópticas pre-distorsionadas ajustadas en una señal óptica de compensación de dispersión.

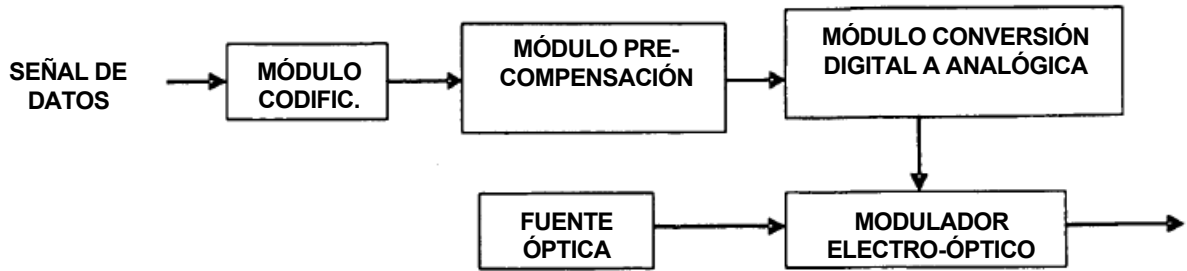


FIG.1

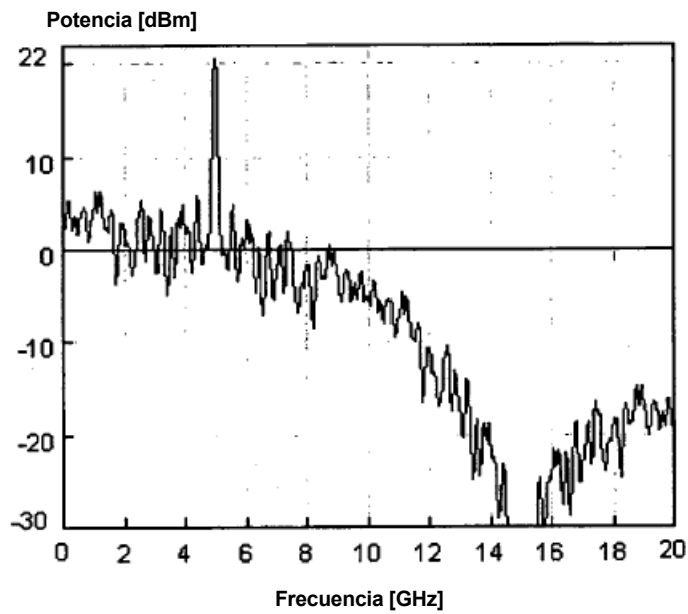


FIG.2

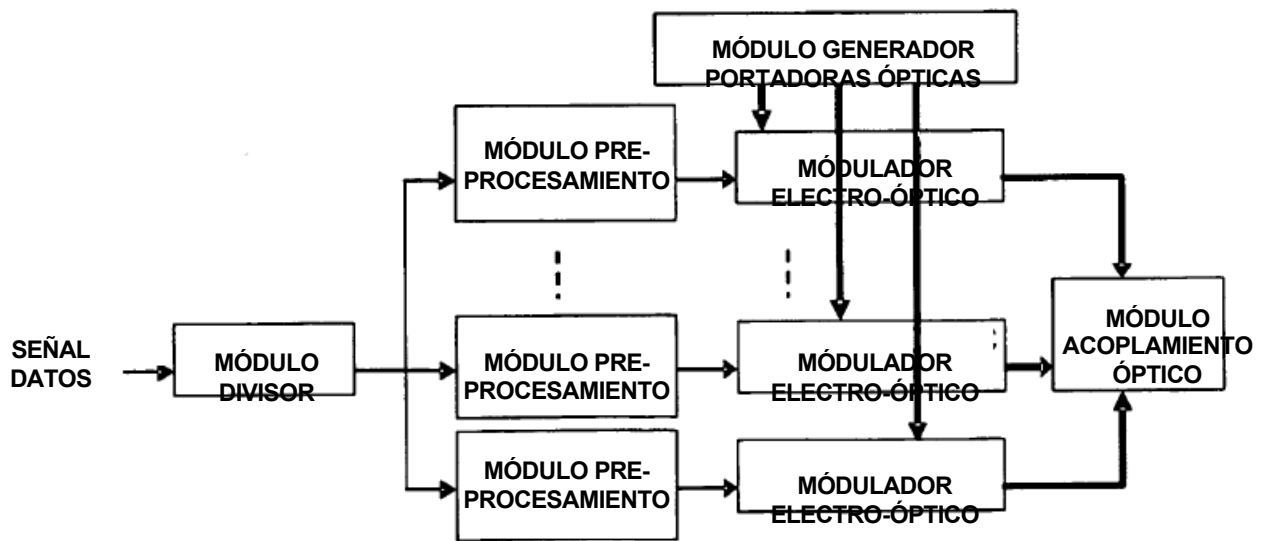


FIG.3

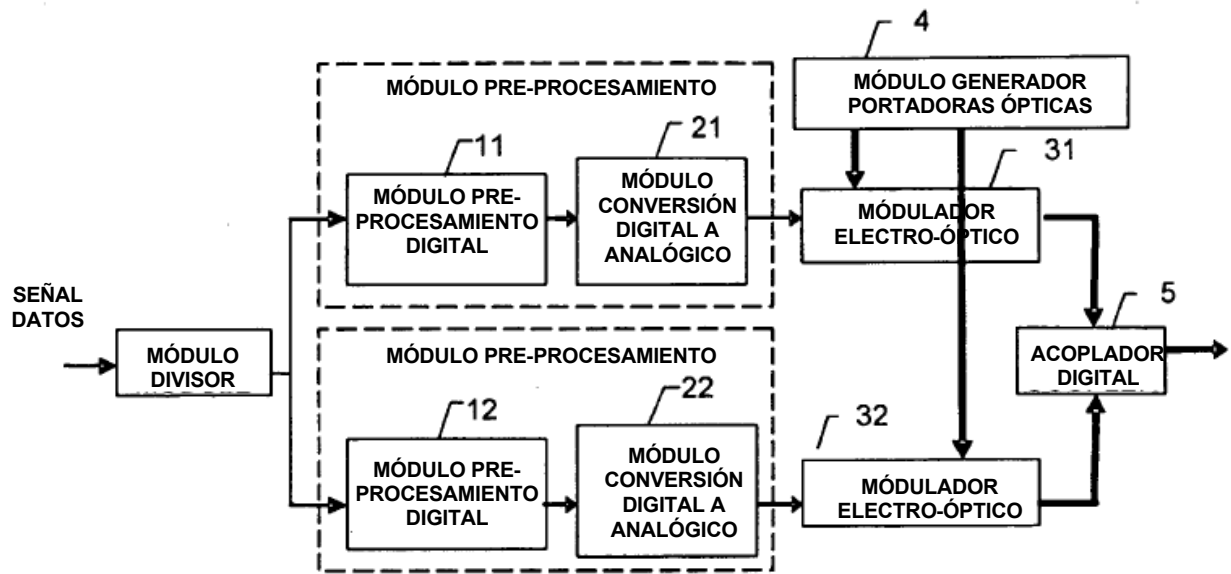


FIG.4

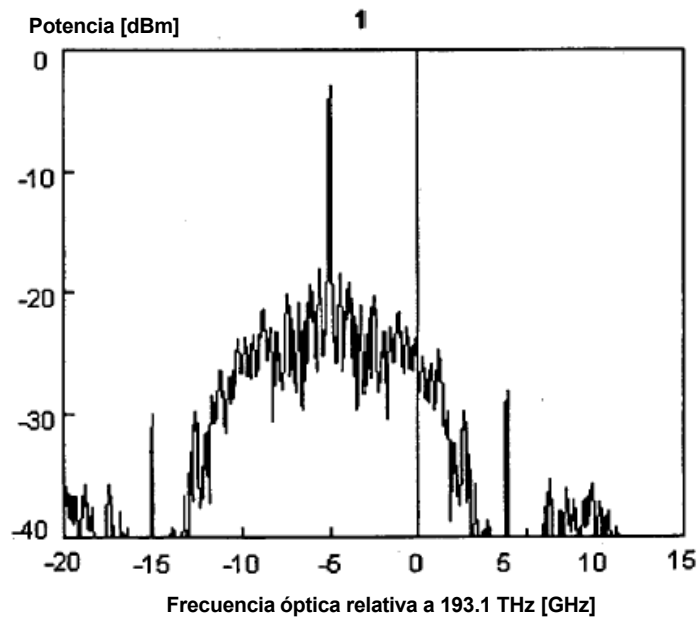


FIG.5(a)

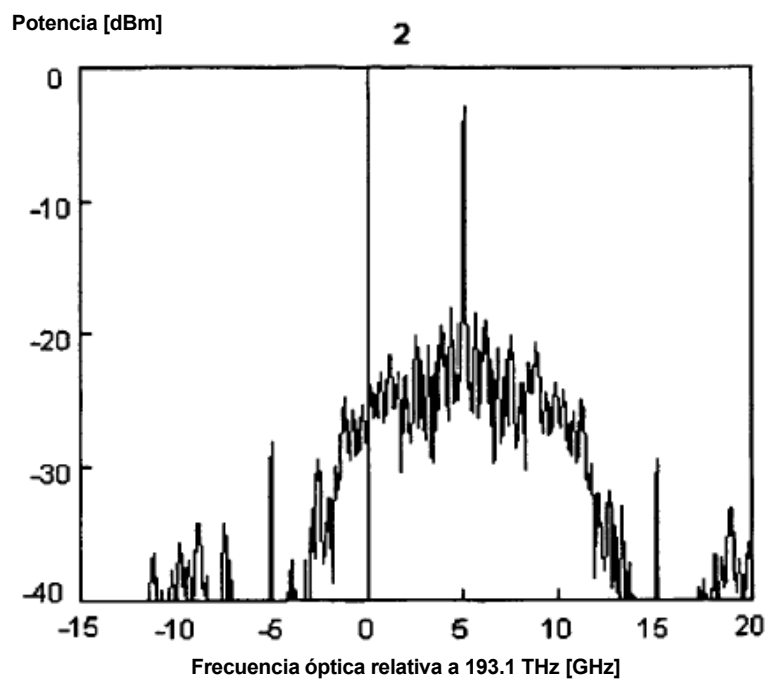


FIG.5(b)

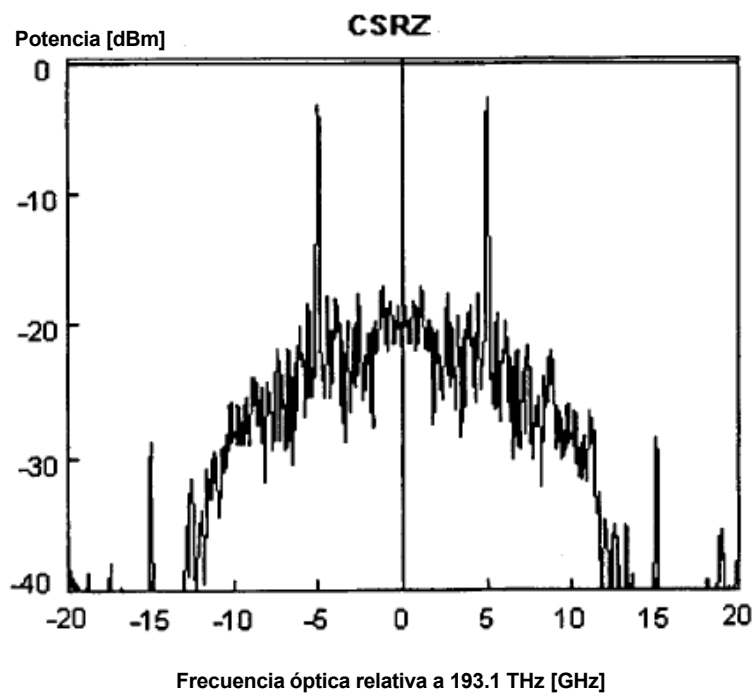


FIG.5(c)

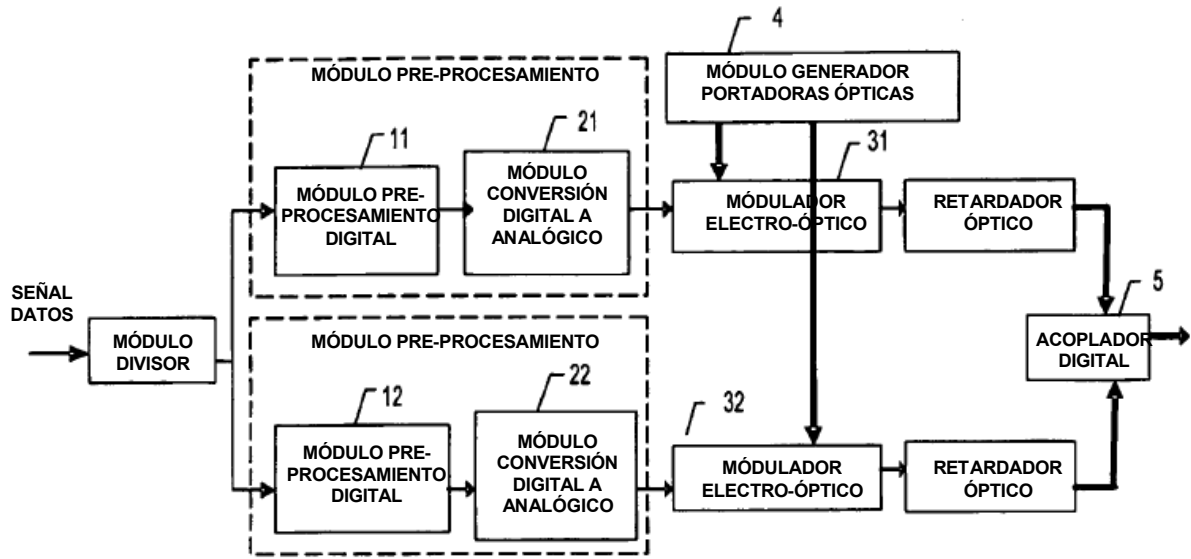


FIG.6

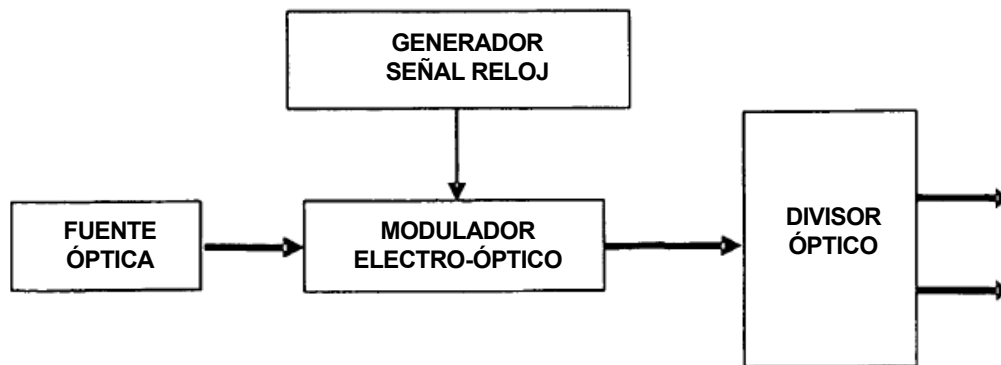


FIG.7