(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 679 403**

(21) Número de solicitud: 201730247

(51) Int. Cl.:

H04B 10/64 (2013.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A1

(22) Fecha de presentación:

24.02.2017

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

27.08.2018

(71) Solicitantes:

UNIVERSITAT POLITÉCNICA DE CATALUNYA (100.0%)
Jordi Girona, 31
08034 Barcelona ES

(72) Inventor/es:

TABARES GIRALDO, Jeison A. y
PRAT GOMÀ, Josep

(54) Título: **RECEPTOR HETERODINO INDEPENDIENTE DE LA POLARIZACIÓN PARA SEÑALES ÓPTICAS MODULADAS EN FASE Y CODIFICADAS DIFERENCIALMENTE**

(57) Resumen:

Un receptor heterodino independiente de la polarización para señales ópticas moduladas en fase y codificadas diferencialmente. El receptor tiene una arquitectura simple, que puede implementarse con componentes comunes y láseres DFB de bajo coste. Se basa en un acoplador óptico (1) de tres entradas y tres salidas, y conversión óptico-eléctrica con tres fotodiodos (4.1, 4.2, 4.3). Las señales eléctricas fotodetectadas se combinan linealmente (5) para cancelar los términos de detección directa y el ruido en modo común, emulando una fotodetección balanceada. La información contenida en la fase óptica se recupera por medio de demodulación diferencial (7.1, 7.2). El receptor puede operar independientemente del estado de polarización gracias al efecto de la detección heterodina que, junto con el filtrado eléctrico (9), elimina las componentes aleatorias que dependen del estado de polarización, sin necesidad de duplicar la arquitectura del receptor como en un receptor convencional con diversidad de polarización.

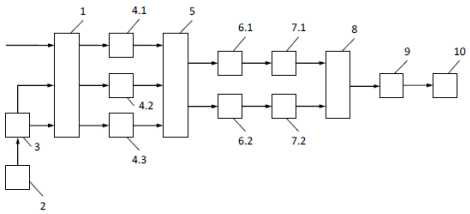

FIG.1

ES 2 679 403 A1

D E S C R I P C I Ó N

RECEPTOR HETERODINO INDEPENDIENTE DE LA POLARIZACIÓN PARA SEÑALES ÓPTICAS MODULADAS EN FASE Y CODIFICADAS DIFERENCIALMENTE

SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención pertenece al sector de las comunicaciones ópticas, particularmente a sistemas ópticos de detección coherente aplicados a redes de acceso local por fibra.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

La aplicación de tecnologías de detección coherente a las nuevas generaciones de redes ópticas de acceso por multiplexación de longitud de onda ultra densa, permitirá incrementar las prestaciones generales de la red en términos de alcance máximo, número de usuarios y capacidad agregada. Aunque ya existen aplicaciones de sistemas coherentes para redes ópticas metropolitanas y de larga distancia, la complejidad y el alto coste de dichos sistemas ha limitado su uso en redes de acceso, donde la simplicidad y robustez de la implementación tienen la mayor de las relevancias, pues se traducen en el coste final para los usuarios. Así pues, los receptores coherentes para aplicaciones de acceso deberán estar basados en componentes comunes de bajo coste, tanto ópticos como eléctricos, y técnicas simples que faciliten su producción en masa y fácil aprovisionamiento [1].

La detección de la señal óptica en un receptor coherente se realiza mezclando dicha señal con otra proveniente del láser local, de modo que la diferencia en los estados de polarización de ambas señales puede degradar seriamente el desempeño del receptor, llegando en algunos casos a impedir la correcta detección de la información. Con el fin de hacer que los receptores coherentes sean inmunes al estado de polarización de los láseres, los sistemas comerciales actuales implementan los denominados receptores con diversidad de polarización, que duplican la arquitectura del receptor para procesar de forma independiente ambas componentes ortogonales

de polarización, previamente separadas por un divisor de haz polarizador.

El documento US2014050233 muestra un ejemplo de la realización de un receptor coherente con diversidad de polarización basado en detección heterodina, en la cual la señal eléctrica que se obtiene después del proceso de fotodetección consiste en una portadora de alta frecuencia que transporta la señal de datos. Esta etapa de frecuencia intermedia opera cuando la diferencia entre las frecuencias ópticas del láser transmisor y local es mayor que el ancho de banda de la señal de datos transmitida.

En dicho receptor, dos divisores de haz polarizadores se conectan a la señal óptica de entrada y al laser local para separar ambas componentes ortogonales de polarización de cada una de las señales ópticas. Las componentes horizontales y verticales son combinadas entre sí respectivamente por medio de acopladores ópticos para obtener las mezclas coherentes, y las cuatro señales ópticas resultantes son conducidas hacia cuatro fotodetectores conectados en pares para hacer fotodetección balanceada. El resultado son dos señales eléctricas de alta frecuencia, correspondientes a los estados horizontal y vertical de polarización, que posteriormente son filtradas y procesadas eléctricamente para extraer la señal de datos. Con esta técnica se consigue una detección coherente independiente del estado de polarización, pero se encarece el receptor y se incrementa su complejidad y su consumo energético al necesitar el doble de componentes opto-electrónicos.

Un segundo ejemplo de un receptor heterodino independiente de la polarización se muestra en [2], y se propone como una simplificación del esquema de diversidad de polarización mencionado anteriormente. En él, la señal óptica de entrada y la proveniente del láser local se mezclan en un acoplador óptico de múltiples puertos (es decir, de al menos dos entradas y dos salidas), y una de las salidas se conecta a un divisor de haz polarizador para separar las componentes ortogonales de polarización de la mezcla coherente, que luego se fotodetectan de manera independiente por dos fotodiodos, uno por cada estado de polarización. Nuevamente, el resultado son dos señales de alta frecuencia que serán procesadas eléctricamente.

Esta arquitectura requiere la mitad de componentes (un divisor de haz polarizador, un acoplador óptico y dos fotodiodos) que la versión convencional de receptor con diversidad de polarización (dos divisores de haz polarizadores, dos acopladores

ópticos y cuatro fotodiodos), pero tiene un par de desventajas a considerar: primero, solo se utiliza una rama de la mezcla coherente entre la señal de entrada y el láser local ocasionando una pérdida de potencia, que se puede minimizar si se utilizan acopladores ópticos con ratio de acoplamiento asimétrico (por ejemplo, un acoplador de ratio 80%:20%); en segundo lugar, la fotodetección no es balanceada, de modo que el receptor sufre la influencia de los términos de detección directa y el ruido en modo común, especialmente el ruido de intensidad del láser local que típicamente opera a potencias elevadas.

Otra alternativa se ha propuesto recientemente para receptores independientes de la polarización y consiste en una arquitectura basada en acopladores ópticos de múltiples puertos, con tres entradas y tres salidas, como se recoge en el documento WO2015079400. En este receptor, la señal óptica recibida se conecta a uno de los tres puertos de entrada del acoplador óptico, mientras que el láser local se conecta a un divisor de haz polarizador para separar sus componentes ortogonales, que luego se conectan a los dos puertos restantes del acoplador. Posteriormente, las tres señales ópticas de salida del acoplador se fotodetectan por medio de tres fotodiodos, y las tres señales eléctricas obtenidas se procesan adecuadamente en la parte electrónica del receptor.

Es importante mencionar que, aunque este tipo de receptor no se basa en fotodetección balanceada, se puede realizar una combinación lineal de las tres señales eléctricas obtenidas tras la fotodetección para cancelar efectivamente los términos de detección directa y las componentes de ruido en modo común, emulando así el comportamiento de un receptor balanceado [3].

Debido a la distribución de las componentes espectrales de las tres señales eléctricas fotodetectadas en el receptor mencionado anteriormente, se demostró que aplicando una diferencia de frecuencia considerable entre el láser transmisor y el local, las componentes aleatorias relativas al estado de polarización de los láseres y que afectan la detección, se sitúan más allá del ancho de banda de la señal de datos y pueden ser eliminadas fácilmente con filtrado eléctrico. De este modo, el receptor opera en régimen intradino, es decir, la frecuencia intermedia es menor que el ancho de banda de la señal de datos, y el proceso de detección es independiente del estado de polarización, en este caso particular para señales moduladas en amplitud (ASK).

Sin embargo, el anterior esquema de detección intradina no se puede aplicar a señales moduladas en fase (PSK), ya que estas se ven severamente afectadas por las desviaciones de frecuencia, con una tolerancia inferior al 10% de la tasa de transmisión de bits [4], mientras que el receptor intradino mencionado anteriormente opera con desviaciones de frecuencia superiores al 65% de la tasa de bits.

Por otra parte, y en complemento del ya mencionado inconveniente con los estados de polarización, el hecho de que en un sistema coherente se usen dos láseres distintos para transmisión y recepción provoca diferencias en la fase óptica, que fluctúa aleatoriamente, y dichas fluctuaciones se relacionan directamente con el ancho de línea espectral de los láseres. Una manera efectiva de hacer frente a este ruido de fase y posibilitar el uso de láseres de bajo coste (láseres DFB, por ejemplo) que típicamente tienen un ancho de línea espectral considerable, consiste en codificar la información en la diferencia de fase entre símbolos consecutivos, en lugar de la fase absoluta de cada símbolo. Para implementar esta conocida técnica diferencial, se necesita un codificador simple en el transmisor, que puede implementarse con compuertas lógicas; y un decodificador o demodulador en el receptor basado en la auto-correlación de la señal eléctrica que transporta la información.

Referencias

[1] J. Prat, I. Cano, M. Presi, I. Tomkos, D. Klonidis, G. Vall-llosera, R. Brenot, R. Pous, G. Papastergiou, A. Rafel, E. Ciaramella, “Technologies for Cost-Effective udWDM-PONs,” *IEEE Journal of Lightwave Technology*, 34(2), 783-791, 2016.

[2] I. Cano, A. Lerín, V. Polo, J. Prat, “Simplified polarization diversity heterodyne receiver for 1.25 Gb/s cost-effective udWDM-PON.” en *Optical Fiber Communication Conference (OFC2014),* W4G-2.

[3] C. Xie, P. Winzer, G. Raybon, A. Gnauck, B. Zhu, T. Geisler, B. Edvold, “Colorless coherent receiver using 3×3 coupler hybrids and single-ended detection,” *Optics express*, vol. 20, no. 2, pp. 1164–1171, 2012.

[4] J. Tabares, V. Polo, I. Cano, and J. Prat, “Automatic λ-control with offset compensation in DFB intradyne receiver for udWDM-PON,” *IEEE Photonics Technology Letters*, 27(4), 443-446, 2015

EXPLICACIÓN DE LA INVENCIÓN

El objeto de la invención es un receptor óptico coherente para la detección heterodina de señales ópticas moduladas en fase y codificadas diferencialmente, que puede operar independientemente del estado de polarización de los láseres. Este receptor se basa en una arquitectura simple, que puede implementarse con dispositivos comunes y de bajo coste. Así pues, con el receptor propuesto en esta invención se extiende el uso de la arquitectura de receptor coherente basada en acopladores de tres entradas y tres salidas, a la recepción de señales ópticas moduladas en fase con detección heterodina independiente de la polarización.

En el sistema de transmisión coherente, la señal de datos se puede utilizar para modular tanto la amplitud como la fase de la señal óptica generada por el láser transmisor. Dicha modulación puede realizarse por medio de moduladores externos, o bien por medio de modulación directa del láser, método atractivo para redes de acceso por su bajo coste y mayor potencia óptica de emisión. En el caso de la modulación directa de fase, la señal de datos se debe pre-ecualizar de acuerdo a la técnica indicada en la referencia [1]. Dicha ecualización se puede realizar de forma analógica o digital, y antecede la modulación directa del láser. Además, con el objetivo de dar robustez ante el ruido de fase y evitar la propagación de errores, la señal de datos también se puede codificar diferencialmente en el transmisor, antes de la pre-ecualización y posterior modulación directa del láser transmisor.

En la parte óptica del receptor coherente objeto de esta invención, la señal proveniente del medio de transmisión óptico se conecta a uno de los puertos de entrada de un acoplador óptico de tres entradas y tres salidas, para hacer una mezcla coherente con el láser local. Dicho láser se conecta a un divisor de haz polarizador para separar sus dos componentes ortogonales, que a continuación se conectan a los dos puertos restantes del acoplador óptico de tres entradas y tres salidas. Después de la mezcla coherente, las tres señales ópticas resultantes se fotodetectan por medio de tres fotodiodos, obteniendo tres señales eléctricas de alta frecuencia que transportan la información contenida en la fase del campo óptico. La frecuencia óptica del láser local se ajusta de tal manera que el receptor opere en régimen heterodino, lo que implica que la frecuencia intermedia de la portadora de radiofrecuencia después de la fotodetección es mayor que el ancho de banda de la señal de datos transmitida.

Acto seguido, en la parte electrónica de este receptor propuesto, se realiza una combinación lineal de las tres señales eléctricas fotodetectadas que permita cancelar los términos de detección directa y las componentes de ruido en modo común, obteniendo dos señales eléctricas compuestas solamente por términos de detección coherente y conteniendo la información de la fase óptica. Estas dos nuevas señales eléctricas son filtradas por dos filtros paso-banda centrados a la frecuencia intermedia, cuyo ancho de banda se ajusta al ancho de banda de la señal de datos. Después, las dos señales se demodulan diferencialmente para extraer la información codificada en la diferencia de fase entre símbolos consecutivos, y luego se combinan para hacer frente al efecto del estado de polarización de los láseres. Un filtrado eléctrico paso-bajas, ajustado al ancho de banda de la señal de datos, se encarga finalmente de suprimir las componentes no deseadas que dependen del estado de polarización, además de reducir otras componentes de ruido. La señal resultante es la variable sobre la cual se efectuará la recuperación de bits por medio de un umbral de decisión.

Así pues, el receptor coherente objeto de la invención permite detectar señales ópticas moduladas en fase, independientemente del estado de polarización, usando una arquitectura de baja complejidad. Como se mencionó anteriormente, la detección intradina de señales PSK con este tipo de receptor basado en acopladores ópticos de tres entradas y tres salidas, cierra completamente el diagrama de ojo en recepción debido a la gran desviación de frecuencia requerida. En consecuencia, el método de detección heterodina propuesto en esta invención, con una frecuencia intermedia seleccionada adecuadamente para maximizar la amplitud de decisión en la recuperación de bits, permite eliminar las componentes no deseadas de polarización por simple filtrado eléctrico, sin necesidad de duplicar la arquitectura del receptor como se hace en los sistemas convencionales de diversidad de polarización.

Cabe señalar que esta invención proporciona una arquitectura de receptor coherente para señales ópticas moduladas en fase, basada en detección heterodina, en la cual las señales eléctricas obtenidas después de la fotodetección son portadoras de radiofrecuencia que transportan la señal de datos. Esto implica que en la parte eléctrica del receptor donde se procesan las señales, debe existir un mecanismo que permita bajar la señal de datos desde la frecuencia intermedia hasta banda base. A este respecto, el esquema de demodulación diferencial cumple la doble función de

extraer la información de fase y hacer conversión de frecuencia. Sin embargo, también se puede implementar una etapa de conversión de frecuencia, en la cual las señales fotodetectadas se mezclan con un oscilador de radiofrecuencia que oscile a la frecuencia intermedia del receptor. De este modo, las señales eléctricas después de la conversión de frecuencia están en banda base y el receptor potencialmente puede detectar formatos de modulación multinivel, como los basados puramente en modulación de fase (*m*-PSK), y los que combinan modulación de fase y amplitud (*m*-QAM).

Otra característica importante de la invención es que efectúa la cancelación de los términos de detección directa y componentes de ruido en modo común, emulando la detección balanceada del receptor convencional heterodino con diversidad de polarización, pero utilizando solamente tres fotodiodos en lugar de cuatro. Gracias a esto, se reduce la complejidad y el consumo energético del receptor, y se incrementa su tolerancia a la potencia interferente de otros canales en un entorno multi-usuario.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1 muestra un diagrama de bloques de la realización del receptor coherente de acuerdo con la presente invención.

La figura 2 muestra un diagrama de bloques de la realización del demodulador diferencial.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN

El receptor óptico coherente objeto de la invención, representado en la figura 1, en su realización preferente, implementa un acoplador óptico (1) de tres entradas y tres salidas, con ratio de acoplamiento simétrico 1:1:1, encargado de realizar la mezcla coherente entre la señal óptica de entrada, proveniente del medio de transmisión, y la señal del láser local (2). Dicho láser puede ser de bajo coste, como por ejemplo un láser DFB de los comúnmente propuestos para redes de acceso.

El láser local (2) se conecta a un divisor de haz polarizador (3) que separa sus dos componentes ortogonales de polarización, que a su vez se conectan a los dos puertos de entrada restantes del acoplador óptico (1). Es importante mencionar que el láser local (2) preferentemente debe emitir luz polarizada linealmente a 45º para conseguir que ambas componentes ortogonales a la salida del divisor de haz polarizador (3) tengan la misma potencia, asegurando así un desempeño óptimo del receptor. Por este motivo, las conexiones ópticas entre el láser local (2), el divisor de haz polarizador (3) y el acoplador óptico (1) deben realizarse preferentemente con fibras mantenedoras del estado de polarización.

Otra alternativa de realización del receptor consiste en conectar el divisor de haz polarizador (3) a la señal óptica recibida en lugar del láser local (2), el cual se conecta directamente al acoplador óptico (1). Sin embargo, el inconveniente de esta variación de la arquitectura es que las pérdidas de inserción del divisor de haz polarizador (3) ocasionan una pérdida de potencia en la señal recibida, que típicamente ya llega al receptor con niveles de potencia muy bajos. Por este motivo, la señal óptica recibida se debe conectar preferentemente a un puerto de entrada del acoplador óptico (1), mientras que el divisor de haz polarizador (3) se conecta preferentemente al laser local (2), ya que el efecto en la potencia de emisión de dicho láser será menor.

La frecuencia óptica del láser local (2) debe ajustarse a un valor cercano a la del láser transmisor, de tal manera que el receptor opere en régimen heterodino, en el cual las señales eléctricas después de la fotodetección pasan por una etapa de frecuencia intermedia mayor que el ancho de banda de la señal de datos. El valor de dicha frecuencia intermedia corresponde a la diferencia entre las frecuencias ópticas del láser transmisor y local (2), y preferentemente se selecciona como un múltiplo entero de la tasa de transmisión de bits, típicamente el doble o el triple, para maximizar la amplitud de decisión de bit cuando se demodulan diferencialmente señales moduladas en fase.

A la salida del acoplador óptico (1), después de la mezcla coherente, las tres señales ópticas resultantes son fotodetectadas por tres fotodiodos (4.1, 4.2, 4.3). Las tres señales eléctricas obtenidas se combinan linealmente (5) de acuerdo al método descrito en el artículo de referencia [3] mencionado anteriormente, para cancelar los

términos de detección directa y las componentes de ruido en modo común, emulando el comportamiento de un receptor balanceado. Dicha combinación lineal (5) es lo suficientemente simple para ser implementada por medio de “hardware” pasivo si el receptor es analógico, o en la etapa de procesamiento de la señal después de la conversión análogo-digital, si el receptor es digital.

El resultado de la combinación lineal (5) son dos señales eléctricas, que son filtradas por dos filtros paso-banda (6.1, 6.2) centrados a la frecuencia intermedia y ajustados en ancho de banda para adaptarse al ancho de banda de la señal de datos. Dado que un receptor coherente no tiene filtro óptico selectivo a la entrada, estos filtros eléctricos se encargan de rechazar la interferencia de canales adyacentes, además de eliminar ruido.

Las dos señales filtradas se demodulan diferencialmente en sus respectivos dispositivos (7.1, 7.2) para extraer la información codificada en la diferencia de fase entre símbolos consecutivos. Hay que mencionar que este método de recuperación de la fase óptica requiere de un codificador adicional en el transmisor. Sin embargo, la simplicidad del demodulador y su robustez ante el ruido de fase, lo convierten en un método atractivo para aplicaciones de acceso que requieren alto desempeño y baja complejidad. La figura 2 muestra la realización de un demodulador diferencial (7.1, 7.2), en la cual la señal eléctrica se multiplica por una versión de sí misma que ha sido retrasada un tiempo de bit (11). Debe recordarse que cada una de las dos señales eléctricas que entran a cada demodulador diferencial (7.1, 7.2) consiste en una portadora de alta frecuencia que transporta la señal de datos. A este respecto, los demoduladores diferenciales (7.1, 7.2) se encargan de bajar las señales desde la frecuencia intermedia hasta banda base, extrayendo la información de fase sin necesidad de una etapa extra de conversión de frecuencia.

Después de la demodulación, las dos señales en banda base se combinan por medio de un sumador (8), y a la señal resultante se le aplica un filtrado paso-bajas (9) con un ancho de banda cercano al 75% de la tasa de trasmisión de bits típicamente, para eliminar ruido y componentes remanentes de polarización. Finalmente, la señal filtrada es conducida hacia la parte de decisión (10) del receptor, en la cual se hace la recuperación del sincronismo y se realiza la decisión de bit por medio de un umbral de comparación.

REIVINDICACIONES

1. Un receptor coherente independiente de la polarización y basado en detección heterodina para señales ópticas moduladas en fase y codificadas diferencialmente, caracterizado porque comprende:
   - Un acoplador óptico (1) de tres entradas y tres salidas para efectuar la mezcla coherente entre la señal óptica de entrada y la del láser local (2).
   - Un divisor de haz polarizador (3) para separar las dos componentes ortogonales del estado de polarización del láser local (2).
   - Conversión óptico-eléctrica de la mezcla coherente por medio de tres fotodetectores (4.1, 4.2, 4.3).
   - Una combinación lineal (5) de las tres señales fotodetectadas para cancelar los términos de detección directa y las componentes de ruido en modo común.
   - Dos filtros paso-banda (6.1, 6.2) para cancelar la interferencia de otros canales adyacentes y eliminar ruido.
   - Demodulación diferencial (7.1, 7.2) para recuperar la información contenida en la fase de la portadora óptica.
   - Un sumador (8) de las dos señales demoduladas para generar la señal que va hacia la parte de decisión del receptor.
   - Un filtrado paso-bajas (9) para eliminar las componentes aleatorias que dependen del estado de polarización y cancelar ruido.
   - Una etapa de recuperación de sincronismo y decisión de bit por medio de un decisor (10) basado en umbral de comparación.

2. El receptor según la reivindicación 1 caracterizado porque opera en régimen heterodino con una frecuencia intermedia seleccionada como un múltiplo entero de la tasa de transmisión de bits para maximizar la amplitud de decisión al demodular diferencialmente señales moduladas en fase.

3. El receptor según la reivindicación 1 caracterizado porque el láser local (2) puede ser un láser DFB u otro de bajo coste y preferentemente debe emitir luz polarizada linealmente a 45º para optimizar el proceso de detección.

4. El receptor según la reivindicación 1 caracterizado porque el divisor de haz polarizador (3) puede estar conectado a la señal óptica recibida en lugar del láser

local (2).

5. El receptor según la reivindicación 1 caracterizado porque la combinación lineal (5) de las señales fotodetectadas puede realizarse por “hardware” analógico o en una etapa de procesamiento digital de señales.

6. El receptor según la reivindicación 1 caracterizado porque la modulación de la fase óptica en el transmisor puede realizarse con moduladores externos o por medio de modulación directa del láser.

7. El receptor según la reivindicación 1 caracterizado porque la señal puede estar codificada diferencialmente en el transmisor.

8. El receptor según la reivindicación 6 caracterizado porque la modulación óptica en el transmisor puede ser multinivel, combinando modulación de fase y amplitud.

9. El receptor según cualquiera de las reivindicaciones 1 u 8 caracterizado porque puede incluir una etapa de conversión de frecuencia que permita la detección de formatos de modulación multinivel.

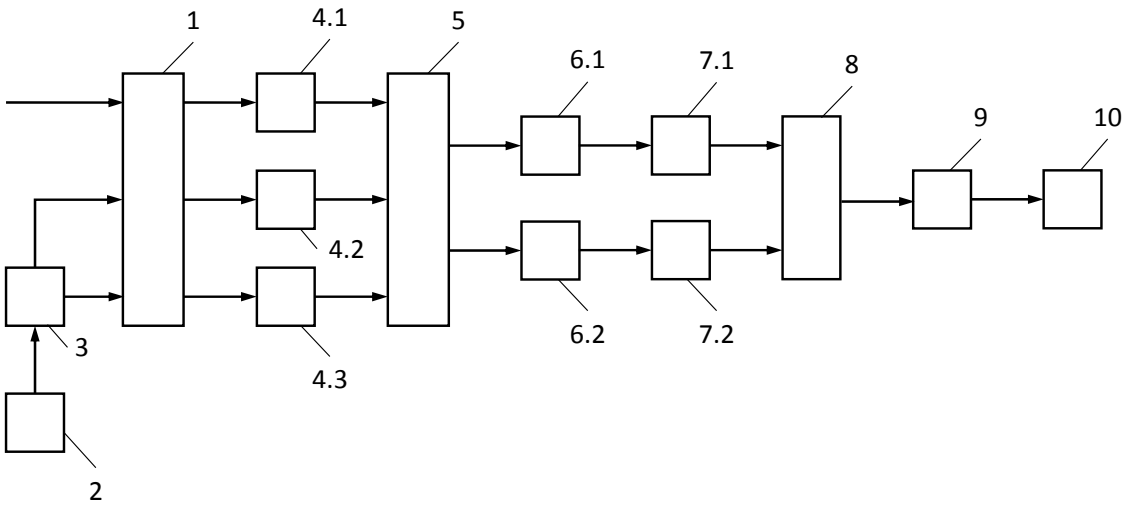

FIG.1

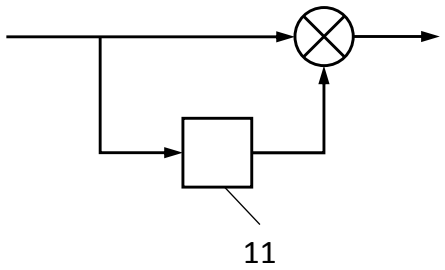

FIG.2

OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 201730247

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 24.02.2017

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(51) **Int. Cl. :** ***H04B10/64*** (2013.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	(56) Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	Cano Ivan N et al. "SIMPLIFIED POLARIZATION DIVERSITY HETERODYNE RECEIVER FOR 1.25GB/S COST-EFFECTIVE UDWDM-PON". 09/03/2014, Páginas 1 - 3, XP023632947 <DOI:doi:10.1109/OFC.2014.6887193>	1-9
Y	WO 2015079400 A1 (SCUOLA SUPERIORE DI STUDI UNIVERSITARI E DI PERFEZIONAMENTO SANT ANNA) 04/06/2015, página 3, línea 26 a página 9, línea 15; figuras 1-14.	1-9
Y	EP 0404054 A2 (FUJITSU LTD) 27/12/1990, página 2, línea 45 a página 7, línea 49; figuras 1-15.	1-9
Y	Nakanishi Y et al. "NOVEL OPTICAL QUATERNARY MINIMUM SHIFT KEYING TECHNOLOGY WITH DIRECT MODULATION OF CONVENTIONAL DFB LASER AND DIGITAL COHERENT DETECTION". 23/09/2012, Páginas 238 - 239, XP032269050 ISBN 978-1-4577-0731-5 ISBN 1-4577-0731-4, <DOI: doi:10.1109/IPCon.2012.6358580>	8,9

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica
O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe	Examinador	Página
17.07.2017	J. Botella Maldonado	1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H04B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL XPESP, XPAIP, XPI3E, INSPEC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 17.07.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-9	**SI**
	Reivindicaciones		**NO**
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones		**SI**
	Reivindicaciones	1-9	**NO**

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	Cano Ivan N et al.. "SIMPLIFIED POLARIZATION DIVERSITY HETERODYNE RECEIVER FOR 1.25GB/S COST-EFFECTIVE UDWDM-PON". Páginas 1 - 3, , XP023632947 <DOI:doi:10.1109/OFC.2014.6887193>	09.03.2014
D02	WO 2015079400 A1 (SCUOLA SUPERIORE DI STUDI UNIVERSITARI DI PERFEZIONAMENTO SANT ANNA)	04.06.2015
D03	EP 0404054 A2 (FUJITSU LTD)	27.12.1990
D04	Nakanishi Y et al.. "NOVEL OPTICAL QUATERNARY MINIMUM SHIFT KEYING TECHNOLOGY WITH DIRECT MODULATION OF CONVENTIONAL DFB LASER AND DIGITAL COHERENT DETECTION". Páginas 238 - 239, XP032269050 ISBN 978-1-4577-0731-5 ;ISBN 1-4577-0731-4, <DOI:doi:10.1109/IPCon.2012.6358580>	23.09.2012

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El documento D01 propone un receptor heterodino con un único fotodiodo por polarización. Una secuencia binaria NRZ se codifica diferencialmente, se ecualiza y amplifica antes de modular DPSK directamente un láser DFB . El receptor heterodino consiste, en una de las realizaciones, en un acoplador que mezcla la señal recibida con el oscilador local, separa ambas polarizaciones con un PBS y las detecta separadamente con sendos fotodiodos. La señal eléctrica se muestrea y se aplica a un filtro paso alto para posteriormente decodificarse diferencialmente, se suman las componentes ortogonales y se pasa por un filtro paso bajo antes de la etapa de sincronismo y decisión de bit.

El documento D02 presenta un receptor coherente intradino con un separador de polarización que separa las componentes ortogonales del oscilador local y las aplica a un acoplador óptico 3x3 junto con la señal recibida. Después de la conversión fotoeléctrica se les aplica un procesamiento analógico generándose una señal representativa de la señal recibida que se aplica aun filtro paso bajo y se demodula. El oscilador local es un DFB polarizado a 45º. El separador de polarización puede estar conectado a la señal recibida en lugar del oscilador local.

El documento D03 presenta un sistema de modulación PSK directo. comprende un diodo láser DFB cuya frecuencia de oscilación se modula ajustándose la desviación de la frecuencia a los datos de entrada de manera que la variación en la fase entre signos es +/- 360ºk/n k=1,2,..,n . En recepción, en DPSK, se requiere un decodificador diferencial. La frecuencia intermedia es un múltiplo entero de la tasa de transmisión de bits.

El documento D04 propone un sistema óptico cuaternario MSK con un receptor constituido por un oscilador local, un híbrido de 90º, un receptor dual balanceado, ADC, decodificador diferencial y filtro adaptativo.

Consideramos que un experto en la matera combinaría fácilmente las partes principales de los documentos D01, D02 y D03 y ejecuciones particulares obvias (reivindicaciones 5ª y 6ª) y conocidas, para obtener las características de las reivindicaciones de la 1ª a la 7ª y las reivindicaciones 8ª y 9ª si tiene además en cuenta el documento D04.

Por lo tanto, el objeto de la invención recogido en loas reivindicaciones de la 1ª a la 9ª no implica actividad inventiva.