

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 061**

51 Int. Cl.:

H04B 10/61 (2013.01)

H04J 14/02 (2006.01)

H04L 27/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.07.2011 PCT/CN2011/077609**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.08.2012 WO12106928**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.07.2011 E 11858144 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2019 EP 2608436**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para recibir señales ópticas de múltiples portadoras**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.11.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HUANG, YUANDA;
LI, LIANGCHUAN;
LIU, LING y
LIU, LEI**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 732 061 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

Procedimiento y dispositivo para recibir señales ópticas de múltiples portadoras

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere al campo de las comunicaciones y, en particular, a un procedimiento y a un dispositivo para recibir una señal óptica de múltiples portadoras.

10 Antecedentes de la invención

En la actualidad, con el aumento de los requisitos de velocidad de transmisión, la velocidad en baudios de los sistemas de transmisión óptica aumenta continuamente, lo que impone requisitos de velocidad cada vez más altos a los componentes. Para reducir los requisitos de velocidad en los sistemas de comunicación óptica. Actualmente, para sistemas de modulación de múltiples portadoras, en la industria se utiliza comúnmente un modo de recepción independiente y coherente de cada portadora. La recepción independiente y coherente de cada portadora significa que un conjunto independiente de dispositivo de recepción coherente debe estar equipado para cada portadora, incluyendo un mezclador, un PD (detector fotoconductor), un ADC (convertidor de analógico a digital) y un procesador DSP (procesador de señales digitales).

Un primer aspecto de la técnica anterior proporciona una solución para la recepción coherente de una señal óptica de múltiples portadoras, donde una señal óptica de múltiples portadoras (por ejemplo, una señal óptica multiplexada por división de longitud de onda) se filtra a través de un filtro óptico para implementar la separación de portadoras para obtener señales de portadora ópticas; después, cada señal de portadora óptica se mezcla de manera coherente con su señal óptica local respectiva correspondiente a la frecuencia central de la señal de portadora óptica y se somete a conversión fotoeléctrica y conversión de analógico a digital para obtener una señal de banda base digital; y después se realiza un procesamiento de señales digitales en la señal de banda base digital para recuperar una señal de salida.

Un segundo aspecto de la técnica anterior proporciona otra solución para la recepción coherente de una señal óptica de múltiples portadoras, donde una señal óptica de múltiples portadoras se divide a través de un divisor de potencia en señales ópticas de múltiples portadoras cuyo número es igual al número de portadoras; después, cada señal óptica de múltiples portadoras se mezcla de manera coherente con una señal óptica local correspondiente a la frecuencia central de su portadora respectiva y se somete a conversión fotoeléctrica para obtener una señal eléctrica analógica que contiene información de las portadoras, y la señal eléctrica analógica se filtra para implementar la separación de portadoras para obtener una señal de portadora correspondiente a la frecuencia central; y después se realiza una conversión de analógico a digital en la señal de portadora para obtener una señal de banda base digital y se realiza un procesamiento de señales digitales en la señal de banda base digital para recuperar una señal de salida.

El documento WO 2011/113097 A2, que reivindica la prioridad del documento US 61/315537 presentado el 19/03/2010, da a conocer un procedimiento y aparato para mitigar la no linealidad de fibras, donde se asigna un símbolo a una de una pluralidad predeterminada de subbandas de frecuencia.

El documento de Yan Tang et al.: "Fiber nonlinearity mitigation in 428-Gb/s multiband coherent optical OFDM systems", Optical Fiber Communication (OFC), Collocated National Fiber Optic Engineers Conference, conferencia de 2010 sobre (OFC/NFOEC), IEEE, NJ; EE.UU., 21 de marzo de 2010, páginas 1-3, da a conocer una OFDM ensanchada mediante DFT, donde cada subbanda de CO-OFDM multibanda mitiga la no linealidad de las fibras. Se asigna un símbolo a una de una cantidad predeterminada de subbandas de frecuencia.

El documento de Xiang Liu et al.: "448-Gb/s Reduced-Guard-Interval CO-OFDM Transmission Over 2000 km of Ultra-Large-Area Fiber and Five 80-GHz-Grid ROADMs", Journal Of Lightwave Technology, IEEE Service Center, Nueva York, EE.UU., vol. 29, n.º 4, 1 de febrero de 2011, páginas 483-490, da a conocer un esquema novedoso de CO-OFDM con intervalo de protección reducido, donde la dispersión cromática de fibra se compensa dentro del receptor.

Sin embargo, en el primer aspecto de la técnica anterior, después de que se utilice el filtro óptico para filtrar la señal óptica de múltiples portadoras para implementar la separación de portadoras, se requiere un conjunto independiente de dispositivo de recepción coherente para cada señal de portadora óptica mientras se recibe la señal de portadora óptica. En el segundo aspecto de la técnica anterior, después de que se utilice el divisor de potencia para dividir la señal de múltiples portadoras en múltiples señales de múltiples portadoras, también se requiere un conjunto independiente de dispositivo de recepción coherente para cada señal de múltiples portadoras mientras se recibe la señal de múltiples portadoras, y a diferencia del primer aspecto de la técnica anterior, la separación de portadoras se implementa filtrando la señal eléctrica. Puede observarse a partir de lo anterior que tanto la solución para recibir una señal óptica de múltiples portadoras en el primer aspecto de la técnica anterior como la solución para recibir una

señal óptica de múltiples portadoras en el segundo aspecto de la técnica anterior requieren múltiples conjuntos independientes de dispositivos de recepción coherentes y, por lo tanto, las soluciones para recibir una señal óptica de múltiples portadoras de la técnica anterior tienen los problemas de un alto coste y un alto consumo de energía.

5 Resumen de la invención

En vista de los problemas de la técnica anterior, la presente invención proporciona una solución para recibir una señal óptica de múltiples portadoras, que tiene las ventajas de un bajo coste y un bajo consumo de energía. La presente invención proporciona un procedimiento y un dispositivo tal como se define en las reivindicaciones independientes. Aspectos preferidos se definen en las reivindicaciones dependientes.

A través de las soluciones para recibir una señal óptica de múltiples portadoras proporcionadas en las formas de realización de la presente invención, la señal óptica de múltiples portadoras se mezcla con la señal óptica local que tiene la misma frecuencia central que la frecuencia central de la señal óptica de múltiples portadoras, la señal obtenida a través de la mezcla se somete a conversión fotoeléctrica y a procesamiento de conversión de analógico a digital de manera sucesiva, la señal digital obtenida a través de conversión de analógico a digital se somete a procesamiento FFT, la señal obtenida a través del procesamiento FFT se agrupa y cada grupo se somete a procesamiento IFFT para implementar la separación de portadoras y, finalmente, los datos transportados en cada portadora se restauran en función de cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva. Puede observarse a partir de lo anterior que las soluciones para recibir una señal óptica de múltiples portadoras proporcionadas en las formas de realización de la presente invención solo requieren un conjunto de dispositivo de recepción coherente, por lo que las soluciones de recepción tienen un bajo coste y un bajo consumo de energía y son fáciles de implementar; además, todo el procesamiento después de la conversión de analógico a digital puede completarse dentro de un componente (por ejemplo, DSP), lo que facilita la compartición y el intercambio de información y parámetros de canal entre las portadoras, reduciéndose así la complejidad de recibir la señal óptica de múltiples portadoras.

Breve descripción de los dibujos

30 Para ilustrar más claramente las soluciones técnicas de las formas de realización de la presente invención o de la técnica anterior, a continuación se introducirán brevemente los dibujos adjuntos requeridos para describir las formas de realización o la técnica anterior.

35 La FIG. 1 es un diagrama estructural de un dispositivo para recibir una señal óptica de múltiples portadoras proporcionado en la forma de realización 1 de la presente invención.

La FIG. 2A es un diagrama esquemático de una señal de dominio de frecuencia obtenida mediante procesamiento FFT en la forma de realización 2 de la presente invención.

40 La FIG. 2B es un primer diagrama estructural esquemático de un dispositivo para recibir una señal óptica de múltiples portadoras proporcionado en la forma de realización 2 de la presente invención.

La FIG. 2C es un segundo diagrama estructural esquemático de un dispositivo para recibir una señal óptica de múltiples portadoras proporcionado en la forma de realización 2 de la presente invención.

45 La FIG. 3A es un primer diagrama estructural esquemático de un procesador DSP proporcionado en la forma de realización 2 de la presente invención.

50 La FIG. 3B es un segundo diagrama estructural esquemático de un procesador DSP proporcionado en la forma de realización 2 de la presente invención.

La FIG. 4A es un tercer diagrama estructural esquemático de un procesador DSP proporcionado en la forma de realización 2 de la presente invención.

55 La FIG. 4B es un cuarto diagrama estructural esquemático de un procesador DSP proporcionado en la forma de realización 2 de la presente invención.

La FIG. 4C es un quinto diagrama estructural esquemático de un procesador DSP proporcionado en la forma de realización 2 de la presente invención.

60 La FIG. 5 es un diagrama de flujo de un procedimiento para recibir una señal óptica de múltiples portadoras proporcionado en la forma de realización 3 de la presente invención.

65

Descripción detallada de las formas de realización

Las soluciones técnicas de las formas de realización de la presente invención se describirán a continuación de manera clara y completa con referencia a los dibujos adjuntos de las formas de realización de la presente invención. Evidentemente, las formas de realización que van a describirse son simplemente una parte de, y no todas, las formas de realización de la presente invención. Todas las demás formas de realización concebidas por los expertos en la técnica en función de las formas de realización de la presente invención sin llevar a cabo ninguna investigación adicional estarán dentro del alcance de protección de la presente invención.

Para que los objetivos, las soluciones técnicas y las ventajas de la presente invención sean más claros, las formas de realización de la presente invención se describen a continuación en detalle con referencia a los dibujos adjuntos.

Una forma de realización de la presente invención proporciona un dispositivo para recibir una señal óptica de múltiples portadoras, cuya estructura se muestra en la FIG. 1. El dispositivo incluye un mezclador 21, un módulo de conversión fotoeléctrica 22, un módulo de conversión de analógico a digital 23, un módulo FFT (transformada rápida de Fourier) 24, un módulo IFFT (transformada rápida inversa de Fourier) 25 y un módulo de restauración de datos 26.

El mezclador 25 está configurado para recibir una señal óptica de múltiples portadoras y una señal óptica local que tiene la misma frecuencia central que la de la señal óptica de múltiples portadoras, y para mezclar la señal óptica de múltiples portadoras con la señal óptica local. En la presente invención, una señal óptica de doble portadora que tiene dos portadoras también pertenece a la señal óptica de múltiples portadoras descrita en la presente invención, y el modo de modulación correspondiente a una portadora en la señal óptica de múltiples portadoras puede ser diferente del modo de modulación correspondiente a otra portadora.

Para facilitar la descripción, "señal óptica de N portadoras" se describe como sustituto de "señal óptica de múltiples portadoras", donde $N \geq 2$. Las frecuencias centrales de las N portadoras en la señal óptica de N portadoras son f_1, f_2, \dots y f_N , y la frecuencia central f_{S0} de la señal óptica de N portadoras es $(f_1 + f_2 + \dots + f_N)/N$. En la forma de realización de la presente invención, la frecuencia central f_0 de la señal óptica local es específicamente la frecuencia central f_{S0} de la señal óptica de N portadoras. Sin embargo, en algunas aplicaciones reales, la frecuencia central f_0 de la señal óptica local que puede utilizarse no es completamente igual a f_{S0} , sino que se desvía ligeramente de f_{S0} , o cambia en torno a f_{S0} . Puede entenderse que la presente invención también se puede implementar utilizando la señal óptica local que tiene la frecuencia central en los casos anteriores y, por lo tanto, incluso cuando la frecuencia central de la señal óptica local se desvía ligeramente de f_{S0} o cambia en torno a f_{S0} , la frecuencia central de la señal óptica local también se debe considerar como la frecuencia central de la señal óptica de N portadoras.

El módulo de conversión fotoeléctrica 22 está configurado para realizar una conversión fotoeléctrica en una señal óptica proporcionada por el mezclador para obtener una señal eléctrica. La función del módulo de conversión fotoeléctrica 22 puede implementarse utilizando uno o más detectores fotoconductores.

El módulo de conversión de analógico a digital 23 está configurado para realizar una conversión de analógico a digital en la señal eléctrica para obtener una señal digital. La función del módulo de conversión de analógico a digital 23 se puede implementar utilizando uno o más ADC.

El módulo de transformada rápida de Fourier, FFT, 24 está configurado para realizar un procesamiento FFT en la señal digital para obtener una señal de dominio de frecuencia.

El módulo de transformada rápida inversa de Fourier, IFFT, 25 está configurado para agrupar la señal de dominio de frecuencia de acuerdo con cada banda de frecuencias correspondiente a su portadora respectiva en la señal óptica de múltiples portadoras, y para realizar un procesamiento IFFT en cada grupo de señales de dominio de frecuencia obtenido a través de la agrupación para obtener una señal de dominio de tiempo correspondiente para cada portadora. Cada portadora de la señal óptica de múltiples portadoras ocupa una banda de frecuencias, la señal antes del procesamiento FFT es la representación en el dominio de tiempo de la señal óptica de múltiples portadoras, la señal de dominio de frecuencia obtenida a través del procesamiento FFT es la representación de dominio de frecuencia de la señal óptica de múltiples portadoras, y la señal de dominio de frecuencia está formada por puntos de frecuencia discretos. Puesto que la banda de frecuencias ocupada por cada portadora corresponde a una parte de los puntos de frecuencia en la señal de dominio de frecuencia, la señal de dominio de frecuencia puede agruparse en función de cada banda de frecuencias correspondiente a su portadora respectiva, y el procedimiento de agrupación es: realizar una agrupación con respecto a una portadora específica para tomar todos los puntos de frecuencia correspondientes a la banda de frecuencias ocupada por la portadora en la señal de dominio de frecuencia como un grupo. Después, cada grupo de señales de dominio de frecuencia obtenido a través de la agrupación se somete por separado a un procesamiento IFFT, y de esta manera se obtiene una señal de dominio de tiempo correspondiente para cada una de las N portadoras, es decir, se implementa la separación de portadoras. En esta forma de realización, el módulo FFT 25 puede incluir submódulos FFT (25-1, 25-2, ..., 25-N) en la misma cantidad que la cantidad de portadoras de la señal óptica de múltiples portadoras. En esta forma de realización, aunque se menciona que el módulo IFFT agrupa la señal de dominio de frecuencia obtenida a través de la

transformada FFT, la agrupación puede interpretarse como que cada submódulo IFFT selecciona todos los puntos de frecuencia que corresponden a una portadora.

5 El módulo de restauración de datos 26 está configurado para realizar una restauración de datos en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva para obtener datos transportados en cada portadora.

En una forma de realización, el módulo de restauración de datos 26 puede incluir además un módulo de recuperación de reloj, un módulo de decisión y un módulo de sincronización de portadoras.

10 El módulo de recuperación de reloj realiza una recuperación de reloj en las señales de dominio de tiempo correspondientes a las N portadoras proporcionadas por el módulo IFFT 25. En aplicaciones reales, un reloj de muestreo real según el cual un ADC realiza la conversión de analógico a digital se desvía de un reloj de muestreo esperado en lo que respecta a la fase de muestreo, y el procesamiento de recuperación de reloj es extraer información de error de la fase de muestreo y realizar un procesamiento de interpolación en la señal de acuerdo con la información de error extraída de la fase de muestreo, o controlar el reloj de muestreo, que es la base del ADC, devolviendo la información de error de la fase de muestreo, eliminándose así la influencia causada por la desviación de fase.

20 El módulo de sincronización de portadoras realiza el procesamiento de sincronización de portadoras en las señales de dominio de tiempo correspondientes a las N portadoras obtenidas a través del procesamiento de recuperación de reloj. Durante el procesamiento de sincronización de portadoras se puede estimar una desviación de frecuencia correspondiente y una desviación de fase correspondiente para cada portadora, y después se realiza una compensación correspondiente en función de la desviación de frecuencia y la desviación de fase estimadas, eliminándose así la influencia causada por la desviación de frecuencia y la desviación de fase entre una portadora enviada y una portadora recibida. El procesamiento de sincronización de portadoras puede utilizar la técnica anterior, y los detalles no se describirán de nuevo en el presente documento.

30 El módulo de decisión toma una decisión acerca de las señales de dominio de tiempo correspondientes a las N portadoras obtenidas a través del procesamiento de sincronización de portadoras para obtener datos transportados en las N portadoras. Cuando se realiza el procesamiento de decisión, el módulo de decisión puede utilizar específicamente una decisión firme o una decisión flexible, lo que no está específicamente limitado en la presente invención. Tanto la decisión firme como la decisión flexible pertenecen a la técnica anterior, y los detalles no se describirán de nuevo en la presente invención.

35 Si la señal óptica de múltiples portadoras es específicamente una señal óptica multiplexada con polarización de múltiples portadoras, el módulo de restauración de datos 26 puede incluir además un módulo de compensación de PMD (dispersión en modo de polarización), configurado para realizar una compensación de PMD en las señales de dominio de tiempo correspondientes a las N portadoras obtenidas a través del procesamiento de recuperación de reloj, antes de que se introduzcan en el módulo de sincronización de portadoras.

40 En otra forma de realización, el dispositivo para recibir una señal óptica de múltiples portadoras proporcionado en la forma de realización de la presente invención puede incluir además un módulo de compensación de CD (dispersión cromática). El módulo CD puede estar ubicado antes del módulo IFFT 25 y realiza una compensación de CD en la señal de dominio de frecuencia antes de que la señal de dominio de frecuencia se introduzca en el módulo IFFT 25. El módulo de compensación de CD también puede ubicarse después del módulo IFFT 25, y realiza una compensación de CD en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva de las N portadoras proporcionada por el módulo IFFT 25. En muchos casos reales, las portadoras de la señal óptica de múltiples portadoras se transmiten a través de la misma trayectoria y, en consecuencia, los valores de CD correspondientes a las portadoras son aproximadamente los mismos, de modo que durante la compensación de CD, la CD experimentada por cada portadora en la señal óptica de múltiples portadoras puede compensarse en función del valor de CD correspondiente a una de las portadoras, o la CD experimentada por cada portadora de la señal óptica de múltiples portadoras puede compensarse en función del valor de CD correspondiente a su portadora respectiva. El módulo de compensación de CD en la forma de realización de la presente invención puede seleccionar una cualquiera de las anteriores soluciones de compensación para compensar la CD experimentada por cada portadora. Durante la compensación de CD, primero debe determinarse un valor de compensación de CD, donde un procedimiento es preestablecer un valor de compensación de CD. Puesto que un sistema de transmisión de fibra óptica está ligeramente influenciado por factores externos una vez establecido, aproximadamente, se puede considerar que la CD experimentada por una señal durante la transmisión en el sistema de transmisión de fibra óptica no cambia con el tiempo. Por lo tanto, después de que se establezca el sistema de transmisión de fibra óptica, se puede medir un valor de CD de cada señal de portadora óptica durante la prueba inicial o inicialización del sistema y, después, el/los resultado(s) de la medición se utiliza(n) como base para que el sistema realice la compensación de CD durante el funcionamiento normal.

65 Además de la manera de determinar el valor de compensación de CD mediante preajuste como se describió anteriormente, el valor de CD de la señal óptica de múltiples portadoras también se puede supervisar en tiempo real y, después, el valor de CD obtenido mediante supervisión en tiempo real se puede utilizar como el valor de

compensación de CD. Según esta manera de determinar el valor de compensación de CD, el dispositivo para recibir una señal óptica de múltiples portadoras proporcionado en la forma de realización de la presente invención puede incluir además un primer módulo de estimación de CD, un segundo módulo de estimación de CD, un tercer módulo de estimación de CD, un cuarto módulo de estimación de CD o un quinto módulo de estimación de CD.

5 El primer módulo de estimación de CD está configurado para estimar un valor de CD basándose en la señal de dominio de tiempo correspondiente a una portadora arbitraria de las N portadoras y proporcionar el valor de CD estimado al módulo de compensación de CD como un valor de compensación de CD. El módulo de compensación de CD realiza la compensación de CD de acuerdo con el valor de compensación de CD proporcionado por el primer módulo de estimación de CD.

15 El segundo módulo de estimación de CD está configurado para estimar conjuntamente un valor de CD basándose en las señales de dominio de tiempo correspondientes a al menos dos portadoras de las N portadoras, y para proporcionar el valor de CD estimado conjuntamente al módulo de compensación de CD como un valor de compensación de CD. El módulo de compensación de CD realiza la compensación de CD de acuerdo con el valor de compensación de CD proporcionado por el segundo módulo de estimación de CD.

20 El tercer módulo de estimación de CD está configurado para estimar, en función de cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva, un valor de CD para obtener un valor de CD correspondiente para cada portadora y proporcionar los valores de CD correspondientes a sus portadoras respectivas al módulo de compensación de CD. El módulo de compensación de CD realiza la compensación de CD de acuerdo con los valores de CD correspondientes a sus portadoras respectivas proporcionadas por el tercer módulo de estimación de CD.

25 El cuarto módulo de estimación de CD está configurado para estimar un valor de CD correspondiente a una portadora arbitraria basándose en la señal de dominio de frecuencia proporcionada por el módulo FFT 24, y para proporcionar el valor de CD estimado al módulo de compensación de CD. El módulo de compensación de CD realiza la compensación de CD basándose en el valor de CD estimado por el cuarto módulo de estimación de CD. En la descripción que antecede, puesto que cada portadora corresponde a una parte de los puntos de frecuencia en la señal de dominio de frecuencia, el cuarto módulo de estimación de CD puede estimar un valor de CD correspondiente a una portadora arbitraria basándose en todos los puntos de frecuencia correspondientes a la portadora.

35 El quinto módulo de estimación de CD está configurado para estimar un valor de CD correspondiente para cada portadora basándose en la señal de dominio de frecuencia proporcionada por el módulo FFT 24, y para proporcionar cada valor de CD correspondiente a su portadora respectiva al módulo de compensación de CD. El módulo de compensación de CD realiza la compensación de CD basándose en cada valor de CD correspondiente a su portadora respectiva estimada por el quinto módulo de estimación de CD. En la descripción que antecede, puesto que cada portadora corresponde a una parte de los puntos de frecuencia en la señal de dominio de frecuencia, el quinto módulo de estimación de CD puede estimar un valor de CD correspondiente para cada portadora basándose en todos los puntos de frecuencia correspondientes a tal portadora.

45 En otra forma de realización, el dispositivo para recibir una señal óptica de múltiples portadores proporcionados en la forma de realización de la presente invención puede incluir además un módulo de adquisición de desviación de frecuencia y un módulo de compensación de desviación de frecuencia.

50 El módulo de adquisición de desviación de frecuencia está configurado para adquirir un valor de desviación de frecuencia correspondiente para cada portadora que se obtiene cuando el módulo de sincronización de portadora realiza el procesamiento de sincronización de portadora, calcular un valor de compensación de desviación de frecuencia basándose en los valores de desviación de frecuencia adquiridos correspondientes a sus portadoras respectivas, y proporcionar el valor de compensación de desviación de frecuencia al módulo de compensación de desviación de frecuencia. Por ejemplo, si los valores de desviación de frecuencia correspondientes a las N portadoras son $\Delta\omega_1$, $\Delta\omega_2, \dots$, y $\Delta\omega_N$, el valor de compensación de desviación de frecuencia puede ser $(\Delta\omega_1 + \Delta\omega_2 + \dots + \Delta\omega_N)/N$.

55 El módulo de compensación de desviación de frecuencia está configurado para realizar, basándose en el valor de compensación de desviación de frecuencia, una compensación de desviación de frecuencia en la señal digital antes de que la señal digital obtenida a través de conversión de analógico a digital se introduzca en el módulo FFT 24.

60 De manera alternativa, el módulo de compensación de desviación de frecuencia está ubicado después del módulo FFT 25 y está configurado para realizar, basándose en el valor de compensación de desviación de frecuencia, una compensación de desviación de frecuencia en la señal de dominio de frecuencia antes de que la señal de dominio de frecuencia se introduzca en el módulo IFFT.

65 El módulo de compensación de desviación de frecuencia puede implementar una compensación de desviación de frecuencia al realizar un desplazamiento de frecuencia correspondiente en la señal en función del valor de

compensación de desviación de frecuencia. Además de la manera de compensación de desviación de frecuencia anterior, el valor de compensación de desviación de frecuencia calculado por el módulo de adquisición de desviación de frecuencia también se puede retroalimentar a un dispositivo que genera una señal óptica local, de modo que el dispositivo que genera una señal óptica local ajusta la frecuencia central de la señal óptica local generada por el dispositivo.

En una forma de realización específica, las funciones del módulo FFT 24, del módulo IFFT 25 y del módulo de restauración de datos 26 en la forma de realización de la presente invención pueden implementarse a través de un procesador DSP, y puede entenderse que, además de los tres módulos anteriores, las funciones del módulo de compensación de CD, del módulo de compensación de desviación de frecuencia, del primer módulo de estimación de CD, del segundo módulo de estimación de CD, del tercer módulo de estimación de CD, del cuarto módulo de estimación de CD y del módulo de adquisición de desviación de frecuencia pueden implementarse a través de un procesador DSP. Cabe señalar que, además del uso del procesador DSP para implementar las funciones de los módulos anteriores, las funciones de los módulos anteriores también se pueden implementar utilizando otros componentes, lo cual no está limitado en la presente invención.

Un dispositivo para recibir una señal QAM (modulación de amplitud en cuadratura) multiplexada con polarización de doble portadora se toma a continuación como ejemplo para ilustrar adicionalmente las soluciones de la presente invención. Para facilitar la descripción expuesta a continuación, se supone que las frecuencias centrales de dos portadoras (portadora 1, portadora 2) de la señal QAM multiplexada con polarización de doble portadora son f_1 y f_2 , respectivamente.

La FIG. 2B es un diagrama estructural de un dispositivo para recibir la señal QAM multiplexada con polarización de doble portadora. El dispositivo de recepción incluye un mezclador 30, un PD 311, un PD 312, un PD 313, un PD 314, un ADC 321, un ADC 322, un ADC 323, un ADC 324, un módulo FFT 331, un módulo FFT 332, un submódulo IFFT 341, un submódulo IFFT 342, un submódulo IFFT 343, un submódulo IFFT 344 y un módulo de restauración de datos 301.

El mezclador 30 recibe una señal QAM multiplexada con polarización de doble portadora y una señal óptica local, y mezcla la señal QAM multiplexada con polarización de doble portadora con la señal óptica local. La frecuencia central de la señal óptica local es $(f_1+f_2)/2$.

El PD 311, el PD 312, el PD 313 y el PD 314 realizan conversión fotoeléctrica en dos señales ópticas correspondientes a un estado polarizado X y en dos señales ópticas correspondientes a un estado polarizado Y para obtener una señal eléctrica de canal I correspondiente al estado polarizado X, una señal eléctrica de canal Q correspondiente al estado polarizado X, una señal eléctrica de canal I correspondiente al estado polarizado Y y una señal eléctrica de canal Q correspondiente al estado polarizado Y, donde el mezclador 30 proporciona dos señales ópticas correspondientes a un estado polarizado X y dos señales ópticas correspondientes a un estado polarizado Y. El estado polarizado X y el estado polarizado Y son dos estados polarizados ortogonales entre sí, la señal eléctrica de canal I correspondiente al estado polarizado X y la señal eléctrica de canal Q correspondiente al estado polarizado X representan conjuntamente información acerca de una señal óptica de estado polarizado X en la señal QAM multiplexada con polarización de doble portadora, y la señal eléctrica de canal I correspondiente al estado polarizado Y y la señal eléctrica de canal Q correspondiente al estado polarizado Y representan conjuntamente información acerca de una señal óptica de estado polarizado Y en la señal QAM multiplexada con polarización de doble portadora.

El ADC 321, el ADC 322, el ADC 323 y el ADC 324 convierten la señal eléctrica de canal I correspondiente al estado polarizado X, la señal eléctrica de canal Q correspondiente al estado polarizado X, la señal eléctrica de canal I correspondiente al estado polarizado Y y la señal eléctrica de canal Q correspondiente al estado polarizado Y en señales digitales para obtener una señal digital de canal I XI correspondiente al estado polarizado X, una señal digital de canal Q XQ correspondiente al estado polarizado X, una señal digital de canal I YI correspondiente al estado polarizado Y y una señal digital de canal Q YQ correspondiente al estado polarizado Y. XI y XQ representan conjuntamente, en forma de señales digitales, información acerca de la señal óptica de estado polarizado X en la señal QAM multiplexada con polarización de doble portadora, e YI e YQ representan conjuntamente, en forma de señales digitales, información acerca de la señal óptica de estado polarizado Y en la señal QAM multiplexada con polarización de doble portadora.

El módulo FFT 331 realiza un procesamiento FFT de 2M puntos en las señales digitales que representan la información acerca de la señal óptica de estado polarizado X en la señal QAM multiplexada con polarización de doble portadora para obtener una señal de dominio de frecuencia que tiene 2M puntos de frecuencia, donde la señal de dominio de frecuencia se denomina señal de dominio de frecuencia correspondiente al estado polarizado X y tiene una forma espectral de frecuencia mostrada en la FIG. 2A; el módulo FFT 332 realiza un procesamiento FFT de 2M puntos en las señales digitales que representan la información acerca de la señal óptica de estado polarizado Y en la señal QAM multiplexada con polarización de doble portadora para obtener una señal de dominio de frecuencia que tiene 2M puntos de frecuencia, donde la señal de dominio de frecuencia se denomina señal de dominio de frecuencia correspondiente al estado polarizado Y y tiene una forma espectral de frecuencia similar a la

forma espectral de frecuencia de la señal de dominio de frecuencia correspondiente al estado polarizado X. En la FIG. 2A, la señal de dominio de frecuencia representada por los M primeros puntos de frecuencia corresponde a una portadora 1 en el estado polarizado X, y la señal de dominio de frecuencia representada por los M últimos puntos de frecuencia corresponde a una portadora 2 en el estado polarizado X.

Los submódulos IFFT 341 y 342 realizan cada uno el procesamiento IFFT de M puntos. Sin perder generalidad, se supone que el submódulo IFFT 341 realiza un procesamiento IFFT de M puntos en la señal de dominio de frecuencia (por ejemplo, la señal de dominio de frecuencia representada por los M primeros puntos de frecuencia en la FIG. 2A) correspondiente a la portadora 1 en el estado polarizado X, y el submódulo IFFT 342 realiza el procesamiento IFFT de M puntos en la señal de dominio de frecuencia (por ejemplo, la señal de dominio de frecuencia representada por los M últimos puntos de frecuencia en la FIG. 2A) correspondiente a la portadora 2 en el estado polarizado X. El submódulo IFFT 341 proporciona señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 1 en el estado polarizado X, y el submódulo IFFT 342 proporciona señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 2 en el estado polarizado X. Cabe señalar que la cantidad de puntos de frecuencia correspondientes a cada portadora viene determinada por la banda de frecuencias correspondiente a la portadora, y la cantidad de puntos de frecuencia correspondientes a una portadora puede no ser igual a la cantidad de puntos de frecuencia correspondientes a otra portadora.

Los submódulos IFFT 343 y 344 realizan cada uno el procesamiento IFFT de M puntos. Sin perder generalidad, se supone que el submódulo IFFT 343 realiza un procesamiento IFFT de M puntos en la señal de dominio de frecuencia correspondiente a una portadora 1 en el estado polarizado Y, y que el submódulo IFFT 344 realiza un procesamiento IFFT de M puntos en la señal de dominio de frecuencia correspondiente a una portadora 2 en el estado polarizado Y. El submódulo IFFT 343 proporciona señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 1 en el estado polarizado Y, y el submódulo IFFT 344 proporciona señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 2 en el estado polarizado Y.

Después, el módulo de restauración de datos 301 realiza una restauración de datos en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 1 en el estado polarizado X, las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 2 en el estado polarizado X, las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 1 en el estado polarizado Y y las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 2 en el estado polarizado Y para obtener datos transportados en la portadora 1 y datos transportados en la portadora 2.

En esta forma de realización, el módulo de restauración de datos 301 puede incluir específicamente un módulo de compensación de CD 351, un módulo de compensación de CD 352, un módulo de recuperación de reloj 361, un módulo de recuperación de reloj 362, un módulo de compensación de PMD 371, un módulo de compensación de PMD 372, un módulo de sincronización de portadoras 381, un módulo de sincronización de portadoras 382, un módulo de decisión 391 y un módulo de decisión 392.

El módulo de compensación de CD 351 está configurado para realizar compensación de CD en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 1 en el estado polarizado X y en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 2 en el estado polarizado X. El módulo de compensación de CD 352 está configurado para realizar compensación de CD en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 1 en el estado polarizado Y y en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 2 en el estado polarizado Y.

El módulo de recuperación de reloj 361 está configurado para realizar un procesamiento de sincronización de temporización de reloj en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 1 en el estado polarizado X después de la compensación de CD y en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 2 en el estado polarizado X después de la compensación de CD, y para proporcionar señales X1 y X2, donde X1 corresponde a la portadora 1 en el estado polarizado X y X2 corresponde a la portadora 2 en el estado polarizado X. El módulo de recuperación de reloj 362 está configurado para realizar el procesamiento de sincronización de temporización de reloj en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 1 en el estado polarizado Y después de la compensación de CD y en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 2 en el estado polarizado Y después de la compensación de CD, y para proporcionar señales Y1 e Y2, donde Y1 corresponde a la portadora 1 en el estado polarizado Y e Y2 corresponde a la portadora 2 en el estado polarizado Y.

El módulo de compensación de PMD 371 recibe X1 proporcionada por el módulo de recuperación de reloj 361 e Y1 proporcionada por el módulo de recuperación de reloj 362, y realiza la compensación de PMD en X1 e Y1. El módulo de compensación de PMD 372 recibe X2 proporcionada por el módulo de recuperación de reloj 361 e Y2 proporcionada por el módulo de recuperación de reloj 362, y realiza la compensación de PMD en X2 e Y2.

El módulo de sincronización de portadoras 381 realiza un procesamiento de sincronización de portadoras en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 1 en el estado polarizado X después de la compensación de PMD y en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 1 en el estado polarizado Y después de la compensación de PMD. El módulo de sincronización de portadoras 382 realiza un

procesamiento de sincronización de portadoras en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 2 en el estado polarizado X después de la compensación de PMD y en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 2 en el estado polarizado Y después de la compensación de PMD.

5 El módulo de decisión 391 toma una decisión acerca de las señales proporcionadas por el módulo de sincronización de portadoras 381 para obtener datos transportados en la portadora 1. El módulo de decisión 392 toma una decisión acerca de las señales proporcionadas por el módulo de sincronización de portadoras 382 para obtener datos transportados en la portadora 2.

10 En esta forma de realización, el módulo FFT 331, el módulo FFT 332, el submódulo IFFT 341, el submódulo IFFT 342, el submódulo IFFT 343, el submódulo IFFT 344 y el módulo de restauración de datos 301 pueden implementarse dentro de un procesador DSP 300. Puede entenderse que el procesador DSP 300 es una parte del dispositivo de recepción proporcionado en esta forma de realización.

15 La FIG. 2C es otro diagrama estructural de un dispositivo para recibir una señal QAM multiplexada con polarización de doble portadora. El dispositivo de recepción incluye un mezclador 40, un PD 411, un PD 412, un PD 413, un PD 414, un ADC 421, un ADC 422, un ADC 423, un ADC 424, un módulo FFT 431, un módulo FFT 432, un módulo de compensación de CD 441, un módulo de compensación de CD 442, un submódulo IFFT 451, un submódulo IFFT 452, un submódulo IFFT 453, un submódulo IFFT 454 y un módulo de restauración de datos 401. El módulo de restauración de datos 401 puede incluir específicamente un módulo de recuperación de reloj 461, un módulo de recuperación de reloj 462, un módulo de compensación de PMD 471, un módulo de compensación de PMD 472, un módulo de sincronización de portadoras 481, un módulo de sincronización de portadoras 482, un módulo de decisión 491 y un módulo de decisión 492. El dispositivo de recepción que tiene la estructura mostrada en la FIG. 2C es diferente del dispositivo de recepción que tiene la estructura mostrada en la FIG. 2B en que los módulos de compensación de CD están ubicados en diferentes posiciones. En el dispositivo de recepción que tiene la estructura mostrada en la FIG. 2C, el módulo de compensación de CD 441 está ubicado antes de dos submódulos IFFT (451, 452) y realiza una compensación de CD en la señal de dominio de frecuencia proporcionada por el módulo FFT 431; el módulo de compensación de CD 442 está ubicado antes de dos submódulos IFFT (453, 454) y realiza una compensación de CD en la señal de dominio de frecuencia proporcionada por el módulo FFT 432. Excepto por la diferencia anterior, otros módulos del dispositivo de recepción que tienen la estructura mostrada en la FIG. 2C son los mismos que los módulos correspondientes en el dispositivo de recepción que tiene la estructura mostrada en la FIG. 2B, y los detalles no se describirán de nuevo en el presente documento. El módulo FFT 431, el módulo FFT 432, el módulo de compensación de CD 441, el módulo de compensación de CD 442, el submódulo IFFT 451, el submódulo IFFT 452, el submódulo IFFT 453, el submódulo IFFT 454 y el módulo de restauración de datos 401 pueden implementarse dentro de un procesador DSP 400. Puede entenderse que el procesador DSP 400 es una parte del dispositivo de recepción proporcionado en esta forma de realización.

En una forma de realización, el procesador DSP 300 en el dispositivo de recepción que tiene la estructura mostrada en la FIG. 2B puede sustituirse por un procesador DSP que tiene la estructura mostrada en la FIG. 3A. El procesador DSP que tiene la estructura mostrada en la FIG. 3A es diferente del procesador DSP 300 de la estructura mostrada en la FIG. 2B en que se proporciona adicionalmente un módulo de compensación de desviación de frecuencia 511, un módulo de compensación de desviación de frecuencia 512 y un módulo de adquisición de desviación de frecuencia 513, mientras que otros módulos son los mismos que los módulos correspondientes del procesador DSP 300 de la estructura mostrada en la FIG. 2B. En esta forma de realización, el módulo de adquisición de desviación de frecuencia 513 adquiere una desviación de frecuencia $\Delta\omega_1$ correspondiente a la portadora 1 del módulo de sincronización de portadoras 381 y adquiere una desviación de frecuencia $\Delta\omega_2$ correspondiente a la portadora 2 del módulo de sincronización de portadoras 382, calcula un valor de compensación de desviación de frecuencia $(\Delta\omega_1 + \Delta\omega_2)/2$ y después proporciona el valor de compensación de desviación de frecuencia al módulo de compensación de desviación de frecuencia 511 y al módulo de compensación de desviación de frecuencia 512. El módulo de compensación de desviación de frecuencia 511 realiza, basándose en el valor de compensación de desviación de frecuencia, una compensación de desviación de frecuencia en una señal digital antes de que la señal digital se introduzca en el módulo FFT 331. El módulo de compensación de desviación de frecuencia 512 realiza, basándose en el valor de compensación de desviación de frecuencia, una compensación de desviación de frecuencia en una señal digital antes de que la señal digital se introduzca en el módulo FFT 332. En otra forma de realización, el procesador DSP que tiene la estructura mostrada en la FIG. 3A puede sustituirse por un procesador DSP que tiene la estructura mostrada en la FIG. 3B. El procesador DSP que tiene la estructura mostrada en la FIG. 3B solo difiere del procesador DSP que tiene la estructura mostrada en la FIG. 3A en que el módulo de compensación de desviación de frecuencia 511 y el módulo de compensación de desviación de frecuencia 512 están ubicados en diferentes posiciones. En el procesador DSP que tiene la estructura mostrada en la FIG. 3B, el módulo de compensación de desviación de frecuencia 511 está ubicado antes de los submódulos IFFT (341, 342) y realiza una compensación de desviación de frecuencia en la señal de dominio de frecuencia proporcionada por el módulo FFT 331, y el módulo de compensación de desviación de frecuencia 512 está ubicado antes de los submódulos IFFT (343, 344) y realiza una compensación de desviación de frecuencia en la señal de dominio de frecuencia proporcionada por el módulo FFT 332.

65 En una forma de realización, el procesador DSP 400 en el dispositivo de recepción que tiene la estructura mostrada en la FIG. 2C puede sustituirse por un procesador DSP que tiene la estructura mostrada en la FIG. 4A. El

procesador DSP que tiene la estructura mostrada en la FIG. 4A es diferente del procesador DSP 400 de la estructura mostrada en la FIG. 2C en que el procesador DSP que tiene la estructura mostrada en la FIG. 4A incluye además un módulo de estimación de CD 514 que estima un valor de CD basándose en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 1 o en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 2, y después proporciona el valor de CD estimado al módulo de compensación de CD 441 y al módulo de compensación de CD 442. Sin perder generalidad, se supone que el módulo de estimación de CD estima un valor de CD basándose en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 1, es decir, estima un valor de CD en función de X1 e Y1. En otra forma de realización, el procesador DSP que tiene la estructura mostrada en la FIG. 4A puede sustituirse por un procesador DSP que tiene la estructura mostrada en la FIG. 4B. El procesador DSP que tiene la estructura mostrada en la FIG. 4B es diferente del procesador DSP que tiene la estructura mostrada en la FIG. 4A en que el procesador DSP que tiene la estructura mostrada en la FIG. 4B incluye dos módulos de estimación de CD (514, 515), donde el módulo de estimación de CD 514 estima, basándose en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 1, un valor de CD correspondiente a la portadora 1, y el módulo de estimación de CD 515 estima, basándose en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 2, un valor de CD correspondiente a la portadora 2. El módulo de estimación de CD 514 proporciona el valor de CD estimado correspondiente a la portadora 1 al módulo de compensación de CD 441 y al módulo de compensación de CD 442, y el módulo de estimación de CD 515 proporciona el valor de CD estimado correspondiente a la portadora 2 al módulo de compensación de CD 441 y al módulo de compensación de CD 442. En otra forma de realización se utiliza un módulo de compensación de CD para reemplazar el módulo de compensación de CD 441 y el módulo de compensación de CD 442 de la FIG. 4B, y el módulo de compensación de CD calcula, basándose en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 1, un valor de CD correspondiente a la portadora 1, y estima, basándose en las señales de dominio de tiempo correspondientes a la portadora 2, un valor de CD correspondiente a la portadora 2. En aun otra forma de realización se puede utilizar un módulo de CD para estimar un valor de CD conjuntamente en función de las señales correspondientes a la portadora 1 y las señales correspondientes a la portadora 2, y después utilizar el valor de CD estimado conjuntamente como base para realizar compensación de CD en la portadora 1 y la portadora 2. En una forma de realización, el procesador DSP que tiene la estructura mostrada en la FIG. 4A puede sustituirse por un procesador DSP que tiene la estructura mostrada en la FIG. 4C. El procesador DSP que tiene la estructura mostrada en la FIG. 4C es diferente del procesador que tiene la estructura mostrada en la FIG. 4A en que el módulo de estimación de CD 514 realiza una estimación de CD en una parte de las señales de dominio de frecuencia extraídas de las señales de dominio de frecuencia proporcionadas por los módulos FFT 431 y 432, y el módulo de estimación de CD 514 estima un valor de CD correspondiente a la portadora 1 basándose en la señal de dominio de frecuencia correspondiente a la portadora 1 de las señales de dominio de frecuencia proporcionadas por el módulo FFT 431 y en la señal de dominio de frecuencia correspondiente a la portadora 1 de las señales de dominio de frecuencia proporcionadas por el módulo FFT 432. En una forma de realización, el módulo de estimación de CD puede estimar un valor de CD correspondiente a la portadora 1 y un valor de CD correspondiente a la portadora 2 basándose en todas las señales de dominio de frecuencia correspondientes a la portadora 1 y todas las señales de dominio de frecuencia correspondientes a la portadora 2, respectivamente. En aun otra forma de realización, el módulo de estimación de CD puede estimar un valor de CD conjuntamente basándose en todas las señales de dominio de frecuencia correspondientes a la portadora 1 y todas las señales de dominio de frecuencia correspondientes a la portadora 2, y tomar el valor de CD tanto como el valor de CD correspondiente a la portadora 1 y como el valor de CD correspondiente a la portadora 2.

En los procesadores DSP que tienen las estructuras mostradas en la FIG. 4A, la FIG. 4B y la FIG. 4C, el módulo de compensación de CD está ubicado después del módulo FFT y realiza una compensación de CD en la señal de dominio de frecuencia que se introducirá en el submódulo IFFT; sin embargo, puede entenderse que el módulo de compensación de CD también puede realizar una compensación de CD en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva, es decir, el módulo de compensación de CD puede estar ubicado después del módulo IFFT o después del módulo de recuperación de reloj, lo cual no está limitado específicamente en la presente invención.

Todos los dispositivos para recibir una señal óptica de múltiples portadoras descritos en las anteriores formas de realización incluyen un módulo de compensación de CD y un módulo de compensación de PMD; sin embargo, puede entenderse que el módulo de compensación de CD y el módulo de PMD no son necesariamente una necesidad. Por ejemplo, cuando la CD correspondiente a cada portadora es pequeña o la influencia en el rendimiento del sistema es pequeña, el dispositivo de recepción puede no necesitar un módulo de compensación de CD. En otro ejemplo, si la señal óptica de múltiples portadoras no es una señal óptica multiplexada con polarización, o la PMD correspondiente a cada portadora es pequeña, el dispositivo de recepción puede no necesitar un módulo de compensación de PMD.

Cuando la señal óptica de múltiples portadoras es una señal óptica de múltiples portadoras multiplexada sin polarización, la cantidad de PD, de ADC, de módulos FFT y de submódulos IFFT en el dispositivo para recibir una señal óptica de múltiples portadoras es la mitad de la cantidad de componentes correspondientes en el dispositivo para recibir una señal óptica de múltiples portadoras multiplexada con polarización, respectivamente.

En el dispositivo para recibir una señal óptica de múltiples portadoras proporcionado en la forma de realización de la presente invención, la señal óptica de múltiples portadoras se mezcla con la señal óptica local que tiene la misma

frecuencia central que la de la señal óptica de múltiples portadoras, la señal obtenida a través de la mezcla se somete a conversión fotoeléctrica y a procesamiento de conversión de analógico a digital de manera sucesiva, la señal digital obtenida a través de la conversión de analógico a digital se somete a procesamiento FFT, la señal obtenida a través del procesamiento FFT se agrupa, y cada grupo se somete a procesamiento IFFT para implementar la separación de portadoras y, finalmente, los datos transportados en cada portadora se restauran en función de cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva. Puede observarse a partir de lo anterior que el dispositivo para recibir una señal óptica de múltiples portadoras proporcionado en la forma de realización de la presente invención solo requiere un conjunto de dispositivo de recepción coherente y, por lo tanto, el dispositivo de recepción tiene un bajo coste y un bajo consumo de energía y es fácil de implementar; además, todo el procesamiento después de la conversión de analógico a digital puede completarse dentro de un componente (por ejemplo, DSP), lo que facilita la compartición y el intercambio de información y de parámetros de canal entre las portadoras, reduciéndose así la complejidad de recibir la señal óptica de múltiples portadoras y optimizándose el rendimiento del dispositivo de recepción.

De manera correspondiente al dispositivo para recibir una señal óptica de múltiples portadoras descrito anteriormente, una forma de realización de la presente invención proporciona además un procedimiento para recibir una señal óptica de múltiples portadoras, y el procedimiento tiene un flujo que se muestra en la FIG. 5, e incluye las siguientes etapas.

Etapa S1: Mezclar una señal óptica de múltiples portadoras con una señal óptica local que tiene la misma frecuencia central que la de la señal óptica de múltiples portadoras. En la presente invención, una señal óptica de doble portadora que tiene dos portadoras también pertenece a la señal óptica de múltiples portadoras descrita en la presente invención, y el modo de modulación correspondiente a una portadora en la señal óptica de múltiples portadoras puede ser diferente del modo de modulación correspondiente a otra portadora.

Para facilitar la descripción, "señal óptica de N portadoras" se describe como sustituto de "señal óptica de múltiples portadoras", donde $N \geq 2$. Los puntos de frecuencia central de las N portadoras en la señal óptica de N portadoras son $f_1, f_2, \dots,$ y f_N , y la frecuencia central f_{S0} de la señal óptica de N portadoras es $(f_1+f_2+\dots+f_N)/N$. En la forma de realización de la presente invención, la frecuencia central f_0 de la señal óptica local es específicamente la frecuencia central f_{S0} de la señal óptica de N portadoras. Sin embargo, en algunas aplicaciones reales, la frecuencia central f_0 de la señal óptica local que puede utilizarse no es completamente igual a f_{S0} , sino que se desvía ligeramente de f_{S0} , o cambia en torno a f_{S0} . Puede entenderse que la presente invención también se puede implementar utilizando la señal óptica local que tiene la frecuencia central en los casos anteriores y, por lo tanto, incluso cuando la frecuencia central de la señal óptica local se desvía ligeramente de f_{S0} o cambia en torno a f_{S0} , la frecuencia central de la señal óptica local también se debe considerar como la frecuencia central de la señal óptica de N portadoras.

Etapa S2: Realizar una conversión fotoeléctrica y una conversión de analógico a digital sucesivamente en una señal óptica obtenida a través de la mezcla para obtener una señal digital. En una implementación específica se puede utilizar un PD y un ADC para realizar la conversión fotoeléctrica y la conversión de analógico a digital de manera sucesiva en la señal óptica obtenida a través de la mezcla.

Etapa S3: Realizar un procesamiento FFT en la señal digital para obtener una señal de dominio de frecuencia. Cada portadora de la señal óptica de múltiples portadoras ocupa una banda de frecuencias, la señal antes del procesamiento FFT es la representación en el dominio de tiempo de la señal óptica de múltiples portadoras, la señal de dominio de frecuencia obtenida mediante el procesamiento FFT es la representación de dominio de frecuencia de la señal óptica de múltiples portadoras, y la señal de dominio de frecuencia está formada por puntos de frecuencia discretos. Dado que la banda de frecuencias ocupada por cada portadora corresponde a una parte de los puntos de frecuencia en la señal de dominio de frecuencia, existe una correspondencia inherente entre los puntos de frecuencia en la señal de dominio de frecuencia y cada banda de frecuencias correspondiente a su portadora respectiva en la señal óptica de múltiples portadoras.

Etapa S4: Agrupar la señal de dominio de frecuencia de acuerdo con una banda de frecuencias correspondiente a cada portadora en la señal óptica de múltiples portadoras, y realizar un procesamiento IFFT en cada grupo de señales de dominio de frecuencia obtenido a través de la agrupación para obtener una señal de dominio de tiempo correspondiente para cada portadora. En esta etapa, la señal de dominio de frecuencia puede agruparse en función de cada banda de frecuencias correspondiente a su portadora respectiva, y el procedimiento de agrupación es: tomar todos los puntos de frecuencia correspondientes a la banda de frecuencias ocupada por una portadora específica en la señal de dominio de frecuencia como un grupo. Después, cada grupo de señales de dominio de frecuencia obtenido a través de la agrupación se somete por separado a un procesamiento IFFT para obtener una señal de dominio de tiempo correspondiente para cada una de las N portadoras, es decir, se consigue la separación de portadoras.

Etapa S5: Realizar una restauración de datos en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva para obtener datos transportados en cada portadora.

En una forma de realización, la etapa S5 puede incluir específicamente:

realizar una sincronización de temporización de reloj, una sincronización de portadoras y decisión de manera sucesiva en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva, donde los datos obtenidos a través de la decisión son datos transportados en cada portadora.

5 Además, la etapa S5 puede incluir procesamiento de compensación de PMD, que es específicamente: antes del procesamiento de sincronización de portadoras, realizar una compensación de PMD en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva y que necesita someterse a procesamiento de sincronización de portadoras, y usar cada señal correspondiente a su portadora respectiva después del procesamiento de compensación de PMD como entrada del procesamiento de sincronización de portadoras.

10 En otra forma de realización, el procedimiento de recepción proporcionado en la forma de realización de la presente invención puede incluir además:

antes de realizar el procesamiento IFFT en cada grupo de señales de dominio de frecuencia obtenido a través de la agrupación para obtener la señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva, realizar una compensación de dispersión cromática, CD, en la señal de dominio de frecuencia. La compensación de CD se puede realizar en la señal de dominio de frecuencia de acuerdo con un valor de compensación de CD preestablecido o de acuerdo con un valor de CD obtenido al realizar la supervisión de valor de CD en la señal óptica de múltiples portadoras recibida. En una forma de realización específica, la última manera de compensación de CD puede incluir específicamente: estimar un valor de CD en función de la señal de dominio de tiempo correspondiente a una portadora arbitraria, y realizar la compensación de CD en la señal de dominio de frecuencia de acuerdo con el valor de CD estimado; o estimar un valor de CD conjuntamente en función de al menos dos de las señales de dominio de tiempo correspondientes a sus portadoras respectivas de las portadoras, y realizar la compensación de CD en la señal de dominio de frecuencia de acuerdo con el valor de CD estimado conjuntamente; o estimar un valor de CD en función de cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva para obtener un valor de CD correspondiente para cada portadora, y realizar la compensación de CD en cada señal de dominio de frecuencia correspondiente a su portadora respectiva, de acuerdo con el valor de CD correspondiente a la misma portadora; o estimar un valor de CD correspondiente a una portadora arbitraria en función de la señal de dominio de frecuencia, y realizar la compensación de CD en la señal de dominio de frecuencia de acuerdo con el valor de CD estimado; o estimar un valor de CD correspondiente para cada portadora en función de la señal de dominio de frecuencia, y realizar la compensación de CD en la señal de dominio de frecuencia de acuerdo con el valor de CD estimado correspondiente a cada portadora.

En aún otra forma de realización, el procedimiento de recepción proporcionado en la forma de realización de la presente invención puede incluir además:

35 después de realizar el procesamiento IFFT en cada grupo de señales de dominio de frecuencia obtenido a través de la agrupación para obtener una señal de dominio de tiempo correspondiente para cada portadora, realizar una compensación de CD en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva. La compensación de CD también se puede realizar en la señal de dominio de frecuencia de acuerdo con un valor de CD obtenido al realizar la supervisión de valor de CD en la señal óptica de múltiples portadoras recibida. En una forma de realización específica, la última manera de compensación de CD puede incluir específicamente: estimar un valor de CD en función de la señal de dominio de tiempo correspondiente a una portadora arbitraria, y realizar la compensación de CD en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva de acuerdo con el valor de CD estimado; o estimar un valor de CD conjuntamente en función de al menos dos señales de dominio de tiempo correspondientes a sus portadoras respectivas, y realizar la compensación de CD en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva de acuerdo con el valor de CD estimado conjuntamente; o estimar un valor de CD en función de cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva para obtener un valor de CD correspondiente para cada portadora, y realizar la compensación de CD en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva de acuerdo con el valor de CD correspondiente a la portadora; o estimar un valor de CD correspondiente a una de las portadoras en función de la señal de dominio de frecuencia, y realizar la compensación de CD en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva de acuerdo con el valor de CD estimado; o estimar un valor de CD correspondiente para cada portadora en función de la señal de dominio de frecuencia, y realizar la compensación de CD en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva de acuerdo con el valor de CD correspondiente a la portadora.

55 En otra forma de realización, el procedimiento de recepción proporcionado en la forma de realización de la presente invención puede incluir además:

60 antes de realizar el procesamiento FFT en la señal digital para obtener la señal de dominio de frecuencia, realizar una compensación de desviación de frecuencia en la señal digital en función de los valores de desviación de frecuencia estimados de las portadoras adquiridas durante el procesamiento de sincronización de portadoras; o,
antes de realizar el procesamiento IFFT en cada grupo de señales de dominio de frecuencia obtenido a través de la agrupación para obtener una señal de dominio de tiempo correspondiente para cada portadora, realizar una compensación de desviación de frecuencia en la señal de dominio de frecuencia en función de un valor de desviación de frecuencia estimado de las portadoras adquiridas durante el procesamiento de sincronización de portadoras.

5 En el procedimiento para recibir una señal óptica de múltiples portadoras proporcionado en la forma de realización de la presente invención, la señal óptica de múltiples portadoras se mezcla con la señal óptica local que tiene la misma frecuencia central que la de la señal óptica de múltiples portadoras, la señal obtenida a través de la mezcla se somete a conversión fotoeléctrica y a procesamiento de conversión de analógico a digital de manera sucesiva, la señal digital obtenida a través de la conversión de analógico a digital se somete a procesamiento FFT, la señal obtenida a través del procesamiento FFT se agrupa y cada grupo se somete a procesamiento IFFT para implementar la separación de portadoras y, finalmente, los datos transportados en cada portadora se restauran en función de cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva. Puede observarse a partir de lo anterior que el procedimiento para recibir una señal óptica de múltiples portadoras proporcionado en las formas de realización de la presente invención solo requiere un conjunto de dispositivo de recepción coherente durante la implementación y, por lo tanto, el procedimiento de recepción es fácil de implementar y tiene un bajo coste; y todo el procesamiento después de la conversión de analógico a digital puede completarse dentro de un componente (por ejemplo, DSP), lo que facilita la compartición y el intercambio de información y de parámetros de canal entre las portadoras, reduciéndose así la complejidad de recibir la señal óptica de múltiples portadoras.

10 Los expertos en la técnica deben entender que todas o algunas de las etapas del procedimiento de las formas de realización pueden implementarse a través de un programa que da instrucciones a un hardware relacionado. El programa puede estar almacenado en un medio de almacenamiento legible por ordenador. El medio de almacenamiento puede incluir una memoria de solo lectura, una memoria de acceso aleatorio, un disco magnético o un disco óptico.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para recibir una señal óptica de múltiples portadoras, que comprende:

5 mezclar (S1) una señal óptica de múltiples portadoras con una señal óptica local que tiene la misma frecuencia central que la frecuencia central de la señal óptica de múltiples portadoras;
 10 realizar (S2) una conversión fotoeléctrica y una conversión de analógico a digital de manera sucesiva en una señal óptica obtenida a través de la mezcla para obtener una señal digital;
 15 realizar (S3) una transformada rápida de Fourier, FFT, en la señal digital para obtener una señal de dominio de frecuencia;
 agrupar (S4) la señal de dominio de frecuencia de acuerdo con cada banda de frecuencias correspondiente a su portadora respectiva en la señal óptica de múltiples portadoras; y realizar una transformada rápida inversa de Fourier, IFFT, en cada grupo de señales de dominio de frecuencia obtenido a través de la agrupación para obtener una señal de dominio de tiempo correspondiente para cada portadora; y
 realizar (S5) una restauración de datos en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva para obtener datos transportados en cada portadora.

2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que realizar la restauración de datos en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva comprende:

20 realizar una sincronización de temporización de reloj, una sincronización de portadoras y un procesamiento de decisión de manera sucesiva en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva.

3. El procedimiento según la reivindicación 2, en el que realizar la restauración de datos en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva comprende además: antes del procesamiento de sincronización de portadoras, realizar una compensación de dispersión de modo de polarización en cada señal de dominio de tiempo que corresponde a su portadora respectiva para obtener una señal de salida, y usar la señal de salida como una entrada del procesamiento de sincronización de portadoras.

4. El procedimiento según la reivindicación 2 o 3, que comprende además: antes de realizar la IFFT en cada grupo de señales de dominio de frecuencia obtenido a través de la agrupación para obtener una señal de dominio de tiempo correspondiente para cada portadora, realizar una compensación de dispersión cromática, CD, en la señal de dominio de frecuencia.

5. El procedimiento según la reivindicación 4, en el que realizar una compensación de CD en la señal de dominio de frecuencia comprende específicamente:

estimar un primer valor de CD en función de una señal de dominio de tiempo correspondiente a una portadora arbitraria y realizar una compensación de CD en la señal de dominio de frecuencia de acuerdo con el primer valor de CD; o
 40 estimar conjuntamente un segundo valor de CD en función de al menos dos señales de dominio de tiempo correspondientes a sus portadoras respectivas y realizar una compensación de CD en la señal de dominio de frecuencia de acuerdo con el segundo valor de CD; o
 45 estimar un tercer valor de CD para cada portadora en función de cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva, y realizar una compensación de CD en cada señal de dominio de frecuencia correspondiente a su portadora respectiva, de acuerdo con un tercer valor de CD correspondiente a la misma portadora; o
 50 estimar un cuarto valor de CD correspondiente a una portadora arbitraria en función de la señal de dominio de frecuencia obtenida a través de la transformada rápida de Fourier y realizar una compensación de CD en la señal de dominio de frecuencia de acuerdo con el cuarto valor de CD; o
 estimar un quinto valor de CD para cada portadora en función de la señal de dominio de frecuencia obtenida a través de la transformada rápida de Fourier y realizar una compensación de CD en la señal de dominio de frecuencia de acuerdo con los quintos valores de CD correspondientes a sus portadoras respectivas.

6. El procedimiento según la reivindicación 2 o 3, que comprende además: después de realizar la transformada rápida inversa de Fourier, IFFT, en cada grupo de señales de dominio de frecuencia obtenido a través de la agrupación para obtener una señal de dominio de tiempo correspondiente para cada portadora, realizar una compensación de CD en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva.

7. El procedimiento según la reivindicación 6, en el que realizar una compensación de CD en la señal de dominio de frecuencia comprende específicamente:

estimar un primer valor de CD en función de una señal de dominio de tiempo correspondiente a una portadora arbitraria y realizar una compensación de CD en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva, de acuerdo con el primer valor de CD; o

estimar conjuntamente un segundo valor de CD en función de al menos dos señales de dominio de tiempo correspondientes a sus portadoras respectivas y realizar una compensación de CD en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva, de acuerdo con el segundo valor de CD; o

5 estimar un tercer valor de CD para cada portadora en función de cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva, y realizar una compensación de CD en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva, de acuerdo con un tercer valor de CD correspondiente a la misma portadora; o

10 estimar un cuarto valor de CD correspondiente a una portadora en función de la señal de dominio de frecuencia obtenida a través de la transformada rápida de Fourier y realizar una compensación de CD en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva de acuerdo con el cuarto valor de CD; o

15 estimar un quinto valor de CD para cada portadora en función de la señal de dominio de frecuencia obtenida a través de la transformada rápida de Fourier y realizar una compensación de CD en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva, de acuerdo con un quinto valor de CD correspondiente a la misma portadora.

8. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, que comprende además:

20 antes de realizar la transformada rápida de Fourier, FFT, en la señal digital para obtener la señal de dominio de frecuencia, realizar una compensación de desviación de frecuencia en la señal digital en función de cada valor de desviación de frecuencia estimado que corresponde a su portadora respectiva y que se obtiene durante el procesamiento de sincronización de portadoras.

9. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, que comprende además:

25 antes de realizar la transformada rápida inversa de Fourier, IFFT, en cada grupo de señales de dominio de frecuencia obtenido a través de la agrupación para obtener una señal de dominio de tiempo correspondiente para cada portadora, realizar una compensación de desviación de frecuencia en la señal de dominio de frecuencia en función de cada valor de desviación de frecuencia estimado que corresponde a su portadora respectiva y que se obtiene durante el procesamiento de sincronización de portadoras.

30 10. Un dispositivo para recibir una señal óptica de múltiples portadoras, que comprende:

un mezclador (21, 30, 40), configurado para recibir una señal óptica de múltiples portadoras y una señal óptica local que tiene la misma frecuencia central que la frecuencia central de la señal óptica de múltiples portadoras, y para mezclar la señal óptica de múltiples portadoras con la señal óptica local;

35 un módulo de conversión fotoeléctrica (22), configurado para realizar una conversión fotoeléctrica en una señal óptica proporcionada por el mezclador (21, 30, 40) para obtener una señal eléctrica;

un módulo de conversión de analógico a digital (23), configurado para realizar una conversión de analógico a digital en la señal eléctrica para obtener una señal digital;

40 un módulo de transformada rápida de Fourier, FFT, (24, 331, 332, 431, 432), configurado para realizar un procesamiento FFT en la señal digital para obtener una señal de dominio de frecuencia;

un módulo de transformada rápida inversa de Fourier, IFFT, (25, 341, 342, 343, 344, 451, 452, 453, 454), configurado para agrupar la señal de dominio de frecuencia de acuerdo con cada banda de frecuencias correspondiente a su portadora respectiva en la señal óptica de múltiples portadoras, y para realizar una IFFT en cada grupo de señales de dominio de frecuencia obtenido a través de la agrupación para obtener una señal de dominio de tiempo correspondiente para cada portadora; y

45 un módulo de restauración de datos (26, 301, 401), configurado para realizar una restauración de datos en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva para obtener datos transportados en cada portadora.

50 11. El dispositivo según la reivindicación 10, en el que el módulo de restauración de datos (26, 301, 401) comprende:

un módulo de recuperación de reloj (361, 362, 461, 462), configurado para realizar un procesamiento de sincronización de temporización de reloj en cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva;

55 un módulo de sincronización de portadoras (381, 382, 481, 482), configurado para realizar un procesamiento de sincronización de portadoras en cada señal de dominio de tiempo que corresponde a su portadora respectiva y que se ha sometido al procesamiento de sincronización de temporización de reloj; y

60 un módulo de decisión (391, 392, 491, 492), configurado para tomar una decisión acerca de cada señal de dominio de tiempo que corresponde a su portadora respectiva y que se ha sometido al procesamiento de sincronización de portadoras para obtener los datos transportados en cada portadora.

12. El dispositivo según la reivindicación 11, que comprende además un módulo de compensación de CD de dispersión (351, 352, 441, 442), en el que

65 el módulo de compensación de CD (441, 442) está configurado para realizar una compensación de CD en la señal de dominio de frecuencia antes de que la señal de dominio de frecuencia proporcionada por el módulo FFT (24, 331, 332, 431, 432) se introduzca en el módulo IFFT (25, 341, 342, 343, 344, 451, 452, 453, 454); o,

el módulo de compensación de CD (351, 352) está configurado para realizar una compensación de CD en cada señal de dominio de tiempo que corresponde a su portadora respectiva y que es proporcionada por el módulo IFFT (25, 341, 342, 343, 344, 451, 452, 453, 454).

- 5 13. El dispositivo según la reivindicación 12, que comprende además un primer módulo de estimación de CD (514), configurado para estimar un primer valor de CD en función de una señal de dominio de tiempo correspondiente a una portadora arbitraria y para proporcionar el primer valor de CD al módulo de compensación de CD (351, 352, 441, 442) como base para que el módulo de compensación de CD (351, 352, 441, 442) realice la compensación de CD; o,
- 10 que comprende además un segundo módulo de estimación de CD (514, 515), configurado para estimar conjuntamente un segundo valor de CD en función de al menos dos señales de dominio de tiempo correspondientes a sus portadoras respectivas y para proporcionar el segundo valor de CD al módulo de compensación de CD (351, 352, 441, 442) como base para que el módulo de compensación de CD (351, 352, 441, 442) realice la compensación de CD; o,
- 15 que comprende además un tercer módulo de estimación de CD (514, 515), configurado para estimar, en función de cada señal de dominio de tiempo correspondiente a su portadora respectiva, un tercer valor de CD para cada portadora y proporcionar los terceros valores de CD correspondientes a sus portadoras respectivas al módulo de compensación de CD (351, 352, 441, 442) como base para que el módulo de compensación de CD (351, 352, 441, 442) realice la compensación de CD; o
- 20 que comprende además un cuarto módulo de estimación de CD (514), configurado para estimar un cuarto valor de CD correspondiente a una portadora arbitraria en función de la señal de dominio de frecuencia proporcionada por el módulo FFT (24, 331, 332, 431, 432) y proporcionar el cuarto valor de CD al módulo de compensación de CD (351, 352, 441, 442) como base para que el módulo de compensación de CD (351, 352, 441, 442) realice la compensación de CD; o,
- 25 que comprende además un quinto módulo de estimación de CD (514, 515), configurado para estimar un quinto valor de CD para cada portadora en función de la señal de dominio de frecuencia proporcionada por el módulo FFT (24, 331, 332, 431, 432) y para proporcionar los quintos valores de CD correspondientes a sus portadoras respectivas al módulo de compensación de CD (351, 352, 441, 442) como base para que el módulo de compensación de CD (351, 352, 441, 442) realice la compensación de CD.
- 30
14. El dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en el que el módulo de restauración de datos (26, 301, 401) comprende además un módulo de compensación de dispersión de modo de polarización (371, 372, 471, 472), configurado para realizar una compensación de dispersión de modo de polarización en cada señal de dominio de tiempo que corresponde a su portadora respectiva y que se ha sometido al procesamiento de sincronización de temporización de reloj antes de que las señales de dominio de tiempo que corresponden a sus portadoras respectivas y que se han sometido al procesamiento de sincronización de temporización de reloj se introduzcan en el módulo de sincronización de portadoras (381, 382, 481, 482).
- 35
15. El dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, que comprende además un módulo de adquisición de desviación de frecuencia (513) y un módulo de compensación de desviación de frecuencia (511, 512), en el que
- 40 el módulo de adquisición de desviación de frecuencia (513) está configurado para adquirir un valor de desviación de frecuencia correspondiente para cada portadora, donde el valor de desviación de frecuencia correspondiente se obtiene cuando el módulo de sincronización de portadoras (381, 382, 481, 482) realiza el procesamiento de sincronización de portadoras, calcular un valor de compensación de desviación de frecuencia basándose en los valores de desviación de frecuencia correspondientes adquiridos correspondientes a su portadora respectiva, y proporcionar el valor de compensación de desviación de frecuencia al módulo de compensación de desviación de frecuencia (511, 512); y
- 45 el módulo de compensación de desviación de frecuencia (511, 512) está configurado para realizar una compensación de desviación de frecuencia en la señal digital en función del valor de compensación de desviación de frecuencia, antes de que la señal digital se introduzca en el módulo FFT (24, 331, 332, 431, 432); o,
- 50 el módulo de compensación de desviación de frecuencia (511, 512) está configurado para realizar una compensación de desviación de frecuencia en la señal de dominio de frecuencia basándose en el valor de compensación de desviación de frecuencia, antes de que la señal de dominio de frecuencia se introduzca en el
- 55 módulo IFFT (25, 341, 342, 343, 344, 451, 452, 453, 454).

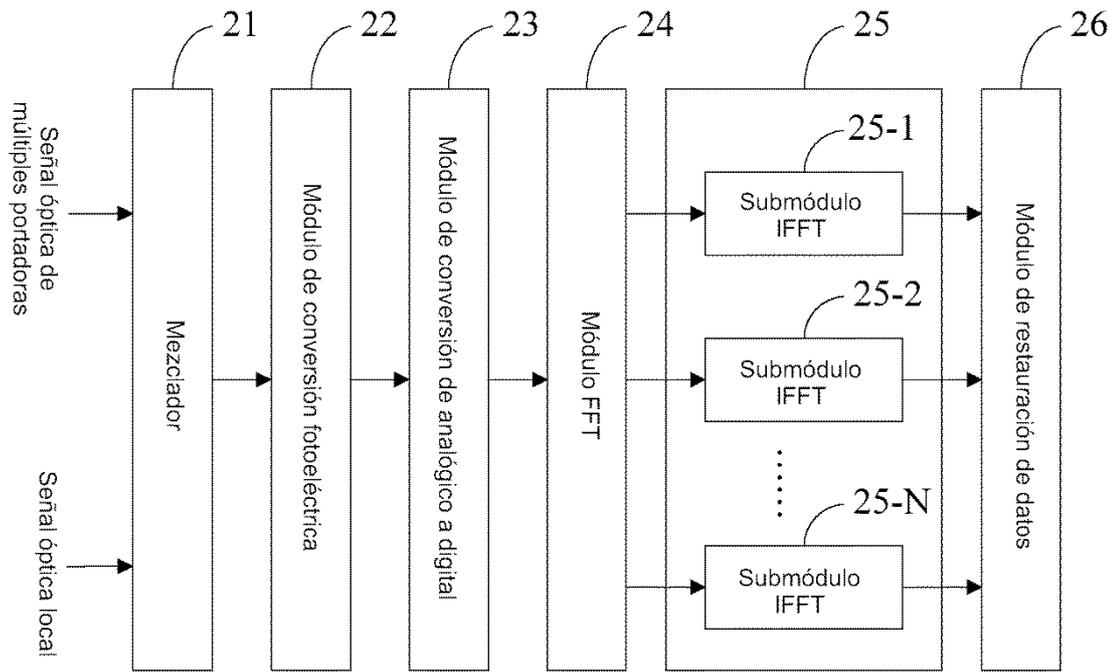


FIG. 1

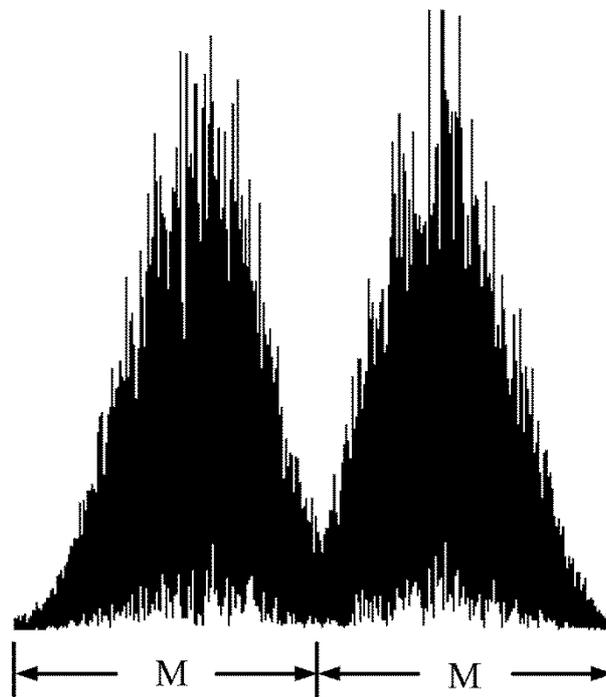


FIG. 2A

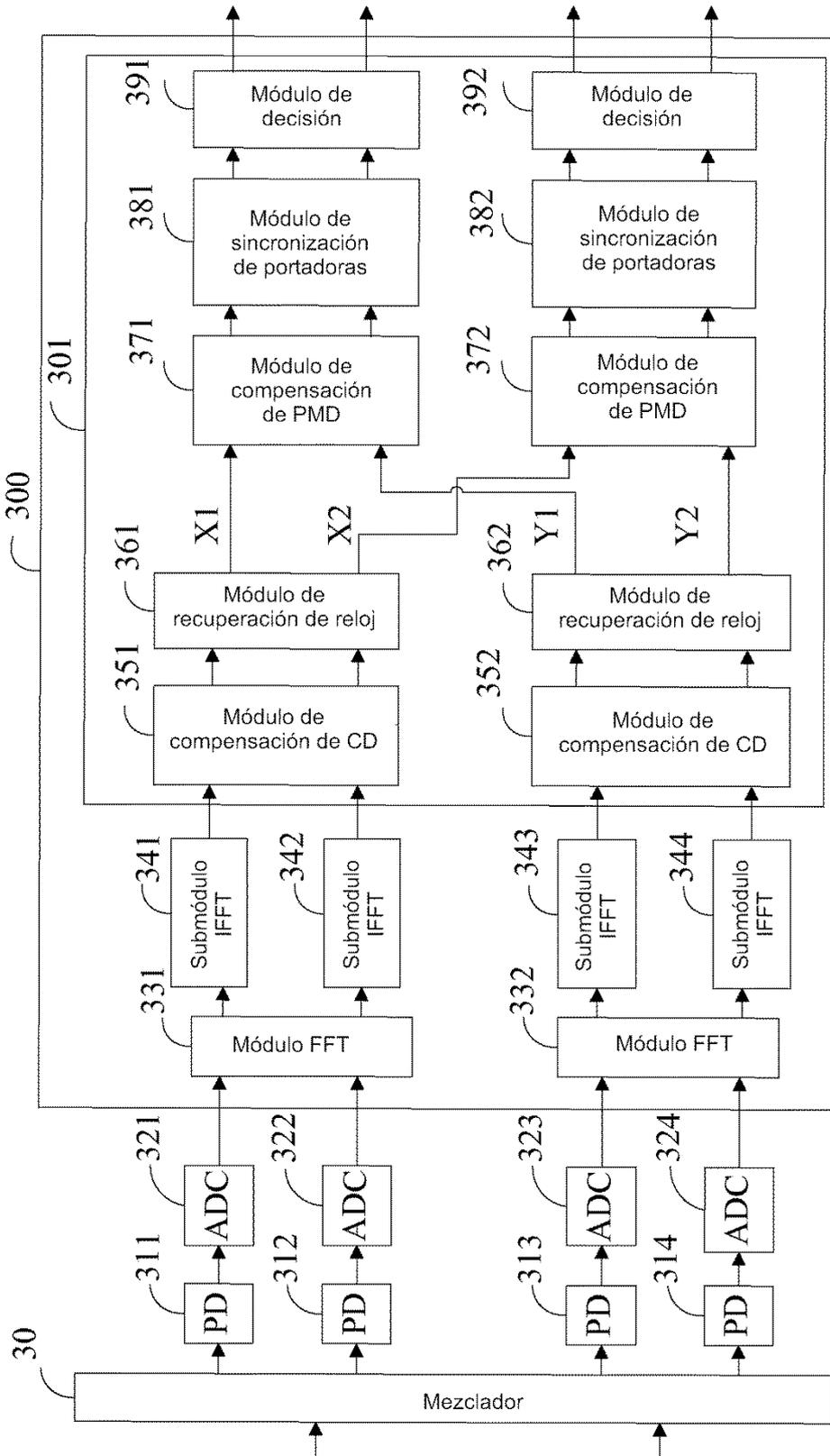


FIG. 2B

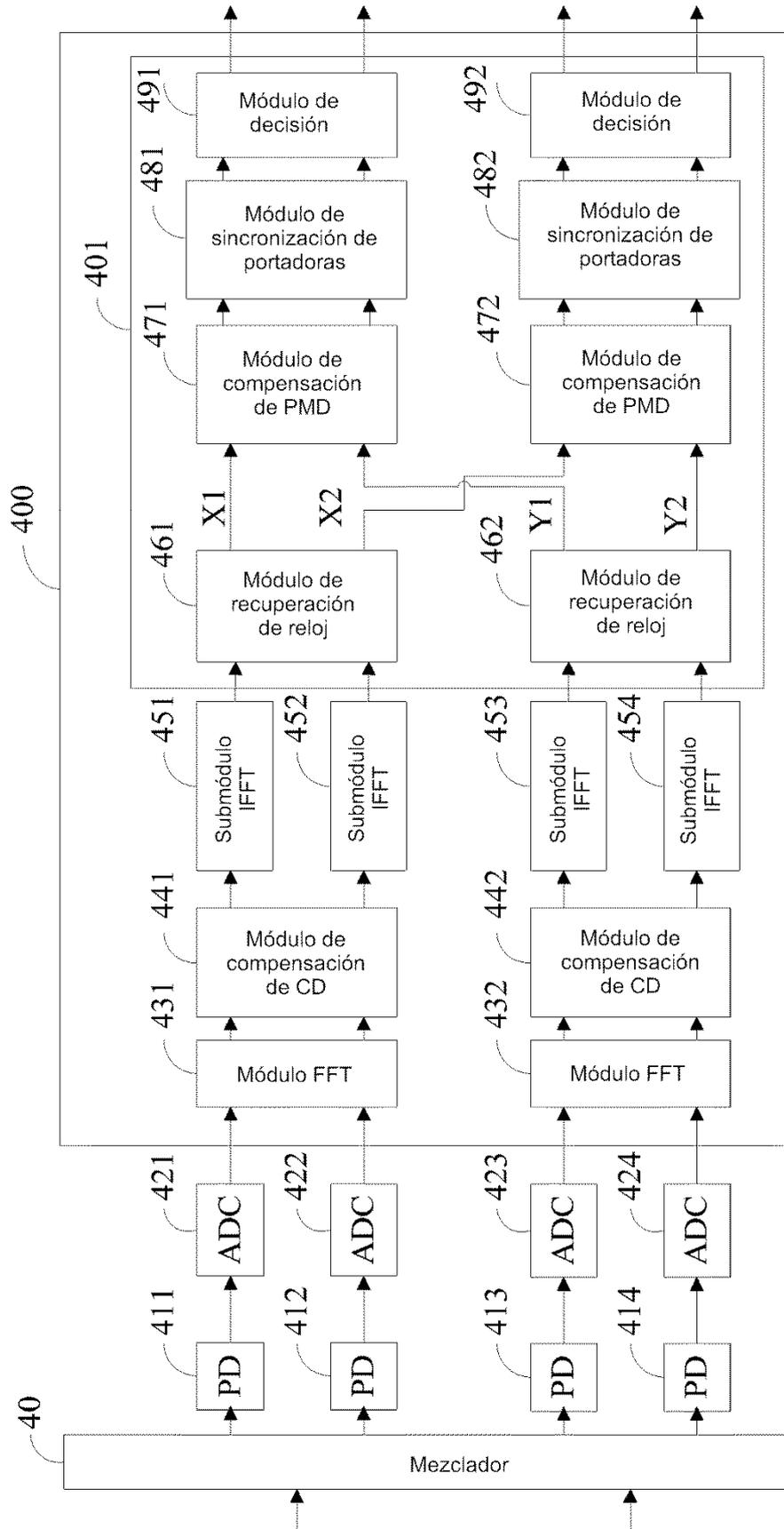


FIG. 2C

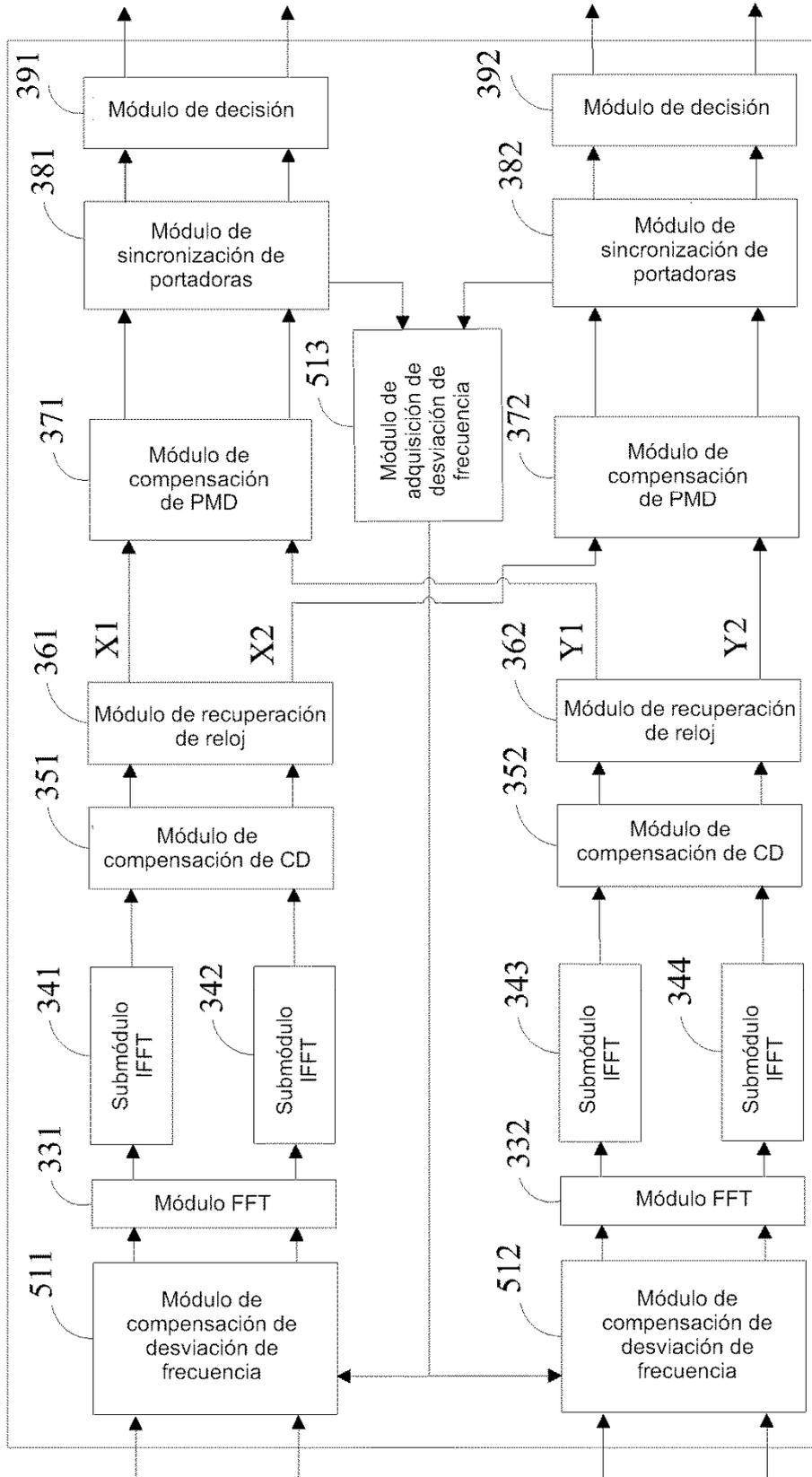


FIG. 3A

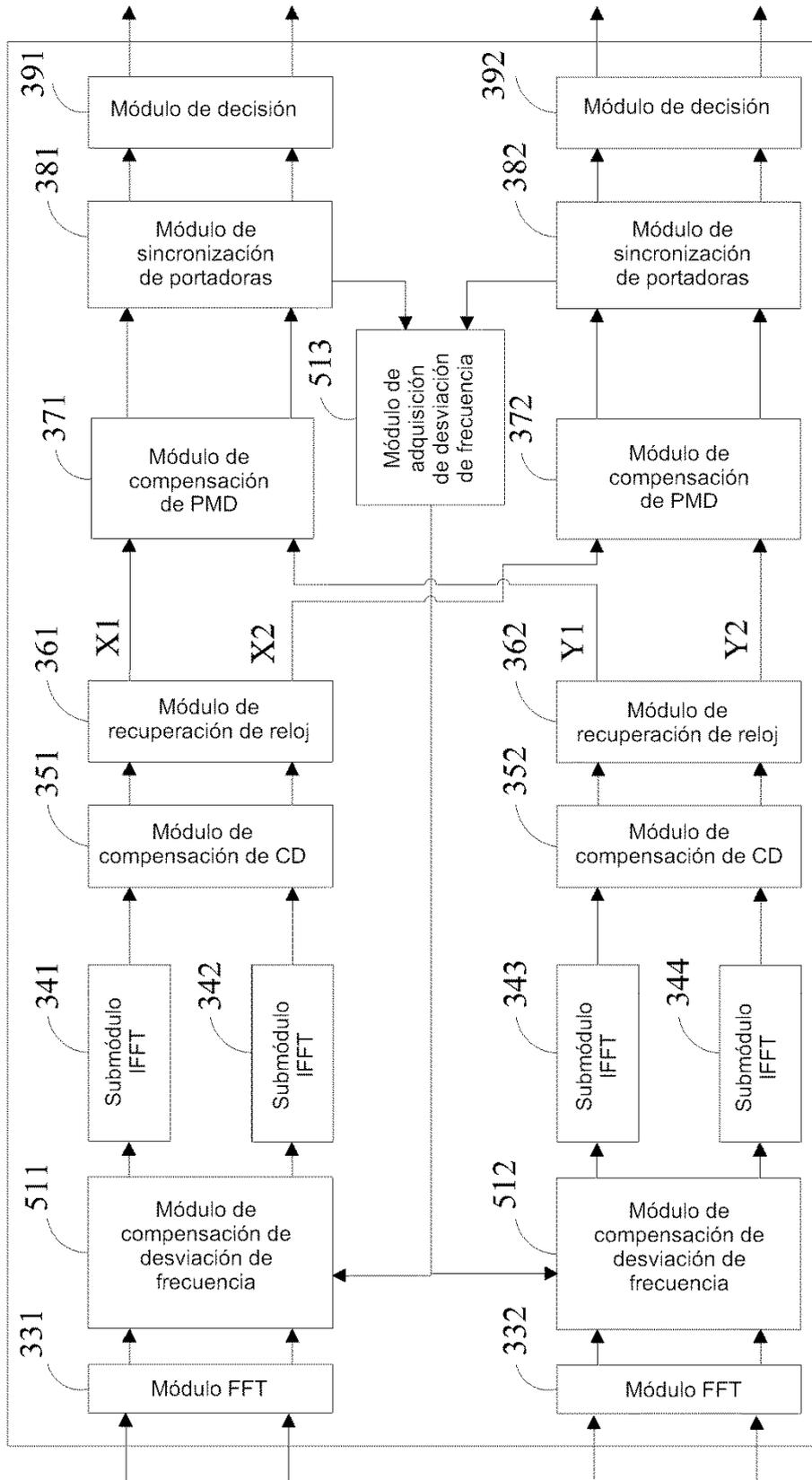


FIG. 3B

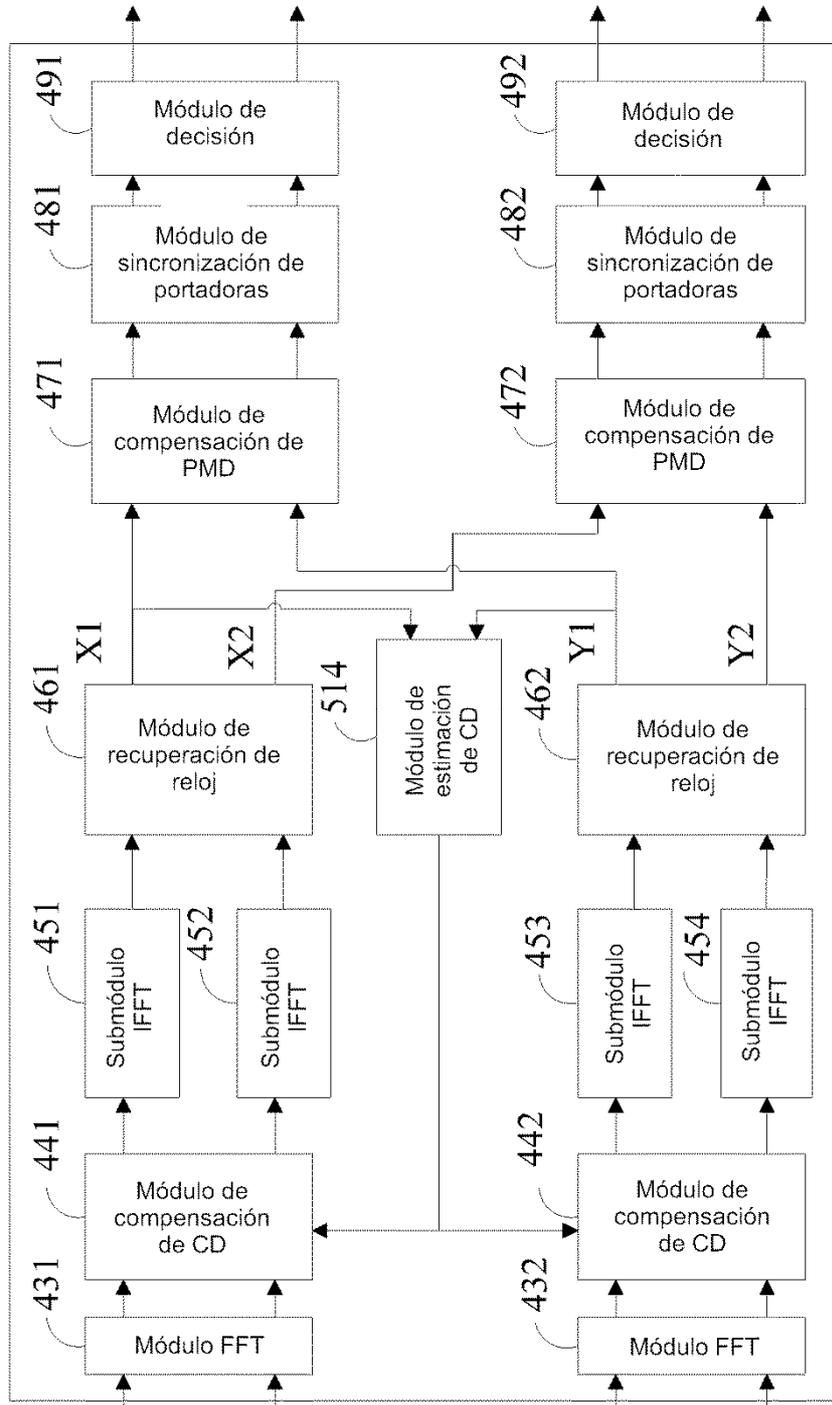


FIG. 4A

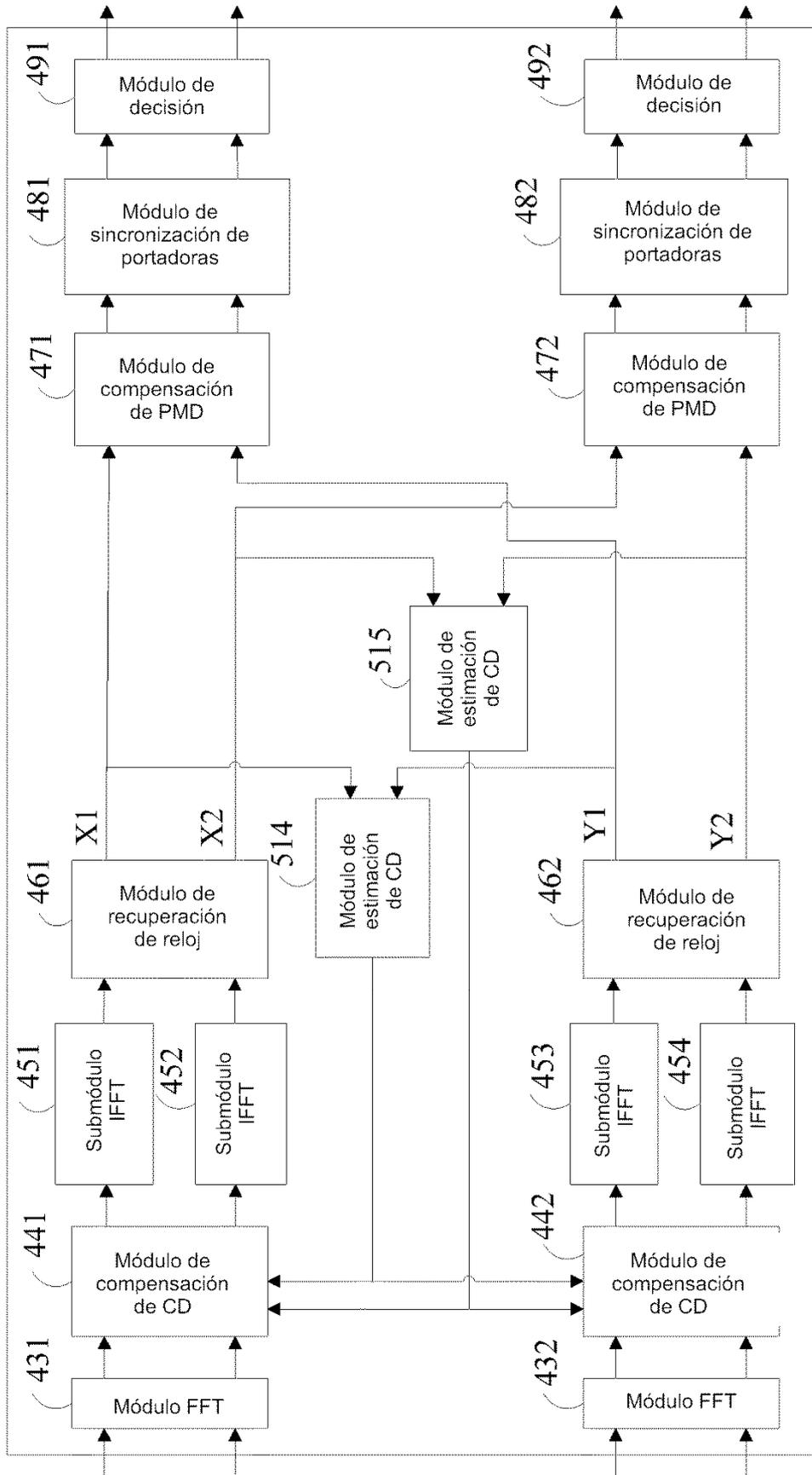


FIG. 4B

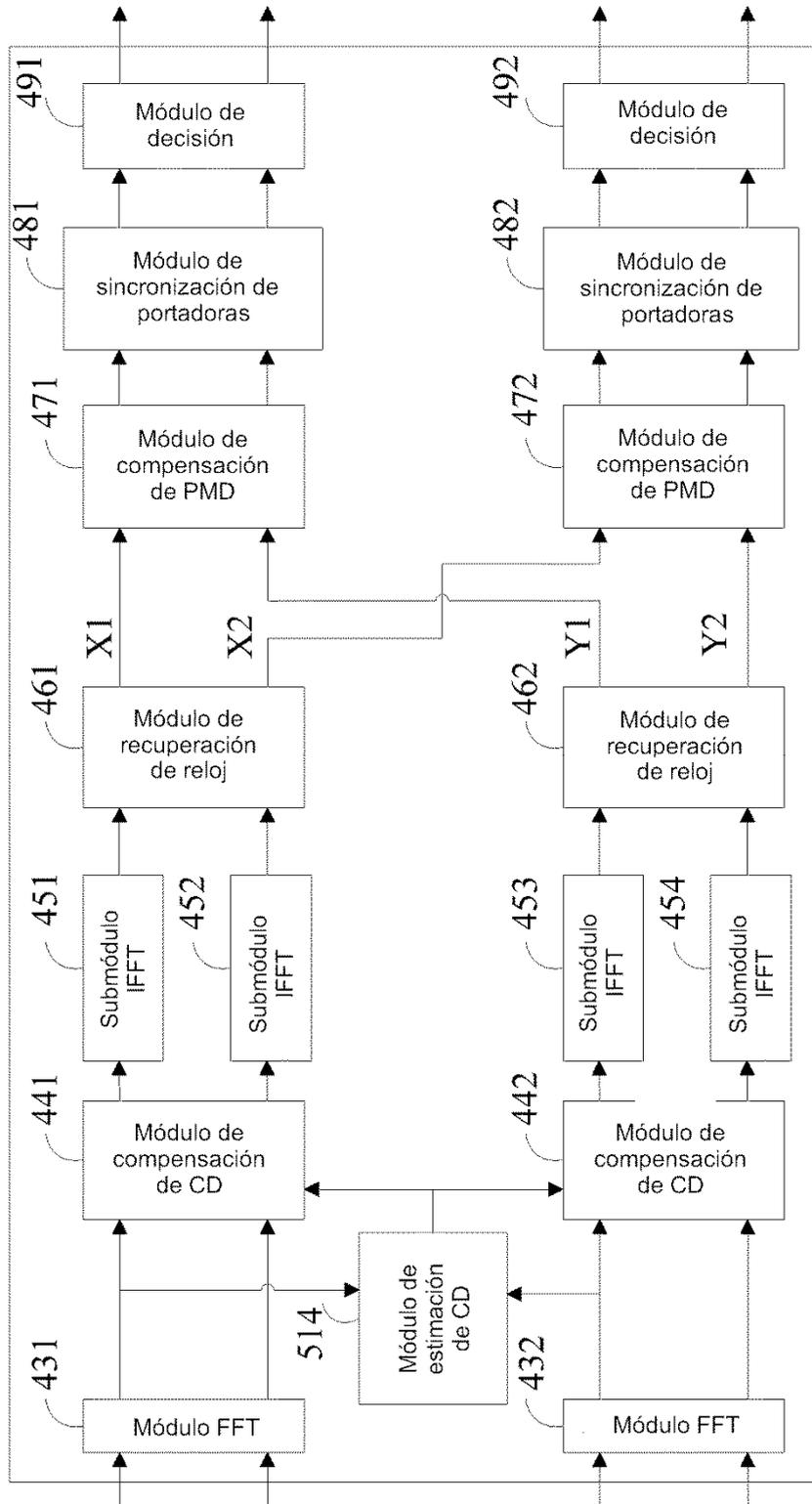


FIG. 4C

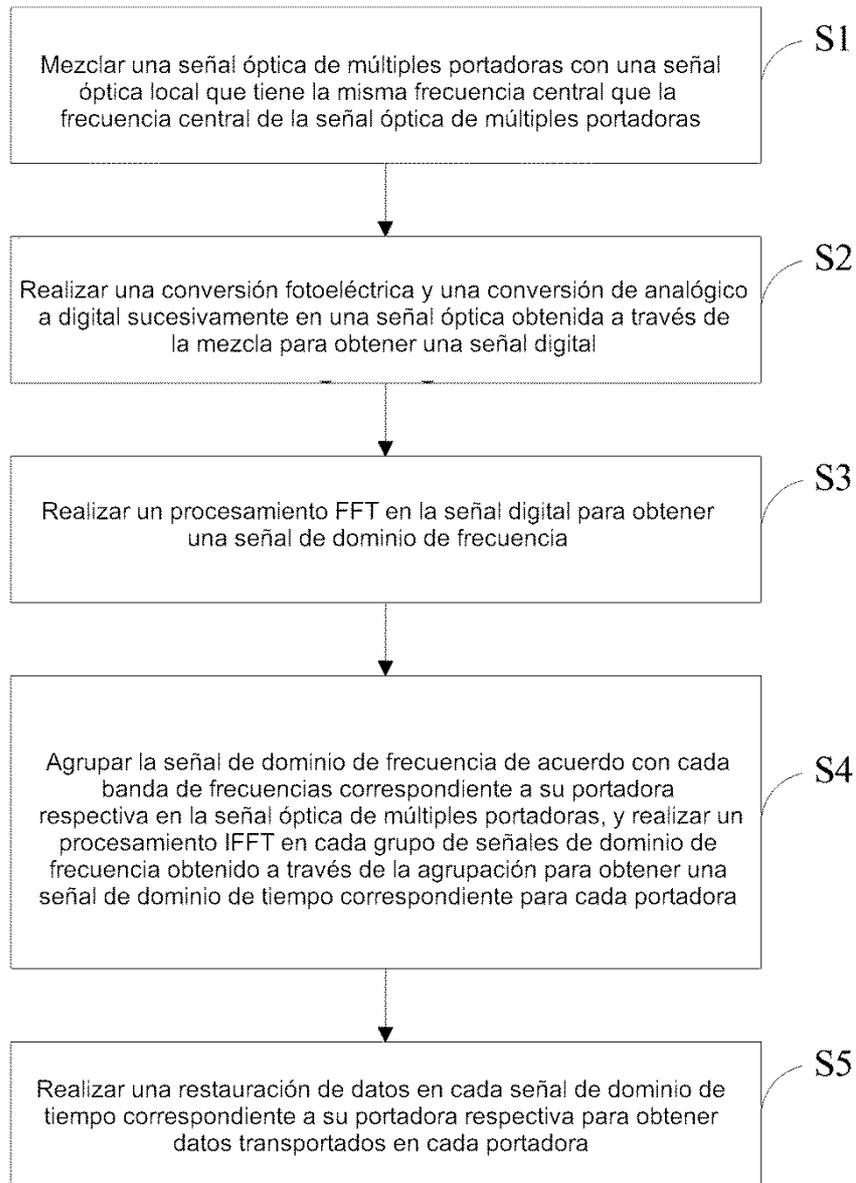


FIG. 5