

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 672 933**

51 Int. Cl.:

H04B 10/61 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.02.2015 PCT/CN2015/072245**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.08.2015 WO15117555**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.02.2015 E 15745886 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018 EP 3097651**

54 Título: **Sistema y método para un receptor coherente de múltiples longitudes de onda**

30 Prioridad:

07.02.2014 US 201414175423

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

18.06.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**CHEN, CHEN;
ZHANG, ZHUHONG y
LI, CHUANDONG**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 672 933 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

Sistema y método para un receptor coherente de múltiples longitudes de onda

5 Campo técnico

La presente invención se refiere al campo de las comunicaciones inalámbricas y, en formas de realización particulares, a un sistema y método para la terminación anticipada en la descomposición iterativa del valor singular dirigida al espacio nulo.

10

Antecedentes de la invención

Los receptores coherentes ópticos basados en Procesamiento de Señal Digital (DSP) han surgido como una solución adecuada para un transporte óptico de larga distancia de 100 Gigahertz (G) y superior, debido a su capacidad para restablecer el campo óptico de una señal óptica recibida. El receptor coherente de 100G está diseñado para recibir una señal óptica centrada en una única rejilla de longitud de onda. Sin embargo, existe la necesidad de un único diseño de receptor coherente que pueda detectar múltiples canales de longitud de onda óptica, a modo de ejemplo, canales de multiplexación por división de longitud de onda (WDM), de forma simultánea. Dicho diseño resulta conveniente puesto que permite la utilización compartida y simplificación de electro-óptica y hardware DSP entre los canales de múltiples longitudes de onda (a modo de ejemplo, canales WDM), y reduce el costo de la puesta en práctica.

El documento US 2011/0069975 A1 da a conocer un método y sistema para recepción coherente de múltiples longitudes de onda. Una señal óptica multiportadora se divide en una pluralidad de señales ópticas multiportadora, y las señales se introducen en una pluralidad de híbridos ópticos de diversidad de polarización N. Cada híbrido óptico de diversidad de polarización mezcla una de entre la pluralidad de señales ópticas multiportadora con una fuente de referencia procedente de un oscilador local correspondiente de entre una pluralidad de osciladores locales. Cada oscilador local proporciona una frecuencia, que está, aproximadamente, en el centro de una sub-banda correspondiente, para su correspondiente híbrido óptico de diversidad de polarización. Cada híbrido óptico de diversidad de polarización envía señales a una pluralidad de foto-detectores. Cada foto-detector es seguido por un convertidor de analógico a digital. Todas las señales digitales emitidas por los convertidores de analógico a digital se introducen en un procesamiento DSP.

El documento US2011/0229137 A1 da a conocer un método y sistema con una pluralidad de nodos de recepción en una estructura de anillo. Un oscilador local sintonizable, en un nodo, genera una señal de oscilador local que se centra, aproximadamente, en una primera longitud de onda de canal. Un híbrido óptico recibe, en una primera entrada, una señal multiplexada por división de longitud de onda con una configuración de modulación M-aria, con $M > 2$, y en una segunda entrada la señal del oscilador local. Una pluralidad de detectores detecta componentes de polarización de la primera longitud de onda de canal, que están digitalizados por una pluralidad de convertidores analógico a digital. Un DSP procesa los componentes de polarización digitalizados y recupera datos transmitidos por el primer canal de la señal WDM.

El documento WO2010/080721 A1 da a conocer un método y un aparato para detección digital coherente de una señal de múltiples longitudes de onda. Un híbrido óptico de diversidad de polarización tiene una primera entrada para la recepción de una señal de múltiples longitudes de onda que incluye una pluralidad de sub-canales en diferentes longitudes de onda, y una segunda entrada para recibir una fuente de luz de referencia. La fuente de luz de referencia es proporcionada por un oscilador MWLO e incluye una pluralidad de referencias de onda continua en diferentes longitudes de onda, que se aproximan a las longitudes de onda centrales de los sub-canales. El híbrido proporciona, a la salida, al menos cuatro componentes de polarización en al menos cuatro filtros de Demultiplexación de Longitud de Onda (W-DMUX), utilizados para separar los sub-canales mediante el uso de una propiedad selectiva de frecuencia periódica. Una serie de frecuencias igualmente espaciadas se enruta a los puertos de salida de los filtros W-DMUX. A continuación, se utiliza un receptor coherente digital convencional para cada uno de los sub-canales.

55 Sumario de la invención

De conformidad con una forma de realización de la idea inventiva, un método para recepción coherente de múltiples longitudes de onda, por un receptor óptico, incluye la recepción de una señal óptica que incluye múltiples canales en múltiples longitudes de onda, y la selección de los canales de conformidad con la entrada procedente de un oscilador local de múltiples longitudes de onda (MWLO). Una frecuencia de cada una de las longitudes de onda de entrada del MWLO se compensa a partir de una frecuencia central de un canal correspondiente entre los canales, y la entrada desde el MWLO bloquea la señal a las múltiples longitudes de onda de los canales de forma simultánea. A continuación, la señal se divide en múltiples componentes de polarización. Los canales, en los componentes de polarización, se separan utilizando el procesamiento de señal digital (DSP). El método incluye, además, la puesta en práctica de una compensación de dispersión cromática (CDC) en los canales, y la realización de una equalización de dominio temporal en cada uno de los canales.

65

De conformidad con otra forma de realización de la idea inventiva, un receptor óptico para recepción coherente de múltiples longitudes de onda incluye un módulo híbrido óptico de diversidad de polarización, un oscilador MWLO acoplado a una entrada del módulo híbrido óptico de diversidad de polarización, una pluralidad de diodos PIN acoplados al módulo híbrido óptico de diversidad de polarización, una pluralidad de convertidores analógico a digital (ADCs), acoplados a los diodos PIN, y un módulo de DSP, acoplado a los ADCs. El módulo híbrido óptico de diversidad de polarización está configurado para dividir una señal óptica en múltiples componentes de polarización, en donde la señal óptica incluye múltiples canales en múltiples longitudes de onda. El oscilador MWLO proporciona longitudes de onda de entrada al módulo híbrido óptico de diversidad de polarización, en donde una frecuencia de cada una de las longitudes de onda de entrada del MWLO se desplaza respecto a una frecuencia central de un canal correspondiente entre los canales, y en donde las longitudes de onda de entrada del MWLO bloquean la señal óptica a las múltiples longitudes de onda de los canales, simultáneamente. Los diodos PIN están configurados para convertir los componentes de polarización en señales eléctricas correspondientes. Cada uno de los diodos PIN corresponde a uno de los componentes de polarización. Los ADCs están configurados para convertir las señales eléctricas en señales digitales. Cada uno de los ADCs corresponde a uno de los componentes de polarización. El DSP está configurado para combinar las señales eléctricas correspondientes a los componentes de polarización, y para detectar los canales en las longitudes de onda.

De conformidad con otra forma realización de la idea inventiva, un receptor óptico para recepción coherente de múltiples longitudes de onda incluye un módulo híbrido óptico de diversidad de polarización, un MWLO acoplado a una entrada del módulo híbrido óptico de diversidad de polarización, una pluralidad de diodos PIN, acoplados al módulo híbrido óptico de diversidad de polarización, una pluralidad de convertidores ADCs acoplados a los diodos PIN, un módulo de ecualizador de dominio frecuencial (FDEQ) para división de canales y una CDC acoplada a los ADCs. El módulo híbrido óptico de diversidad de polarización está configurado para dividir una señal óptica en múltiples componentes de polarización. La señal óptica incluye múltiples canales en múltiples longitudes de onda. El oscilador MWLO proporciona longitudes de onda de entrada al módulo híbrido óptico de diversidad de polarización, en donde una frecuencia de cada una de las longitudes de onda de entrada del MWLO se desplaza respecto a una frecuencia central de un canal correspondiente entre los canales, y en donde las longitudes de onda de entrada, procedentes del MWLO, bloquean la señal óptica a las múltiples longitudes de onda de los canales, simultáneamente. Los diodos PIN están configurados para convertir los componentes de polarización en señales eléctricas correspondientes. Cada uno de los diodos PIN corresponde a uno de los componentes de polarización. Los ADCs están configurados para convertir las señales eléctricas en señales digitales. Cada uno de los ADCs corresponde a uno de los componentes de polarización. El módulo FDEQ para división de canales y CDC está configurado para combinar las señales eléctricas que corresponden a los componentes de polarización y dividir los canales en las longitudes de onda.

Lo que antecede ha resumido bastante ampliamente las características de una forma de realización de la presente invención con el fin de que la descripción detallada de la invención, que sigue, se pueda entender mejor. A continuación, se describirán las características y ventajas adicionales de las formas de realización de la invención, que constituyen el objeto de las reivindicaciones de la invención. Los expertos en la técnica apreciarán que el diseño y las formas de realización específicas, dadas a conocer, se pueden utilizar fácilmente como una base para modificar o diseñar otras estructuras o procesos, que conducen a los mismos objetos de la presente invención. Los expertos en la técnica deben comprender, además, que dichas construcciones equivalentes no se desvían del espíritu y alcance de la invención, tal como se establece en las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

Para una comprensión más completa de la presente invención, y de las ventajas de la misma, se hace ahora referencia a las siguientes descripciones tomadas en conjunción con los dibujos adjuntos, en el que:

La Figura 1 ilustra un diseño de receptor coherente convencional;

La Figura 2 ilustra una forma de realización de un receptor coherente de múltiples longitudes de onda (MWCR);

La Figura 3 ilustra una forma de realización de una recepción coherente simultánea de canales WDM utilizando un oscilador local de múltiples longitudes de onda (MWLO);

La Figura 4 ilustra una forma de realización de una recepción coherente de múltiples longitudes de onda de señales WDM en rejillas no adyacentes;

La Figura 5 ilustra una forma de realización de un MWCR para recibir múltiples canales WDM en redes fijas más densas;

La Figura 6 ilustra una forma de realización de una recepción coherente de múltiples longitudes de onda en redes fijas más densas;

La Figura 7 ilustra una forma de realización de una recepción coherente de múltiples longitudes de onda de señales WDM en redes flexibles;

La Figura 8 ilustra una forma de realización de una ruta de datos en MWCR DSP;

La Figura 9 ilustra otra forma de realización de una ruta de datos en MWCR DSP;

La Figura 10 ilustra una forma de realización de un método para MWCR; y

La Figura 11 es un diagrama de un sistema de procesamiento que se puede utilizar para poner en práctica varias formas de realización.

Los números y símbolos correspondientes en las diferentes figuras se suelen referir a partes correspondientes, a no ser que se indique de otro modo. Las figuras se dibujan con el fin de ilustrar, claramente, los aspectos relevantes de las formas de realización, y no están necesariamente dibujadas a escala.

Descripción detallada de formas de realización ilustrativas

La obtención y utilización de las formas de realización actualmente preferidas se examinan, en detalle, a continuación. Sin embargo, debe apreciarse que la presente invención proporciona numerosos conceptos inventivos aplicables que pueden incorporarse en una amplia variedad de contextos específicos. Las formas de realización específicas, dadas a conocer, son simplemente ilustrativas de formas específicas de hacer y utilizar la invención, y no limitan el alcance de la invención.

La Figura 1 ilustra un diseño de receptor coherente convencional 100. El receptor incluye un híbrido óptico de diversidad de polarización 110, configurado para dividir una señal óptica entrante en 4 componentes de polarización de la señal, XI, XQ, YI e YQ. A modo de ejemplo, el híbrido óptico de diversidad de polarización se puede construir mediante dos divisores de haz de polarización (PBSs) y dos híbridos ópticos. El híbrido óptico de diversidad de polarización 110 bloquea, además, la señal entrante para una longitud de onda designada, de conformidad con la entrada procedente de un oscilador LO. Cada componente se envía, a continuación, a un diodo PIN correspondiente 120 que convierte el componente de señal óptica en un componente de señal eléctrica. Cada componente de señal eléctrica se convierte, a continuación, de analógico a digital utilizando un convertidor analógico a digital (ADC) 130. Los 4 componentes convertidos se procesan entonces por intermedio de una unidad de DSP 140, utilizando un bloque de compensación de dispersión cromática (CDC) 142, y un bloque de equalizador de dominio temporal (TDEQ) 144. Este diseño convencional puede detectar una señal óptica centrada en una rejilla de longitud de onda única, pero no es capaz de detectar canales de longitud de onda óptica múltiple, simultáneamente.

Se dan a conocer aquí formas de realización para un nuevo diseño y operación de un receptor coherente de múltiples longitudes de onda (MWCR), capaz de detectar canales de longitud de onda óptica múltiple, a modo de ejemplo, canales de multiplexación por división de longitud de onda (WDM), simultáneamente. El MWCR puede utilizar la misma configuración de hardware que un receptor coherente convencional y, además, utiliza un oscilador local de múltiples longitudes de onda sintonizable (MWLO). Al sintonizar cada oscilador local individual (LO), dentro del MWLO, a una longitud de onda específica, el MWCR puede recibir y detectar señales WDM tanto en una red de rejilla fija convencional como en una red de rejilla flexible. El MWCR utiliza, además, nuevos algoritmos de DSP para la demultiplexación de los canales WDM y CDC. El diseño de DSP para gestionar cada canal WDM puede ser similar al de un receptor coherente convencional. Además, la estimación y el control del desplazamiento de frecuencia del oscilador local (LOFO) se pueden compartir entre los canales WDM, si el MWLO está bloqueado en frecuencia. Lo anterior significa que el espaciado de frecuencia entre los múltiples osciladores locales (LOs) es fijo, lo que impide que los LOs se desvíen o se acerquen, entre sí, a lo largo del tiempo. Por lo tanto, si uno de los LOs se bloquea, p.ej., utilizando un circuito de DSP, los otros LOs también están bloqueados.

La Figura 2 ilustra una forma de realización de un diseño de MWCR 200. El receptor incluye un componente híbrido óptico de diversidad de polarización 210, configurado para dividir una señal óptica entrante de múltiples longitudes de onda en 4 componentes de polarización de la señal, XI, XQ, YI, e YQ. El componente 210 está configurado, además, para bloquear la señal entrante a múltiples longitudes de onda, de conformidad con la entrada de un MWLO. La entrada desde el oscilador local de múltiples longitudes de onda proporciona múltiples longitudes de onda para seleccionar múltiples canales de la señal óptica de entrada, simultáneamente. El diseño de MWCR 200 incluye, además, diodos PIN 120 y ADCs 230, similares a componentes correspondientes del receptor convencional. El diseño MCWR 200 incluye, además, una unidad de DSP de múltiples longitudes de onda 240, que incluye un bloque o bloques divisores de canales CDC y WDM 242, para el procesamiento de los 4 componentes, y un bloque TDEQ 244 para la gestión de cada canal de longitud de onda seleccionado por la entrada MWLO.

La Figura 3 ilustra una forma de realización de una operación de recepción coherente simultánea 300 de canales WDM utilizando un MWLO. La operación de recepción coherente 300 se puede poner en práctica mediante el diseño de MWCR 200. El MWCR puede utilizar una configuración de hardware similar a la de un receptor coherente convencional, pero con un MWLO, y cambia para la unidad de DSP, tal como se describió anteriormente. El gráfico

superior en la Figura 3 ilustra el espectro óptico de los canales WDM que llegan al MWCR. En lugar de utilizar un LO de longitud de onda única como en el diseño de receptor coherente convencional, se utiliza el MWLO y cada longitud de onda se sintoniza para tener un desplazamiento de frecuencia específico desde el centro de los canales WDM, tal como se ilustra en el gráfico en la parte central. De este modo, se pueden capturar, simultáneamente, múltiples canales WDM y asignarse en las bandas de frecuencia específicas dentro del ancho de banda ADC, tal como se ilustra en el gráfico inferior. La cantidad de canales WDM que se reciben se determina por el ancho de banda de la señal y la tasa de muestreo del ADC. El espectro superior es el espectro óptico antes de la recepción coherente, mientras que el espectro inferior es el espectro eléctrico después de la fotodetección. Las longitudes de onda del MWLO pueden ser de ejecución libre o estar bloqueadas en frecuencia entre sí. El espaciado de canal en frecuencia es f . La operación 300 de recepción coherente de múltiples longitudes de onda es de señales WDM en rejillas fijas.

La Figura 4 ilustra, además, una forma de realización de una operación de recepción coherente de múltiples longitudes de onda 400 de señales WDM en rejillas fijas. Sin embargo, a diferencia de la operación de recepción 300, la operación de recepción 400 está en rejillas no adyacentes. Los valores de frecuencia f_B y f_G indican el ancho de banda de la señal de un solo lado, y el espacio reservado entre los espectros eléctricos, respectivamente. La tasa mínima de muestreo del ADC, en este escenario operativo, es $f_{ADC} = (2N-2)*f_G + (4N-2)*f_B$, en donde N es el número de canales WDM cubiertos por un único ADC. El número de canales $N=3$ se considera en las Figuras 3 y 4. Los 3 canales seleccionados son adyacentes en la Figura 3, pero no en la Figura 4 (el canal centrado en f no está seleccionado). El espaciado mínimo entre canales es $f_{min} = f_{ADC}/2 - f_B$, lo que asegura que las señales WDM no se solapen dentro del ancho de banda del ADC. Además, la fotodetección puede utilizar PINs de una sola terminación o equilibrados, y el PIN tiene una caída relativamente fuerte fuera de $f_{ADC}/2$ para evitar un solapamiento en ADC.

En el caso en donde las señales WDM están situadas en rejillas más densas que el espaciado de canal mínimo requerido, se puede utilizar un diseño de súper MWCR para eludir esta limitación. La Figura 5 ilustra una forma de realización de un diseño MWCR 500 para recibir canales WDM en rejillas fijas más densas. El diseño MWCR 500 incluye un intercalador óptico o un conmutador de longitud de onda selectivo (WSS) 502, configurado para dividir una señal óptica de múltiples longitudes de onda entrante en dos señales de múltiples longitudes de onda, que son más gruesas (en densidad de canal) que la señal de múltiples longitudes de onda entrante original. Cada una de las dos señales de múltiples longitudes de onda resultante puede incluir aproximadamente la mitad del número de canales en la señal original. A modo de ejemplo, un intercalador 502 divide la señal en una primera señal de múltiples longitudes de onda, con canales de longitud de onda impar y una segunda señal de múltiples longitudes de onda con canales pares. Como alternativa, un WSS 502 divide la señal en dos canales de múltiples longitudes de onda de longitudes de onda seleccionadas. El diseño de MWCR 500 incluye dos bifurcaciones adicionales, comprendiendo cada una un componente híbrido óptico de diversidad de polarización 510 que utiliza la entrada MWLO, 4 PINs paralelos 520, para las 4 señales componentes, procedentes del componente híbrido óptico de diversidad de polarización 510 y 4 ADCs correspondientes 530. El mismo MWLO se puede utilizar para las dos bifurcaciones. Las dos bifurcaciones están acopladas, a través de los ADCs 530, a una unidad de DSP de múltiples longitudes de onda 540, que comprende un bloque o bloques divisores de canales CDC y WDM 242, para el procesamiento de los 4 componentes, y un bloque TDEQ 244 para la gestión de cada canal de longitud de onda desde ambas bifurcaciones. Los componentes de cada bifurcación son similares a los componentes del diseño MWCR 200. Cada bifurcación tiene un diseño MCWR similar al diseño 200, pero comparte con las otras bifurcaciones la unidad DSP 540 con un número total de TDEQs 544 igual al número total de canales en la rejilla densa.

La Figura 6 ilustra una forma de realización de una operación de recepción coherente de múltiples longitudes de onda 600 en rejillas fijas más densas. La operación de recepción coherente 600 puede ponerse en práctica mediante el diseño MWCR 500. Las señales WDM en rejillas densas (en el gráfico superior) pueden pasar a través de un intercalador o WSS con el fin de generar señales WDM en rejillas más gruesas (en el gráfico central), y a continuación, las múltiples bifurcaciones de MWCR se utilizan para la detección en rejillas gruesas correspondientes (en el gráfico inferior). En otras formas de realización, se puede dividir cualquier número de bifurcaciones (p.ej., mayor que 2) utilizando un WSS, una jerarquía de intercaladores, o cualquier combinación de intercaladores y/o WSSs. Cada bifurcación incluye componentes similares a los diseños MWCR 200 y 500.

Otra ventaja de los diseños de MWCR anteriores es la capacidad de funcionar en una red de rejilla flexible. La Figura 7 ilustra una forma de realización de una operación de recepción coherente de múltiples longitudes de onda 700 de canales WDM en rejillas flexibles. Se pueden seleccionar múltiples señales WDM con diferentes rejillas de espaciado de canales (en el gráfico superior) utilizando el MWLO y, de este modo, siendo detectadas (en el gráfico inferior). Rejillas de canales múltiples se pueden incluir, además, en la detección. A modo de ejemplo, la rejilla se centra alrededor de $f=0$, mientras que las rejillas adyacentes incluyen canales individuales. El diseño y operación de MWCR, en las formas de realización anteriores, son independientes del formato de modulación real de los canales WDM, que pueden ser una única portadora, OFDM, súper-canal u otras modulaciones.

La Figura 8 ilustra una forma de realización de una ruta de datos 800 en MWCR DSP, que se puede utilizar en cualquiera de los diseños de MCWR anteriores. Un MWCR DSP 840 recibe 4 componentes de señal (para múltiples longitudes de onda o canales WDM) desde un MWCR 810. El MWCR DSP 840 incluye un bloque de decimación 841, acoplado a una pluralidad de bifurcaciones para el procesamiento de cada uno de los canales en la señal. Cada

bifurcación incluye un bloque de desplazamiento del espectro y decimación 842, un bloque de CDC 843 y un bloque de TDEQ 844. Los componentes del MWCR 810 son 4 señales de ADC (XI, XQ, YI e YQ). La función de decimación en el bloque 841 es opcional. Si se utiliza, el bloque 841 puede reducir el número de muestras para bloques de DSP posteriores, p.ej., si la tasa de muestreo de ADC es excesiva en comparación con el ancho de banda de señal WDM. El bloque de decimación 841 sirve, además, para recibir y combinar los componentes de señal para DSP. Como alternativa, se puede utilizar cualquier módulo DSP adecuado (no ilustrado), p.ej., un filtro en lugar del bloque de decimación 841, para recibir y combinar los componentes de señal. El siguiente bloque de desplazamiento del espectro y decimación 842 es necesario para separar las señales de WDM. Cada señal WDM se desplaza, en frecuencia, respecto a la banda base, es objeto de decimación para eliminar las otras señales WDM, y luego, se sub-muestra al número deseado de muestras por símbolo. Para cada señal WDM, los bloques DSP posteriores, que incluyen la CDC 843, TDEQ 844 y posiblemente recuperación de portadora (CR) y bloques de decisión, son similares a los bloques DSP, que se utilizan en el receptor coherente de canal único.

La Figura 9 ilustra otra forma de realización de una ruta de datos 900 en MWCR DSP, que se puede utilizar en cualquiera de los diseños de MCWR anteriores. Un MWCR DSP 940 recibe 4 componentes de señal (para múltiples longitudes de onda o canales WDM) desde un MWCR 910. El MWCR DSP 940 incluye un bloque de decimación 941 acoplado a un bloque de ecualizador de dominio frecuencial (FDEQ) 942, y una pluralidad de bloques TDEQ 944, cada uno para gestionar uno de los canales de longitud de onda. El bloque FDEQ 942 realiza la rotación de fase, CDC y funciones de muestreo descendente sobre los componentes de señal. Puesto que el desplazamiento del espectro, la decimación y CDC se pueden procesar en el dominio frecuencial, la separación de señal WDM y CDC se puede poner en práctica utilizando un solo bloque FDEQ 942. Además, se puede realizar una rotación de fase para eliminar el desplazamiento de fase constante entre las señales WDM. Las copias desplazadas en frecuencia del CD inverso se obtienen, a continuación, para que la compensación CDC se pueda realizar para todos los canales WDM simultáneamente. La operación de CD inversa en DSP utiliza coeficientes de filtro DSP para deshacer la respuesta del canal causada por el CD real observado por el receptor. Las señales WDM se separan, luego, tomando muestras de sus correspondientes contenedores de frecuencias. Por lo tanto, la CDC se puede poner en práctica por canal o conjuntamente para todos los canales WDM. Las funciones DSP de MWCR, en las formas de realización anteriores, (tal como se ilustra en las Figuras 8 y 9) se pueden poner en práctica utilizando software, hardware o una combinación de ambos.

La Figura 10 es un diagrama de flujo de una forma de realización del método 1000 para la operación de MWCR. El método 1000 puede ponerse en práctica utilizando cualquiera de los diseños de MWCR anteriores. En la etapa 1010, se reciben una o más señales correspondientes a canales de múltiples longitudes de onda, en un módulo híbrido óptico de diversidad de polarización. Las señales pueden ser señales WDM, señales DWDM u otras señales de canal de múltiples longitudes de onda. En la etapa 1020, los canales de longitud de onda se seleccionan, en el módulo híbrido óptico de diversidad de polarización, utilizando la entrada desde un MWLO. La estimación y el control del desplazamiento de frecuencia del oscilador local (LOFO) se pueden compartir entre los canales WDM, si el MWLO está bloqueado en frecuencia. En la etapa 1030, las señales de entrada se dividen, en el módulo híbrido óptico de diversidad de polarización, en 4 componentes: XI, XQ, YI e YQ. Cada componente incluye todos los canales de longitud de onda seleccionados. En la etapa 1035, los componentes ópticos se convierten en señales eléctricas, a través de PINs correspondientes y luego, se convierten en señales digitales, a través de los ADCs correspondientes. En la etapa 1040, los canales para los componentes combinados son objeto de demultiplexación (separados) a través del procesamiento DSP, a modo de ejemplo, utilizando, para cada canal, desplazamiento de frecuencia y luego, decimación los otros canales. En la etapa 1050, la CDC se aplica a los componentes combinados a través de DSP. La CDC se puede poner en práctica sobre una base por canal o para todas las señales WDM recibidas conjuntamente, p.ej., como parte del procesamiento FDEQ. En el paso 1055, se aplica TDEQ a cada uno de los canales.

La Figura 11 es un diagrama de bloques de un sistema de procesamiento, a modo de ejemplo, 1100, que se puede utilizar para poner en práctica cualquiera de las formas de realización anteriores. Por ejemplo, el sistema de procesamiento 1100, o al menos un subconjunto del sistema 1100, es parte del teléfono móvil 100 o 900. Dispositivos específicos pueden utilizar la totalidad de los componentes mostrados, o solamente un subconjunto de los componentes y niveles de integración puede variar de dispositivo a dispositivo. Además, un dispositivo puede contener múltiples ejemplos de un componente, tal como unidades de procesamiento múltiple, procesadores, memorias, transmisores, receptores, etc. El sistema de procesamiento 1100 puede comprender una unidad de procesamiento 1101 provista de uno o más dispositivos de entrada/salida, tales como unas interfaces de red, interfaces de memorización y similares. La unidad de procesamiento 1101 puede incluir una unidad de procesamiento central (CPU) 1110, una memoria 1120, un dispositivo de almacenamiento masivo 1130 y una interfaz de entrada/salida I/O 1160, que se conecta a un bus. El bus puede ser uno o más de cualquier tipo de varias arquitecturas de bus que incluyen un bus de memoria o controlador de memoria, un bus periférico o similar.

La unidad CPU 1110 puede comprender cualquier tipo de procesador de datos electrónicos. La memoria 1120 puede incluir cualquier tipo de memoria de sistema, tal como memoria de acceso aleatorio estática (SRAM), memoria de acceso aleatorio dinámica (DRAM), memoria DRAM síncrona (SDRAM), memoria de solamente lectura (ROM), una combinación de las mismas, o similares. En una forma de realización, la memoria 1120 puede incluir una memoria ROM para su utilización en el arranque, y una memoria DRAM para la memorización de programas y

datos para su uso mientras se ejecutan programas. En formas de realización, la memoria 1120 no es transitoria. El dispositivo de almacenamiento masivo 1130 puede comprender cualquier tipo de dispositivo de almacenamiento configurado para memorizar datos, programas y otra información, y para hacer que los datos, programas y otra información sean accesibles a través del bus. El dispositivo de almacenamiento masivo 1130 puede comprender, a modo de ejemplo, una o más de unidades de entre una unidad de estado sólido, unidad de disco duro, unidad de disco magnético, una unidad de disco óptico o similar.

La unidad de procesamiento 1101 incluye, además, una o más interfaces de red 1150, que pueden comprender enlaces por cable, tales como un cable Ethernet o similar, y/o enlaces inalámbricos para acceder a nodos o una o más redes 1180. La interfaz de red 1150 permite a la unidad de procesamiento 1101 la comunicación con unidades distantes a través de las redes 1180. A modo de ejemplo, la interfaz de red 1150 puede proporcionar comunicación inalámbrica a través de uno o más transmisores/antenas de transmisión y uno o más receptores/antenas de recepción. En una forma de realización, la unidad de procesamiento 1101 está acoplada a una red de área local, o una red de área amplia, para procesamiento de datos y comunicaciones con dispositivos distantes, tales como otras unidades de procesamiento, Internet, instalaciones de memorización distantes, o similares.

Aunque se han proporcionado varias formas de realización en la presente descripción, debe entenderse que los sistemas y métodos aquí dados a conocer pueden ponerse en práctica en muchas otras formas específicas, sin desviarse del alcance de la presente descripción. Los presentes ejemplos deben considerarse como ilustrativos y no restrictivos, y la intención no debe limitarse a los detalles que se proporcionan en este documento. A modo de ejemplo, los diversos elementos o componentes pueden combinarse o integrarse en otro sistema, o algunas características pueden omitirse o no ponerse en práctica.

Además, las técnicas, sistemas, subsistemas y métodos descritos e ilustrados en las diversas formas de realización, como discretos o separados, pueden combinarse o integrarse con otros sistemas, módulos, técnicas o métodos, sin desviarse del alcance de la presente idea inventiva. Otros elementos mostrados o descritos como acoplados o acoplados directamente o que se comunican entre sí, pueden estar indirectamente acoplados o comunicándose a través de alguna interfaz, dispositivo o componente intermedio ya sea de forma eléctrica, mecánica o de otro modo. Otros ejemplos de cambios, sustituciones y modificaciones se pueden comprobar por un experto en la técnica y podrían realizarse sin desviarse del alcance aquí dado a conocer.

REIVINDICACIONES

1. Un método (1000) puesto en práctica mediante un receptor óptico (810, 910) para la recepción coherente de múltiples longitudes de onda, cuyo método comprende:
- 5 la recepción (1010) de una señal óptica que incluye múltiples canales en múltiples longitudes de onda;
- la selección (1020) de los canales de conformidad con la entrada procedente de un oscilador local de múltiples longitudes de onda (MWLO), en donde una frecuencia de cada una de las longitudes de onda de entrada del MWLO, se desplazan con respecto a una frecuencia central de un canal correspondiente entre los canales, y en donde la entrada procedente del MWLO bloquea la señal a las múltiples longitudes de onda de los canales, simultáneamente;
- 10 la división (1030) de la señal en múltiples componentes de polarización;
- 15 la separación (1040) de los canales en los componentes de polarización utilizando un procesamiento de señal digital (DSP) (240, 540, 840);
- la realización de una compensación de dispersión cromática (CDC) (1050) en los canales; y
- 20 la realización de una ecualización de dominio temporal (1055) en cada uno de los canales.
2. El método (1000) según la reivindicación 1 que comprende, además:
- la conversión de los componentes de polarización en señales eléctricas;
- 25 la conversión de las señales eléctricas en señales digitales; y
- la combinación de las señales eléctricas, correspondientes a los componentes de polarización, para un procesamiento de señal digital antes de separar los canales.
- 30 3. El método (1000) según la reivindicación 1, en donde la separación de los canales en los componentes de polarización, utilizando un DSP (240, 540, 840), comprende:
- 35 para cada uno de los canales, el desplazamiento de un espectro de los componentes de polarización hasta una longitud de onda correspondiente a uno de los canales; y
- para cada uno de los canales, la decimación de todos los canales restantes en el espectro desplazado.
- 40 4. El método (1000) según la reivindicación 3, en donde la compensación de la dispersión cromática se realiza en cada uno de los canales después de la decimación del espectro desplazado.
5. El método (1000) según la reivindicación 1, en donde la compensación de la dispersión cromática se realiza en los canales combinados utilizando una ecualización en el dominio frecuencial, y en donde el método comprende, además:
- 45 la realización de una rotación de fase en los canales combinados como parte de la ecualización en el dominio frecuencial; y
- 50 la realización de un sub-muestreo en los canales combinados como parte de la ecualización en el dominio frecuencial.
6. Un receptor óptico (810, 910) para recepción coherente de múltiples longitudes de onda, comprendiendo el receptor óptico:
- 55 un módulo híbrido óptico de diversidad de polarización (110, 210, 510), configurado para dividir una señal óptica en múltiples componentes de polarización, en donde la señal óptica incluye múltiples canales en múltiples longitudes de onda;
- 60 un oscilador local de múltiples longitudes de onda (MWLO), acoplado a una entrada del módulo híbrido óptico de diversidad de polarización (110, 210, 510), proporcionando el MWLO longitudes de onda de entrada al módulo híbrido óptico de diversidad de polarización (110, 210, 510), en donde una frecuencia de cada una de las longitudes de onda de entrada del MWLO está desplazada respecto de una frecuencia central de un canal correspondiente entre los canales, y en donde las longitudes de onda de entrada, procedentes del MWLO, bloquean la señal óptica a las múltiples longitudes de onda de los canales, simultáneamente;
- 65 una pluralidad de diodos PIN (120, 220, 520), acoplados al módulo híbrido óptico de diversidad de polarización (110,

210, 510), y configurados para convertir las componentes de polarización en señales eléctricas correspondientes, en donde cada uno de los diodos PIN (120, 220, 520) corresponde a uno de los componentes de polarización;

5 una pluralidad de convertidores analógico a digital (ADCs) (130, 230, 530), acoplados a los diodos PIN (120, 220, 520), y configurados para convertir las señales eléctricas en señales digitales, en donde cada uno de los ADCs (130, 230, 530) corresponde a uno de los componentes de polarización; y

10 un módulo de procesamiento de señal digital (DSP) (240, 540, 840, 940), acoplado a los ADCs (130, 230, 530), y configurado para combinar las señales eléctricas que corresponden a los componentes de polarización, y detectar los canales en las longitudes de onda.

7. El receptor óptico (810, 910) según la reivindicación 6, en donde el módulo DSP (240, 540, 840) comprende:

15 una pluralidad de módulos de decimación y desplazamiento del espectro (842), y configurados para seleccionar los múltiples canales, en donde cada uno de los módulos de decimación y de desplazamiento del espectro corresponde a uno de los canales;

20 una pluralidad de módulos de compensación de dispersión cromática (CDC) (843) acoplados a los módulos de decimación y de desplazamiento del espectro (842), y que corresponden a los canales; y

una pluralidad de módulos de ecualizador en dominio temporal (TDEQ) (144, 244, 544, 844, 944) acoplados a los módulos de CDC, y que corresponden a los canales.

25 8. El receptor óptico (810, 910) según la reivindicación 6 que comprende, además:

un segundo módulo híbrido óptico de diversidad de polarización (510) configurado para dividir una segunda señal óptica en múltiples segundos componentes de polarización, en donde la segunda señal óptica incluye múltiples segundos canales en múltiples segundas longitudes de onda;

30 una pluralidad de segundos diodos PIN (520) acoplados al segundo módulo híbrido óptico de diversidad de polarización (510), en donde cada uno de los segundos diodos PIN (520) corresponde a uno de los segundos componentes de polarización; y

35 una pluralidad de segundos ADCs (530) acoplados a los diodos PIN (520) y el módulo DSP (240, 540, 840, 940), en donde cada uno de los segundos ADCs (530) corresponde a uno de los segundos componentes de polarización.

9. El receptor óptico (810) según la reivindicación 8, en donde el módulo DSP (240, 540, 840) comprende, además:

40 una pluralidad de segundos módulos de decimación y de desplazamiento del espectro, en donde cada uno de los segundos módulos de decimación y de desplazamiento del espectro corresponde a uno de los segundos canales;

una pluralidad de segundos módulos de CDC, acoplados a los segundos módulos de decimación y de desplazamiento del espectro, y correspondientes a los canales; y

45 una pluralidad de segundos módulos TDEQ, acoplados a los segundos módulos CDC, y correspondientes a los segundos canales.

50 10. El receptor óptico (810, 910) según la reivindicación 8, en donde el segundo módulo híbrido óptico de diversidad de polarización (510) está acoplado al MWLO, y en donde el MWLO está configurado, además, para bloquear la segunda señal óptica para las segundas longitudes de onda de los segundos canales, simultáneamente.

11. Un receptor óptico (910) para recepción coherente de múltiples longitudes de onda, comprendiendo el receptor óptico:

55 un módulo híbrido óptico de diversidad de polarización (110, 210, 510), configurado para dividir una señal óptica en múltiples componentes de polarización, en donde la señal óptica incluye múltiples canales en múltiples longitudes de onda;

60 un oscilador local de múltiples longitudes de onda (MWLO), acoplado a una entrada del módulo híbrido óptico de diversidad de polarización (110, 210, 510), proporcionando el MWLO longitudes de onda de entrada al módulo híbrido óptico de diversidad de polarización (110, 210, 510), en donde una frecuencia de cada una de las longitudes de onda de entrada del MWLO está desplazada respecto de una frecuencia central de un canal correspondiente entre los canales, y en donde las longitudes de onda de entrada del MWLO bloquean la señal óptica a las múltiples longitudes de onda de los canales, simultáneamente;

65 una pluralidad de diodos PIN (120, 220, 520), acoplados al módulo híbrido óptico de diversidad de polarización (110,

210, 510), y configurados para convertir los componentes de polarización en señales eléctricas correspondientes, en donde cada uno de los diodos PIN (120, 220, 520) corresponde a uno de los componentes de polarización;

5 una pluralidad de convertidores analógico a digital (ADCs) (130, 230, 530) acoplados a los diodos PIN (120, 220, 520), y configurados para convertir las señales eléctricas en señales digitales, en donde cada uno de los ADCs (130, 230, 530) corresponde a uno de los componentes de polarización; y

10 un módulo ecualizador de dominio frecuencial (FDEQ) (942), para la división de canales y la compensación de dispersión cromática (CDC), acoplado a los ADCs (130, 230, 530), y configurado para combinar las señales eléctricas que corresponden a los componentes de polarización y dividir los canales en las longitudes de onda.

15 12. El receptor óptico (910) según la reivindicación 11, que comprende, además, una pluralidad de módulos de ecualizador en dominio temporal (TDEQ) (944), acoplados al módulo FDEQ (942), y que corresponden a los canales.

13. El receptor óptico (910) según la reivindicación 11 que comprende, además, un decimador (941), situado entre los ADCs (130, 230, 530) y el módulo FDEQ (942), en donde el decimador (941) está configurado para reducir un número de muestras en los canales.

20 14. El receptor óptico (910) según la reivindicación 11 que comprende, además:

25 un segundo módulo híbrido óptico de diversidad de polarización (510), configurado para dividir una segunda señal óptica en múltiples segundos componentes de polarización, en donde la segunda señal óptica incluye múltiples segundos canales en múltiples segundas longitudes de onda;

una pluralidad de segundos diodos PIN (520), acoplados al segundo módulo híbrido óptico de diversidad de polarización (510), en donde cada uno de los segundos diodos PIN (520) corresponde a uno de los segundos componentes de polarización; y

30 una pluralidad de segundos ADCs (530), acoplados a los diodos PIN (520) y al módulo FDEQ (942), en donde cada uno de los segundos ADCs (530) corresponde a uno de los segundos componentes de polarización.

35 15. El receptor óptico (910) según la reivindicación 14, en donde el segundo módulo híbrido óptico de diversidad de polarización (510) está acoplado al MWLO, y en donde el MWLO está configurado, además, para bloquear la segunda señal óptica para las segundas longitudes de onda de los segundos canales, simultáneamente.

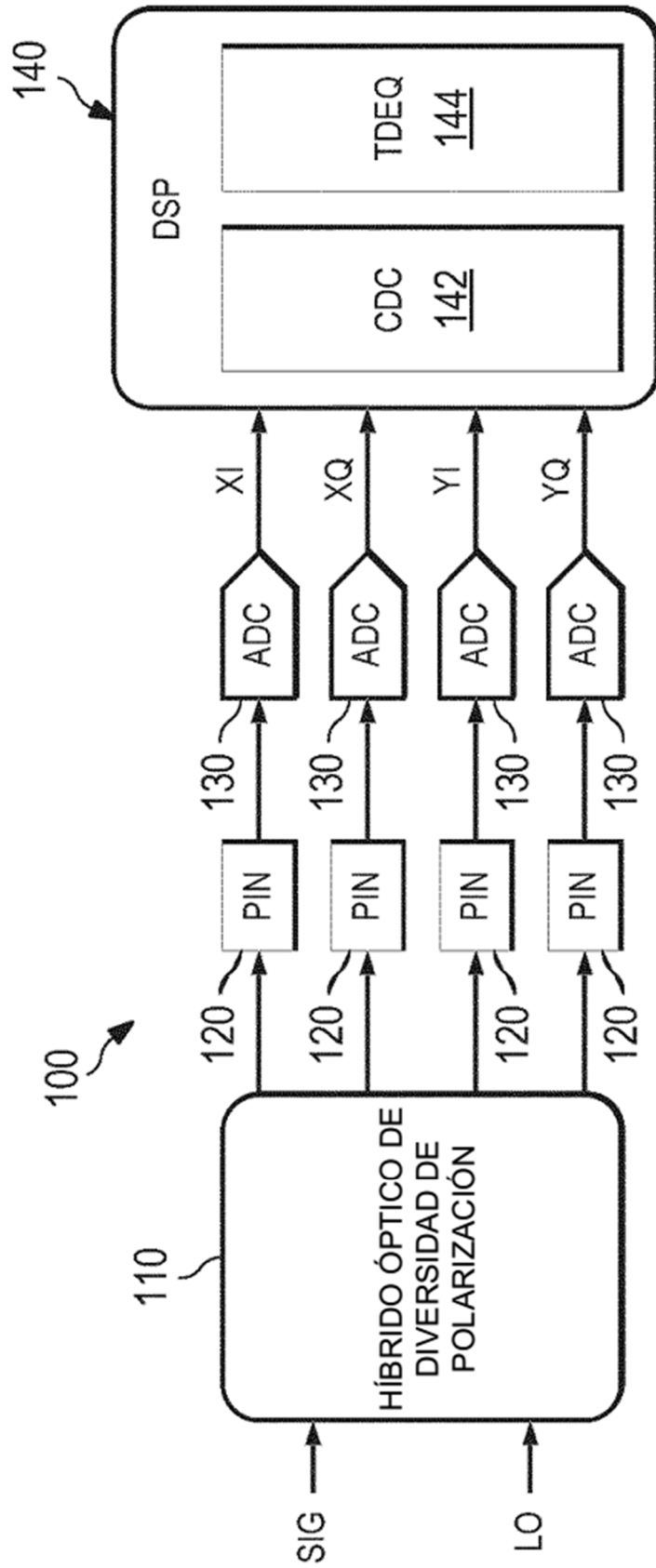


FIG. 1

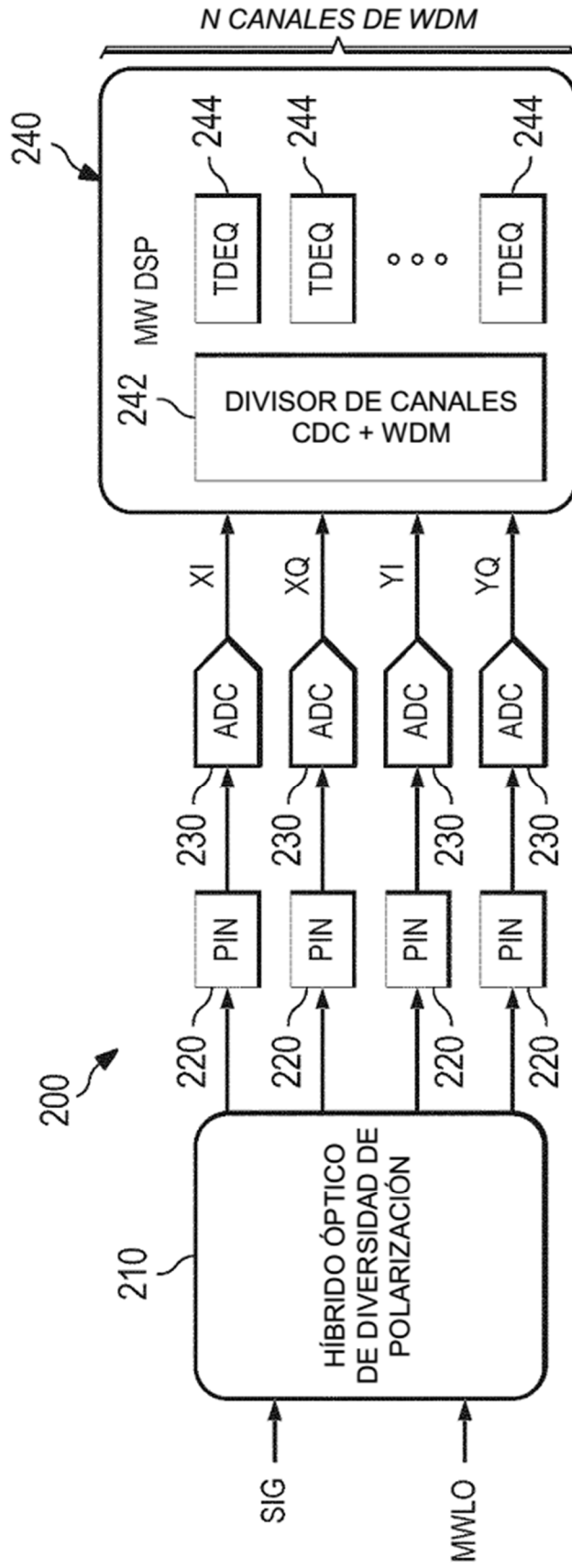


FIG. 2

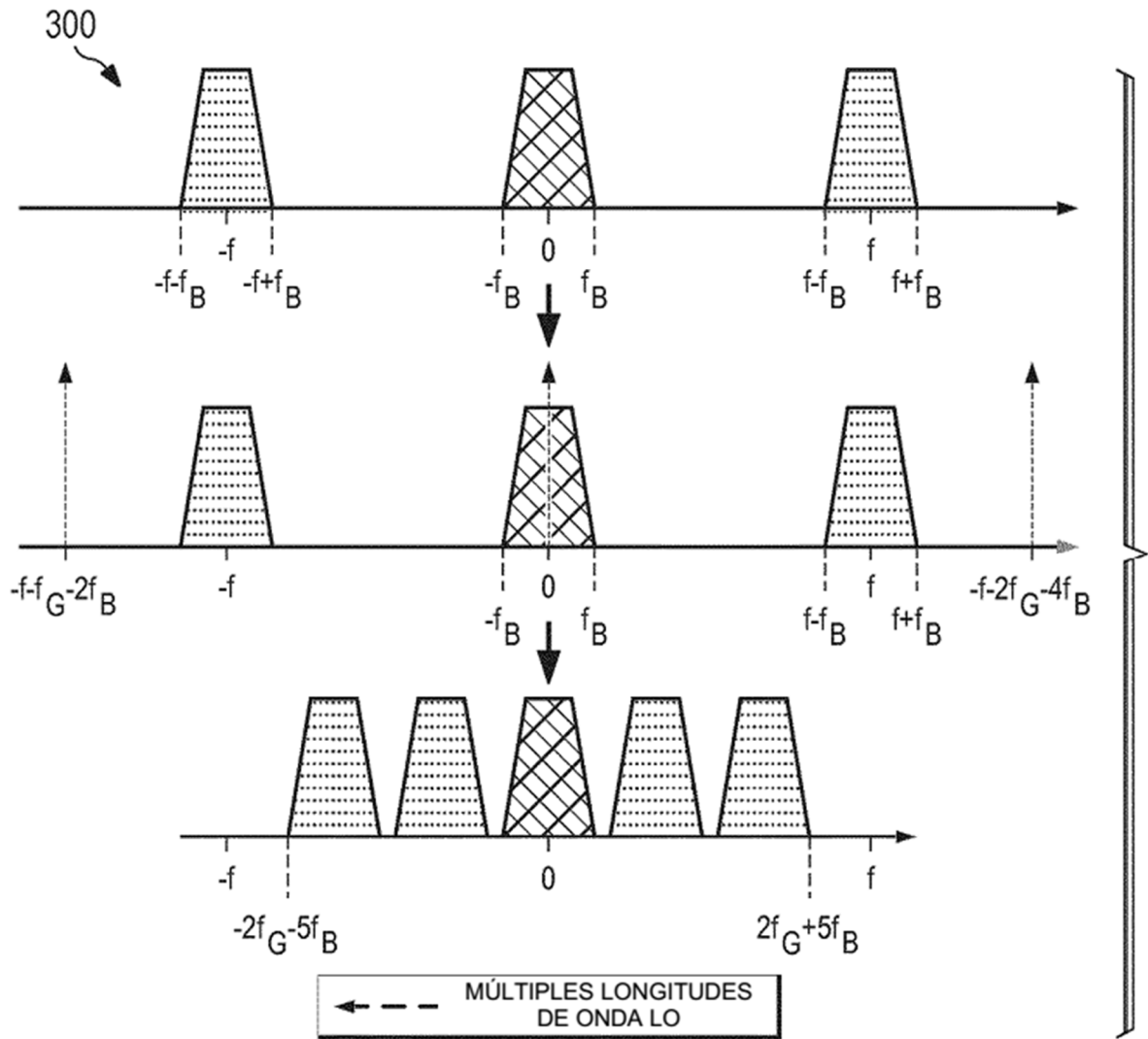
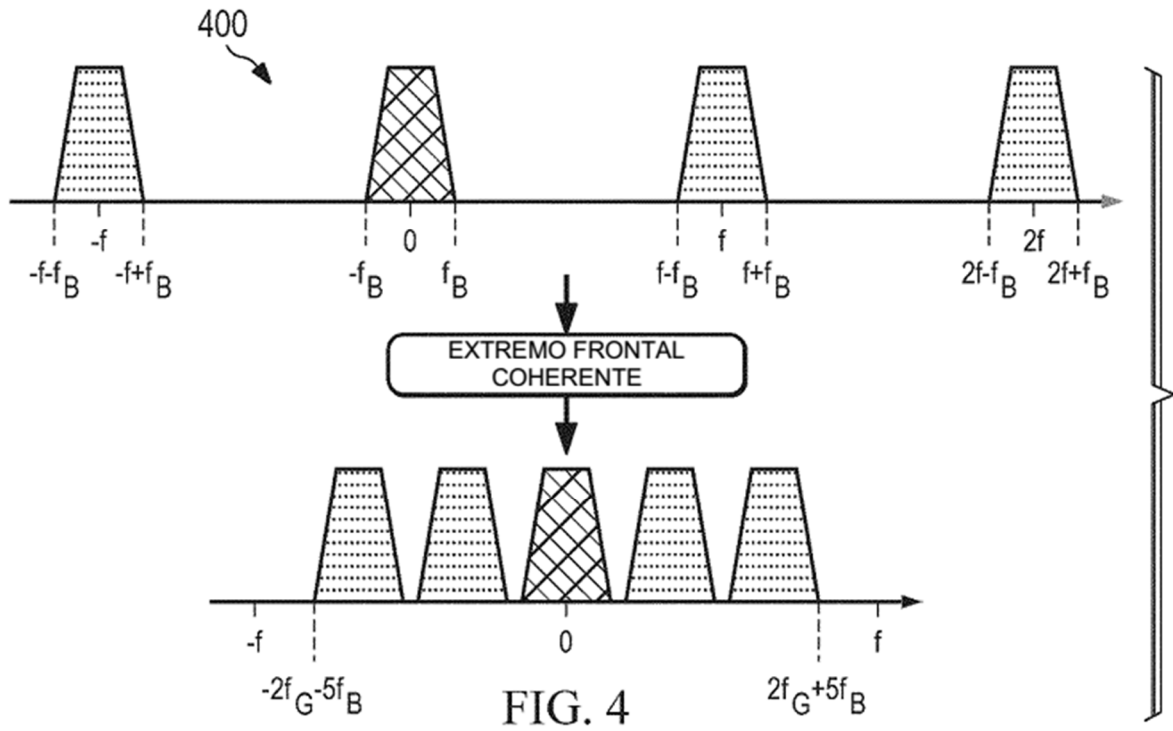


FIG. 3



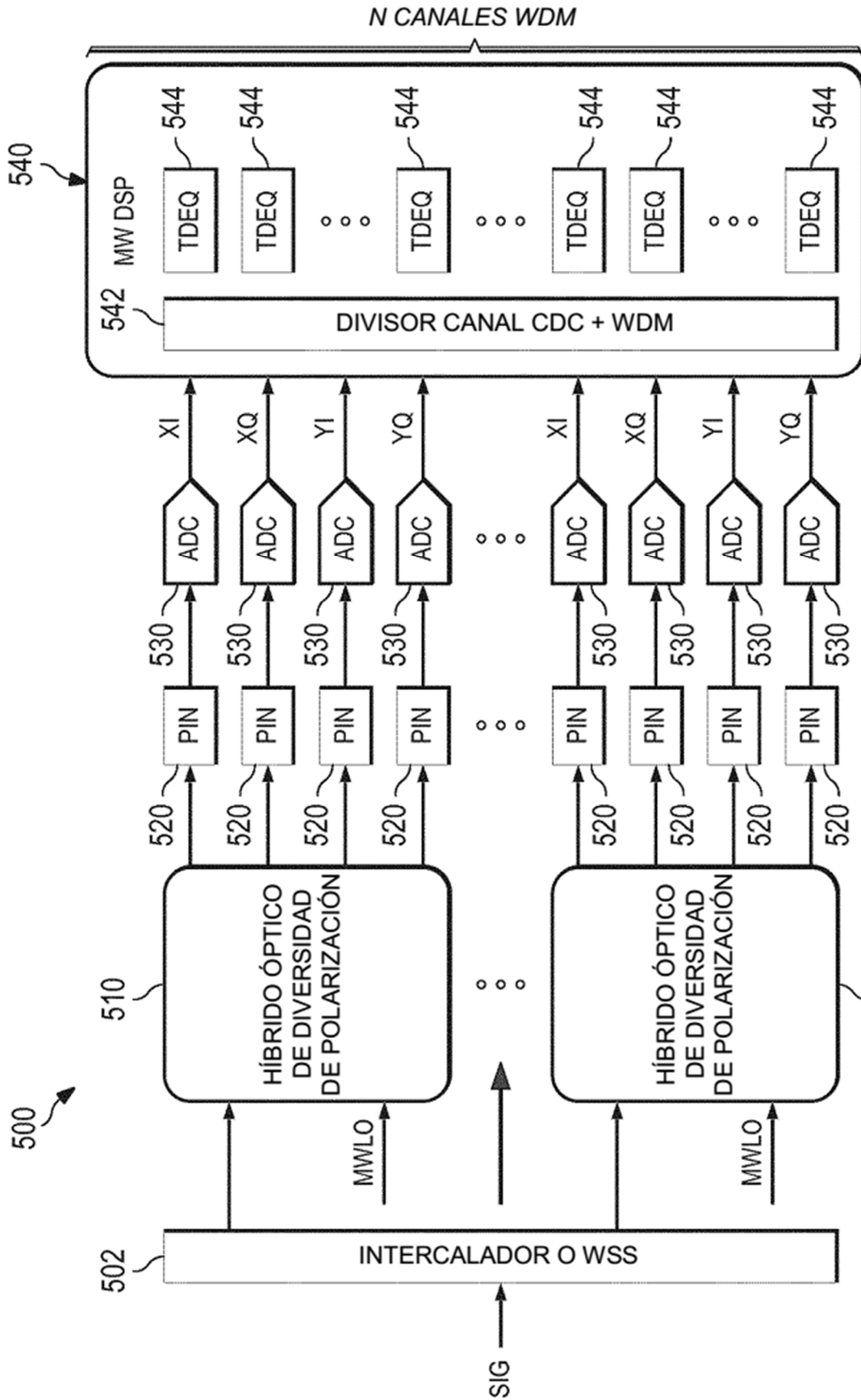


FIG. 5

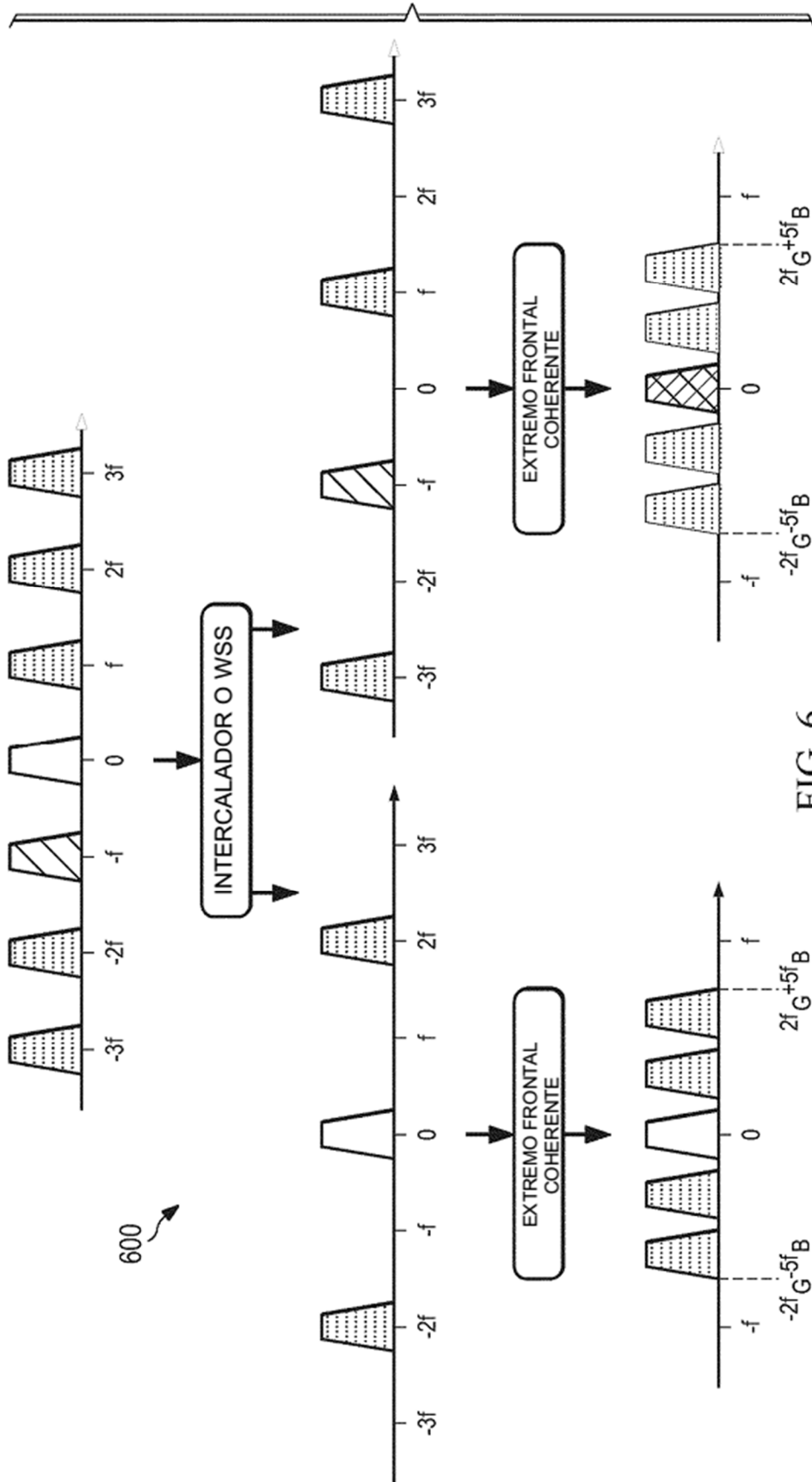


FIG. 6

700 ↗

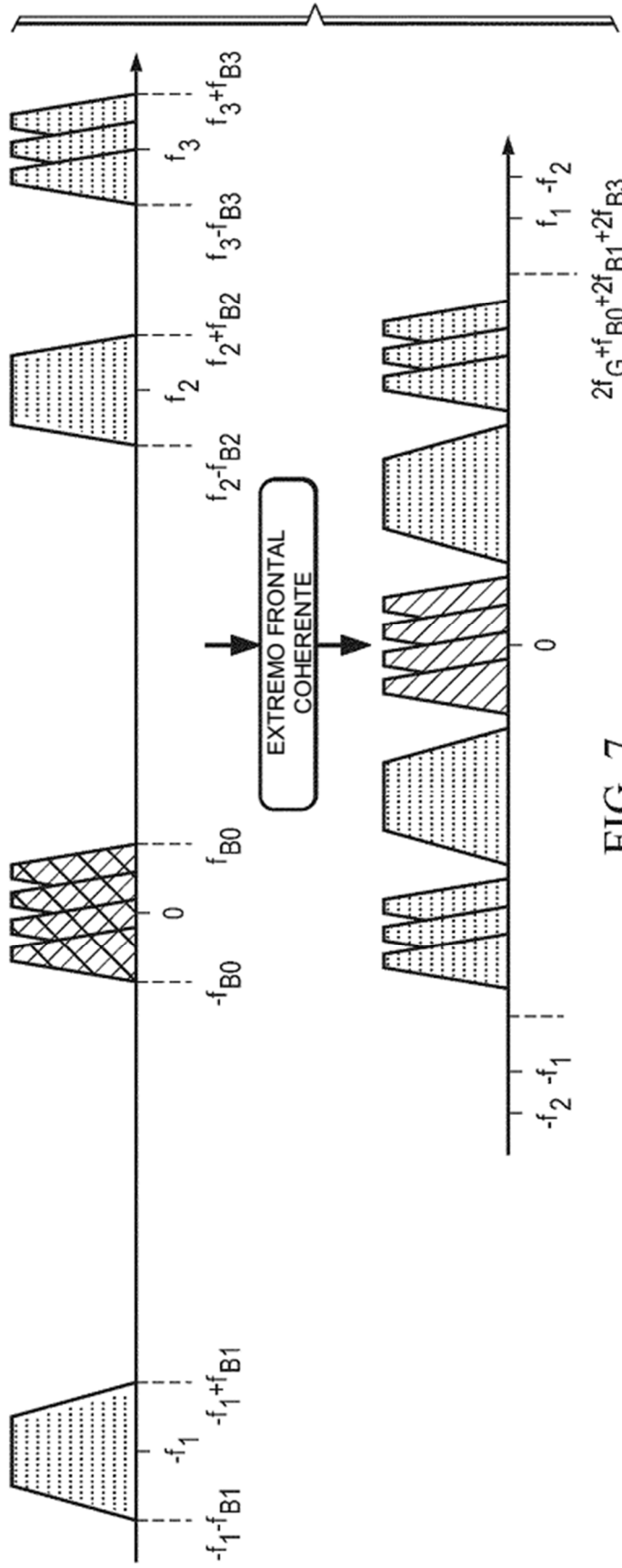


FIG. 7

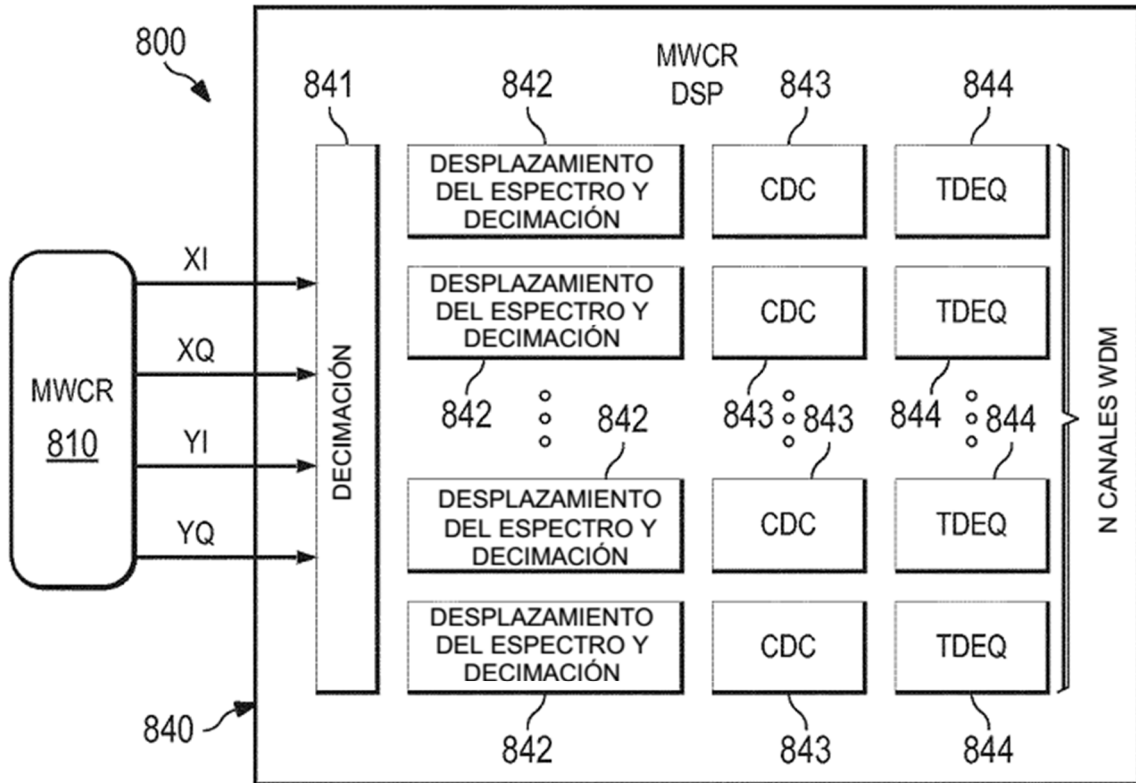


FIG. 8

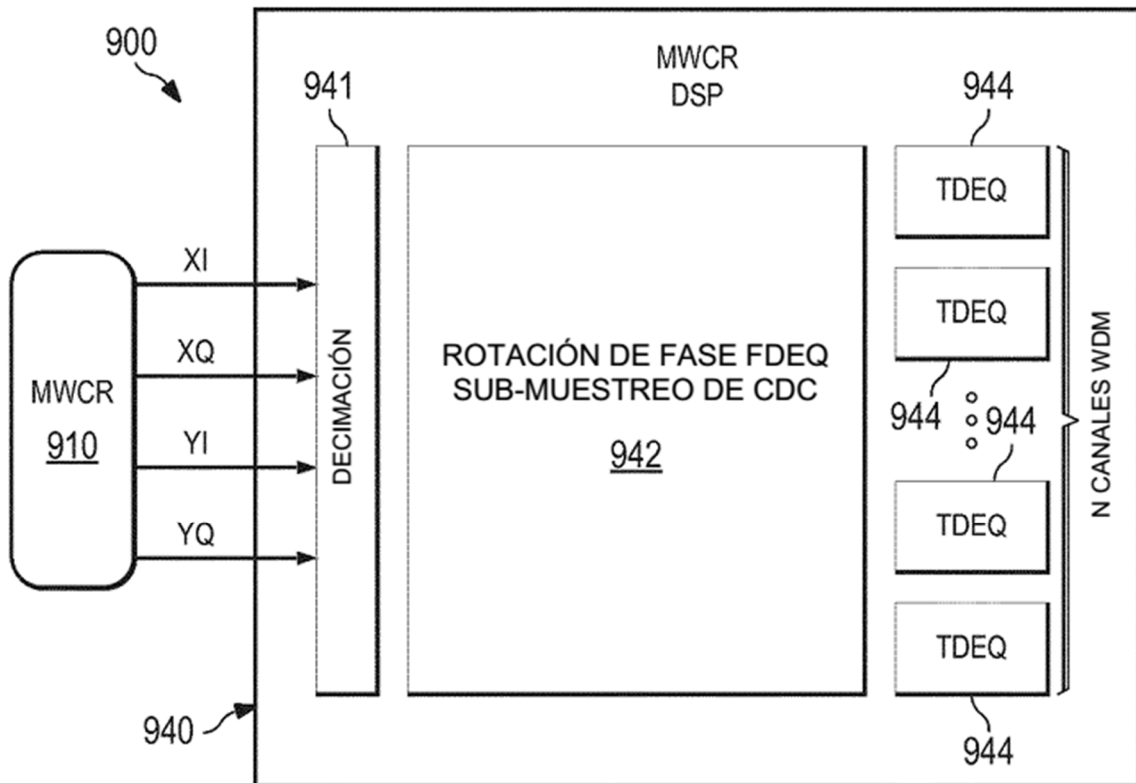


FIG. 9

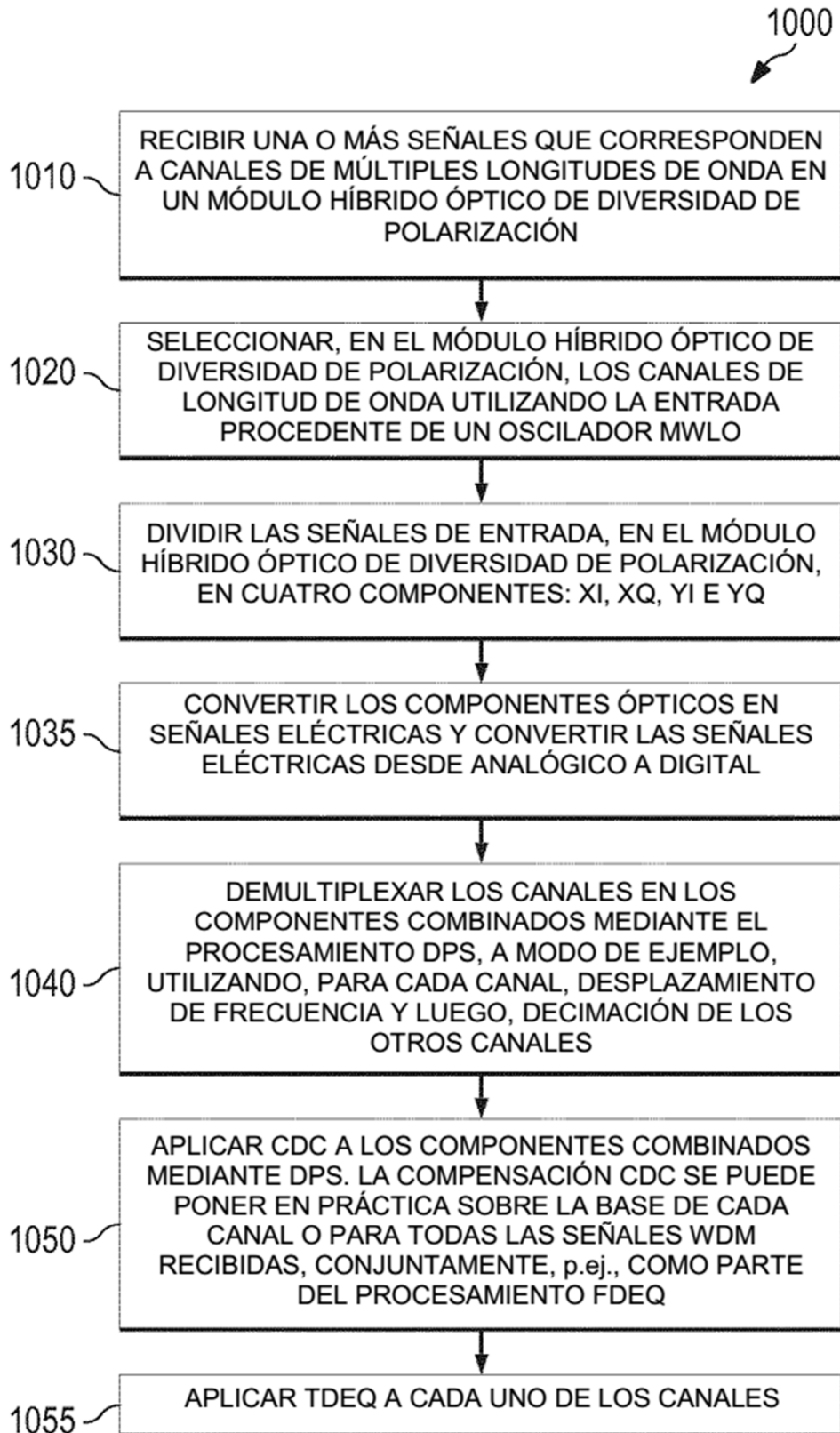


FIG. 10

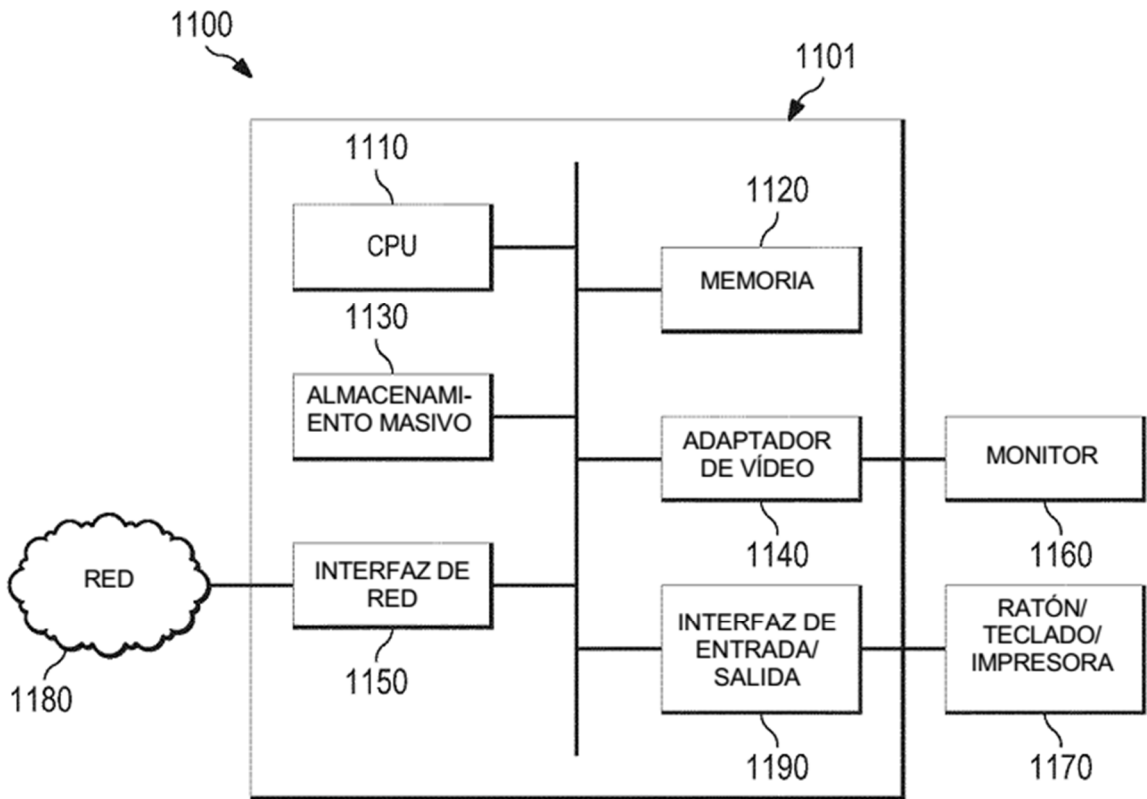


FIG. 11

A