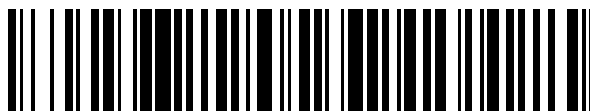


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 787 573**

51 Int. Cl.:

H04L 5/00 (2006.01)

H04J 14/02 (2006.01)

H04L 27/20 (2006.01)

H04J 14/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2010** **E 10006742 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2020** **EP 2271013**

54 Título: **Dispositivo de red**

30 Prioridad:

30.06.2009 DE 102009031307

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

16.10.2020

73 Titular/es:

**DEUTSCHE TELEKOM AG (100.0%)
Friedrich-Ebert-Allee 140
53113 Bonn, DE**

72 Inventor/es:

**GUNKEL, MATHIAS, DR. y
LEIBRICH, JOCHEN, DR.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 787 573 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de red

La presente invención se refiere al campo de la transmisión de datos en la multiplexación por división de frecuencia ortogonal a través de redes de comunicación ópticas.

5 Se ha de partir de la base de que en redes de transporte futuras se tendrá que transmitir una capacidad total en el rango de terabits/segundo a través de una sola fibra óptica. Esta estimación de la capacidad total resulta como un paso lógico de los saltos de capacidad esperados en el transporte por Ethernet, que en unos años probablemente será de 1 Tb/s por canal. Esta velocidad de datos por canal supera con creces las velocidades de datos por canal que se pueden lograr con las tecnologías de comunicación actuales, que se realizan en el rango entre 10 y 40 Gb/s y en un futuro cercano probablemente serán de 100 Gb/s a través de canales de WDM dedicados pero no correlacionados (WDM: Wavelength Division Multiplex - Multiplexación por División de Longitud de Onda). En este contexto, los canales de WDM individuales deben presentar una distancia espectral clara para poder llevar a cabo la separación de canales en el lado de receptor, pero los espacios entre los canales permanecen desaprovechados. Además, debido al ancho de banda de canal disponible hoy en día, la realización clásica de una capacidad de transporte de terabits/s es actualmente muy costosa y, por lo tanto, cara. Además, cuando se utilizan canales de WDM no correlacionados, la flexibilidad para el transporte de diferentes granularidades es baja debido a una asignación relativamente rígida de nodos de transmisión y recepción en la red óptica respectiva.

Por lo tanto, la modulación por OFDM (OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing - Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales) conocida por la tecnología de radio o por el área DSL (DSL: Digital Subscriber Line - Línea de Abonado Digital) también ha encontrado recientemente su camino en el campo de la tecnología de transmisión óptica. La OFDM óptica (O-OFDM) ha progresado significativamente en los últimos años y se considera una solución atractiva, en particular debido a las posibilidades flexibles y de costo reducido del procesamiento digital de señales. De este modo es posible modular por OFDM canales de WDM individuales, con lo que se pueden lograr mejoras significativas en lo que respecta a la compensación de la dispersión, en particular la dispersión cromática o la dispersión de modos de polarización. La eficiencia espectral también aumenta significativamente mediante la OFDM en comparación con los procedimientos utilizados hasta la fecha, ya que la adaptabilidad de un sistema de transmisión por OFDM a diferentes velocidades de datos es relativamente fácil de realizar debido al procesamiento digital de señales. Sin embargo, en general, la OFDM se considera en todos los casos como un formato de modulación puro, que puede sustituir, por ejemplo a una modulación RZ (Non-Return-to-Zero - Sin Retorno a Cero), CS-RZ (Carrier Suppressed Return-to-Zero - Portadora Suprimida con Retorno a Cero) o DQPSK (Differential Quaternary Phase Shift Keying - Modulación por Desplazamiento de Fase Cuaternaria Diferencial).

La utilización de la modulación por OFDM en el campo de la técnica de transmisión óptica se conoce por ejemplo por los documentos WO 2008/112685 A1, US 2009/097852 A1 y por QI YANG ET AL: "Experimental Demonstration and Numerical Simulation of 107-Gb/s High Spectral Efficiency Coherent Optical OFDM", JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, IEEE SERVICE CENTER, NUEVA YORK, NY, EE. UU., volumen 27, nº 3, 1 de febrero de 2009, páginas 168-176, ISSN: 0733-8724.

Para la transmisión de señales en la multiplexación por división de frecuencia ortogonal también se puede utilizar la estrategia OBM-OFDM (OBM-OFDM: Orthogonal Band Multiplexed OFDM - OFDM Multiplexada en Banda Ortogonal) conocida. En este contexto, a partir de una sola fuente se genera una pluralidad de portadoras de WDM ópticas no moduladas, que están mutuamente correlacionadas y son ortogonales entre sí en cada caso, lo que se puede realizar, por ejemplo, utilizando un RFC (RFC: Recirculating Frequency Shifter Loop - Bucle Variador de Frecuencias de Recirculación). Las portadoras de WDM no moduladas se modulan a continuación individualmente por OFDM. Con un receptor de OFDM óptico coherente (CO-OFDM), las bandas individuales también se pueden separar selectivamente en frecuencia con sus subportadoras de OFDM y evaluar, de modo que en principio es posible una transmisión en el rango de terabits/s. Sin embargo, las estrategias de OBM-OFDM conocidas están diseñadas como sistemas de punto a punto puros. Además, una transmisión descendente en una red de acceso PON (PON: Passive Optical Network - Red Óptica Pasiva) no es posible utilizando las estrategias OBM-OFDM conocidas.

Por lo tanto, el objeto de la presente invención consiste en proporcionar un concepto eficiente para la transmisión descendente en redes de comunicación ópticas que permita el uso del esquema de modulación de OBM-OFDM.

50 Este objeto se resuelve mediante las características indicadas en las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes tienen por objeto realizaciones ventajosas.

Las formas de realización que no entran dentro de las presentes reivindicaciones no forman parte de la invención, sino que son ejemplos que facilitan la comprensión de la invención.

La presente invención se basa en el conocimiento de que las subportadoras de OFDM individuales de diferentes portadoras de WDM entre un lado de transmisor y un lado de receptor se pueden asignar de forma flexible, en particular con vistas a un sistema de acceso PON en el sentido de una capacidad dinámicamente variable de las ONU (ONU: Optical Network Unit - Unidad de Red Óptica) individuales. En particular, un láser local se puede sintonizar con una frecuencia central de un espectro deseado, de modo que las subportadoras de OFDM que no han de ser evaluadas

entren en la banda base eléctrica, por ejemplo de forma homodina o intradina, o se produzca una banda de IF eléctrica fácilmente procesable (IF: frecuencia intermedia), por ejemplo de forma heterodina. A continuación se pueden procesar digitalmente solo aquellos datos determinados para el módulo de recepción de OFDM respectivo.

- 5 Según un aspecto, la invención se refiere a un dispositivo de red, en particular un dispositivo de red óptica, para modular una pluralidad de señales de abonado de red que están asignadas a diferentes abonados de red, de acuerdo con el esquema de modulación de OFDM. El dispositivo de red comprende un dispositivo de asignación para asignar un primer grupo de subportadoras a una primera señal de abonado de red o a la primera señal de abonado de red y a una sección de una segunda señal de abonado de red, y para asignar un segundo grupo de subportadoras a la segunda señal de abonado de red o a una sección eventualmente restante de la segunda señal de abonado de red.
- 10 El dispositivo de red comprende además un dispositivo de modulación para modular la primera señal de abonado de red en el primer grupo de subportadoras utilizando la transformada inversa de Fourier o para modular la primera señal de abonado de red y la sección de la segunda señal de abonado de red en el primer grupo de subportadoras utilizando la transformada inversa de Fourier, con el fin de obtener una primera señal de múltiples portadoras, y para modular la segunda señal de abonado de red o una sección de la segunda señal de abonado de red en el segundo grupo de subportadoras utilizando la transformada inversa de Fourier, con el fin de obtener una segunda señal de múltiples portadoras. Los dos grupos de subportadoras se modulan preferiblemente por separado, de modo que la primera y segunda señales de múltiples portadoras son señales de múltiples portadoras independientes. Por lo tanto, la segunda señal de abonado de red se puede modular por separado o en parte junto con la primera señal de abonado de red.
- 15 Según una forma de realización, el primer grupo de subportadoras y el segundo grupo de subportadoras presentan en cada caso subportadoras sucesivas. Además, los dos grupos de subportadoras pueden presentar en conjunto subportadoras sucesivas.
- 20 Según una forma de realización, el dispositivo de red está configurado para modular la pluralidad de las señales de abonado de red o los grupos de subportadoras de acuerdo con el esquema de OBM-OFDM.
- 25 Según una forma de realización, el dispositivo de modulación comprende un primer modulador de OFDM para modular la primera señal de abonado de red y un segundo modulador de OFDM para modular la segunda señal de abonado de red. Por lo tanto, las señales de abonado de red se procesan en cada caso individualmente y por separado utilizando el esquema de OFDM.
- 30 Según una forma de realización, el dispositivo de asignación está configurado para determinar un número de subportadoras del primer grupo de subportadoras y/o un número de subportadoras del segundo grupo de subportadoras dentro de un número total predeterminado de subportadoras, por ejemplo de forma adaptativa o conjunta o flexible o dinámica o temporal. Por lo tanto, el número de subportadoras en el grupo respectivo se puede modificar dinámicamente.
- 35 Según una forma de realización, el dispositivo de asignación está configurado para asignar un número de subportadoras asignadas a la primera señal de abonado de red a la segunda señal de abonado de red si es necesario un mayor número de subportadoras para modular la segunda señal de abonado de red y/o si un número reducido de subportadoras es suficiente para modular la primera señal de abonado de red. Por lo tanto, las subportadoras se asignan al primer o al segundo grupo en función de las necesidades.
- 40 Según una forma de realización, el dispositivo de red comprende un dispositivo de transmisión óptica para generar una señal de transmisión óptica a partir de la primera señal de múltiples portadoras y de la segunda señal de múltiples portadoras.
- 45 Según una forma de realización, el dispositivo de transmisión óptica comprende un primer convertidor óptico para convertir la primera señal de múltiples portadoras en una primera señal óptica de múltiples portadoras sobre una primera frecuencia de portadora, y un segundo convertidor óptico para convertir la segunda señal de múltiples portadoras en una segunda señal óptica de múltiples portadoras sobre una segunda frecuencia de portadora. Las frecuencias de portadora son preferiblemente diferentes, y la conversión se puede llevar a cabo, por ejemplo, utilizando un diodo láser.
- 50 Según una forma de realización, el dispositivo de red está configurado para transmitir una señal de control que indica la asignación del primer grupo de subportadoras a la primera señal de abonado de red y/o la asignación del segundo grupo de subportadoras a la segunda señal de abonado de red. De este modo se informa a un receptor sobre la asignación de subportadoras actual para que la señal del abonado de red respectiva pueda ser demodulada en el lado de receptor.
- 55 Según una forma de realización, la primera señal de múltiples portadoras y la segunda señal de múltiples portadoras son ortogonales entre sí, por ejemplo en el área digital o en el área óptica.
- Según una forma de realización, el primer grupo y/o el segundo grupo de subportadoras comprenden un número de subportadoras que define un ancho de banda de frecuencias que corresponde a un ancho de banda de frecuencias de un filtro eléctrico de un receptor que puede recibir la primera señal de múltiples portadoras o la segunda señal de

múltiples portadoras. En otras palabras, el número de subportadoras define un ancho de banda eléctrico que está asignado al receptor respectivo, por ejemplo a través de su filtro de recepción eléctrico.

5 Según otro aspecto, la invención se refiere a un dispositivo de red, en particular a un dispositivo de red para recibir una señal de múltiples portadoras, en particular una señal óptica o eléctrica de múltiples portadoras, con un filtro de recepción con un ancho de banda de filtro de recepción ajustable, y un dispositivo de control que está configurado para ajustar el ancho de banda ajustable del filtro de recepción en respuesta a una señal de control que indica un ancho de banda de la señal de múltiples portadoras. El filtro de recepción es, por ejemplo, un filtro de recepción eléctrico.

10 Según una forma de realización, el dispositivo de control está configurado para recibir la señal de control, por ejemplo a través de una red de comunicación del dispositivo de red anteriormente mencionado.

Según una forma de realización, el filtro ajustable es un filtro eléctrico y/u óptico antisolape.

Según una forma de realización, la señal de múltiples portadoras es una señal óptica de múltiples portadoras en una frecuencia de portadora, presentando el dispositivo de red además un diodo láser desintonizable para seleccionar la frecuencia de portadora.

15 Según otro aspecto, la invención se refiere a un procedimiento para modular una pluralidad de señales de abonado de red, que están asignadas a diferentes abonados de red, según el esquema de modulación de OFDM, con la etapa consistente en asignar un primer grupo de subportadoras a una primera señal de abonado de red o a la primera señal de abonado de red y a una sección de una segunda señal de abonado de red, y para asignar un segundo grupo de subportadoras a la segunda señal de abonado de red o a una sección eventualmente restante de la segunda señal de abonado de red, y modular la primera señal de abonado de red en el primer grupo de subportadoras utilizando la transformada inversa de Fourier, o para modular la primera señal de abonado de red y la sección de la segunda señal de abonado de red en el primer grupo de subportadoras utilizando la transformada inversa de Fourier, con el fin de obtener una primera señal de múltiples portadoras, y para modular la segunda señal de abonado de red o una sección de la segunda señal de abonado de red en el segundo grupo de subportadoras utilizando la transformada inversa de Fourier, con el fin de obtener una segunda señal de múltiples portadoras. Los dos grupos de subportadoras se modulan preferiblemente por separado, de modo que la primera y la segunda señales de múltiples portadoras son señales de múltiples portadoras independientes. Por lo tanto, la segunda señal de abonado de red se puede modular por separado o en parte junto con la primera señal de abonado de red.

20

25

30 La invención se refiere además a un procedimiento para recibir una señal de múltiples portadoras, que comprende las etapas consistentes en filtrar la señal de múltiples portadoras utilizando un filtro de recepción con un ancho de banda de filtro de recepción ajustable, y ajustar el ancho de banda de filtro de recepción del filtro de recepción en respuesta a una señal de control que indica un ancho de banda de la señal de múltiples portadoras.

Según otro aspecto, la invención se refiere a un programa informático con un código de programa para realizar el procedimiento según la invención respectivo cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

35 Otros ejemplos de realización se explican con referencia a los dibujos adjuntos. Se muestran:

en la figura 1 un diagrama de bloques de un sistema de transmisión óptica;

en la figura 2 un diagrama de bloques del dispositivo de red representado en la figura 1, en una representación más detallada;

en la figura 3 un diagrama de bloques de un generador de portadoras ópticas;

40 en la figura 4 un diagrama de bloques de un generador de portadoras ópticas;

en la figura 5 una disposición de transmisión para transmisión OBM-OFDM;

en la figura 6 una disposición de transmisión para transmisión OBM-OFDM; y

en la figura 7 una disposición de dispositivos de red;

en la figura 8 un dispositivo de red; y

45 en la figura 9 un dispositivo de red; y

en la figura 10 un dispositivo de red.

50 La figura 1 muestra un diagrama de bloques de un sistema de transmisión óptica con un dispositivo de red para modular una pluralidad de señales de abonado de red que están asignadas a diferentes abonados de red A Z, de acuerdo con el esquema de modulación de OFDM. El dispositivo de red comprende un dispositivo 105 de asignación para asignar un primer grupo de subportadoras a una primera señal 101 de abonado de red y para asignar un segundo

grupo de subportadoras a una segunda señal 103 de abonado de red. A través de la asignación, las muestras respectivas de la señal de abonado de red respectiva se asignan a una subportadora.

El dispositivo de red comprende además un dispositivo 107 de modulación subordinado al dispositivo 105 de asignación para modular la primera señal de abonado de red en el primer grupo de subportadoras utilizando la transformada inversa de Fourier, con el fin de obtener una primera señal de múltiples portadoras, y para modular la segunda señal de abonado de red en el segundo grupo de subportadoras, con el fin de obtener una segunda señal de múltiples portadoras. En general, el dispositivo de modulación modula una pluralidad de señales de abonado de red en las subportadoras asignadas a estas señales utilizando la transformada de Fourier, emitiéndose las señales de salida del dispositivo 107 de modulación por ejemplo en paralelo.

El dispositivo de red comprende además un dispositivo de transmisión que incluye, por ejemplo, un dispositivo convertidor 109 de paralelo a serie, que está subordinado al dispositivo 107 de modulación y está previsto para convertir las muestras en paralelo de la pluralidad de señales de múltiples portadoras en un flujo de datos en serie. El dispositivo de transmisión comprende además un dispositivo convertidor óptico 111 para generar una señal óptica, por ejemplo a partir de la primera señal de múltiples portadoras y la segunda señal de múltiples portadoras, con lo que se produce una señal óptica. El dispositivo convertidor óptico puede utilizar, por ejemplo, el esquema de OBM-OFDM para cubrir toda la ventana espectral de WDM disponible.

La señal óptica resultante se transmite a un dispositivo de red, por ejemplo a través de una fibra óptica 112. El dispositivo de red comprende una unidad de recepción óptica con un convertidor óptico 113 que está previsto para convertir la señal de recepción óptica en una señal eléctrica. El dispositivo convertidor óptico tiene subordinado un dispositivo convertidor 115 de paralelo a serie que convierte las muestras en serie en muestras en paralelo, que son conducidas a un dispositivo 117 de demodulación. El dispositivo 117 de demodulación está previsto para convertir las muestras en paralelo en la región espectral utilizando la transformada de Fourier, pudiendo realizar el dispositivo 117 de demodulación por ejemplo también una sincronización de bloque o un filtrado o una ecualización o una decisión sobre las muestras recibidas. Los valores espectrales se conducen a un desmapeador 119, que está previsto para separar la pluralidad de las señales de abonado de red y reenviarlas a los receptores A Z. Para ello, el dispositivo de red por ejemplo puede recibir una señal 121 de control que muestra, por ejemplo, el grupo de subportadoras asignadas al abonado de red A y, por lo tanto, el ancho de banda de la señal de múltiples portadoras asignada al abonado de red A. Utilizando dicha señal de control, el dispositivo de red, por ejemplo su desmapeador 119, puede realizar un mapeo sin errores, en particular cuando la asignación de las subportadoras a la señal de múltiples portadoras respectiva es dinámica o adaptativa.

La figura 2 muestra un diagrama de bloques del dispositivo de red representado en la Figura 1, en una representación más detallada. Como se indica en la figura 2, el dispositivo 105 de asignación puede asignar las señales de abonado de red, por ejemplo las señales 101 y 103, a grupos 201 o 203, respectivamente, de diferente anchura en cada caso con un número diferente de subportadoras. De este modo se logra que la capacidad se lleve a cabo, por así decirlo, "respirando", de forma que diferentes señales o datos de abonado de red se puedan asignar de forma flexible a las subbandas y multiplexar. La determinación del número respectivo de subportadoras puede tener lugar, por ejemplo, de forma dinámica-adaptativa. El dispositivo 107 de modulación puede presentar una pluralidad de transformadores de Fourier independientes, por ejemplo para modular la pluralidad de las señales de múltiples portadoras asignadas a las subportadoras respectivas. Por ejemplo, la primera señal de abonado de red tiene asignada un primer transformador de Fourier 205 y el segundo abonado de red un segundo transformador de Fourier 207. Los transformadores de Fourier 205 y 207 transforman las señales respectivas asignadas a las subportadoras, después de un mapeo de subportadora, por medio de la transformada inversa de Fourier en señales de múltiples portadoras independientes, cada una de las cuales tiene asignado, por ejemplo, un convertidor 209 de paralelo a serie del dispositivo 109 de conversión. Las señales de múltiples portadoras se convierten por separado de paralelo a serie y se conducen al dispositivo 111 de conversión óptica. Éste incluye por ejemplo un convertidor electroóptico 211 para cada una de las señales de múltiples portadoras, siendo activados los convertidores en cada caso por ejemplo con un láser 213 para convertir las señales de portadora en diferentes bandas ópticas. Los láseres 213 presentan preferiblemente diferentes longitudes de onda de láser para lograr una separación espectral de las bandas. Preferiblemente, los láseres están coordinados entre sí de tal modo que está asegurada una continuidad espectral. Los convertidores electroópticos 211 presentan, por ejemplo, diodos láser que se pueden activar eléctricamente y que generan señales ópticas que se acoplan mediante un acoplador 215 de potencia conectado a continuación del dispositivo 111 de conversión y que son conducidas por ejemplo a un árbol 217 de fibras ópticas para la transmisión. Mediante la conversión por separado de las respectivas señales de múltiples portadoras por medio del convertidor 211 electroóptico se logra una ortogonalidad de banda, en particular para una distancia óptica estrecha, que es ventajosamente la detección de señal posterior.

La figura 3 muestra un diagrama de bloques ejemplar de un generador de portadoras ópticas de la figura 2, que asume la función de un RFS (RFS: Recirculating Frequency Shifter - Variador de Frecuencia de Recirculación). El generador de portadoras comprende un láser 301 que se activa por medio de una longitud de onda λ_1 , conduciéndose una señal de salida del láser a un acoplador 303. Una señal de salida del acoplador 303 se conduce a un modulador de cuadratura óptico, que se activa mediante un sintetizador 307 con potencia de alta frecuencia. Detrás del modulador 305 de cuadratura está conectado un amplificador 309, cuya salida se guía de vuelta a través de un filtro de paso de

banda 311 óptico y se conduce al acoplador 303. De este modo se forman portadoras de WDM ortogonales no moduladas, pudiendo ser una relación señal-ruido superior a 20 dB.

En la figura 3B está representada una vista temporal de los tiempos de ida y vuelta 1 a L de las señales de entrada.

5 En la figura 3C está representada la distancia entre longitudes de onda de las longitudes de onda que activan el láser 301 respectivo del convertidor óptico 211 respectivo. En este contexto las subportadoras piloto pueden estar dispuestas en toda la ventana de transmisión del amplificador. De este modo se logra una ortogonalidad común de las subportadoras de WDM en todo el ancho de banda, de forma que dos subportadoras de OFDM cualesquiera son ortogonales incluso si proceden de subportadoras de WDM diferentes.

10 La figura 4 muestra un diagrama de bloques ejemplar de otro generador de portadoras ópticas que puede ser utilizado en la disposición representada en la figura 2. El generador de portadoras representado en la figura 4 genera subportadoras de WDM ortogonales en dos etapas. A diferencia de la disposición mostrada en la figura 3, se elige una generación de portadora en dos fases: el generador de portadoras comprende un RFC 401 que se activa mediante un sintetizador 403, por ejemplo a 200 GHz. Una salida del RFS se conduce a un modulador Mach-Zehnder 405, que se activa en términos de alta tensión por medio de otro sintetizador 405, por ejemplo a 20 GHz. De este modo, el
15 modulador Mach-Zehnder 406 se lleva a saturación para que la no linealidad resultante pueda generar armónicos de orden superior, por ejemplo, hasta siete sobretonos. De este modo, la disposición de las portadoras de WDM ortogonales se compacta, tal como se ilustra en el diagrama de longitudes de onda inferior representado en la figura 4.

20 La figura 5 muestra una disposición de transmisión para la transmisión de OBM-OFDM, en la que se utiliza, por ejemplo, el convertidor electroóptico representado en la figura 3. Además está previsto otro acoplador 501 para desacoplar subportadoras ortogonales no moduladas. Las subportadoras ópticas se conducen a un elemento 503 de Rejilla de Guía de Ondas Ordenada (AWG: Arrayed Waveguide Grating), cuyas salidas L se utilizan para controlar moduladores L 505. Los moduladores ópticos se activan además mediante las señales de múltiples portadoras de un dispositivo 507 de red representado parcialmente en la figura 5. Las señales ópticas resultantes se conducen a un
25 acoplador 509 de potencia, cuya salida está conectada a una fibra óptica.

En la parte inferior del diagrama de la figura 5 también se muestra la distribución de frecuencia a través de las bandas 1 a L, pudiendo cubrir el espectro de OBM-OFDM toda la ventana de transmisión. Para asegurar una transmisión libre de intervalo de protección se puede elegir, por ejemplo, la siguiente condición de ortogonalidad:

$$m * \Delta f_{sc} = \Delta f_{OBM}.$$

30 La figura 6 muestra una disposición para la transmisión por OBM-OFDM utilizando un escalado de potencia de subportadora. La disposición comprende un láser 601, por ejemplo un solo láser, cuya salida se conduce a un generador 603 para generar subportadoras ortogonales. Una salida del generador 603 se conduce a un demultiplexor/desintercalador 605, que divide las longitudes de onda ópticas generadas en el generador de portadoras, por ejemplo L longitudes de onda, selectivamente en cuanto a la frecuencia en las salidas individuales. Las longitudes
35 de onda, es decir, las portadoras ópticas que presentan la longitud de onda óptica respectiva, se conducen en cada caso a un modulador óptico 607, siendo activados los moduladores ópticos en cada caso mediante señales de múltiples portadoras de un modulador de OFDM 609 respectivo, tal como está representado por ejemplo en la figura 2. Las salidas de los moduladores ópticos 607 se conducen en cada caso a elementos 611 de escalado, que llevan a cabo un escalado de potencia de las señales de salida de los moduladores ópticos 607. Los elementos 611 de
40 escalado pueden estar realizados, por ejemplo, como un Amplificador Óptico de Semiconductores (SOA: Semiconductor Optical Amplifier), cuya amplificación puede ser ajustable. Los elementos 611 de escalado se utilizan para tener en cuenta la posibilidad de que la asignación de las subportadoras de OFDM a un receptor específico no se pueda predefinir, sino que pueda ser variable, lo que puede hacer que resulte ventajoso un escalado de potencia de las rutas de señales. El control del amplificador específico de subportadoras se puede realizar, por
45 ejemplo, mediante un circuito de vigilancia de potencia espectral en el lado de transmisor o mediante un canal de retroalimentación de un receptor.

La figura 7 muestra una disposición de los dispositivos de red A y B, que se pueden realizar, por ejemplo, como ONU (ONU: Optical Network Unit - Unidad de Red Óptica). Cada una de las ONU A y B incluye un filtro óptico antisolape 701 en el lado de receptor, que es opcional. Al filtro óptico antisolape 701 se le suministran señales ópticas, que son
50 transmitidas a través de un árbol 702 de distribución de fibras ópticas. El árbol 702 de distribución de fibras ópticas forma parte de la ruta de transmisión óptica. Las salidas de los filtros ópticos antisolape 701 son conducidas en cada caso a un híbrido óptico 703 de 90°, en el que se generan respectivamente, utilizando un diodo láser 705 desintonizable, los componentes en fase y en cuadratura de la señal óptica posiblemente filtrada. Las salidas del híbrido óptico 703 son conducidas en cada caso a convertidores ópticos 706 y 707, que convierten las partes reales (Re) y las partes imaginarias (Im) por separado en señales eléctricas, que después son conducidas en cada caso a un filtro eléctrico antisolape 709. Las señales de salida filtradas del filtro eléctrico antisolape 709 se conducen en cada caso a un demodulador 711 de OFDM, realizando los demoduladores 711 de OFDM un proceso de procesamiento de
55 señales inverso de OFDM y estando previstos los mismos, por ejemplo, para someter las señales filtradas a una transformada de Fourier.

Las señales demoduladas son entonces conducidas a los abonados de red 713 o 715.

Mediante una desintonización del diodo láser se pueden suprimir eficientemente las, así llamadas, longitudes de onda de solape. El filtro eléctrico antisolape 709 respectivo puede estar realizado, por ejemplo, de forma analógica o digital, o analógica y digital, y presentar un ancho de banda que, por ejemplo, puede ser desde algo mayor que los requisitos de ancho de banda de canal de las subportadoras de OFDM que han de ser procesadas hasta el umbral inferior necesario en última instancia.

Se ha de señalar que en los ejemplos de realización representados en las figuras 1 a 7 no está representada la Multiplexación por División de Polarización (PDM: Polarization Division Multiplex) opcional. Esta opción permite duplicar la capacidad de canal total. En este caso conocido se utiliza el, así llamado, procedimiento de procesamiento MIMO en el receptor. El concepto de OBM-OFDM utilizado según la invención como esquema de modulación y multiplexación permite una transmisión de señales ópticas escalable en ancho de banda y espectralmente eficiente, y un acceso a anchos de banda de sublongitud de onda cuando no se requiere toda la capacidad de ancho de banda. Para ello, el espectro de OBM-OFDM se divide en varias bandas ortogonales, en donde, debido a la ortogonalidad entre bandas, solo son posibles pocas bandas de protección o no es posible ninguna banda de protección sin interferencia entre bandas. Preferiblemente, el esquema de OBM-OFDM se implementa tanto en el campo óptico como en el campo eléctrico, utilizándose convertidores de digital a analógico y convertidores de analógico a digital junto con filtros eléctricos antisolape, con lo que se resuelve el problema del ancho de banda eléctrico reducido en comparación con el ancho de banda óptico. Mediante la asignación flexible de las subportadoras al abonado de red respectivo, sobre la base del esquema de OBM-OFDM-A (A: acceso) se puede lograr una alta flexibilidad, ya que es posible asignar al abonado de red respectivo tanta capacidad de transmisión como sea necesario. Además, el esquema de OBM-OFDM-A no es susceptible a una orientación temporal secundaria, pudiendo alcanzarse velocidades de datos de hasta 107 Gb/s con una alta eficiencia espectral de hasta 3,3 b/s/Hz, por ejemplo, usando 4-QAM (QAM: Quaternary Amplitude Modulation - Modulación de Amplitud Cuaternaria).

Los receptores son preferiblemente receptores ópticos coherentes que permiten una capacidad descendente de algunos Tb/s. La capacidad ascendente es, por ejemplo, de 10 Gb/s, siendo posible una alta flexibilidad y adaptabilidad fácilmente escalable de unos pocos Mb/s a algunos Gb/s entre dos nodos.

De este modo, el obstáculo para una utilización de sistemas ópticos OFDM u OFDM-A, en particular en el sentido de transmisión descendente, se elimina utilizando por ejemplo OBM-OFDM-A para el sentido descendente. Como se ha indicado anteriormente, la asignación de las subportadoras de OFDM se mantiene flexible, teniendo lugar la demodulación ventajosamente con un receptor coherente. Esto permite velocidades de datos adaptativas y direccionamiento flexible, ya que los bloques de datos o de señales que han de ser procesados son pequeños debido a la división de grupos según la invención.

Según una forma de realización se puede prever un protocolo de Control de Acceso al Medio (MAC: Medium Access Control) para las subportadoras de OFDM con el fin de que las subportadoras asignadas a una comunicación lógica individual de punto a punto sean en gran medida coherentes en el espectro. Se pueden someter ventajosamente a un procesamiento de señales eléctricas común en el lado de receptor. Es muy posible que se produzcan pequeños entrelazamientos espectrales durante la operación. En este caso, el módulo de recepción de OFDM respectivo puede descartar los datos irrelevantes y solo reenviar al receptor de datos los datos destinados al mismo para su uso posterior. El trasfondo de los entrelazamientos espectrales durante la operación son las dinámicas de las relaciones de tráfico, que consisten en que tráficos individuales ocasionalmente se restablecen o se eliminan después de un cierto tiempo de parada. En este contexto, si el ancho de banda requerido del tráfico puede ser variable, se producen huecos espectrales que siempre se corresponden exactamente con el nuevo tráfico. Otra medida para contrarrestar los huecos consiste en el desplazamiento de los tráficos espectralmente adyacentes existentes a los huecos y la desintonización selectiva correspondiente de los láseres locales.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de red para modular una pluralidad de señales de abonado de red, que están asignadas a diferentes abonados de red, según el esquema de modulación de OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing, Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales, con las siguientes características:
- 5 un dispositivo (105) de asignación
- para asignar un primer grupo de subportadoras a una primera señal (101) de abonado de red y para asignar un segundo grupo de subportadoras a una segunda señal (103) de abonado de red, o
- para asignar el primer grupo de subportadoras a la primera señal (101) de abonado de red y a una primera sección de la segunda señal (103) de abonado de red, y para asignar el segundo grupo de subportadoras a una segunda sección de la segunda (103) señal de abonado de red;
- 10 un dispositivo (107) de modulación
- para modular la primera señal (101) de abonado de red en el primer grupo de subportadoras utilizando la transformada inversa de Fourier, con el fin de obtener una primera señal de múltiples portadoras, y para modular la segunda señal (103) de abonado de red en el segundo grupo de subportadoras utilizando la transformada inversa de Fourier, con el fin de obtener una segunda señal de múltiples portadoras, o
- 15 para modular la primera señal (101) de abonado de red y la primera sección de la segunda señal (103) de abonado de red en el primer grupo de subportadoras utilizando la transformada inversa de Fourier, con el fin de obtener una primera señal de múltiples portadoras, y para modular la segunda sección de la segunda señal (103) de abonado de red en el segundo grupo de subportadoras utilizando la transformada inversa de Fourier, con el fin de obtener una segunda señal de múltiples portadoras, en donde
- 20 el dispositivo (105) de asignación está configurado para asignar un número de subportadoras asignadas a la primera señal (101) de abonado de red a la segunda señal (103) de abonado de red si es necesario un mayor número de subportadoras para modular la segunda señal (103) de abonado de red y/o si un número reducido de subportadoras es suficiente para modular la primera señal (101) de abonado de red, y en donde
- 25 el dispositivo de red está configurado para modular la pluralidad de señales (101, 103) de abonado de red según el esquema de OBM-OFDM, Orthogonal Band Multiplexed OFDM, OFDM Multiplexada en Banda Ortogonal, y en donde el dispositivo de red está configurado además para emitir una señal de control que indica la asignación del primer grupo de subportadoras a la primera señal (101) de abonado de red y/o la asignación del segundo grupo de subportadoras a la segunda señal (103) de abonado de red;
- 30 un dispositivo (109, 111) de transmisión óptica para generar una señal óptica a partir de la primera señal de múltiples portadoras y/o de la segunda señal de múltiples portadoras, en donde el dispositivo (109, 111) de transmisión óptica comprende un primer convertidor óptico (211) para convertir la primera señal de múltiples portadoras en una primera señal óptica de múltiples portadoras sobre una primera frecuencia de portadora, y un segundo convertidor óptico (211) para convertir la segunda señal de múltiples portadoras en una segunda señal óptica de múltiples portadoras sobre una segunda frecuencia de portadora.
- 35
2. Dispositivo de red según la reivindicación 1, en el que el primer grupo de subportadoras y el segundo grupo de subportadoras presentan en cada caso subportadoras sucesivas.
3. Dispositivo de red según una de las reivindicaciones precedentes, en el que el dispositivo (105) de modulación presenta un primer modulador (205) de OFDM para modular la primera señal (101) de abonado de red y un segundo modulador (207) de OFDM para modular la segunda señal (103) de abonado de red.
- 40
4. Dispositivo de red según una de las reivindicaciones precedentes, en el que el dispositivo (105) de asignación está configurado para determinar un número de subportadoras del primer grupo de subportadoras y/o un número de subportadoras del segundo grupo de subportadoras dentro de un número total predeterminado de subportadoras.
5. Dispositivo de red según una de las reivindicaciones precedentes, en el que el primer grupo y/o el segundo grupo de subportadoras comprenden un número de subportadoras que define un ancho de banda de frecuencias que corresponde a un ancho de banda de frecuencias de un filtro de recepción eléctrico que puede recibir la primera señal de múltiples portadoras.
- 45
6. Dispositivo de red, en particular un sistema de red para recibir una señal de múltiples portadoras, en particular una señal de múltiples portadoras modulada según el esquema de OBM-OFDM mediante un dispositivo de red según una de las reivindicaciones 1 a 5, con:
- 50 un filtro de recepción con un ancho de banda de filtro de recepción ajustable; y

un dispositivo de control que está configurado para ajustar el ancho de banda de filtro de recepción del filtro de recepción en respuesta a una señal de control que indica un ancho de banda de la señal de múltiples portadoras.

7. Dispositivo de red según la reivindicación 6, en el que el dispositivo de control está configurado para recibir la señal de control.
- 5 8. Dispositivo de red según la reivindicación 6 o 7, en el que el filtro ajustable es un filtro antisolape.
9. Dispositivo de red según la reivindicación 6, 7 u 8, en el que la señal de múltiples portadoras es una señal óptica de múltiples portadoras en una frecuencia de portadora, y presentando el dispositivo de red además un diodo desintonizable para seleccionar la frecuencia de portadora.
10. Procedimiento para modular una pluralidad de señales de abonado de red, que están asignadas a diferentes abonados de red, según el esquema de modulación de OBM-OFDM, Orthogonal Band Multiplexed-Orthogonal Frequency Division Multiplexing, Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales-Multiplexada en Banda Ortogonal, con las siguientes características:
- asignación de un primer grupo de subportadoras a una primera señal (101) de abonado de red,
- asignación de un segundo grupo de subportadoras a una segunda señal (103) de abonado de red,
- 15 modulación de la primera señal (101) de abonado de red en el primer grupo de subportadoras utilizando la transformada inversa de Fourier, con el fin de obtener una primera señal de múltiples portadoras, y
- modulación de la segunda señal (103) de abonado de red en el segundo grupo de subportadoras utilizando la transformada inversa de Fourier, con el fin de obtener una segunda señal de múltiples portadoras,
- o
- 20 asignación de un primer grupo de subportadoras a la primera señal (101) de abonado de red y a una primera sección de la segunda señal (103) de abonado de red,
- asignación de un segundo grupo de subportadoras a una segunda sección de la segunda señal (103) de abonado de red,
- 25 modulación de la primera señal (101) de abonado de red y la primera sección de la segunda señal (103) de abonado de red en el primer grupo de subportadoras utilizando la transformada inversa de Fourier, con el fin de obtener una primera señal de múltiples portadoras, y
- modulación de la segunda sección de la segunda señal (103) de abonado de red en el segundo grupo de subportadoras utilizando la transformada inversa de Fourier, con el fin de obtener una segunda señal de múltiples portadoras,
- 30 en donde
- un número de subportadoras asignadas a la primera señal (101) de abonado de red se asigna a la segunda señal (103) de abonado de red si es necesario un mayor número de subportadoras para modular la segunda señal (103) de abonado de red, y/o si un número reducido de subportadoras es suficiente para modular la primera señal (101) de abonado de red,
- 35 transmisión de una señal de control que indica la asignación del primer grupo de subportadoras a la primera señal de abonado de red y/o la asignación del segundo grupo de subportadoras a la segunda señal de abonado de red, y
- generación de una señal óptica a partir de la primera señal de múltiples portadoras y/o de la segunda señal de múltiples portadoras con un dispositivo (109, 111) de transmisión óptica, comprendiendo el dispositivo (109, 111) de transmisión óptica un primer convertidor óptico (211) para convertir la primera señal de múltiples portadoras en una primera señal óptica de múltiples portadoras sobre una primera frecuencia de portadora, y un segundo convertidor óptico (211) para convertir la segunda señal de múltiples portadoras en una segunda señal óptica de múltiples portadoras sobre una segunda frecuencia de portadora.
- 40
11. Procedimiento para recibir una señal de múltiples frecuencias modulada según el esquema de OBM-OFDM de acuerdo con el procedimiento según la reivindicación 10, con:
- 45 filtrado de la señal de múltiples portadoras utilizando un filtro de recepción con un ancho de banda de filtro de recepción ajustable; y
- ajuste de un ancho de banda del filtro de recepción en respuesta a una señal de control que indica un ancho de banda de la señal de múltiples portadoras.
12. Programa informático con un código de programa para realizar el procedimiento según la reivindicación 10 u 11, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.
- 50

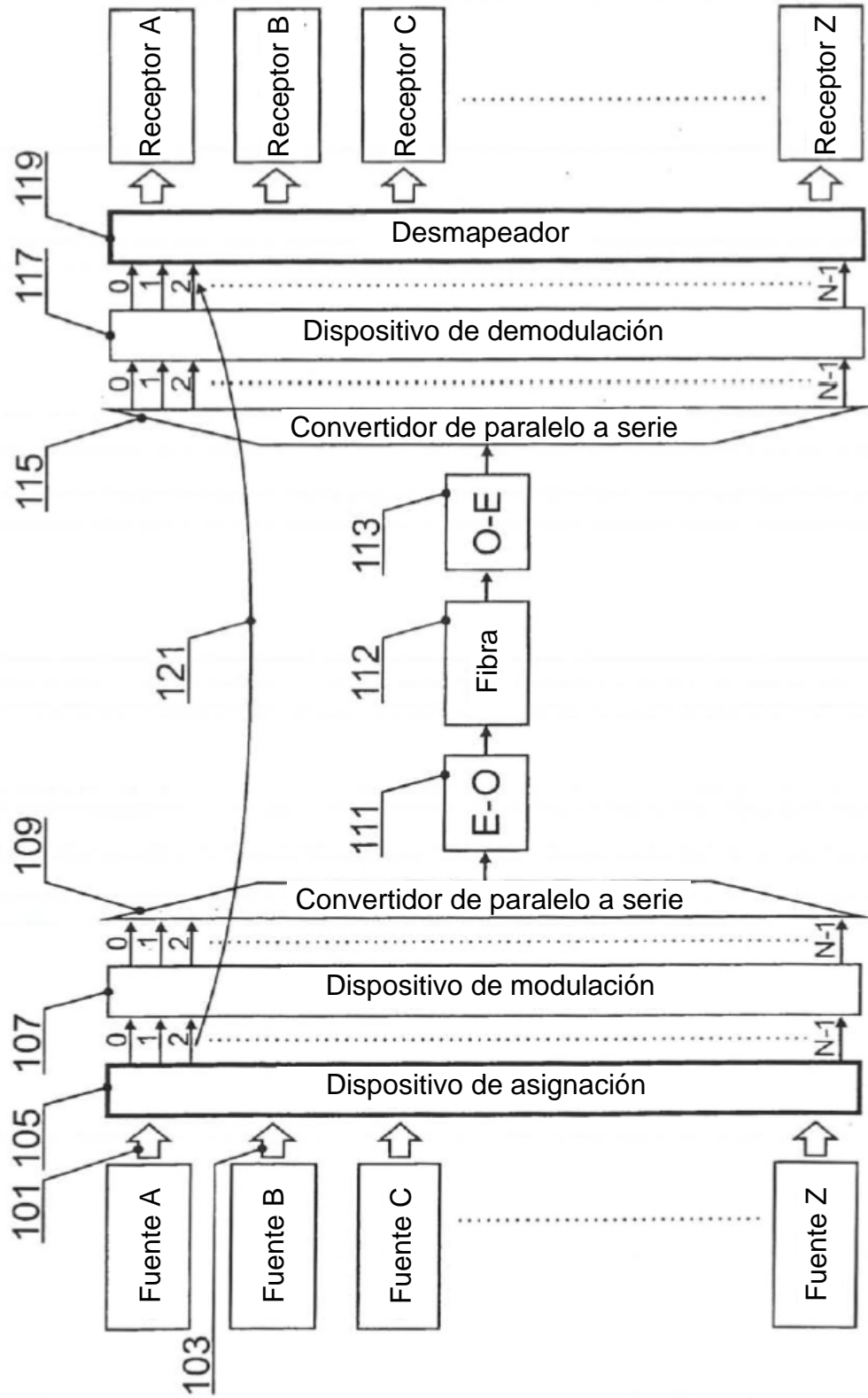


Fig. 1

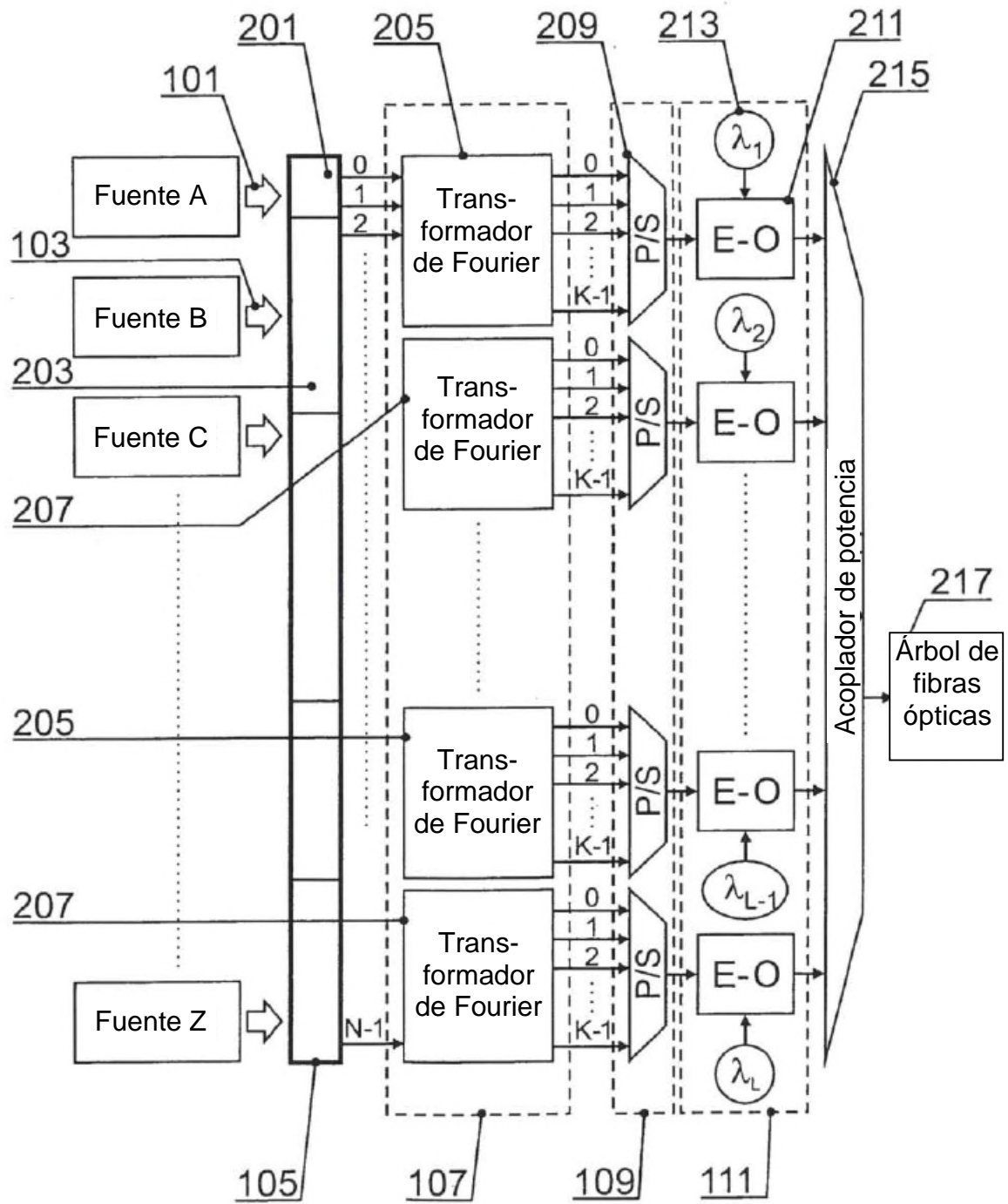
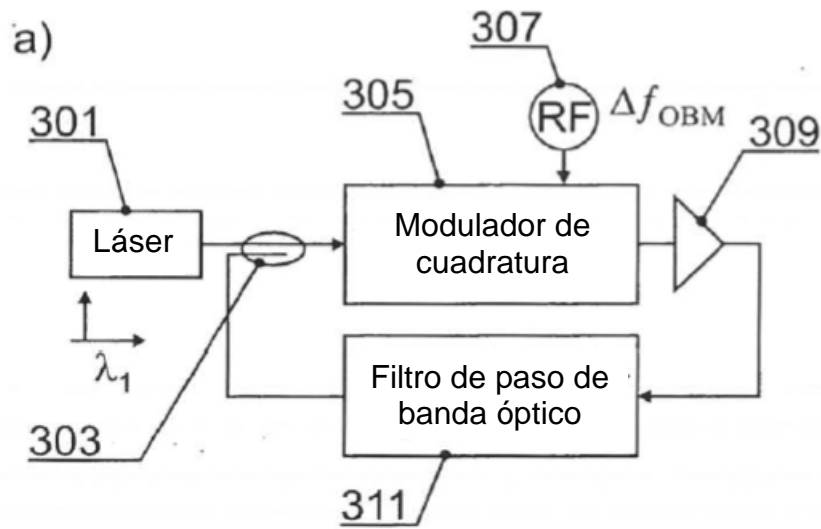
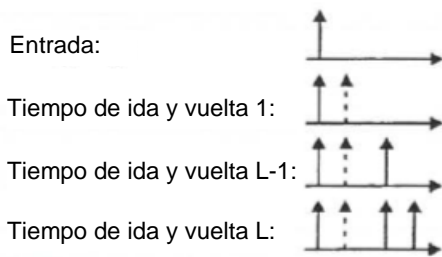


Fig. 2



b) Vista de área temporal



c)

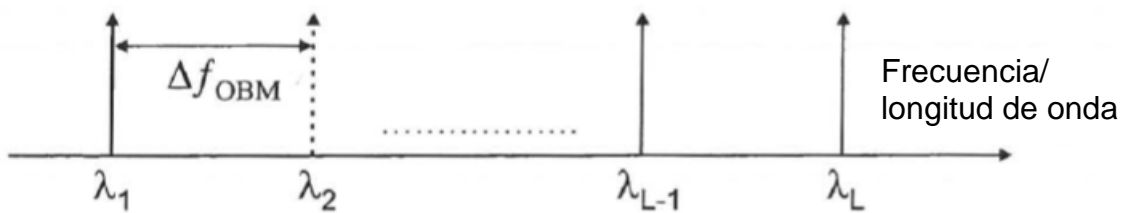


Fig. 3

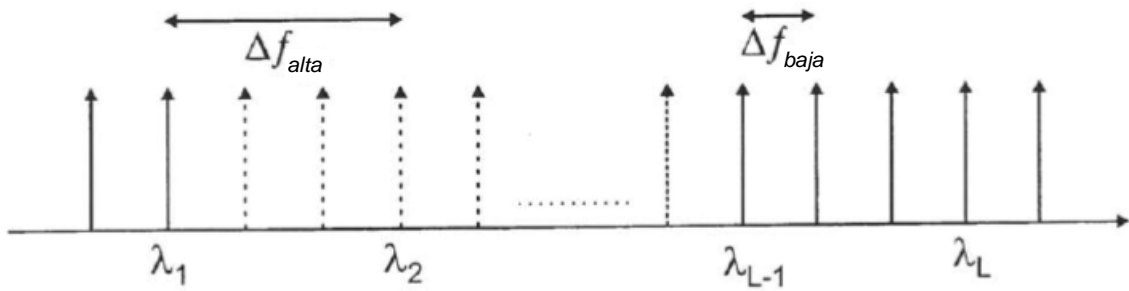
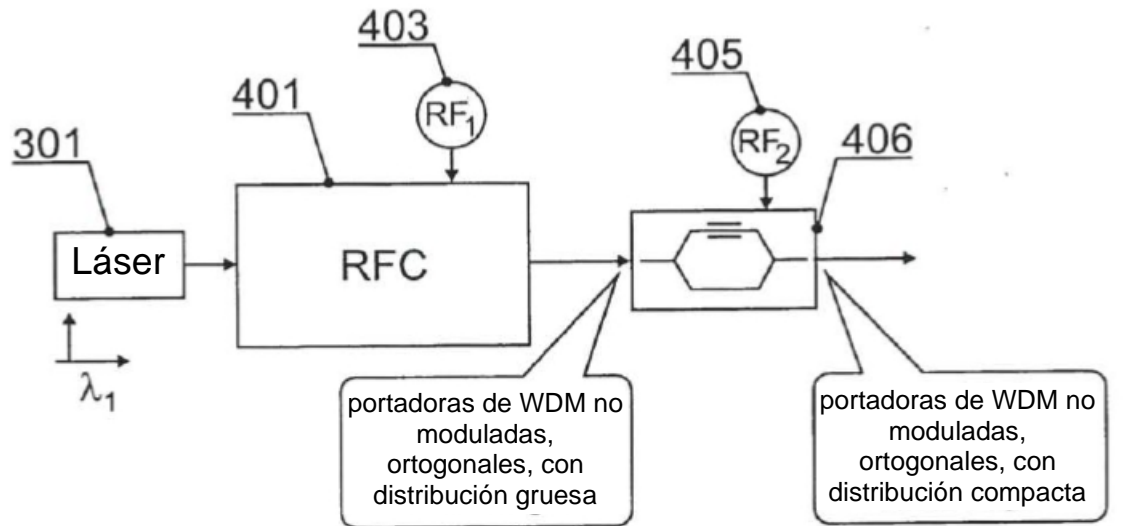


Fig. 4

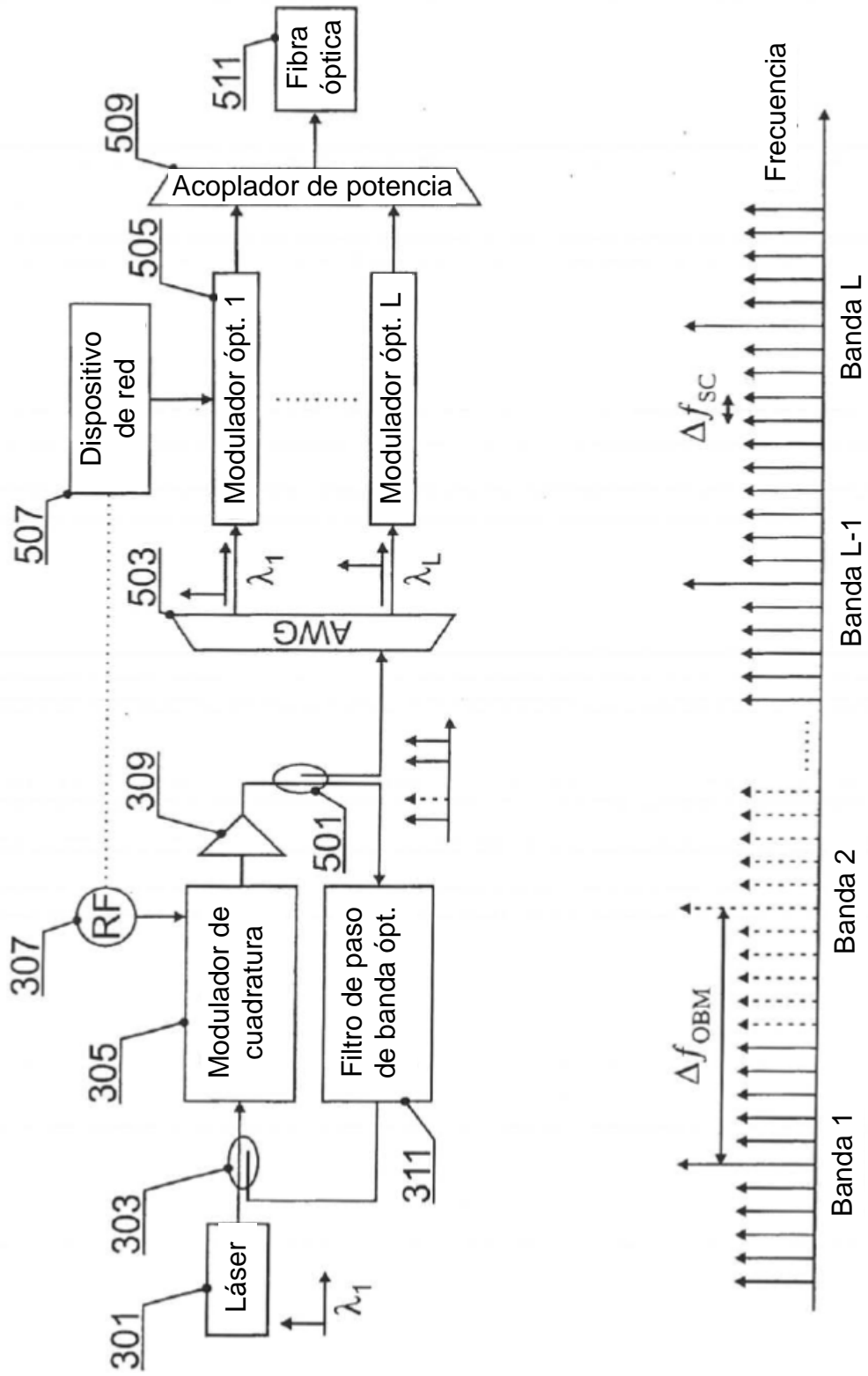


Fig. 5

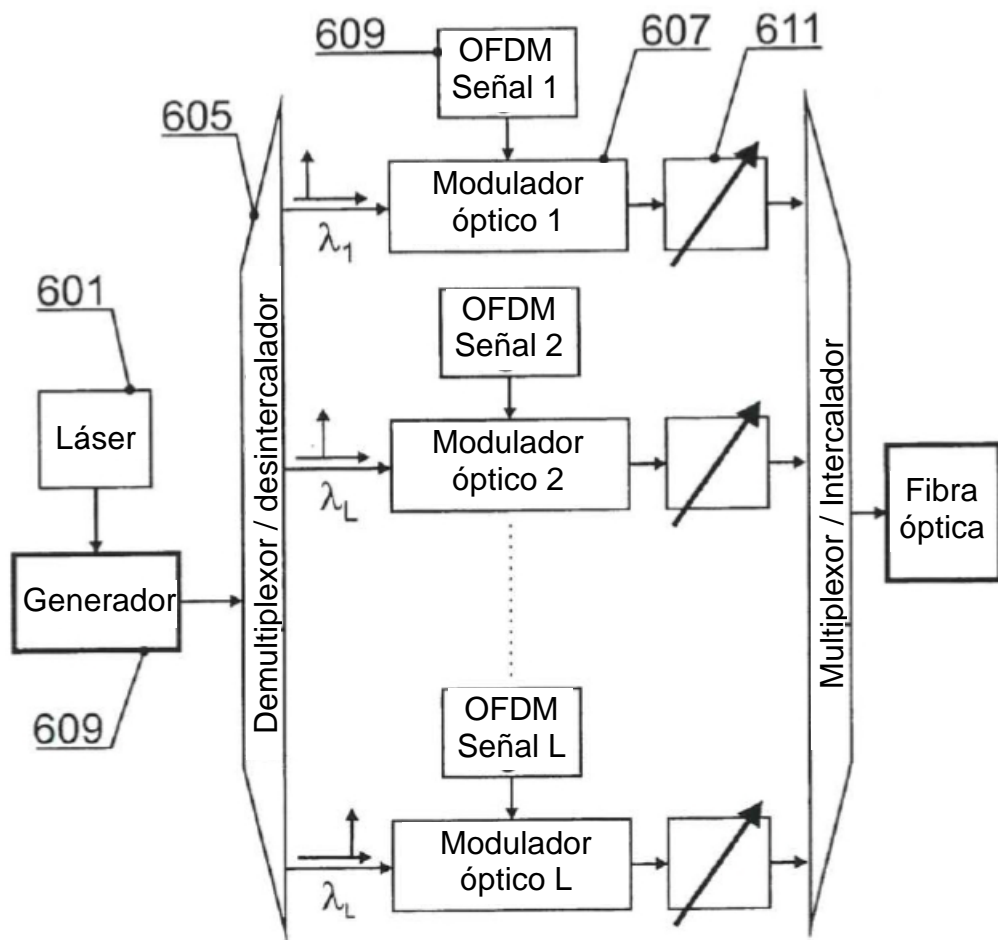


Fig. 6

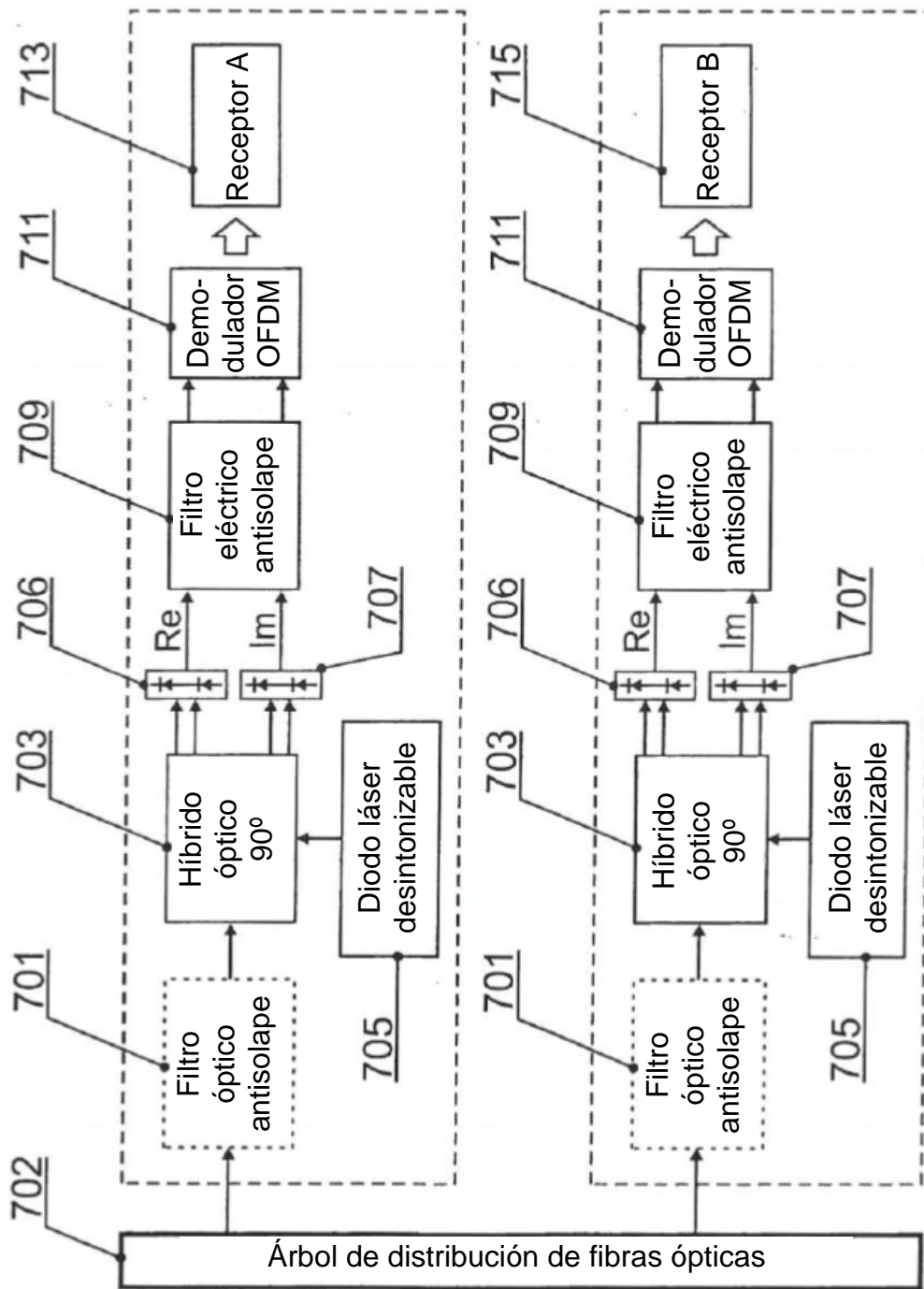


Fig. 7

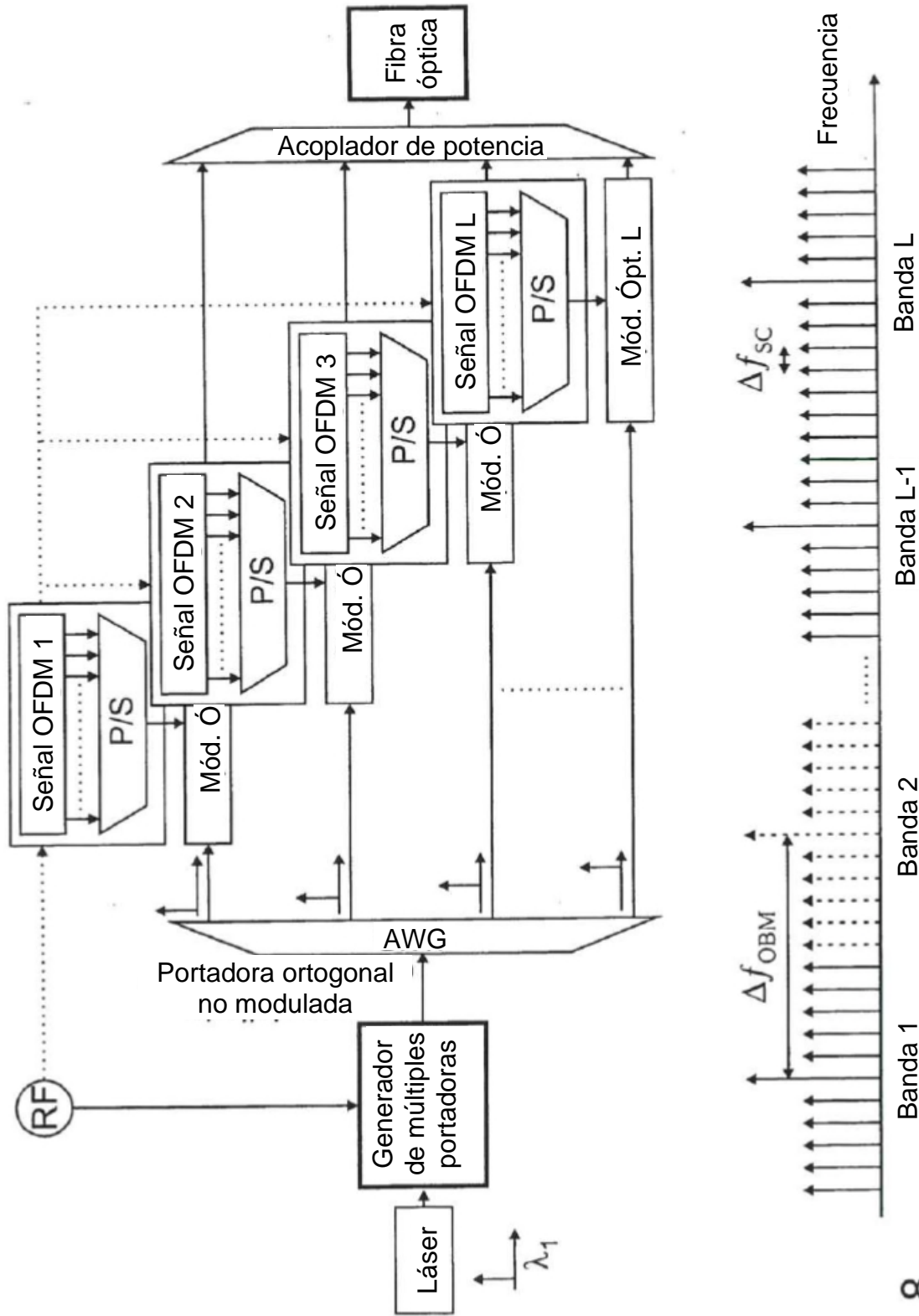


Fig. 8

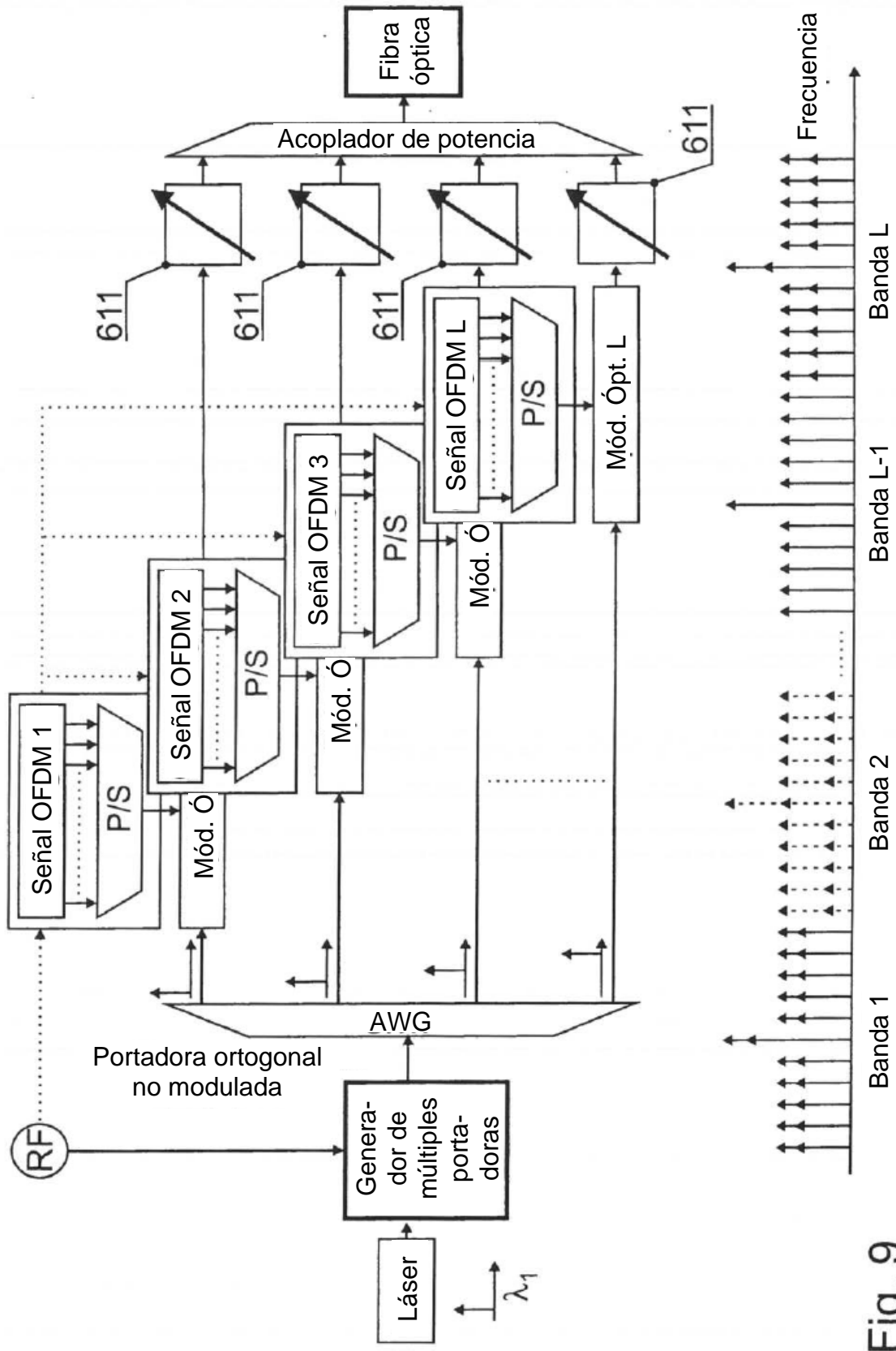


Fig. 9

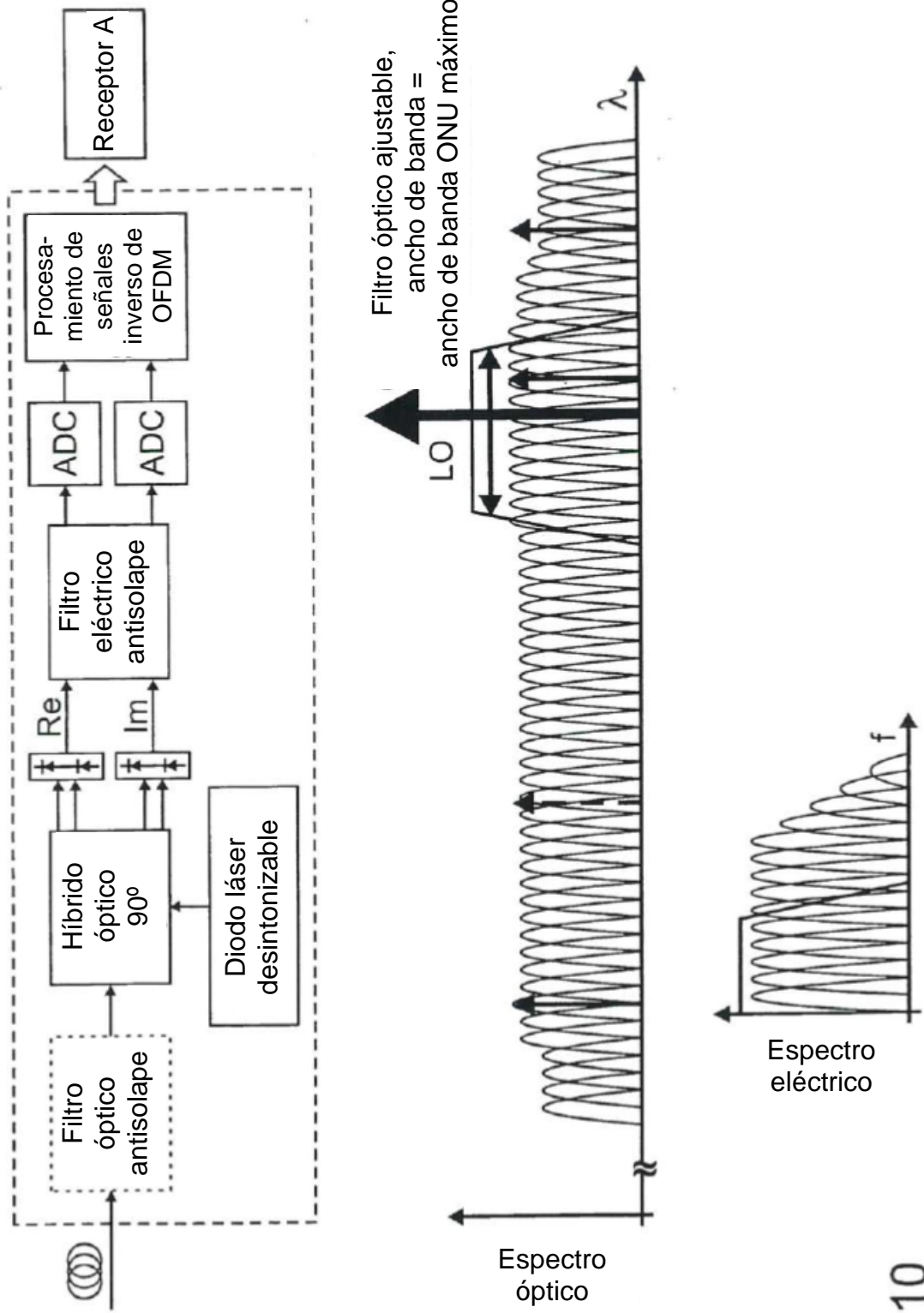


Fig. 10