

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 645**

51 Int. Cl.:  
**H04B 10/155** (2006.01)  
**H04J 14/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09305974 .9**  
96 Fecha de presentación: **13.10.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2312770**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.04.2011**

54 Título: **Procedimiento y aparato de transmisión óptica utilizando OFDM**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**25.06.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**25.06.2012**

73 Titular/es:  
**Alcatel Lucent**  
**3, avenue Octave Gréard**  
**75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:  
**Buchali, Fred y**  
**Dischler, Roman**

74 Agente/Representante:  
**Carpintero López, Mario**

ES 2 383 645 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y aparato de transmisión óptica utilizando OFDM

### Campo de la invención

5 La presente invención se refiere al campo de las telecomunicaciones y, más en particular, a un procedimiento y a un aparato relacionado con la transmisión óptica de señales utilizando la multiplexación por división de frecuencia ortogonal.

### Antecedentes de la Invención

10 Hoy en día, los sistema de transmisión óptica se basan ampliamente en la multiplexación por división de longitud de onda, en la que los canales individuales de longitud de onda están dispuestos en una cuadrícula de longitud de onda regular con una cierta separación de longitud de onda típicamente de 50 o 100 GHz. Típicamente, se utilizan el DPSK (desplazamiento de fase diferencial) o DQPSK (desplazamiento de fase en cuadratura diferencial) para modular una portadora en cada canal de longitud de onda. No toda la banda de frecuencias puede ser utilizada para la transmisión de señales, puesto que con el fin de evitar la superposición y la diafonía de señales, un canal de longitud de onda está separado en el dominio de la frecuencia de un canal de longitud de onda cercano por medio de un intervalo de guarda, que se encuentra en el rango del 30% de la separación entre canales.

15 Recientemente, un nuevo formato de modulación conocido como multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) ha ganado un creciente interés como candidato para la futura transmisión óptica de alta velocidad y de alta capacidad debido a su alta eficiencia espectral y su resiliencia ante la presencia de dispersión de fibras y dispersión en modo de polarización (PMD).

20 Para la transmisión OFDM, un canal de longitud de onda WDM se subdivide en subcanales equidistantes, que todos juntos transportan el contenido de información de una señal de datos en una forma paralela con una velocidad de símbolos inferior.

25 Una señal OFDM se genera típicamente por medio de una transformación de Fourier inversa rápida: corrientes paralelas de datos, correspondiendo cada corriente de datos a un subcanal, se mapean a corrientes de símbolos paralelas utilizando un esquema de modulación específica (por ejemplo, manipulación por desplazamiento de fase - PSK, o modulación por amplitud de cuadratura - QAM), y a continuación se alimenta a una unidad de IFFT para realizar una transformación de Fourier inversa rápida (IFFT). En el receptor, el proceso se invierte alimentando una unidad de FFT para realizar una transformación de Fourier rápida (FFT).

30 El artículo "Transmisión OFDM Óptica Coherente hasta 1 Tb / s por Canal" por Y. Tang et al, Journal of Lightwave Technology volumen 27, número. 16, 15 de agosto de 2009, páginas 3511 – 3517 describe una implementación de una OFDM óptica de detección coherente en un sistema de DWDM utilizando una ROADM basada en la cuadrícula de canal UIT-T de 50 GHz.

### Sumario de la invención

35 Es un objeto de la presente invención mejorar la transmisión óptica utilizando OFDM. En particular, las realizaciones descritas más abajo consiguen una mayor eficiencia espectral y permiten, además, un intercalado estrecho de subbandas OFDM generadas por los transmisores distribuidos localmente en una red sin requerir la generación de portadoras ópticas de frecuencia y de fase bloqueadas en los transmisores distribuidos.

40 Estos y otros objetos que aparecerán a continuación se consiguen por la transmisión de señales ópticas utilizando la multiplexación por división de frecuencia ortogonal a través de una red óptica, que contiene lo siguiente: Una señal óptica de banda de ondas continua se genera a partir de señales ópticas moduladas OFDM individuales. Un multiplexor óptico de inserción / extracción divide la señal óptica de banda de ondas continua en un trayecto expreso y un trayecto de extracción. Se proporciona un filtro de paso de banda en el trayecto de extracción para extraer una subbanda que transporta al menos una de las señales ópticas moduladas OFDM. El filtro de paso de banda tiene un ancho de banda de filtro que cubre la subbanda que debe ser extraída. Se proporciona un filtro corte de banda en el trayecto de inserción para eliminar la subbanda que se debe extraer de la señal óptica de banda de ondas continua. El filtro corte de banda tiene un ancho de banda de filtro que es más estrecho que el filtro de paso de banda.

Una señal de inserción óptica modulada OFDM se puede insertar en el hueco de longitud de onda creado por el filtro corte de banda. La subbanda que transporta la señal de inserción óptica ocupa un rango de longitudes de onda que está completamente cubierto por el ancho de banda de filtro del filtro corte de banda.

50 La diferencia entre el ancho de banda de filtro del filtro de paso de banda y el ancho de banda de filtro del filtro corte de banda corresponde preferiblemente a la inclinación de los bordes de filtro de los filtros.

Con el fin de compensar la eficiencia espectral reducida del ancho de banda más estrecho de la subbanda que se debe insertar, se puede aplicar un formato de modulación de constelación superior.

**Breve descripción de los dibujos**

Las realizaciones preferidas de la presente invención se describirán a continuación con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales

- 5 la figura 1 muestra un diagrama de bloques esquemático de un multiplexor de inserción / extracción utilizado para las señales de banda de ondas continuas basado en subbandas ópticas OFDM
- la figura 2 muestra con más detalle el proceso de extracción e inserción de las señales de subbanda;
- las figuras 3a - d muestran esquemáticamente los espectros de la señal en puntos diferentes en el proceso de inserción / extracción;
- 10 la figura 4 muestra un transmisor para un señal óptica modulada OFDM, y
- la figura 5 muestra un transmisor OFDM.

**Descripción detallada de la invención**

15 Los inventores proponen usar por el contrario, señales de banda de ondas continuas de separación de canales WDM fija, que transportan subbandas OFDM ópticas, lo que representa un formato de transmisión de velocidad de bits variable en una red dinámica. Una configuración flexible de cada subbanda OFDM permite adaptarse a diferentes trayectos de señal óptica, varias subbandas OFDM se pueden fusionar juntas a los supercanales, transportando una capacidad múltiple de una subbanda OFDM individual. La realización que sigue describe una función de inserción y extracción de velocidad de bits variable ejecutada en una señal de banda de ondas continua basada en filtros ópticos y superposición de varias subbandas OFDM. La aplicación de diferentes formatos de modulación, por ejemplo 8 - QAM o 16 - QAM proporciona ventajas adicionales.

20 La realización utiliza la conclusión de que la diafonía de las bandas de ondas OFDM adyacentes tiene un impacto insignificante en el rendimiento. Por lo tanto, se puede utilizar una señal de banda de ondas continua basada en OFDM, que muestra intervalos de guarda insignificantes en el dominio de la frecuencia entre las subbandas adyacentes.

25 La figura 1 muestra un multiplexor de inserción - extracción óptico reconfigurable (ROADM) 1 para las señales de banda de ondas continuas. El ROADM 1 tiene una entrada de señal 8 para una señal de banda de ondas continua IN, una señal de salida 9 para una señal de banda de ondas continua de salida OUT, una entrada de señal 6 para una señal tributaria ADD que se inserta, y una señal de salida 5 para una señal tributaria DROP que se extrae.

30 La entrada de señal 8 se conecta a un divisor o elemento de ramificación 2, que alimenta a los elementos de filtro primero y segundo 3, 4. El primer elemento de filtro 3 es un filtro corte de banda y el segundo elemento de filtro 4 es un filtro paso de banda. El filtro de paso de banda se conecta a una salida 5 de señal de extracción 5 y el filtro corte de banda 3 se conecta a un multiplexor de banda de ondas 2:1 o acoplador óptico 7. Una segunda entrada del multiplexor 7 está conectada a la entrada 6 de señal de inserción y la salida del multiplexor 7 conduce a la salida 9 de señal. Un controlador 10 puede ser utilizado para configurar los filtros 3, 4, como se explicará con más detalle a continuación.

35 Para la multiplexación y demultiplexación de las señales de banda de ondas continuas, se tiene que tomar en cuenta que los filtros ópticos tienen bordes de filtro no ideales con una pendiente finita. Aunque para las actuales aplicaciones de WDM, ambos filtros corte de banda, y filtros paso de banda típicamente son inversos unos de los otros y los bordes de filtro están alineados con las banda de guardia relativamente grandes, el ROADM que se propone en la presente memoria descriptiva para los esquemas de banda de ondas continua aplica bordes de filtro independientes para el corte de banda y el paso de banda para una extracción optimizada y un paso expreso optimizado. El trayecto expreso está optimizado para borrar el canal de extracción usando el filtro corte de banda 3, mientras que el trayecto de extracción usa el filtro paso de banda 4. El filtro corte de banda 3 está dispuesto para minimizar la atenuación de paso de banda de tal manera que los bordes del filtro se encuentran dentro de la banda de canal de extracción y el filtro corte de banda 4 está dispuesto para minimizar la atenuación de corte de banda de tal manera que los bordes del filtro se encuentran dentro del paso de banda.

45 Debido a la pendiente de filtro finita, una cierta señal residual de las subbandas adyacentes además de los canales deseados o suprimidos, permanecerá como se indica en la figura 1.

50 Para la función de extracción, el filtro paso de banda 4 tiene un ancho de banda de filtro, que es un poco más ancho que la subbanda que se desea extraer, dejando de esta manera subbandas adyacentes filtradas en parte en la señal de extracción DROP. Sin embargo, estos componentes de señal adyacente residuales no interfieren con la señal de subbanda deseada debido a la forma cuadrada de las señales OFDM. Debido a la alta selectividad de los receptores ópticos coherentes en el sistema propuesto, ninguna penalización adicional se debe tener en cuenta, cuando las subbanda adyacentes no están completamente suprimidas.

Para la función "insertar", el filtro corte de banda 3 limpia el espectro, en el que las nuevas subbandas OFDM serán insertadas. El ancho de banda del filtro corte de banda 3 se elige para que sea menor que el ancho de banda de filtro del filtro paso de banda 4, de tal manera que las subbandas adyacentes del trayecto expreso no serán dañadas. Por lo tanto, se mantendrá un área de transición con algo de potencia de la señal interferente, que no puede ser eliminada en el receptor. Para evitar penalizaciones altas debido a la diafonía lineal, el ancho de banda de los canales añadidos será más pequeño que la separación espectral creada en el trayecto de inserción. Esto se consigue mediante la asignación de un ancho de banda inferior, ya sea por las señales de velocidad de bits inferior o por las señales de eficiencia espectral incrementadas. Preferiblemente, esta pérdida de eficiencia espectral puede ser compensada por la aplicación de un formato de modulación de constelación más alto para la señal tributaria añadida ADD.

Esta configuración de filtro no simétrica se muestra con más detalle en la figura 2. En el trayecto de extracción, el filtro paso de banda 4' tiene un ancho de banda de filtro tal que la señal de extracción deseada DROP está completamente cubierta. Sin embargo, las contribuciones de las subbandas adyacentes de otras señales tributarias también se incluirán en la señal de extracción DROP, debido a la inclinación de los bordes del filtro. En el trayecto expreso, el filtro corte de banda 3' tiene un ancho de banda que se selecciona de tal manera que las subbandas adyacentes no se vean afectados, dejando de esta manera porciones de señal residuales desde el tributario extraído que permanecerán en la señal de inserción. En el trayecto de inserción, una señal tributaria ADD se añade a la señal expresa, que ocupa una subbandas de longitud de onda con un menor ancho de banda que la señal extraída DROP de tal manera que no se superpone con las contribuciones de señal residual de la señal extraída en el trayecto expreso. Una función de filtro de entrada 6' puede ser proporcionada en el trayecto de inserción, que preferiblemente tiene el filtro corte de banda 3' de función de filtro inverso. Esta función de filtro inverso cubre completamente la señal de inserción ADD.

A modo de ejemplo, distintos espectros de señal se muestran en las figuras 3a - 3d. La figura 3a muestra una señal de banda continua ENTRADA, que transporta un número de subseñales adyacente OFDM creadas en un nodo del borde de la red. Debido a la naturaleza casi rectangular de los espectros OFDM, las bandas de guarda son insignificantes en este espectro. La figura 3b muestra un espectro de trayecto expreso, después de que dos subbandas de ancho de banda diferente se hayan eliminado por medio de filtro corte de banda correspondientes. La figura 3c muestra una señal de salida SALIDA después de que dos nuevas señales de inserción se hayan añadido en las separaciones creadas en la figura 3b. La figura 3d muestra los espectros de las dos subbandas extraídas que contiene contribuciones residuales de subbandas adyacentes debido a un configuración de filtro más amplia de los filtros de paso de banda en el trayecto de extracción.

Las dos subbandas residentes en los bordes de cada filtro corte de banda no pueden ser utilizadas más para la transmisión de datos. Esto reduce la eficiencia espectral global de la instalación. Sin embargo, la velocidad de datos de los canales OFDM añadidos se puede aumentar mediante el uso de un formato de modulación de constelación superior, por ejemplo 16 - QAM en lugar de 8 - QAM, como se muestra en la figura 4, lo cual permite transmitir 4 bits por símbolo en lugar de 3 con 8 - QAM.

La longitud total de transmisión, que se puede pasar en una red óptica, sin regeneración eléctrica, está limitada en cualquier caso. Puesto que en un punto de inserción / extracción, la señal ya ha pasado parte de la longitud del tramo máximo, la señal añadida tendrá que pasar una distancia más corta que la señal expresa. Esto permite utilizar un formato de modulación con una mayor eficiencia espectral. En el ejemplo, un canal de 16 - QAM añadido conseguirá en una distancia más corta el mismo rendimiento de factor Q de aproximadamente 10 dB como una configuración de referencia con 8 - QAM. 16 - QAM aumenta la velocidad de datos neta de los canales añadidos, preservando de esta manera la misma capacidad que la subbanda extraída.

Se debe entender que la configuración que se muestra en las figuras 1 y 2 es ejemplar y simplificada para demostrar los conceptos de insertar y extraer señales de subbanda hacia y desde una señal de banda continua. En los elementos de red reales, puede existir un mayor número de señales de entrada y de salida, varias etapas de inserción y extracción se pueden conectar en cascada para cada señal de entrada, elementos de conmutación adicionales pueden interconectar trayectos de insertar y extraer de diferentes señales de entrada para conseguir un encaminamiento de tráfico flexible en una red de malla, pueden haber componentes adicionales, tales como amplificadores ópticos, monitores de señales ópticas, conmutadores ópticos y otros similares, y así sucesivamente.

La disposición mostrada de un ROADM permite una asignación muy flexible de las subbandas para las señales tributarias de ancho de banda y velocidad variables. Para soportar plenamente esta propiedad, una configuración flexible de filtros paso de banda y de filtros corte de banda, es preferible. Estos filtros de libre configuración están disponibles en el mercado, por ejemplo la serie WaveShaper de Finisar, que se describe en su libro blanco "Filtrado de banda estrecha programable utilizando WaveShaper 1000E y WaveShaper 4000E " disponible en [www.finisar-systems.com](http://www.finisar-systems.com).

En la figura 1, el controlador 10 sirve para configurar las características de los filtros corte de banda y paso de banda 3, 4. Puesto que la señal de banda de ondas continua no tiene una rejilla de longitud de onda fija, predefinida, se requiere el conocimiento acerca de la asignación de subbandas en cada caso individual para configurar correcta-

mente los filtros. Esta información puede ser intercambiada, por ejemplo, a través de la señalización de plano de control por medio de GMPLS o se puede configurar a través de un sistema de gestión de red central.

5 Las subbandas individuales transportan las señales OFDM. Los transmisores y receptores OFDM son conocidos por sí mismos y se describen, por ejemplo, en el documento EP2073474. Un transmisor Tx OFDM se muestra en la figura 5.

10 El transmisor Tx genera a partir de una señal de datos TIN una señal OFDM para la transmisión sobre una red óptica. El transmisor Tx contiene un convertidor de serie a paralelo 110, un codificador de símbolos 111, un procesador de señales digitales 112 para realizar la transformación de Fourier inversa; un convertidor paralelo a serie 113, 114 para las partes real e imaginaria de la señal transformada, y una etapa de conversión ascendente incluyendo multiplicadores 117, 118 para multiplicar la señal analógica convertida por una señal de frecuencia. Los multiplicadores también son denominados a menudo mezcladores.

15 Las señales convertidas ascendente se suman en una etapa sumadora 121 y se alimentan a un modulador óptico 125, que modula la señal cv de un diodo láser de transmisión 124. Opcionalmente, la señal óptica modulada desde el modulador 125 puede ser filtrada por un dispositivo de filtro 126 y se alimenta entonces al enlace de fibra óptica 30.

20 El funcionamiento del transmisor Tx OFDM es como sigue: La señal de datos de entrada TIN es una señal de datos con una velocidad de bits muy alta, tal como 40 Gbit / s. Se convierte a un formato paralelo en un convertidor S / P 110. Puesto que la configuración anterior permite una asignación de ancho de banda flexible, el formato paralelo puede tener un ancho ajustable de N bits, por ejemplo 256 en la realización. El codificador de símbolos reduce la cantidad de bits paralelos por la formación de símbolos de niveles múltiples. Por ejemplo, se puede un formato cuaternario con parte real e imaginaria utilizar reduciendo así el número de símbolos a 128. Alternativamente, se podría generar un formato de símbolos de nivel más alto, tal como señales 16 - QAM o 64 - QAM, en el que un símbolo lleva 4 o 6 bits, respectivamente.

25 Las señales codificadas son introducidas en la transformación de Fourier inversa IFFT 112. La salida de IFFT 12 es una señal de dominio de tiempo que tiene una parte imaginaria y una real. Estas dos subseñales se convierten de nuevo a un formato de serie en convertidores P / S 115, 116 y se someten a la conversión digital - analógica por los convertidores digital a analógico (DACS) 115, 116, respectivamente.

Los DAC 115 y 116 están sincronizados a una frecuencia de reloj de transmisión, que corresponde a la velocidad de la señal de entrada TIN.

30 Las dos señales de salida analógicas serán combinadas entonces para su transmisión. Puesto que hay partes real e imaginaria de una señal compleja, se requiere la conversión ascendente a una frecuencia auxiliar. Con este fin, la misma señal de frecuencia se puede utilizar que para la conversión D / A, pero con una diferencia de fase de 90° entre las subseñales de parte imaginaria y real. La diferencia de frecuencia se establece en desplazadores de fase 119, 110, a los cuales se alimenta el reloj auxiliar del generador de reloj 122. En la realización ejemplar, se muestran dos desplazadores de fase. Sin embargo se debe señalar que uno de ellos podría ser omitido. Las señales de frecuencia auxiliares desplazadas de fase y las subseñales de parte real o imaginaria correspondiente son multiplicadas por los dos multiplicadores eléctricos 117 y 118, respectivamente, y se suman una a la otra en la etapa sumadora 121.

40 La señal combinada convertida en ascendente es modulada entonces en el modulador 125, que en esta realización es un modulador Mach - Zehnder, en una señal láser cv del diodo láser 124.

En el receptor, se llevarán a cabo los pasos inversos de la conversión analógica a digital y transformación de Fourier rápida. Preferiblemente, el receptor utiliza detección coherente con un láser sintonizable como oscilador local óptico.

45 Debido a su naturaleza discreta, la OFDM es muy adecuada para generar señales ópticas de velocidad y ancho de banda configurables, que puede ser utilizada con el ROADM de la figura 1. Una señal OFDM de mayor ancho de banda tendrá más subcanales OFDM, mientras que una señal OFDM de ancho de banda más estrecho ocupará un número menor de subcanales OFDM. Además, simplemente cambiando el formato de codificación en el transmisor, las señales de eficiencia espectral diferente pueden ser generadas, por ejemplo en función de la distancia de transmisión o de la calidad de transmisión, por ejemplo, el rendimiento del factor Q en el receptor.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de transmisión de señales ópticas utilizando la multiplexación por división de frecuencia ortogonal a través de una red óptica, que comprende
- 5 - generar una señal óptica banda de ondas continua (IN) desde señales ópticas moduladas OFDM individuales,
  - en un multiplexor de inserción / extracción óptico (1), dividir la citada señal óptica de banda de ondas continua (IN) en un trayecto expreso y un trayecto de extracción;
  - 10 - en el trayecto de extracción, aplicar un filtro paso de banda (4) para extraer una subbanda que comprende al menos una de las citadas señales ópticas moduladas OFDM, teniendo el citado filtro paso de banda (4) un ancho de banda de filtro que cubre la subbanda que debe ser extraída, y
  - en el trayecto expreso, aplicar un filtro corte de banda (3) para eliminar el citado subenlace que se debe extraer de la citada señal óptica de banda de ondas continua (IN),
- que se caracteriza porque**
- 15 el citado filtro corte de banda (3) tiene un ancho de banda de filtro que es más estrecho que citado filtro paso de banda (4).
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende insertar al citado trayecto expreso una subbanda que transporta una señal (ADD) de inserción óptica modulada OFDM, ocupando la citada subbanda que se inserta un rango de longitudes de onda que está completamente cubierto por el ancho de banda de filtro del citado filtro corte de banda (3).
- 20 3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende generar la citada señal (ADD) de inserción óptica modulada OFDM, utilizando un formato de modulación de constelación más alto que la señal óptica modulada OFDM extraída.
4. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende generar las señales ópticas moduladas OFDM con ancho de banda configurable y configurar los citados filtros paso de banda y corte de banda (3, 4) dependiendo del ancho de banda de señal configurada de la señal óptica modulada OFDM que se va a extraer.
- 25 5. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende configurar el ancho de banda de cualquiera de las citadas señales ópticas moduladas OFDM dependiendo de la velocidad de datos de una señal de datos de cliente que se debe transmitirse y de una distancia de transmisión que se debe alcanzar.
6. Un procedimiento de telecomunicaciones que comprende el procedimiento de transmisión de señal óptica de la reivindicación 1 y que comprende, además, recibir en un receptor óptico la citada señal óptica modulada OFDM que se va a extraer, la etapa de realizar la detección coherente utilizando un oscilador local y el procesamiento digital para recuperar una señal de datos de cliente transmitidos.
- 30 7. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las citadas señales ópticas moduladas OFDM dentro de la citada señal óptica de banda de ondas continua (IN) ocupan subbandas adyacentes, sin intervalos de guarda sustanciales entre ellas.
8. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que una diferencia entre el ancho de banda de filtro del citado filtro paso de banda (3) y el ancho de banda de filtro del citado filtro corte de banda (4) corresponde a la inclinación de los bordes de filtro de los citados filtros (3, 4).
- 40 9. Un multiplexor óptico de inserción / extracción (1) para su uso en una red óptica de transmisión de señales ópticas utilizando multiplexación por división de frecuencia ortogonal, que comprende
- una señal de entrada (8) para una señal óptica banda de ondas continua (IN) generada desde señales ópticas moduladas OFDM individuales;
  - un divisor (2) que divide la citada señal óptica de banda de ondas continua (IN) en un trayecto expreso y un trayecto de extracción;
  - 45 - en el trayecto de extracción, un filtro paso de banda (4) para extraer una subbanda que comprende al menos una de las citadas señales ópticas moduladas OFDM, teniendo el citado filtro paso de banda (4) un ancho de banda de filtro que cubra la subbanda que se debe extraer; y
  - en el trayecto expreso, un filtro corte de banda (3) para eliminar la citada subbanda que debe ser extraída de la citada señal óptica de banda de ondas continua (IN),
- 50 **que se caracteriza porque**

el citado filtro corte de banda (3) tiene un ancho de banda de filtro que es más estrecho que el citado filtro paso de banda (4).

- 5 10. Un multiplexor óptico de inserción / extracción de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende una entrada de señal de inserción (6) para una señal (ADD) de inserción óptica modulada OFDM que ocupa una subbanda que se debe insertar, ocupando la citada subbanda que se debe insertar una rango de longitud de onda que está completamente cubierto por el ancho de banda de filtro del citado filtro corte de banda, y un multiplexor (7) que realiza la multiplexación de la citada subbanda a la señal óptica de corte de banda en el trayecto expreso.
- 10 11. Un multiplexor óptico de inserción / extracción de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende en la citada entrada de señal de inserción (6) un filtro paso de banda adicional (6') que tiene una función de filtro que es inversa a la función de filtro del citado filtro corte de banda (4).
12. Un multiplexor óptico de inserción / extracción de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende un controlador (10) para configurar los anchos de banda de filtro de los citados filtros de paso de banda y de corte de banda (3, 4).

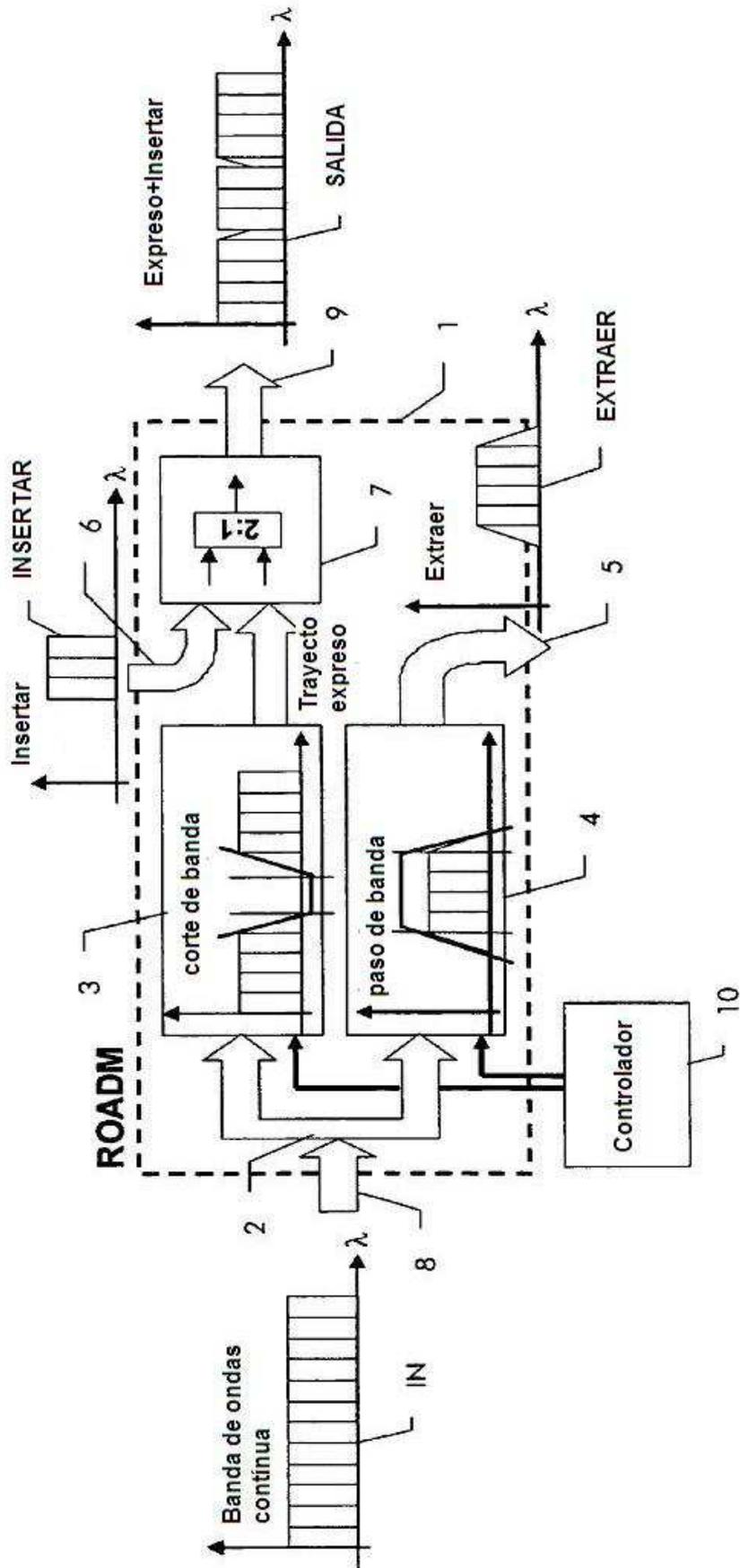
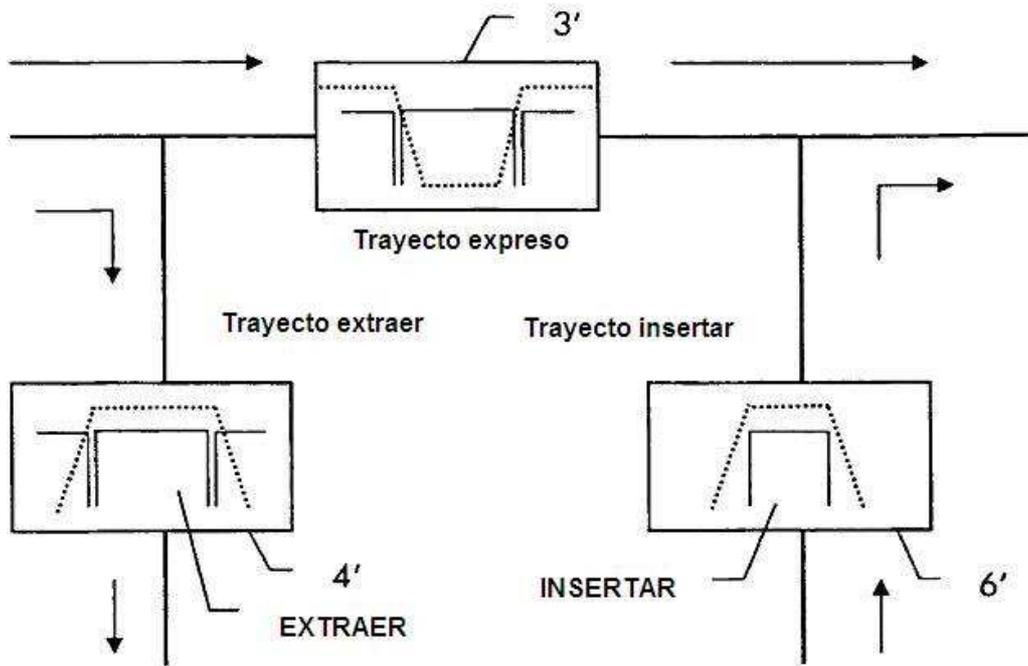
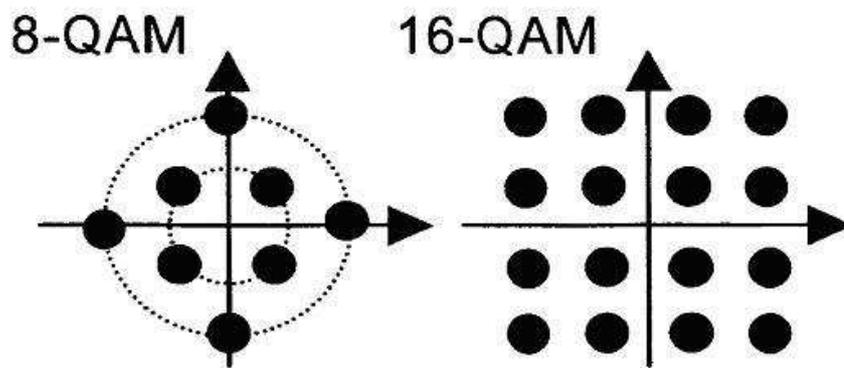


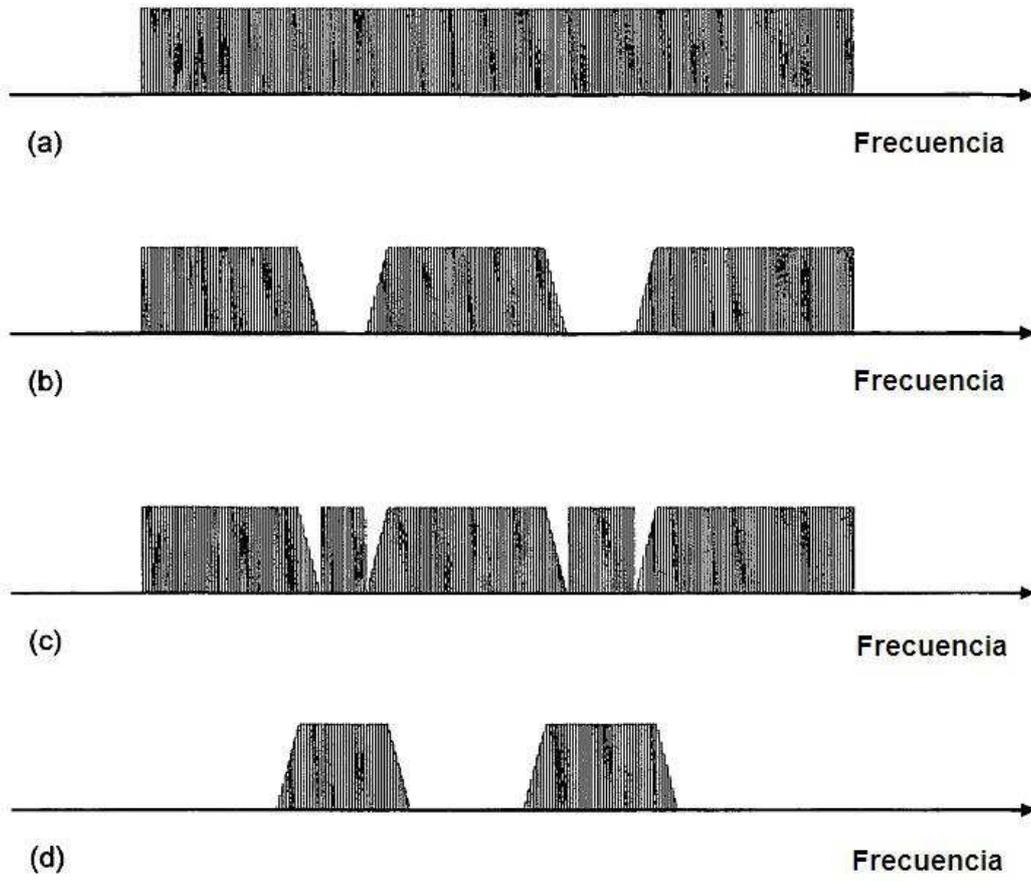
Fig. 1



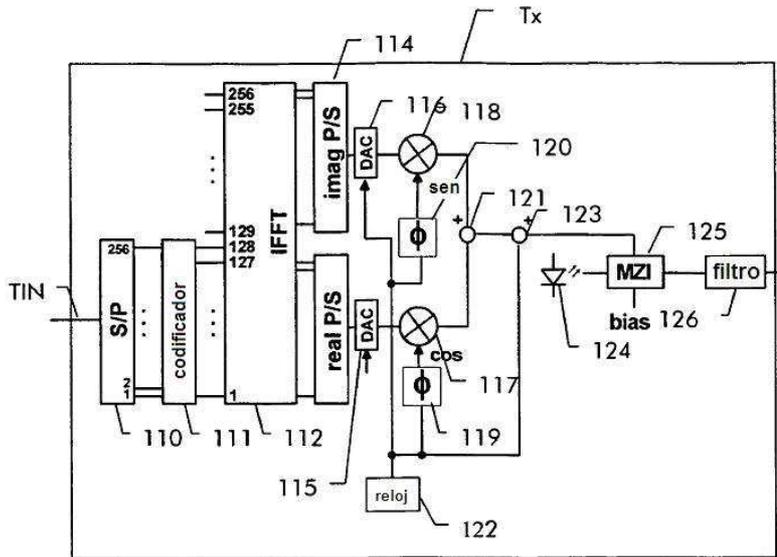
**Fig. 2**



**Fig. 4**



*Fig. 3*



*Fig. 5*