(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 395 036**

(51) Int. Cl.:
H04B 10/12 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2005** **E 05798421 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **08.08.2007** **EP 1815618**

(54) Título: **Sistema de comunicaciones de datos**

(30) Prioridad:

15.11.2004 GB 0425156
15.11.2004 EP 04257067

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.02.2013

(73) Titular/es:

BAE SYSTEMS PLC (100.0%)
6 CARLTON GARDENS
LONDON SW1Y 5AD, GB

(72) Inventor/es:

PESCOD, CHRISTOPHER RALPH;
NAWAZ, MOHAMMED y
MILLER, CLIVE WILLIAM

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 395 036 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 de comunicaciones de datos

La presente invención se refiere a comunicaciones de datos y en particular a un método y una disposición para comunicar datos entre dispositivos terminales, al menos uno de los cuales es un dispositivo terminal móvil.

El documento EP1357683A describe un sistema híbrido fibra-radio en el que una señal de oscilador local es enviada desde una estación base a una unidad de antena remota para uso en un convertidor de aumento de frecuencia de señal de enlace ascendente. Esta memoria descriptiva y el documento US-A6674969 también dan a conocer la generación de señales ópticas de enlace descendente usando láseres sincronizados por inyección.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una estación base, aplicable para comunicar datos por un canal de comunicaciones bidireccional establecido con una unidad terminal móvil, por medio de al menos una unidad de antena aplicable para comunicar de forma inalámbrica con la unidad terminal móvil, en que la estación base es aplicable para comunicar con dicha al menos una unidad de antena por un enlace de fibra óptica, en que la estación base comprende:

un transmisor óptico para generar y transmitir señales de datos ópticas de enlace descendente a dicha al menos una unidad de antena; y

un receptor óptico para recibir señales de datos ópticas de enlace ascendente generadas por dicha al menos una unidad de antena con respecto a dicho canal de comunicaciones,

en que dicho transmisor óptico comprende:

una fuente de luz aplicable para generar una portadora óptica, y está caracterizada por:

un primer modulador electro-óptico aplicable para modular dicha portadora óptica con una señal de oscilador de radiofrecuencia para generar una señal de oscilador óptica que tiene una frecuencia adecuada para uso por dicha al menos una unidad de antena en la generación de señales de datos ópticas de enlace ascendente; y

un segundo modulador electro-óptico, acoplado ópticamente al primer modulador electro-óptico, y aplicable para recibir la señal de oscilador óptica y modularla con una señal de datos de entrada de una frecuencia asignada con respecto a dicho canal de comunicaciones, para con ello generar y proporcionar de salida una señal de datos óptica de enlace descendente que comprende la señal de oscilador óptica modulada.

En una realización preferida de la presente invención, tanto el primer como el segundo modulador óptico son moduladores ópticos de Mach-Zehnder. Preferiblemente, el primer modulador óptico de Mach-Zehnder está polarizado en el mínimo de su característica de transferencia de modo que la señal de oscilador óptica incluye una señal de oscilador que tiene una frecuencia doble que la señal de oscilador de radiofrecuencia usada para modular la portadora óptica. Preferiblemente, el segundo modulador óptico de Mach-Zehnder está polarizado en el punto de cuadratura de su característica de transferencia.

La invención también proporciona un sistema de comunicación que comprende una estación base según se ha expuesto anteriormente.

El sistema puede incluir una unidad de antena, que comprende:

un fotodetector para convertir una señal de datos óptica de enlace descendente recibida en una señal de radiofrecuencia; y un medio para separar dicha señal de radiofrecuencia en una señal de datos para transmisión inalámbrica por la unidad de antena y una señal de oscilador local para uso dentro de la unidad de antena para generar señales de datos ópticas de enlace ascendente.

La unidad de antena puede comprender además un receptor para recibir una señal de datos de radiofrecuencia transmitida por una unidad terminal móvil;

un convertidor para convertir la señal de datos de radiofrecuencia recibida, usando la señal de oscilador local, en una señal de datos de frecuencia intermedia; y

un transmisor óptico para generar una señal de datos óptica de enlace ascendente para transportar la señal de datos de frecuencia intermedia a la estación base.

El sistema puede comprender también una unidad terminal móvil que comprende:

un modulador aplicable para modular una señal de datos de entrada;

un medio de conversión de señales para convertir la señal de datos de entrada modulada en una señal de datos de enlace ascendente que tiene una frecuencia dentro de un rango de frecuencia predeterminado asignado con respecto a un canal de comunicaciones; y

un transmisor aplicable para transmitir de forma inalámbrica la señal de datos de enlace ascendente por la al menos una unidad de antena ligada a la estación base.

Preferiblemente, el medio de conversión de señales comprende:

un oscilador local aplicable a una frecuencia correspondiente a la de una señal de oscilador proporcionada de salida por la estación base en una señal de datos óptica de enlace descendente; y

un mezclador aplicable para mezclar una señal de oscilador proporcionada de salida por el oscilador local con la señal de datos modulada proporcionada de salida por el modulador para generar la señal de datos de enlace ascendente.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método para comunicar datos por un canal de comunicaciones bidireccional establecido entre una estación base y una unidad terminal móvil, por medio de al menos una unidad de antena que está ligada a dicha estación base por medio de un enlace de fibra óptica y es aplicable para comunicar de forma inalámbrica con dicha unidad terminal móvil, en que el método comprende los pasos de:

(i) en un primer modulador electro-óptico dentro de dicha estación base, modular una portadora óptica con la salida de un oscilador de radiofrecuencia para generar una señal de oscilador óptica que tiene una frecuencia adecuada para el uso por dicha al menos una unidad de antena para generar señales de datos ópticas de enlace ascendente;

(ii) recibir la señal de oscilador óptica en un segundo modulador electro-óptico dentro de dicha estación base, ligado ópticamente al primer modulador electro-óptico, modular la señal de oscilador óptica con una señal de datos modulada de entrada de una frecuencia asignada con respecto a dicho canal de comunicaciones para generar una señal de datos óptica de enlace descendente;

(iii) transportar la señal de datos óptica de enlace descendente por medio de dicho enlace de fibra óptica a dicha al menos una unidad de antena; y

(iv) en dicha al menos una unidad de antena, convertir la señal de datos óptica de enlace descendente en una señal de datos de radiofrecuencia para transmisión inalámbrica y una señal de oscilador local para uso dentro de la unidad de antena para generar señales de datos ópticas de enlace ascendente.

Las ventajas clave de transmitir una señal de oscilador local de onda milimétrica a unidades de antena remotas son:

1) sólo se requiere una única fuente LO (del inglés “Local Oscillator”, oscilador local) en la estación base independientemente del número de unidades de antena;

2) el enlace ascendente desde cada unidad de antena a la estación base puede operar a una frecuencia intermedia menor (1,5-3,5 GHz en realizaciones preferidas de la presente invención) en comparación con el enlace ascendente de espacio libre que opera, por ejemplo, en el rango de 62-64 GHz. Esto permite una implementación de menor coste de una red de distribución óptica de enlace ascendente.

A lo largo de la presente memoria descriptiva de patente, cuando se usan las palabras “comprenden”, “comprende” o “que comprende”, o variaciones de ellas, debe interpretarse que significan que el sujeto en cuestión incluye el elemento o elementos que siguen, pero que el sujeto no está limitado a incluir sólo ese elemento o esos elementos.

Se describirán ahora realizaciones preferidas de la presente invención en más detalle sólo a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos, de los cuales:

la figura 1 muestra en una visión general una disposición de comunicación de fibra-radio de acuerdo con realizaciones preferidas de la presente invención;

la figura 2 muestra elementos principales de una estación base para uso en realizaciones preferidas de la presente invención;

la figura 3 muestra elementos principales de una unidad de antena remota para uso en realizaciones preferidas de la presente invención;

la figura 4 muestra los componentes de una interfaz de transmisión de enlace descendente de una estación base de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;

la figura 5 muestra los componentes de un transmisor óptico de enlace descendente dispuestos para transmitir señales tanto de oscilador local como de datos de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;

la figura 6 muestra los componentes de una unidad de antena remota de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;

la figura 7 muestra los componentes de una interfaz de recepción de enlace ascendente de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;

la figura 8 muestra los componentes de una interfaz de transmisión/recepción móvil de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;

la figura 9 ha sido borrada;

la figura 10 muestra una antena dieléctrica conformada adecuada para uso con una unidad de antena remota de acuerdo con una realización preferida de la presente invención; y

la figura 11 muestra una antena dieléctrica conformada adecuada para uso con una unidad terminal móvil de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

Realizaciones preferidas de la presente invención se refieren a una disposición diseñada para proporcionar una vía de comunicaciones entre terminales, al menos una de las cuales es una unidad terminal móvil. En una aplicación preferida, hay que proporcionar uno o más canales de comunicaciones de gran anchura de banda para permitir comunicación inalámbrica entre un terminal central y uno o más dispositivos móviles, por ejemplo cámaras de televisión de alta definición que se mueven dentro de un entorno relativamente cerrado tal como un gran estudio de televisión o plató de cine. En un entorno así, señales de alta frecuencia, preferentemente del orden de 55-65 GHz, cuando son comunicadas de forma inalámbrica, están sujetas a atenuación, distorsión y otros efectos. Tales efectos no se encuentran típicamente, o no se encuentran en la misma medida, en sistemas de comunicaciones móviles convencionales que operan con señales de menor frecuencia y en entornos más abiertos. Una disposición preferida comprende una estación base y una o más unidades de antena remotas (RAU, del inglés “Remote Antenna Unit”). Una interfaz de transmisión/recepción de unidad terminal móvil preferida será descrita también para uso con la estación base y las unidades de antena remotas preferidas. Se describirá ahora una visión general de la disposición preferida y su funcionamiento con referencia a la figura 1.

Con referencia a la figura 1, una estación base 100 está dispuesta para comunicar con uno o más terminales de datos móviles 120, 125 por medio de unidades RAU 110. Cada unidad RAU 110 está ligada a la estación base 100 por medio de una fibra óptica de enlace descendente 115 y una fibra óptica de enlace ascendente 118 en una arquitectura de fibra-radio. Se usa transmisión de fibra óptica para comunicación entre la estación base 100 y unidades de antena remotas 110, en vez de una línea de transmisión eléctrica (por ejemplo un cable coaxial o una guía de ondas eléctrica) o transmisión de radiofrecuencia (RF). Esto es particularmente relevante para frecuencias del orden de 60 GHz, para las que la pérdida de inserción en la guía de ondas eléctrica es ~ 1,5 dB/m y la atenuación es de aproximadamente 12 dB/km en el espacio libre. La estación base 100 está dispuesta para modular señales de datos recibidas por ejemplo desde una unidad terminal central 105 u otro dispositivo terminal y para transmitirlas ópticamente, con poca pérdida, a cada una de las unidades RAU 110 por las fibras ópticas de enlace descendente 115. Cada una de las unidades RAU 110 está dispuesta para convertir las señales ópticas recibidas en señales de ondas milimétricas para transmisión inalámbrica desde sus antenas. Un terminal de datos móvil 120, 125 de destino que se mueve dentro del área de cobertura de radio 130 de una o más de las unidades RAU 110 es entonces capaz de recibir la señal transmitida.

En la dirección de enlace ascendente, una señal de radiofrecuencia transmitida por un terminal de datos móvil 120, 125 puede ser recibida por una o más unidades RAU 110. Cada unidad RAU 110 receptora está dispuesta para convertir por reducción de frecuencia la señal recibida en una señal de datos de frecuencia intermedia (IF, del inglés “Intermediate Frequency”) y para transmitir ópticamente la señal de datos IF por la respectiva fibra óptica de enlace ascendente 118 para recepción por la estación base 100. Tras demodular la señal de datos IF portada ópticamente la estación base 100 proporciona de salida la señal resultante.

Aunque en realizaciones preferidas de la presente invención, se especifican por simplicidad líneas de transmisión de fibra óptica de enlace descendente 115 y de enlace ascendente 118 separadas, es posible combinar líneas de transmisión de enlace descendente y de enlace ascendente entre la estación base 100 y una unidad RAU 110 en una única fibra óptica mediante uso de apropiadas técnicas de multiplexación y modulación e interfaces para dividir y combinar fibras en la estación base 100.

Un número de unidades RAU 110 con áreas de cobertura de radio 130 solapadas están dispuestas para formar una estructura celular de frecuencia única usando una frecuencia diferente para cada uno de los terminales de datos móviles 120, 125. Esto está en contraposición con sistemas de radio celulares convencionales en los cuales se asignaría una frecuencia diferente para uso por cada unidad RAU 110 para comunicar con terminales de datos móviles 120, 125 que

se mueven dentro de su área de cobertura de radio 130. Además, el uso de una frecuencia única por móvil en realizaciones preferidas de la presente invención evita la necesidad de un sistema de control que sería necesario en otro caso, ya que en un sistema de radio celular convencional, para gestionar el traspaso de terminales de datos móviles 120, 125 cuando se mueven desde el área de cobertura de radio 130 y con ello desde la frecuencia de comunicación de una unidad RAU 110 a la de otra. Esto ayuda a asegurar una comunicación continua sin interrupción (esencial para la transmisión de señales de vídeo digital con alta velocidad de datos en tiempo real, por ejemplo), lo que a menudo no es posible en sistemas de radio celulares convencionales de múltiples frecuencias, en los que se experimentan a menudo breves interrupciones cuando un móvil cambia su frecuencia al moverse entre células.

Se describirán ahora en más detalle los elementos y el funcionamiento de la estación base 100 de acuerdo con una realización preferida de la presente invención con referencia a la figura 2, y además con referencia a la figura 1.

Con referencia a la figura 2, se observa que la estación base 100 comprende dos secciones principales: una interfaz de transmisión de enlace descendente 200 y una interfaz de transmisión de enlace ascendente 245. Las salidas ópticas de la interfaz de enlace descendente 200 y las entradas ópticas a la interfaz de enlace ascendente 245 son unidas por medio de una interfaz apropiada a las fibras ópticas 115 y 118 que ligan respectivamente cada una de las unidades RAU 110 a la estación base 100. Las señales de datos destinadas a un terminal de datos móvil 120, 125 de destino particular son recibidas por la interfaz de transmisión de enlace descendente 200 de la estación base 100 donde se proporcionan un número de moduladores 205, cada uno dedicado a modular señales de datos de entrada con respecto a un canal de datos diferente. Puede usarse un canal de datos para comunicar con una o más unidades terminales móviles 120, 125 de acuerdo con los requisitos de anchura de banda de esos terminales. Sin embargo, en una realización preferida de la presente invención dirigida a una aplicación de estudio de televisión o de cine, es probable que una única unidad terminal móvil 120, 125 requiera toda la anchura de banda de un canal de datos para su propio uso, al menos en una dirección de enlace ascendente. La estación base 100 estaría equipada para proporcionar tantos canales de datos como sean necesarios para la aplicación particular. Sin embargo, limitaciones en la disponibilidad de frecuencia limitarían en último término el número de canales que pueden proporcionarse. En realizaciones preferidas de la presente invención, el uso de la banda de 55-65 GHz proporciona suficiente anchura de banda para manejar un número de canales dúplex de alta velocidad de datos.

Tras la modulación por un modulador apropiado 205, la señal de entrada modulada es proporcionada de entrada a un convertidor de señales de enlace descendente 210 en el que las señales moduladas para el respectivo canal de datos son convertidas a una frecuencia predeterminada asignada específicamente al canal. La señal convertida es proporcionada entonces de entrada a un transmisor óptico y oscilador local 215 dispuesto para generar una señal óptica de enlace descendente, que comprende preferentemente una señal de oscilador óptica que es modulada por la señal de entrada convertida para transmisión a las unidades RAU 110. La señal óptica de enlace descendente proporcionada de salida por el transmisor óptico 215 incluye una señal de oscilador local que está entonces disponible para uso, tras aislamiento, por cada unidad RAU 110 receptora, evitando así la necesidad de proporcionar un oscilador de la misma frecuencia en cada unidad RAU 110. Esto reduce circuitería compleja y voluminosa para generar y controlar una señal de oscilador local dentro de cada unidad RAU 110. Esto demuestra ser ventajoso ya que las unidades RAU 110 están diseñadas preferiblemente para ser pequeñas y compactas de modo que puedan ser colocadas por ejemplo en entornos, tales como postes de alumbrado en ciertas aplicaciones, en las que la temperatura puede variar significativamente y puede hacer inestable una señal LO. La señal óptica de enlace descendente es proporcionada de entrada a un divisor óptico 220 donde es dividida e inyectada en cada uno de los enlaces de fibra óptica de enlace descendente 115 por medio de una interfaz apropiada para ser transportada a cada una de las unidades RAU 110.

Cuando el número de unidades RAU 110 es tal que el uso de un único divisor óptico 220 o bien no es práctico o bien resulta en que son inyectadas señales ópticas de enlace descendente excesivamente débiles en cada una de las fibras de enlace descendente 115, considerando la longitud de fibra 115 que está siendo usada, puede implementarse una técnica alternativa para dividir la señal óptica de enlace descendente en la que divisores de orden menor, por ejemplo 1:4, son proporcionados en una disposición en cascada, siendo usados amplificadores de fibra dopados con erbio para reforzar la señal si es necesario. Por ejemplo, un divisor inicial 220 en la estación base 100 puede ser ligado a divisores remotos situados más cerca de las unidades RAU 110 particulares que están siendo servidas para subdividir adicionalmente las señales.

En la dirección de enlace ascendente, cualquier señal recibida por una o más unidades RAU 110 desde un terminal de datos móvil 120, 125 es convertida y reenviada a la estación base 100 por las fibras ópticas de enlace ascendente 118 para llegar a la interfaz de recepción de enlace ascendente 245. La interfaz de recepción de enlace ascendente 245 incluye un conjunto de fotorreceptores 225, un fotorreceptor para cada fibra óptica de enlace ascendente 118, que detecta y convierte señales ópticas de enlace ascendente que llegan por las fibras ópticas de enlace ascendente 118 en señales IF para entrada a un separador de canal 230. Las señales ópticas de enlace ascendente pueden comprender una combinación de señales para uno o más canales de datos que tienen que ser separadas por la estación base 100. El separador de canal 230 está diseñado por lo tanto para separar las señales para cada canal de datos (y por lo tanto para los diferentes terminales de datos móviles 120, 125) sobre la base de que la señal para cada canal de datos tiene una frecuencia predeterminada diferente. Señales separadas para cada canal son proporcionadas entonces de entrada a convertidores de señales de enlace ascendente 235 donde las señales a sus respectivas frecuencias predeterminadas

son convertidas para entrada a demoduladores 240, un demodulador 240 diferente para cada canal de datos. La salida demodulada de cada demodulador 235 forma la salida de la estación base 100, por ejemplo hacia la unidad terminal central 105.

Se describirá ahora el funcionamiento de las unidades RAU 110 en un poco más de detalle con referencia a la figura 3, y con referencia además a la figura 2.

Con referencia a la figura 3, se proporciona una unidad RAU 110 con un receptor óptico de enlace descendente 310 y un transmisor óptico de enlace ascendente 335, cada uno ligado por medio de una interfaz óptica 305 a la fibra óptica de enlace descendente 115 y a la fibra óptica de enlace ascendente 118 respectivamente que conectan la unidad RAU 110 a la estación base 100. El receptor óptico de enlace descendente 310 está dispuesto para recibir señales ópticas de enlace descendente transmitidas por el transmisor óptico y oscilador local 215 de la estación base y para convertir las señales ópticas recibidas en señales de radiofrecuencia (RF). Las señales RF son proporcionadas de entrada a un diplexor 312 dispuesto para separar la señal de oscilador local, generada por el transmisor óptico 215 de la estación base, de las señales de datos para uno o más canales de datos. Las señales de datos proporcionadas de salida por el diplexor 312 son amplificadas por un amplificador 315 y suministradas a una antena 320 para transmisión inalámbrica por la unidad RAU 110.

En la dirección de enlace ascendente, cualquier señal RF transmitida por un terminal de datos móvil 120, 125 y recibida en una antena 325 es pasada a un convertidor de señales de enlace ascendente 330 dispuesto para convertir la señal RF recibida en una señal de datos de frecuencia intermedia (IF). El convertidor de señales de enlace ascendente 330 usa la señal de oscilador local separada por el diplexor 312 para convertir la señal RF recibida en la señal de datos IF que a su vez es pasada al transmisor óptico de enlace ascendente 335 para generar una señal óptica de enlace ascendente para transmisión a la estación base 100 por la fibra óptica de enlace ascendente 118. Preferiblemente, el transmisor óptico de enlace ascendente 335 transmite la señal de datos IF bien modulando directamente un diodo láser o bien modulando la luz procedente de un diodo láser (CW, del inglés “Continuous Wave”, de onda continua) en un modulador óptico externo. En aplicaciones particulares puede ser más conveniente usar multiplexación por división en longitudes de onda en la unidad RAU 110 y demultiplexación por división en longitudes de onda en la estación base 100 de modo que múltiples señales ópticas de enlace ascendente puedan ser combinadas para una única fibra óptica de enlace ascendente 118 que sirve a todas las unidades RAU 110, o al menos para un número reducido de fibras ópticas de enlace ascendente 118. Sin embargo, en ese caso, el diodo láser usado en el transmisor óptico de enlace ascendente 335 tendría que ser seleccionado de modo que emita luz de una longitud de onda compatible con el multiplexor por división en longitudes de onda y con el espaciado de canales asociado.

Aunque la figura 3 muestra que se usa una antena (320) en una unidad RAU 110 para transmitir señales que es diferente a la (325) usada para recibir señales, puede usarse la misma antena física tanto para transmitir como para recibir.

Como se ha mencionado anteriormente, se asigna una frecuencia predeterminada diferente a cada canal de datos proporcionado por la estación base 100 y las unidades RAU 110. El uso de una frecuencia diferente por cada canal de datos proporciona uno de los elementos preferidos en realizaciones de la presente invención que permite utilizar una red de comunicaciones móviles de frecuencia única (por cada terminal de datos móvil 120, 125). Otro elemento preferido que permite utilizar la red de frecuencia única es la elección de la técnica de modulación implementada por los moduladores 205 y demoduladores 240 en la estación base 100 y replicada en cada uno de los terminales de datos móviles 120, 125.

En una disposición de comunicaciones de frecuencia única basada en la arquitectura mostrada en la figura 1 en la que las áreas de cobertura de radio 130 de las unidades RAU 110 pueden solaparse, una señal transmitida puede ser recibida por un terminal de datos móvil 120, 125 desde dos o más unidades RAU 110 diferentes con retardos ligeramente diferentes debido a sus distintas distancias al terminal de datos móvil 120, 125. Por ejemplo, con referencia a la figura 1, puede verse que mientras que la unidad terminal móvil 120 está situada dentro del área de cobertura de radio 130 de una única unidad RAU 110 - “RAU 4” -, la otra unidad terminal móvil 125 está situada dentro de una región de cobertura de radio solapada para dos unidades RAU 110 - “RAU 2” y “RAU 3”. De modo similar, una señal transmitida por un terminal de datos móvil 120, 125 puede ser recibida por más de una unidad RAU 110 situada dentro del alcance del terminal móvil de modo que cada señal recibida sería reenviada para llegar a la estación base 100 en instantes ligeramente diferentes. En cada caso, el esquema de modulación escogido debe ser internamente tolerante a tales retardos de señal de modo que las señales recibidas puedan ser combinadas y demoduladas exitosamente por el terminal de datos móvil 120, 125 en la dirección de enlace descendente y, en la dirección de enlace ascendente, por la estación base 100.

En realizaciones preferidas de la presente invención, el esquema de modulación seleccionado es el esquema de multiplexación por división en frecuencias ortogonales codificadas (COFDM, del inglés “Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing”) descrito, por ejemplo, en un libro de Mark Massel, titulado “Digital Television: DVB-T COFDM and ATSC 8 – VsB”, publicado por Digitaltvbooks.com, ISBN 0970493207. Una de las características clave de la multiplexación COFDM que permite que señales de datos moduladas sean recibidas con retardos diferentes,

combinadas y demoduladas exitosamente, es el uso de así denominados intervalos de protección en las señales de datos moduladas.

La multiplexación COFDM es una forma de modulación digital multi-portadora en que los datos son modulados sobre un gran número de portadoras con un espaciado muy pequeño entre sí cuya separación en el dominio de frecuencia se escoge cuidadosamente de modo que cada portadora es ortogonal a las otras portadoras, eliminando así la interferencia entre ellas cuando son transmitidas simultáneamente. Cada portadora esta dispuesta para enviar un símbolo por vez. El tiempo necesario para transmitir un símbolo se denomina duración de símbolo. Con el fin de asegurar que no hay interferencia inter-símbolos en una portadora particular debido a la llegada retrasada a un receptor de un primer símbolo desde dos o más antenas diferentes, la duración de símbolo puede ser extendida por el modulador mediante la inserción de un así denominado intervalo de protección de longitud predeterminada entre símbolos transmitidos sobre la portadora particular para asegurar que el siguiente símbolo en la portadora llega al receptor tras la última llegada retrasada del primer símbolo.

Preferiblemente, cada una de las fibras ópticas de enlace descendente 115 y cada una de las fibras ópticas de enlace ascendente 118 tienen una longitud sustancialmente igual con el fin de minimizar retardos temporales diferenciados en el transporte de señales entre la estación base 100 y cada una de las unidades RAU 110.

Se describirá ahora en más detalle la interfaz de transmisión de enlace descendente 200 de la estación base 100, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención, con referencia a la figura 4. Se usan los mismos números de referencia para etiquetar características mostradas en la figura 4 que son similares a los de cualquiera de las figuras anteriores. En esta realización preferida, la estación base 100 proporciona dos canales de comunicaciones. Este ejemplo de dos canales será usado como base para el resto de la descripción en la presente solicitud de patente con el fin de simplificar las figuras, aunque, por supuesto, la estación base 100 puede estar equipada para proporcionar canales de datos adicionales según sea necesario, como quedará claro a partir de la descripción siguiente.

Con referencia a la figura 4, se muestran componentes de una interfaz de transmisión de enlace descendente de dos canales 200 preferida. En particular, se proporcionan dos módems (moduladores) 205, uno para cada canal de datos. Para comunicar con un terminal particular de los terminales de datos móviles 120, 125, se selecciona un canal apropiado de los dos canales de datos y los datos son proporcionados de entrada al respectivo módem 205 para ese canal. El módem 205 modula la señal de datos de entrada, preferiblemente de acuerdo con el esquema de modulación COFDM. Aunque no se muestra en la figura 4, preferiblemente las salidas de canal “I” y “Q” de un módem (COFDM) 205 son convertidas en un primer canal de frecuencia intermedia combinado por mezcla de cada una de las señales “I” y “Q” con una señal de oscilador de frecuencia intermedia (IF) de 520 MHz, en que la señal “Q” es mezclada con una señal de oscilador IF de 520 MHz que está desfasada un cuarto de ciclo respecto a la de la señal “I”, y por combinación de las señales resultantes. La señal combinada procedente de cada módem 205 es pasada a través de un filtro de paso de banda 405 de 520 MHz que tiene una anchura de banda de aproximadamente 340 MHz, para eliminar cualquier armónico indeseado y ruido que se generaría típicamente como resultado de la etapa de mezcla y combinación IF preferida.

La salida de señal procedente del filtro 405 para cada canal es entonces proporcionada de entrada al convertidor de señales de enlace descendente 210 para conversión en una señal de una frecuencia predeterminada para cada canal de datos, preferiblemente en el rango de 1,5 a 3,5 GHz. El convertidor de señales de enlace descendente 210 comprende, para cada canal de datos, un mezclador 410 y un oscilador local (LO) 415, 418. Las frecuencias de los osciladores locales 415, 418 son seleccionadas para asegurar que cuando la señal de oscilador es mezclada (410) con la señal de salida procedente del filtro 405, se genera una señal con la frecuencia predeterminada para ese canal. Preferiblemente, las frecuencias de los osciladores locales 415, 418, y con ello las frecuencias predeterminadas para los canales, son seleccionadas con el fin de minimizar productos de mezcla indeseados generados como resultado de mezclar la señal procedente de los osciladores locales 415, 418 con las señales de salida procedentes de los filtros 405, teniendo en cuenta la combinación particular de frecuencias usada para generar esas señales de salida. En el presente ejemplo, con dos canales de datos, el oscilador local 415 para uno de los canales es asignado preferiblemente a una frecuencia de 1,43 GHz y el oscilador local 418 para el otro canal es asignado a una frecuencia de 2,68 GHz. Si la estación base 100 fuera a ser equipada para proporcionar n canales de datos, sería típicamente necesario proporcionar n módems 205, filtros 405, mezcladores 410 y osciladores locales 415, 418, en que cada oscilador local sería asignado a una frecuencia diferente con el fin de generar una señal de canal dentro de un rango de frecuencias predeterminado, por ejemplo 1,5-3,5 GHz. El proceso de seleccionar frecuencias de canal y con ello frecuencias correspondientes de oscilador tiene lugar como parte de una etapa de diseño general para la disposición. Sin embargo, aunque se discute el uso de frecuencias de oscilador local fijas en el presente ejemplo, puede implementarse una disposición de conmutación para permitir seleccionar diferentes osciladores locales para permitir la conmutación entre canales de datos y con ello la comunicación con diferentes unidades terminales móviles 120, 125. Alternativamente, pueden proporcionarse osciladores locales ajustables para conseguir un efecto similar.

La salida del mezclador 410 comprende no sólo la señal a la frecuencia asignada para el canal de datos sino también señales a una o más frecuencias distintas. Se usa por lo tanto un filtro 420, 423 para eliminar los componentes indeseados de la señal de salida del mezclador dejando sólo una señal de la frecuencia asignada para el canal de

datos. En el presente ejemplo, los filtros 420 y 423 son filtros de paso de banda centrados en las frecuencias de 1,95 GHz y 3,2 GHz respectivamente, teniendo ambos una anchura de banda mayor o igual que 340 MHz. Las señales que emergen de los filtros 420 y 423, cada una a distinta frecuencia, son combinadas en un combinador 425 para formar una señal compuesta para entrada al transmisor óptico 215. El combinador 425 en el presente ejemplo es un combinador 2:1 porque hay sólo dos canales de datos. Si la estación base 100 estuviera equipada para proporcionar n canales, se proporcionaría un combinador n:1 para combinar las señales en un único canal compuesto.

En una realización preferida de la presente invención, el transmisor óptico 215 es construido de acuerdo con un diseño de modulador óptico en cascada. Una portadora óptica generada por un láser 430 es acoplada ópticamente, usando fibra óptica que mantiene la polarización, a un primer modulador óptico 440 dispuesto para modular la portadora óptica con una señal de oscilador amplificada (437) y filtrada (439) generada por un oscilador 435 para formar una señal de oscilador óptica y, en un segundo modulador óptico 445, es acoplada ópticamente, usando fibra óptica que mantiene la polarización, al primer modulador óptico 440, la señal de oscilador óptica es modulada con una señal compuesta amplificada (447) y filtrada (449) proporcionada de salida por el combinador 425. La frecuencia del oscilador 435 es seleccionada para asegurar que una señal es proporcionada de salida por el segundo modulador óptico 445 que tiene una frecuencia predeterminada adecuada para transmisión inalámbrica por las unidades RAU 110. Sería necesario que esta frecuencia predeterminada caiga dentro de un rango de frecuencias para las que se ha concedido una licencia de transmisión. En realizaciones preferidas de la presente invención, este rango de frecuencias se escoge igual a 57-59 GHz para el enlace descendente y 62-64 GHz para el enlace ascendente, con una frecuencia de oscilador local de 60,5 GHz. La señal óptica de enlace descendente proporcionada de salida por el segundo modulador óptico 445 es dividida por el divisor óptico 220 e inyectada en cada una de las fibras ópticas de enlace descendente 115 que ligan la estación base 100 a las unidades RAU 110.

Se describirá ahora el funcionamiento del transmisor óptico 215 en más detalle de acuerdo con una realización preferida de la presente invención con referencia a la figura 5.

Con referencia a la figura 5, los moduladores ópticos 440 y 445 son preferiblemente moduladores ópticos de Mach-Zehnder (MZ) de alta frecuencia disponibles comercialmente. El primer modulador óptico 440 está polarizado en el mínimo de su característica de transferencia de modo que puede conseguirse un efecto de doblado de frecuencia al modular la luz láser (430), preferiblemente proporcionada de salida por el diodo láser DFB (del inglés “Distributed FeedBack”, de realimentación distribuida) 430 de 50 mW, con la señal de oscilador amplificada (435, 437, 439). El doblado de frecuencia puede conseguirse polarizando el primer modulador óptico 440 bien en su máximo o bien en su mínimo. Sin embargo, es preferible polarizar en el punto mínimo ya que esto minimiza el nivel de luz de corriente continua en un fotorreceptor y proporciona así el mejor rendimiento en cuanto a ruido. Hacer uso de las propiedades de doblado de frecuencia de un modulador MZ permite usar un oscilador 435 que tiene una frecuencia de sólo 30,25 GHz para generar una señal de oscilador de 60,5 GHz en la salida óptica del primer modulador óptico MZ 440 – de hecho son generadas dos señales de banda lateral de oscilador óptico, como se muestra (505) en la figura 5, separadas por 60,5 GHz – siendo suprimida la propia portadora láser (430). El segundo modulador óptico MZ 445 está polarizado en el punto de cuadratura, la región más lineal de su característica de transferencia. Cuando la señal de datos IF compuesta amplificada es proporcionada de entrada al segundo modulador óptico MZ 445, cada una de las bandas laterales de oscilador óptico es modulada resultando en un par de bandas laterales de señal de datos óptica centradas en torno a cada una de las bandas laterales de oscilador óptico, como se muestra (510) en la figura 5, el primer par en el rango de frecuencia de 57-59 GHz y el segundo en el rango de 62-64 GHz respectivamente en el presente ejemplo, correspondientemente al rango de frecuencia de 1,5 a 3,5 GHz de señales de datos IF compuestas. Cada banda lateral de señal de datos es separada, en el dominio de frecuencia, de las señales de banda lateral de oscilador óptico de acuerdo con las frecuencias de los componentes de señal dentro de la señal de datos IF compuesta. La señal óptica de enlace descendente proporcionada de salida por el segundo modulador óptico MZ 445 es inyectada entonces en cada una de las fibras ópticas de enlace descendente 115 para envío a las unidades RAU 110.

Se describirá ahora el funcionamiento de una unidad RAU 110 en más detalle, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención, con referencia a la figura 6.

Con referencia a la figura 6, la señal óptica de enlace descendente proporcionada por el transmisor óptico 215 en la estación base 100 es recibida por la fibra óptica de enlace descendente 115 en una interfaz óptica 305 y pasada a un receptor óptico 310 que comprende un fotorreceptor 605. Las salidas eléctricas RF del fotorreceptor 605 son la señal de oscilador local de 60,5 GHz, tal como es generada por el transmisor óptico 215 de la estación base, y las bandas laterales superior e inferior de señal de datos en los rangos de frecuencia de 57-59 GHz y 62-64 GHz, respectivamente (60,5 GHz ± 1,5-3,5 GHz). Las señales RF son amplificadas en un amplificador 610 y proporcionadas de entrada a un diplexor 312 dispuesto para separar la señal de oscilador local de las bandas laterales de señal de datos. Preferiblemente, en el presente ejemplo, la banda lateral de frecuencia inferior en el rango de 57-59 GHz es retenida como señal de enlace descendente para transmisión por la unidad RAU 1.10, mientras que la banda lateral de frecuencia superior es bloqueada por medio de un filtro de paso de banda 615 que permite que sólo la banda de frecuencia inferior pase al amplificador de potencia 315 y luego por medio de una aislador 620 a la antena de enlace descendente 320. La señal de oscilador local separada es pasada al convertidor de señales de enlace ascendente 330 para uso en la conversión de señales de enlace ascendente de onda mm recibidas en señales de enlace ascendente IF.

En la dirección de enlace ascendente, una señal de onda mm transmitida por un terminal de datos móvil 120, 125 y recibida en la unidad RAU 110 por la antena 325 es pasada por medio de un aislante 635 al convertidor de señales de enlace ascendente 330. La señal de enlace ascendente recibida es primero filtrada en un filtro de paso de banda 640 dispuesto para permitir que pasen señales en el rango de 62-64 GHz – el rango de frecuencia preferido para comunicaciones de enlace ascendente en el presente ejemplo – y luego es amplificada en un amplificador 645 y proporcionada de entrada a un mezclador 650. La señal de oscilador local de 60,5 GHz separada procedente del diplexor 312 es filtrada en un filtro de paso de banda de 60,5 GHz y amplificada por una amplificador 630 antes de ser proporcionada de entrada al mezclador 650. El resultado de mezclar la señal de oscilador local de 60,5 GHz con la señal de enlace ascendente recibida es, entre otros productos de mezcla, una señal IF de enlace ascendente en el rango de frecuencia de 1,5-3,5 GHz. La salida del mezclador es amplificada en un amplificador 655 antes de eliminar por filtrado todo salvo la señal IF de enlace ascendente en el rango de frecuencia de 1,5-3,5 GHz en un filtro de paso de banda 660. Tras una amplificación adicional en un amplificador 665, el convertidor de señales de enlace ascendente 330 proporciona de salida la señal IF de enlace ascendente al transmisor óptico de enlace ascendente 335. El transmisor óptico de enlace ascendente 335 comprende un modulador óptico 670 para modular la señal IF de enlace ascendente sobre una señal de portadora óptica proporcionada por un láser 675 para generar una señal óptica de enlace ascendente que es inyectada entonces en la fibra óptica de enlace ascendente 118 hacia la estación base 100.

Se describirá ahora la interfaz de recepción de enlace ascendente 245 de la estación base 100 en más detalle de acuerdo con una realización preferida de la presente invención con referencia a la figura 7. Se usan los mismos números de referencia para etiquetar características mostradas en la figura 7 que similares a las de cualquiera de las figuras anteriores.

Con referencia a la figura 7, se muestran componentes de una interfaz de recepción de enlace ascendente de dos canales 245 preferida. La interfaz de recepción de enlace ascendente 245 en este ejemplo está dispuesta para servir de interfaz con cualquier combinación de tres unidades RAU 110, aunque por supuesto la estación base 100 puede ser cambiada de escala para servir de interfaz con unidades RAU 110 adicionales como quedará claro a partir de esta descripción. Las señales ópticas de enlace ascendente recibidas por cualquiera de las tres fibras ópticas de enlace ascendente 118 son detectadas por un fotorreceptor 225 ligado a esa fibra óptica de enlace ascendente 118 por una interfaz apropiada. El fotorreceptor 225 convierte la señal óptica de enlace ascendente recibida en una señal IF de enlace ascendente similar a la generada por el convertidor de señales de enlace ascendente 330 dentro de la unidad RAU 110. Se proporciona un fotorreceptor 225 diferente para recibir señales de cada una de las tres fibras ópticas de enlace ascendente 118. La señal IF de enlace ascendente proporcionada de salida por cada uno de los fotorreceptores 225 es entonces proporcionada al separador de canal 230. Las señales ópticas de enlace ascendente recibidas de una unidad RAU 110 pueden portar señales para más de un canal de datos simultáneamente si la unidad RAU 110 estuviera dentro del alcance de múltiples unidades terminales móviles de transmisión 120, 125. El separador de canal 230 está diseñado para separar las señales para cada uno de los canales de datos y, cuando se reciben señales para un canal de datos dado separadamente desde más de una unidad RAU 110, para combinar todas las señales recibidas para un canal de datos dado de modo que proporciona de salida una señal de canal combinada para cada canal. De este modo, en el ejemplo mostrado en la figura 7, las tres entradas de fibra óptica de enlace ascendente 118 se convierten en dos salidas de canal del separador de canal 230.

Las señales para cada canal de datos se distinguen por sus diferentes frecuencias. Por lo tanto, tras la amplificación en un amplificador IF 705, el separador de canal 230 divide la señal IF de enlace ascendente procedente de cada fotorreceptor 225 por dos vías de señal, una vía de señal por cada canal de datos, usando un divisor 710. En el presente ejemplo, una vía de señal conduce a un filtro de paso de banda de 1,95 GHz 715 para pasar señales a la frecuencia asignada para el primer canal de datos y la otra vía de señal conduce a un filtro de paso de banda de 3,2 GHz 720 para pasar señales a la frecuencia asignada para el segundo canal de datos. Las señales pasadas por cada uno de los tres primeros filtros de paso de banda 715 mostrados en la figura 7 para el primer canal de datos son combinadas en un combinador 3:1 725 (si hubiera n unidades RAU 110, entonces el combinador 725 sería un combinador n:1) y de modo similar para los tres filtros de paso de banda 720 para el segundo canal de datos en un combinador 3:1 728 diferente. Las señales IF de enlace ascendente combinadas para cada canal de datos son entonces amplificadas cada una en amplificadores IF 730 y 732, filtradas nuevamente en filtros de paso de banda 735, 738 respectivos adicionales, similares a los filtros 715 y 720 respectivamente, para eliminar cualesquiera componentes de señal generados por el combinador 725 a frecuencias distintas a las frecuencias de canal deseadas. Tras el filtrado, las señales combinadas para cada canal de datos son proporcionadas de salida, separadamente, al convertidor de señales de enlace ascendente 235.

El convertidor de señales de enlace ascendente 235 comprende, para cada canal de datos, un mezclador 740, 742 y un oscilador local 745, 748. Los osciladores locales 745, 748 operan a las mismas frecuencias que los osciladores 415 y 418 respectivamente en la interfaz de transmisión de enlace descendente 210 anteriormente descrita. Las señales IF de enlace ascendente combinadas para cada canal son recibidas en el respectivo mezclador 740, 742 y mezcladas con las correspondientes señales de oscilador local. Las señales resultantes son entonces amplificadas por un amplificador IF 750, 752 respectivo. Los mezcladores 740, 742 generan un número de componentes de señal de los cuales sólo uno es necesario. Por lo tanto, se usa un filtro de paso de banda 755, 758 para bloquear los componentes de señal indeseados

para cada canal antes de que los componentes de señal de enlace ascendente requeridos sean proporcionados de salida para ser demodulados en los respectivos demoduladores COFDM 240.

Preferiblemente, los módems 240 son módems COFDM. La señal de datos demodulada para cada canal es entonces proporcionada de salida desde el módem 240, por ejemplo hacia la unidad terminal central 105.

Se describirá ahora una interfaz de transmisión/recepción móvil preferida, con referencia a la figura 8, para uso en una unidad terminal móvil 120, 125 para permitir comunicación con la estación base 100 a través de las unidades RAU 110. En una aplicación preferida, la interfaz de transmisión/recepción móvil puede ser montada físicamente y conectada electrónicamente a una cámara de televisión móvil para permitir que la cámara transmita datos de imagen a y reciba datos de control desde un estudio central, por ejemplo, por medio de las unidades RAU 110 y la estación base 100.

Con referencia a la figura 8, se muestran componentes en una unidad terminal móvil 120, 125 preferida, incluyendo una fuente de datos 805, por ejemplo una cámara de televisión, ligada para comunicaciones de enlace ascendente a la interfaz de transmisión/recepción móvil 810 por medio de un modulador COFDM 815. Una señal de enlace descendente proporcionada de salida por la interfaz de transmisión/recepción móvil 810 es demodulada en un demodulador COFDM 820 para salida (825) hacia un monitor de televisión, por ejemplo. Tanto el modulador COFDM 815 como el demodulador 820 están dispuestos para cooperar con los demoduladores 240 y los moduladores 205 respectivamente, usados en la estación base 100. Aunque no se muestra en la figura 8, el modulador COFDM 815 incluye circuitería para convertir una señal modulada de banda base en una señal de datos de enlace ascendente IF de una frecuencia predeterminada específica para esa interfaz de transmisión/recepción móvil 810, bien 1,95 GHz o bien 3,2 GHz en el presente ejemplo de dos canales. De modo similar, el demodulador COFDM 820 incluye circuitería para convertir una señal de datos IF de enlace descendente en una señal de la frecuencia requerida para demodulación por el demodulador COFDM 820. Esto supone por supuesto que la interfaz de transmisión/recepción móvil va a ser usada para comunicar por sólo uno de los canales de datos soportados por la estación base 100, aunque puede proporcionarse una disposición de conmutación en la unidad terminal móvil 120, 125 si es necesario para permitir conmutación entre frecuencias de canal de una manera similar a la mencionada anteriormente al describir el funcionamiento de una estación base 100 preferida.

Considerando la dirección de enlace ascendente primero, una señal proporcionada de entrada por la fuente de datos 805 es modulada con multiplexación COFDM y convertida (815) en una señal de datos de enlace ascendente IF. La interfaz de transmisión/recepción móvil 810 recibe la señal de datos IF de enlace ascendente y la amplifica en un amplificador IF 830 y mezcla la señal amplificada en un mezclador 835 con una señal de oscilador local de 60,5 GHz, en el presente ejemplo, generada por un oscilador local 840. La salida del mezclador es filtrada entonces en un filtro de paso de banda para bloquear todos los productos del mezclador excepto aquéllos en el rango de frecuencia de comunicación inalámbrica de enlace ascendente preferido de 62-64 GHz. Tras la amplificación en un amplificador de potencia 850, la señal de datos de enlace ascendente es transmitida de forma inalámbrica por medio de una antena 855 para ser recibida por una o más unidades RAU 110.

En la dirección de enlace descendente, una señal transmitida por una o más unidades RAU 110, en el rango de frecuencia de comunicación inalámbrica de enlace descendente preferido de 57-59 GHz para el presente ejemplo, es recibida en una antena 860. La señal de enlace descendente recibida es filtrada en un filtro de paso de banda 865 de 57-59 GHz y amplificada en un amplificador de ruido bajo (LNA, del inglés “Low-Noise Amplifier”) 870 antes de la entrada a un mezclador 875 dispuesto para mezclar la señal amplificada con la señal de oscilador local procedente del oscilador 840. Uno de los resultados de mezclar la señal de oscilador con una señal en el rango de 57-59 GHz es una señal de datos IF de enlace descendente en el rango de frecuencia de 1,5-3,5 GHz. Todos los demás productos de mezclador son bloqueados en un filtro de paso de banda 880, dejando la señal de datos IF de enlace descendente para ser amplificada en un amplificador IF 885 para salida de la interfaz de transmisión/recepción móvil 810. La señal de datos IF de salida es convertida y demodulada en el demodulador COFDM 820 y proporcionada de salida (825), por ejemplo hacia un monitor de televisión.

Se describirá ahora un diseño alternativo para el transmisor óptico de enlace descendente y oscilador local 215, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención, con referencia a la figura 9. Aquellos componentes compartidos en común con el transmisor 215 anteriormente descrito con referencia a la figura 4 y la figura 5 son etiquetados con los mismos números de referencia.

Se describirá ahora en líneas generales una aplicación preferida de la disposición anteriormente descrita de acuerdo con realizaciones preferidas de la presente invención. Se ha hecho alusión anteriormente a esta aplicación preferida, que se refiere a comunicación inalámbrica de señales de cámaras de televisión o de cine en un entorno de estudio de televisión o de plató de cine. En un entorno así, particularmente uno que comprende un número de estudios distintos, las señales transmitidas de forma inalámbrica por unidades RAU 110 a una frecuencia de aproximadamente 60 GHz, como se ha discutido a través de todo el ejemplo presentado en la descripción anterior, estarían esencialmente constreñidas a estudios particulares. Incluso en espacio libre, tales señales están sujetas a atenuación a una tasa de 12 dB/km. De este modo, la posibilidad de señales multitrayecto puede reducirse significativamente, particularmente

cuando se usan antenas de patrón de radiación conformado tanto en las unidades RAU 110 como en las interfaces de transmisión/recepción móviles 810 para reducir reflexiones en paredes de estudio, etc.

Se describirán ahora diseños preferidos para antenas de patrón de radiación conformado de acuerdo con realizaciones preferidas de la presente invención. Primeramente, se describirá un diseño preferido para uso como unidad de antena 320, 325 para una unidad RAU 110 con referencia a la figura 10 y en segundo lugar se describirá un diseño preferido para uso como antena 855, 860 para una unidad terminal móvil 120, 125 con referencia a la figura 11. Preferiblemente, cada una de las antenas están diseñadas para uso con señales en el rango de frecuencia de 57 a 64 GHz, aunque sería obvio para una persona de experiencia ordinaria en el campo del diseño de antenas que las antenas pueden ser diseñadas para operar en otros rangos de frecuencia de acuerdo con la aplicación particular de la disposición de la presente invención.

Con referencia a la figura 10a, se muestra una vista en planta de una antena de patrón de radiación conformado 1000 preferida. La antena 1000 preferida es una antena de lente dieléctrica conformada de modo rotacionalmente simétrico que comprende una parte de lente dieléctrica 1005, preferiblemente hecha de PTFE, montada sobre una placa de montaje conductora 1010. La lente dieléctrica 1005 es de una forma conocida diseñada para producir una patrón de potencia de radiación sustancialmente en forma de $\sec^2\theta$, donde θ es el ángulo medido desde el eje de simetría a través de la antena 1000, para ángulos de θ de hasta aproximadamente 70º. Este patrón de potencia se ha encontrado que es adecuado para uso en un entorno cerrado tal como un estudio de televisión donde la antena está fijada al techo cerca del centro del espacio. Este diseño forma un buen compromiso para uso en entornos así en comparación con un diseño de lente alternativo conocido, pero más complejo, capaz de producir campos de radiación sustancialmente rectangulares.

Con referencia a la figura 10b, se muestra una sección plana a través de la antena 1000, tomada a través del plano indicado por la línea A-A en la figura 10a. La lente dieléctrica conformada 1005 está fijada a la placa de montaje conductora 1010 por medio de cuatro pernos de fijación 1015, cada uno hecho, opcionalmente, de un material similar al usado para la propia lente dieléctrica 1005, aunque pueden usarse también pernos metálicos. Cada perno 1015 engrana en un agujero roscado correspondiente previsto en una parte anular saliente 1016 de la lente dieléctrica 1005 que engrana ella misma en un rebajo anular correspondiente 1018 previsto en la placa de montaje 1010. Se proporciona un agujero 1020 a través del centro de la placa de montaje 1010 para proporcionar un punto de entrada para un conjunto de guía de ondas 1025. El conjunto de guía de ondas 1025 comprende un polarizador relleno de aire, de diseño convencional, dispuesto en dos partes para emitir radiación con polarización circular hacia la lente dieléctrica: una parte de sección rectangular 1030 que conduce a una parte de sección circular aplanada 1035, con secciones de transición 1040 y 1045 apropiadamente conformadas situadas entre las secciones rectangular 1030 y circular aplanada 1035 rellenas de aire y entre la parte circular aplanada rellena de aire 1035 y el agujero de entrada relleno de dieléctrico 1020, respectivamente. Esa parte del agujero 1020 no ocupada por la sección de transición de alimentador de guía de ondas 1045 está rellena de material dieléctrico, preferiblemente el mismo material usado para la propia lente 1005. Preferiblemente, una parte del material dieléctrico puede tener un taladro central o alternativamente tener su radio externo reducido con el fin de proporcionar una sección de adaptación de impedancia entre la guía de ondas circular rellena de aire y el agujero de entrada relleno de dieléctrico.

Preferiblemente, un patrón axialmente simétrico de ranuras circulares 1050 es cortado en la superficie de la lente dieléctrica para ayudar a reducir los efectos de reflexiones internas dentro de la lente, de un modo conocido.

Con referencia a la figura 11a, se muestra una vista en planta de una antena de patrón de radiación conformado 1100 preferida para uso con una unidad terminal móvil 120,125. La antena 1100 preferida es una antena de lente dieléctrica conformada de modo rotacionalmente simétrico que comprende una parte de lente dieléctrica 1105, también hecha preferiblemente de PTFE, montada sobre una placa de montaje conductora 1110. La lente dieléctrica 1105 está conformada de acuerdo con una forma conocida diseñada para producir un patrón de potencia de radiación sustancialmente hemisférico.

Con referencia a la figura 11 b, se muestra una sección plana a través de la antena 1100, tomada a través del plano indicado por la línea B-B de la figura 11 a. La lente dieléctrica conformada 1105 está fijada a la placa de montaje conductora 1110 por medio de una parte anular saliente 1115 que engrana en un rebajo anular correspondiente 1118 previsto en la placa de montaje 1110. Se proporciona un agujero 1120 a través del centro de la placa de montaje 1110 como punto de entrada para un conjunto de guía de ondas 1125. El conjunto de guía de ondas 1125 es de diseño similar al usado (1025) con la antena RAU 1000 de la figura 10, aunque con un alimentador de diámetro más pequeño 1130 hacia la lente dieléctrica 1105 para dar un patrón de radiación más ancho y por lo tanto una iluminación más ancha de la lente 1105. Sin embargo, al proporcionar una iluminación más ancha dentro de la lente 1105, se ha encontrado que el efecto de reflexiones internas en el patrón de radiación es mayor que el que se produce con la antena RAU 1000, en particular en el patrón de radiación hacia los límites exteriores del campo entre 70º y 90º medidos respecto al eje de simetría de la lente. Se ha encontrado, sin embargo, que si una parte anular 1135 de un material absorbente de radiación, por ejemplo el material “Eccosorb AN-72”™ de Emerson & Cuming, es situada en un rebajo anular conformado hacia el borde exterior de la placa de montaje 1110, un rebajo conformado preferiblemente extendiendo la anchura del rebajo 1118 radialmente hacia fuera, entonces el efecto de las reflexiones internas puede ser

considerablemente reducido. Preferiblemente, la parte anular saliente 1115 de material dieléctrico junto con la parte anular de material absorbente 1135 rellenan conjuntamente el rebajo anular extendido 1118 en la placa de montaje 1110 para proporcionar una fijación segura de la lente dieléctrica 1105 al montaje 1110.

Como con la antena RAU 1000, la superficie de la lente dieléctrica 1105 de la antena de unidad terminal móvil 1100 está provista de un patrón de ranuras circulares 1140 para reducir reflexiones internas.

Aunque, en algunas aplicaciones, una única unidad terminal móvil 120, 125 puede requerir toda la anchura de banda de un canal de datos, en otras aplicaciones un número de unidades terminales móviles pueden compartir un canal de datos dado y el equipamiento de estación base asociado usando una combinación de multiplexación por división en tiempo (TDM, del inglés “Time Division Multiplexing”) y multiplexación por división en frecuencias (FDM, del inglés “Frequency Division Multiplexing”). Esto implicaría asignar intervalos de tiempo a un grupo de usuarios móviles que operan todos a una frecuencia. Habría un número de estos 'grupos' operando a frecuencias diferentes. Sin embargo, mientras que un sistema de radio celular convencional está diseñado para soportar comunicación de baja anchura de banda por millones de usuarios móviles, la disposición de acuerdo con realizaciones preferidas de la presente invención está destinada a números de usuarios del orden de cientos.

REIVINDICACIONES

1. Una estación base (100), aplicable para comunicar datos por un canal de comunicaciones bidireccional establecido con una unidad terminal móvil (120, 125), por medio de al menos una unidad de antena ('110) aplicable para comunicar de forma inalámbrica con la unidad terminal móvil, en que la estación base es aplicable para comunicar con dicha al menos una unidad de antena por un enlace de fibra óptica (115, 118), en que la estación base comprende:

un transmisor óptico (215) para generar y transmitir señales de datos ópticas de enlace descendente a dicha al menos una unidad de antena; y

un receptor óptico (245) para recibir señales de datos ópticas de enlace ascendente generadas por dicha al menos una unidad de antena (110) con respecto a dicho canal de comunicaciones,

en que dicho transmisor óptico comprende:

una fuente de luz (430) aplicable para generar una portadora óptica, y está caracterizada por:

un primer modulador electro-óptico (440) aplicable para modular dicha portadora óptica con una señal de oscilador de radiofrecuencia (435) para generar una señal de oscilador óptica que tiene una frecuencia adecuada para uso por dicha al menos una unidad de antena (110) en la generación de señales de datos ópticas de enlace ascendente; y

un segundo modulador electro-óptico (445), acoplado ópticamente al primer modulador electro-óptico (440), y aplicable para recibir la señal de oscilador óptica y modularla con una señal de datos de entrada de una frecuencia asignada con respecto a dicho canal de comunicaciones, para con ello generar y proporcionar de salida una señal de datos óptica de enlace descendente que comprende la señal de oscilador óptica modulada.

2. Una estación base según la reivindicación 1, en que cada uno de dichos moduladores electro-ópticos primero y segundo (440, 445) es un modulador óptico de Mach-Zehnder.

3. Una estación base según la reivindicación 2, en que dicho primer modulador óptico de Mach-Zehnder (440) está polarizado en el mínimo de su característica de transferencia de modo que la señal de oscilador óptica incluye una señal de oscilador que tiene el doble de frecuencia que la señal de oscilador de radiofrecuencia usada para modular la portadora óptica.

4. Una estación base según la reivindicación 2 o la reivindicación 3, en que el segundo modulador óptico de Mach-Zehnder (445) está polarizado en el punto de cuadratura de su característica de transferencia.

5. Una estación base según cualquier reivindicación precedente, en que dicho receptor óptico (245) comprende un medio fotorreceptor (225) para detectar señales de datos ópticas de enlace ascendente recibidas por dicho enlace de fibra óptica (118) desde dicha al menos una unidad de antena (110) y para separar señales relativas a dicho canal de comunicaciones de aquéllas de otros canales.

6. Un sistema de comunicaciones que comprende una estación base según cualquier reivindicación precedente.

7. Un sistema según la reivindicación 6 que incluye una unidad de antena que comprende:

un fotodetector (310) para convertir una señal de datos óptica de enlace descendente recibida en una señal de radiofrecuencia; y

un medio (312) para separar dicha señal de radiofrecuencia en una señal de datos para transmisión inalámbrica por la unidad de antena y una señal de oscilador local para uso dentro de la unidad de antena para generar señales de datos ópticas de enlace ascendente.

8. Un sistema según la reivindicación 7, en que la unidad de antena comprende además:

un receptor para recibir una señal de datos de radiofrecuencia transmitida por una unidad terminal móvil;

un convertidor (330) para convertir la señal de datos de radiofrecuencia recibida, usando la señal de oscilador local, en una señal de datos de frecuencia intermedia; y

un transmisor óptico (335) para generar una señal de datos óptica de enlace ascendente para transportar la señal de datos de frecuencia intermedia a la estación base (100).

9. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, que comprende una unidad terminal móvil que tiene:

un modulador (815) aplicable para modular una señal de datos de entrada;

un medio de conversión de señales (835) para convertir la señal de datos de entrada modulada en una señal de datos de enlace ascendente que tiene una frecuencia dentro de un rango de frecuencia predeterminado asignado con respecto a un canal de comunicaciones; y

un transmisor (850) aplicable para transmitir de forma inalámbrica la señal de datos de enlace ascendente por la al menos una unidad de antena ligada a la estación base.

10. Un sistema según la reivindicación 9, en que el medio de conversión de señales comprende:

un oscilador local (840) aplicable a una frecuencia correspondiente a la de una señal de oscilador proporcionada de salida por la estación base en una señal de datos óptica de enlace descendente; y

un mezclador (835) aplicable para mezclar una señal de oscilador proporcionada de salida por el oscilador local con la señal de datos modulada proporcionada de salida por el modulador para generar la señal de datos de enlace ascendente.

11. Un método para comunicar datos por un canal de comunicaciones bidireccional establecido entre una estación base (100) y una unidad terminal móvil (120, 125), por medio de al menos una unidad de antena (110) que está ligada a dicha estación base (100) por medio de un enlace de fibra óptica (115, 118) y es aplicable para comunicar de forma inalámbrica con dicha unidad terminal móvil, en que el método comprende los pasos de:

(i) en un primer modulador electro-óptico (440) dentro de dicha estación base, modular una portadora óptica con la salida de un oscilador de radiofrecuencia (435) para generar una señal de oscilador óptica que tiene una frecuencia adecuada para el uso por dicha al menos una unidad de antena (110) para generar señales de datos ópticas de enlace ascendente;

(ii) recibir la señal de oscilador óptica en un segundo modulador electro-óptico (445) dentro de dicha estación base, ligado ópticamente al primer modulador electro-óptico (440), modular la señal de oscilador óptica con una señal de datos modulada de entrada de una frecuencia asignada con respecto a dicho canal de comunicaciones para generar una señal de datos óptica de enlace descendente;

(iii) transportar la señal de datos óptica de enlace descendente por medio de dicho enlace de fibra óptica (115) a dicha al menos una unidad de antena (110); y

(iv) en dicha al menos una unidad de antena (110), convertir la señal de datos óptica de enlace descendente en una señal de datos de radiofrecuencia para transmisión inalámbrica y una señal de oscilador local para uso dentro de la unidad de antena para generar señales de datos ópticas de enlace ascendente.

12. Un método según la reivindicación 11, que comprende además los pasos de:

(v) recibir, en dicha al menos una unidad de antena (110), una señal de datos modulada transmitida por dicha unidad terminal móvil (120, 125) por dicho canal de comunicaciones y, usando la señal de oscilador local del paso (iv), convertir la señal de datos modulada recibida en una señal de datos de frecuencia intermedia; y

(vi) transmitir la señal de datos de frecuencia intermedia como señal de datos óptica de enlace ascendente a dicha estación base por dicho enlace de fibra óptica (118).

Fig.1.

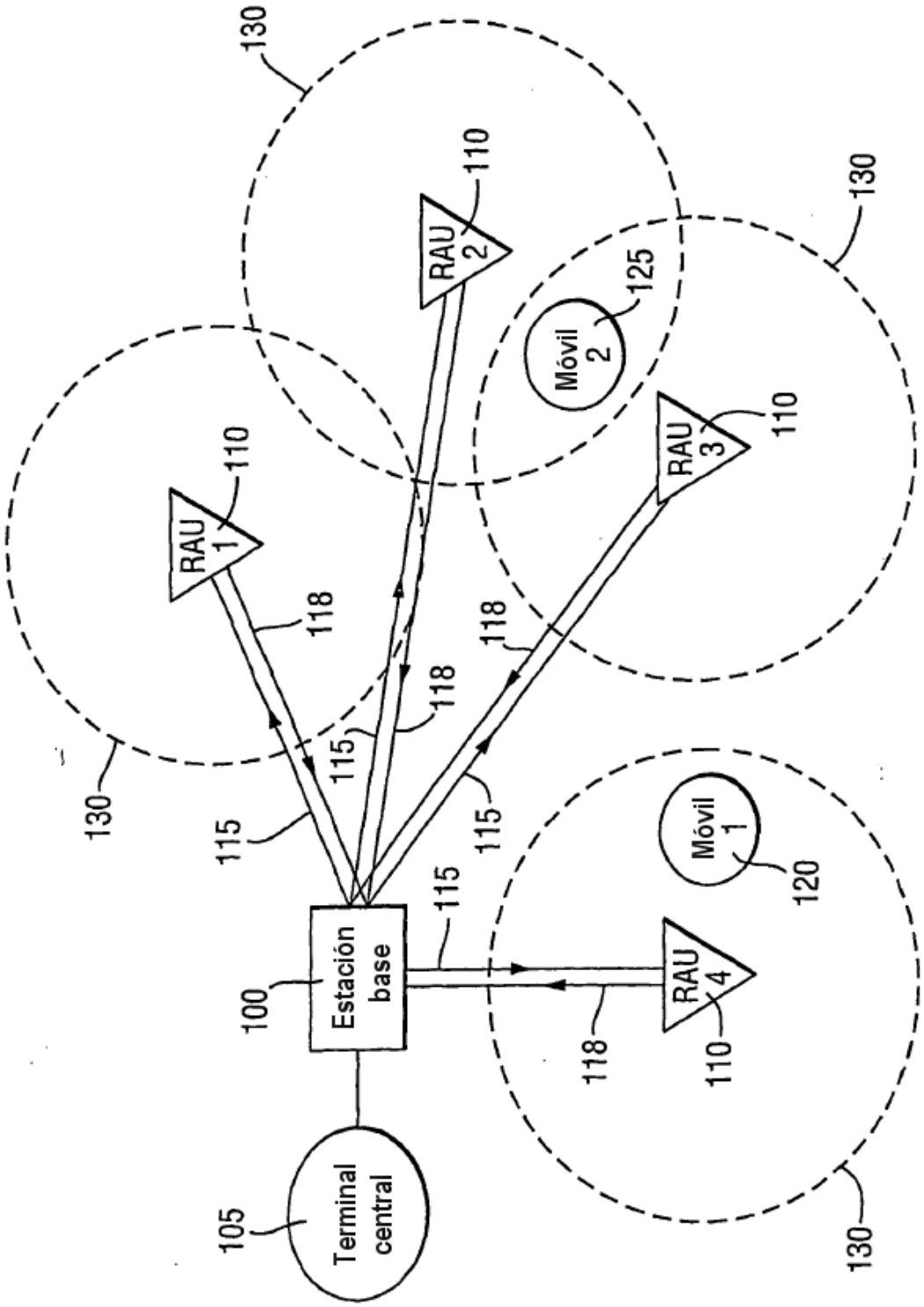

Terminal central
105
Estación base
100
115
118
RAU 1
110
RAU 2
110
RAU 3
110
RAU 4
110
Móvil 1
120
Móvil 2
125
130

Fig.2.

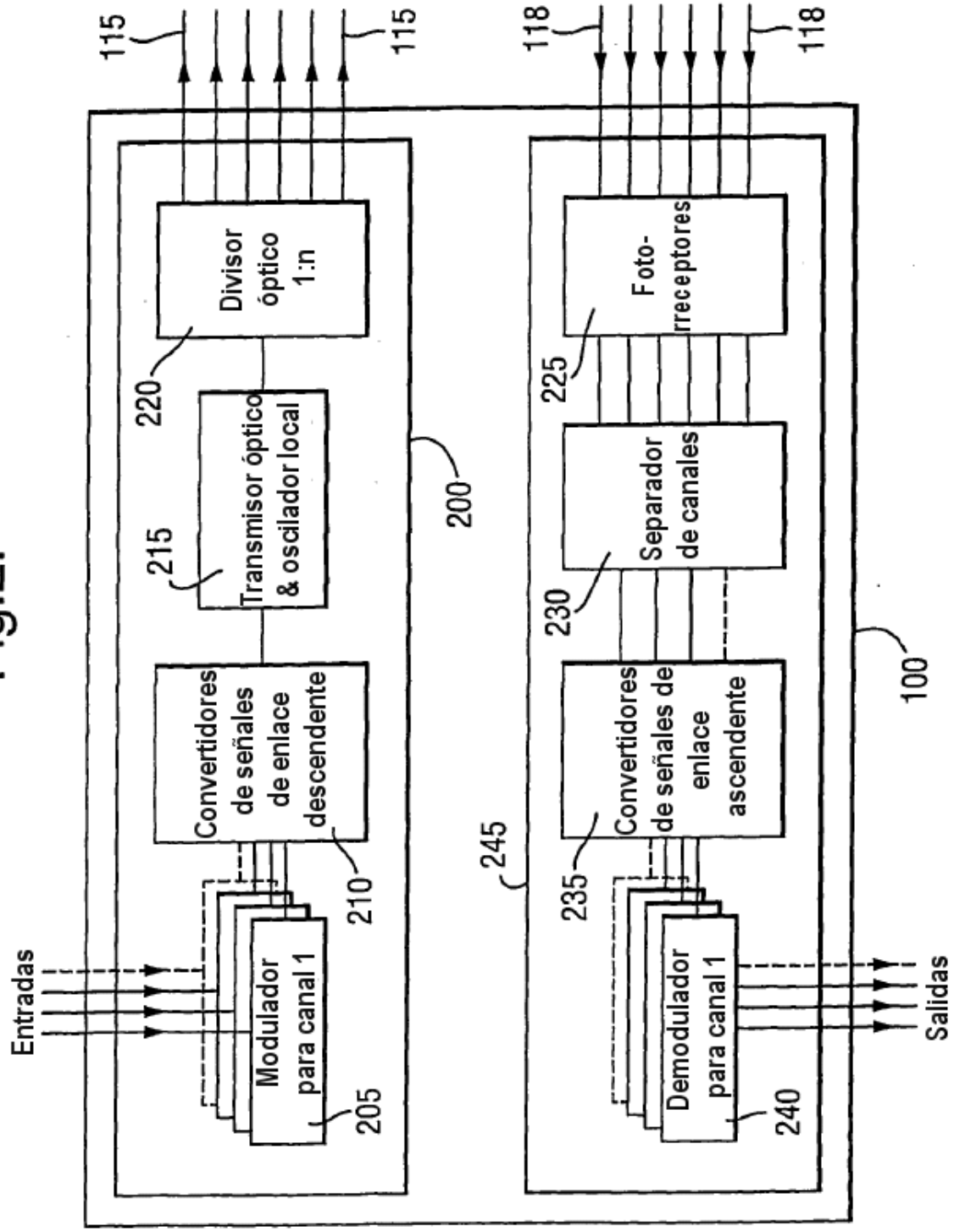

115
115
118
118
Divisor óptico 1:n
220
Transmisor óptico & oscilador local
215
Convertidores de señales de enlace descendente
210
Modulador para canal 1
205
Entradas
200
Foto-rreceptores
225
Separador de canales
230
Convertidores de señales de enlace ascendente
235
Demodulador para canal 1
240
Salidas
245
100

Fig.3.

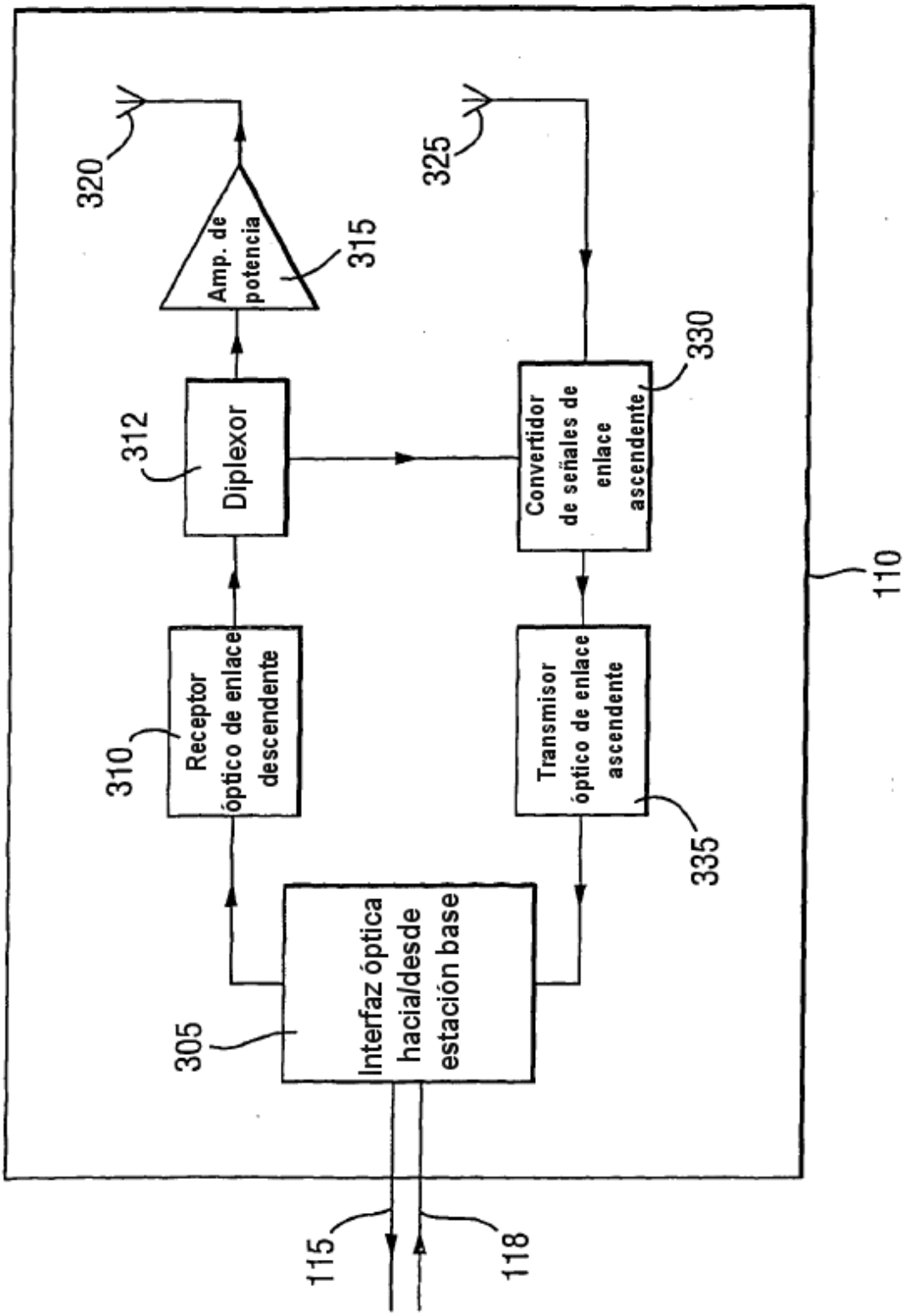
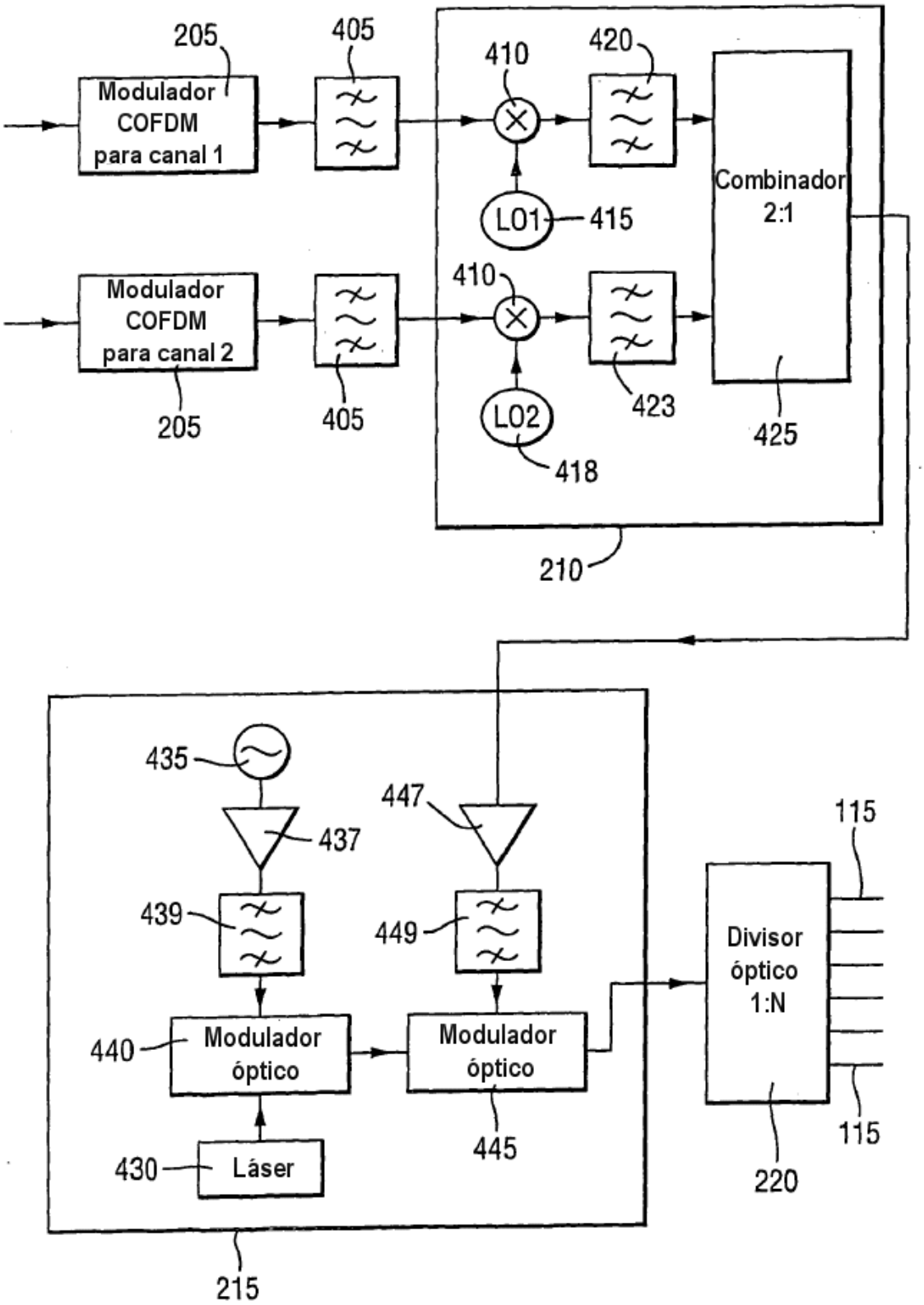

320
Amp. de potencia
315
312
Diplexor
310
Receptor óptico de enlace descendente
305
Interfaz óptica hacia/desde estación base
115
118
325
330
Convertidor de señales de enlace ascendente
335
Transmisor óptico de enlace ascendente
110

Fig.4.


205
405
410
420
Modulador COFDM para canal 1
LO1
415
Combinador 2:1
410
Modulador COFDM para canal 2
LO2
423
205
405
425
418
210
435
447
437
115
439
449
Divisor óptico 1:N
440
Modulador óptico
Modulador óptico
445
115
430
Láser
220
215

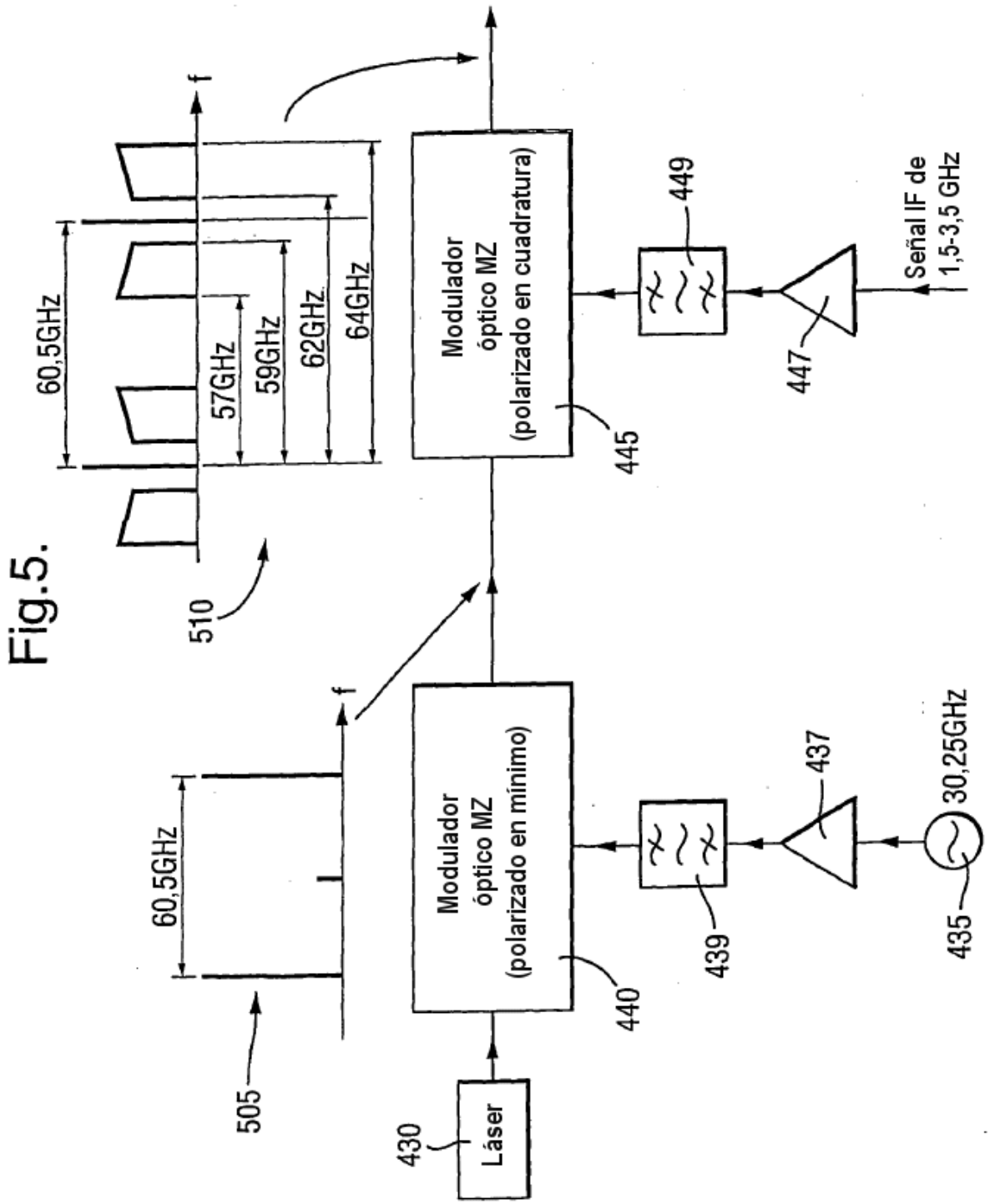


Fig.5.
60,5GHz
57GHz
59GHz
62GHz
64GHz
f
510
Modulador
óptico MZ
(polarizado en cuadratura)
445
449
447
Señal IF de
1,5-3,5 GHz
60,5GHz
f
505
Modulador
óptico MZ
(polarizado en mínimo)
440
439
437
30,25GHz
435
430
Láser

Fig.6.

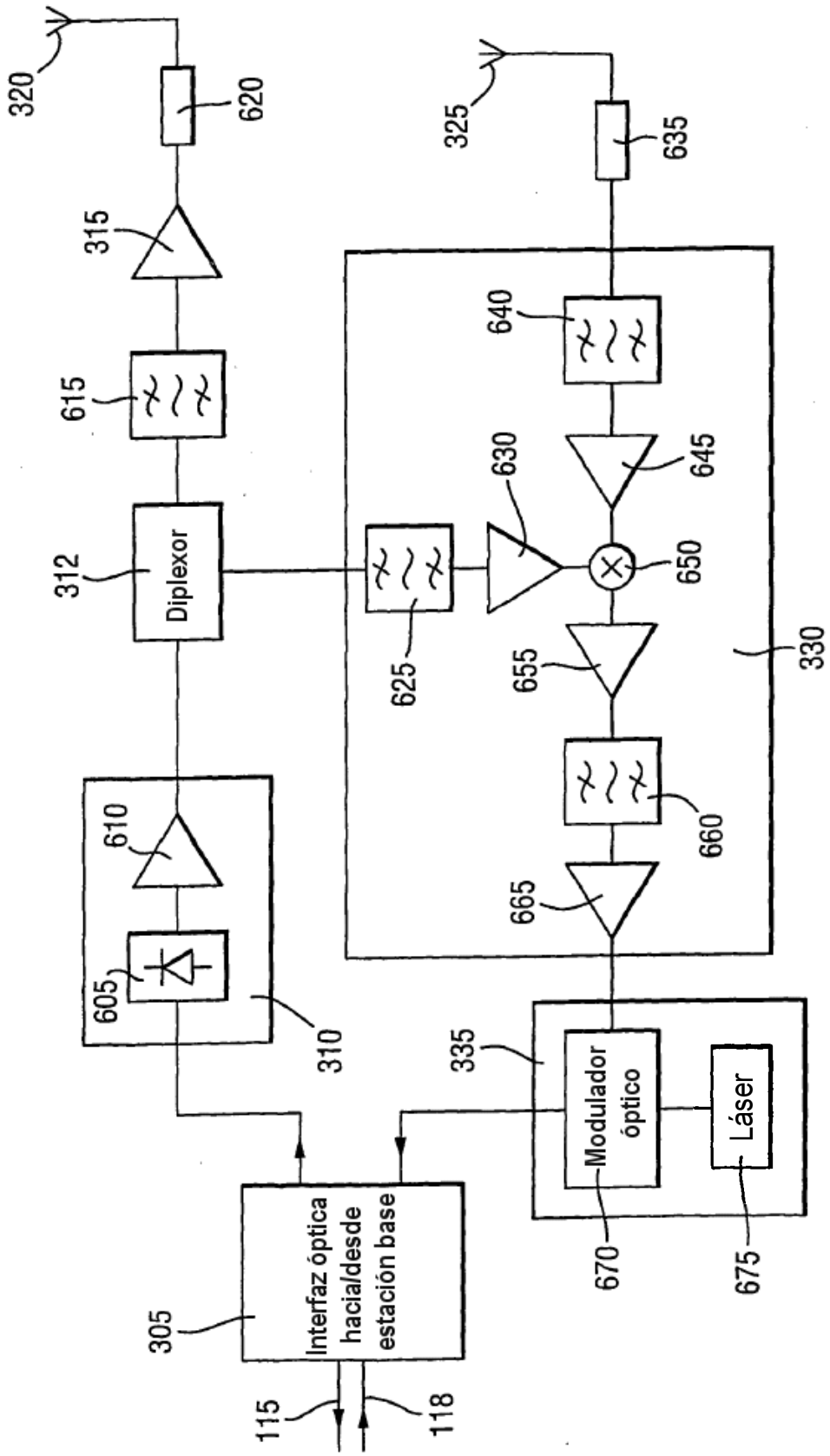

320
620
315
615
312
Diplexor
610
605
310
305
Interfaz óptica
hacia/desde
estación base
115
118
325
635
640
645
630
650
625
655
660
665
330
335
Modulador
óptico
Láser
670
675

Fig.7.

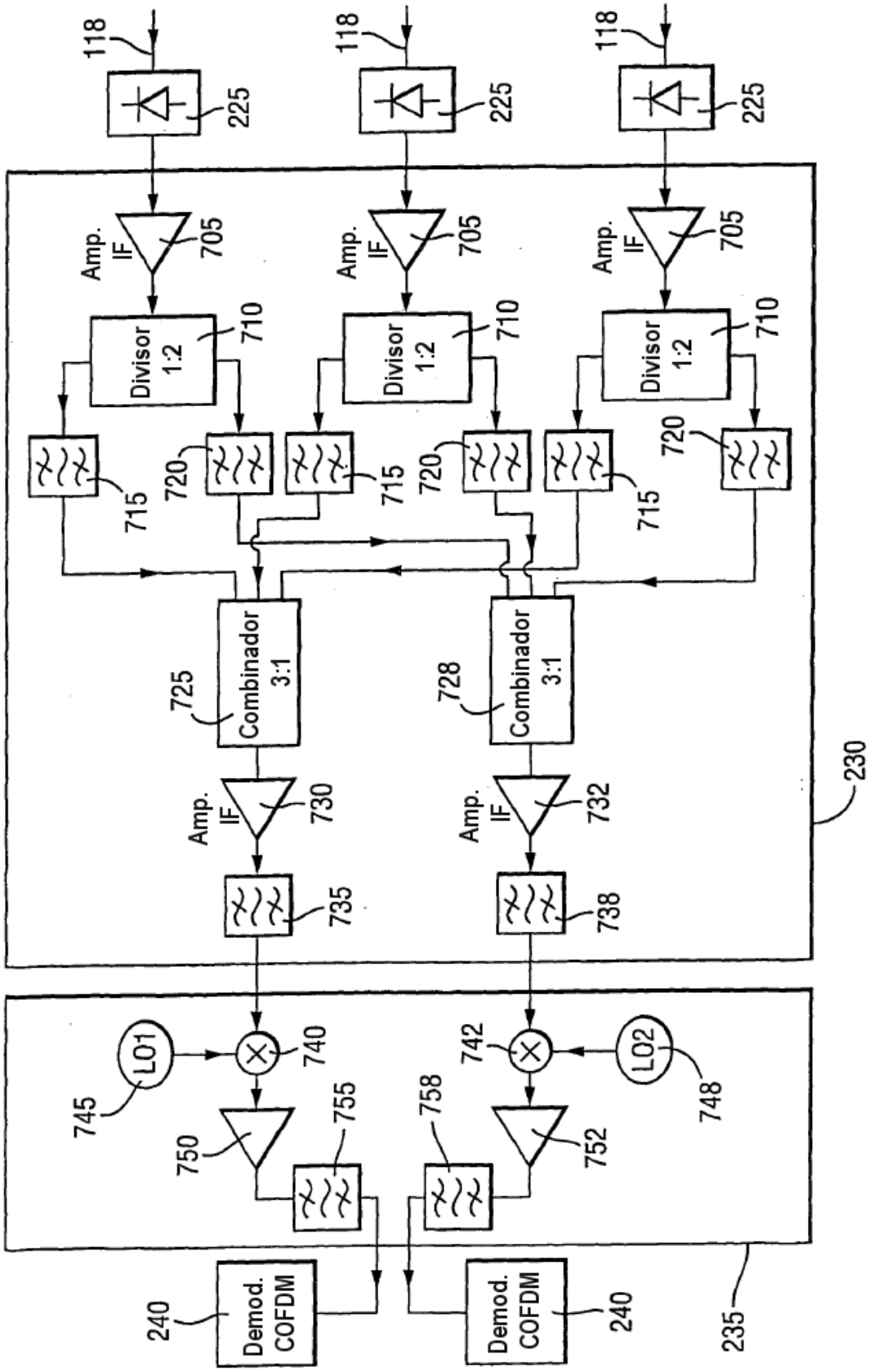

118
225
Amp. IF
705
Divisor 1:2
710
715
720
Combinador 3:1
725
728
730
732
735
738
230
LO1
LO2
740
742
745
748
750
752
755
758
Demod. COFDM
240
235

Fig.8.

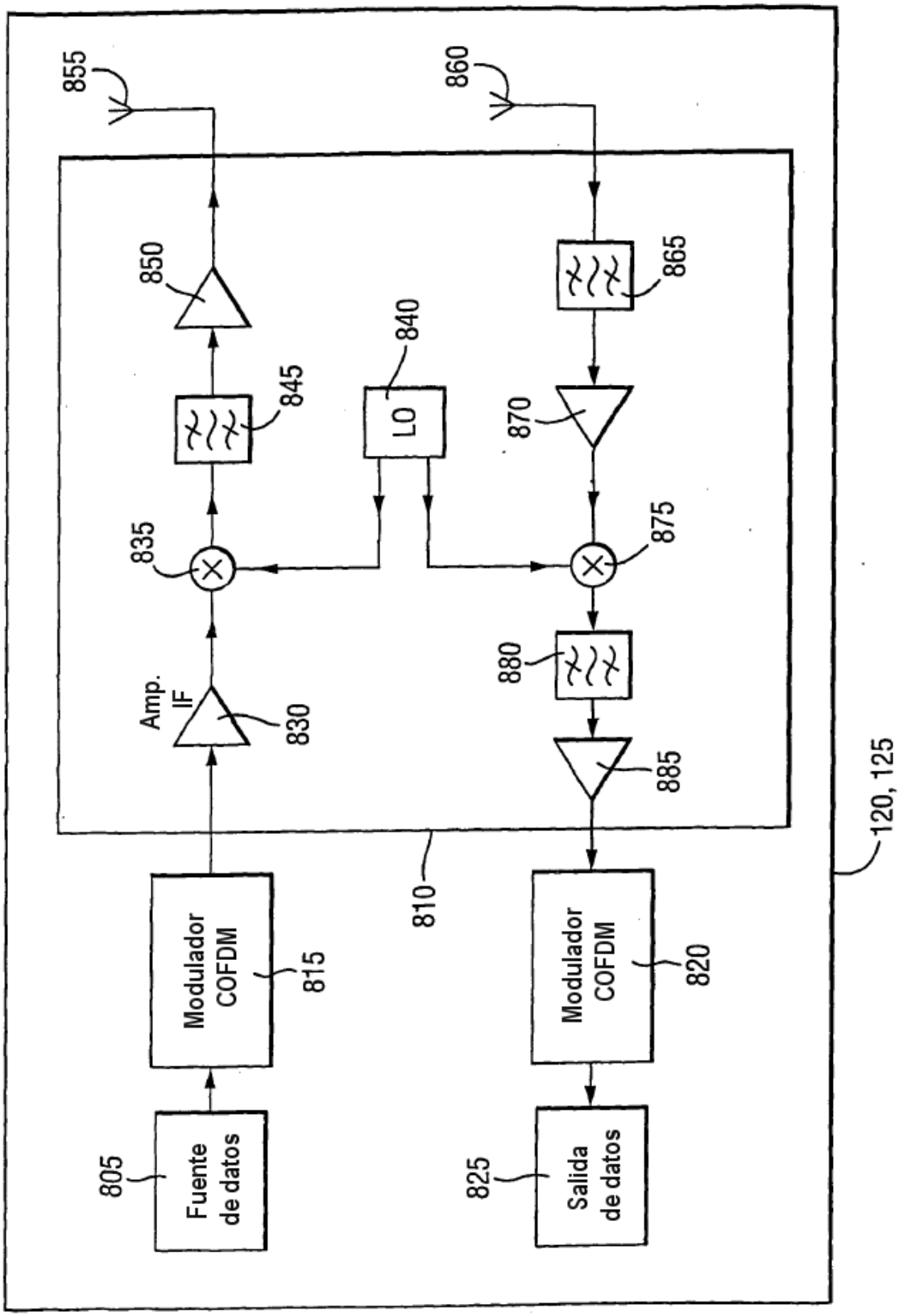

855
860
850
865
840
845
LO
870
835
875
Amp.
IF
830
880
885
120, 125
810
Modulador
COFDM
815
Modulador
COFDM
820
805
Fuente
de datos
825
Salida
de datos

Fig.9.

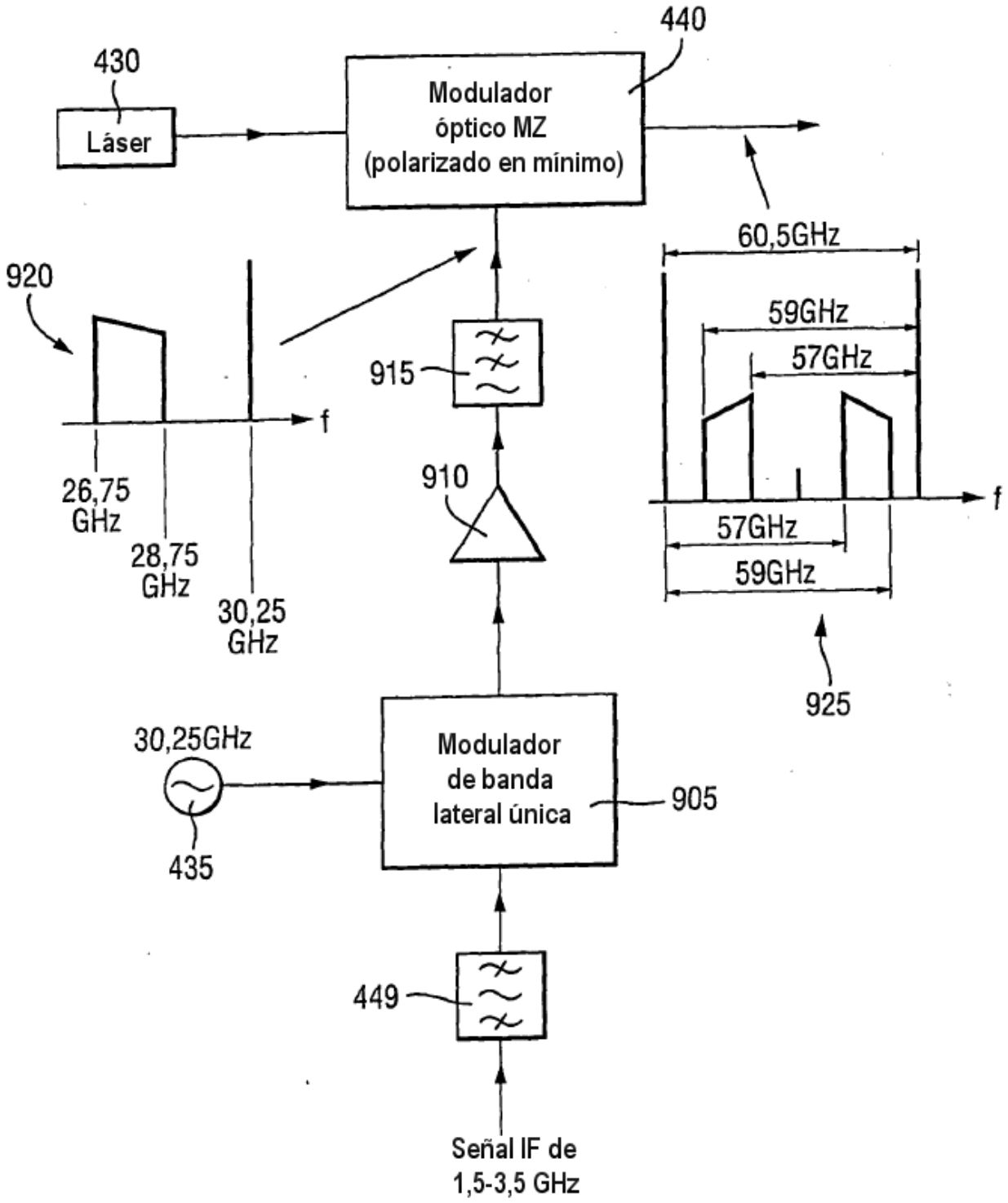

440
430
Láser
Modulador
óptico MZ
(polarizado en mínimo)
60,5GHz
920
59GHz
57GHz
915
f
26,75
GHz
28,75
GHz
30,25
GHz
910
57GHz
59GHz
f
925
30,25GHz
Modulador
de banda
lateral única
905
435
449
Señal IF de
1,5-3,5 GHz

Fig.10a.

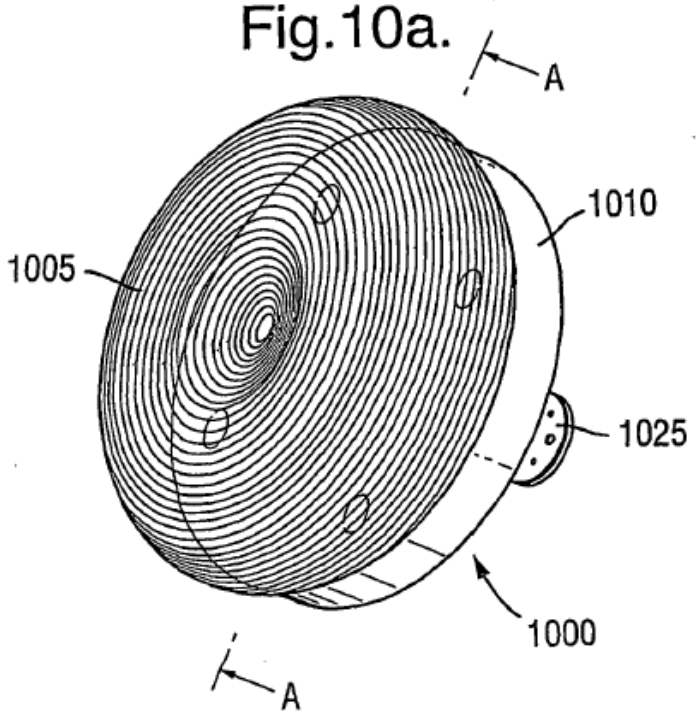


Fig.10b.

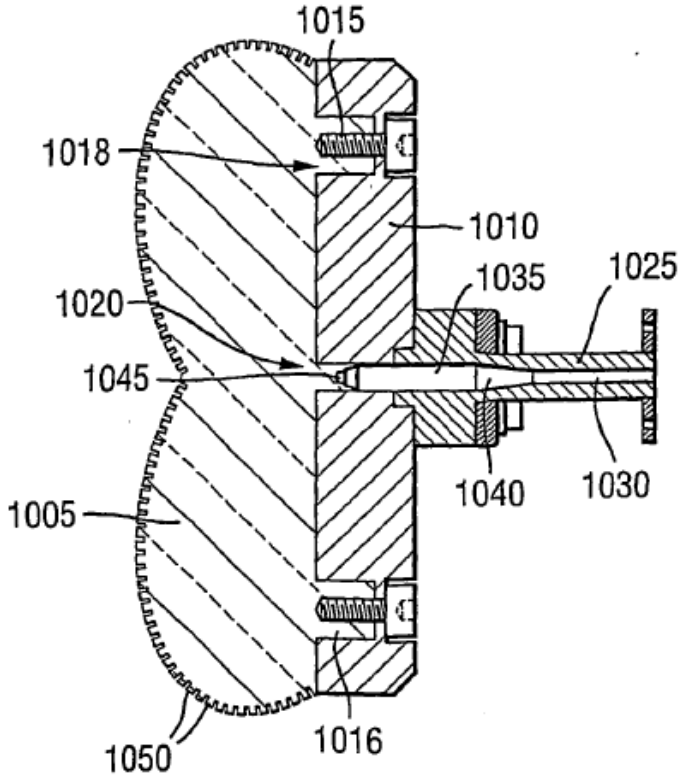


Fig.11a.

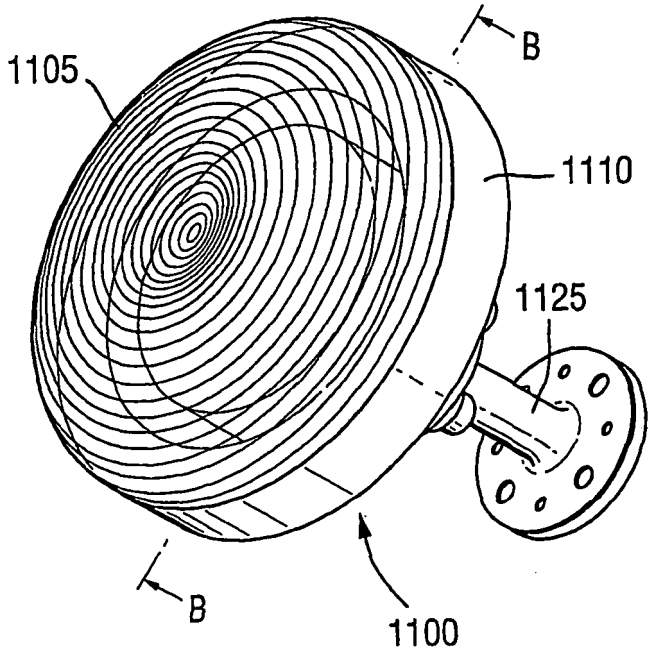
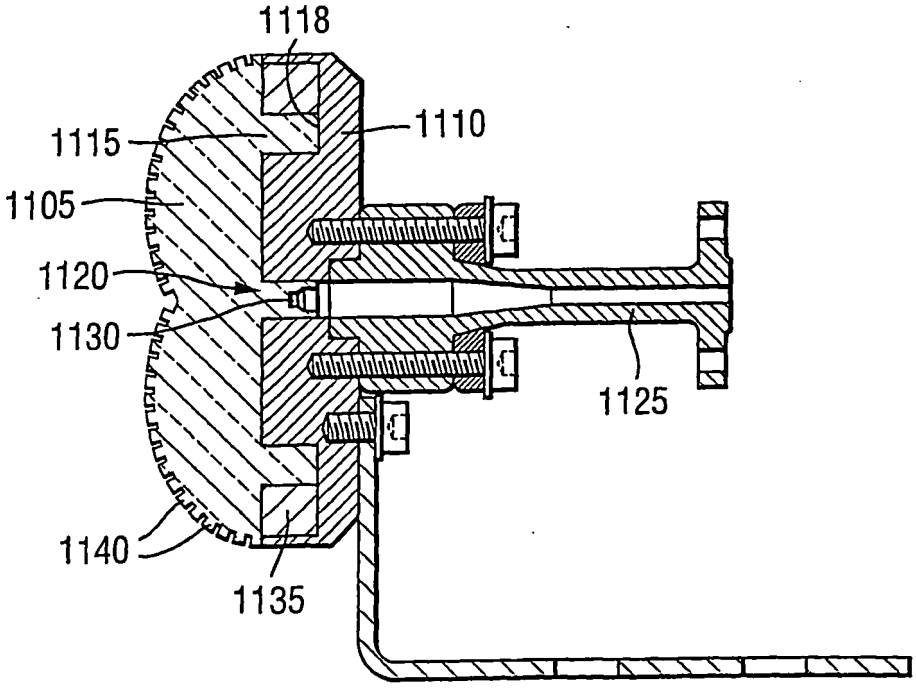



Fig.11b.