

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 405 731**

51 Int. Cl.:

**H04B 3/54**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2006 E 06788973 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2013 EP 1915822**

54 Título: **Gestión de espectros de señales moduladas en una red de comunicación**

30 Prioridad:

**26.07.2006 US 493382**

**27.07.2005 US 702717 P**

**02.08.2005 US 705720 P**

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

**03.06.2013**

73 Titular/es:

**QUALCOMM ATHEROS, INC. (100.0%)**

**1700 Technology Drive**

**San Jose, CA 95110, US**

72 Inventor/es:

**YONGE, III, LAWRENCE W.**

74 Agente/Representante:

**URÍZAR ANASAGASTI, José Antonio**

**ES 2 405 731 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).

**Gestión de espectros de señales moduladas en una red de comunicación****Descripción****Campo técnico**

5

**[0001]** La invención se refiere a la gestión de espectros de señales moduladas en una red de comunicación.

**ANTECEDENTES**

10

**[0002]** Varios tipos de sistemas de comunicación transmiten señales que se pueden emitir en una porción del espectro electromagnético y provocan interferencias con dispositivos que operan en esa porción del espectro electromagnético (por ejemplo, bandas espectrales de radiofrecuencia (RF)). En algunos casos, los requisitos reglamentarios para ciertas regiones geográficas (por ejemplo, impuesto por gobiernos) imponen limitaciones sobre la potencia que puede ser emitida en ciertas regiones espectrales, tales como bandas de radioaficionado. Algunos sistemas son sistemas inalámbricos que se comunican entre estaciones utilizando ondas de radio moduladas con información. Otros sistemas son sistemas por cable que se comunican usando señales transmitidas por un medio cableado, pero el medio cableado puede emitir en bandas espectrales restringidas potencia suficiente para potencialmente causar interferencias.

15

20

**[0003]** Las estaciones de comunicación puede configurarse para evitar usar o limitar la cantidad de potencia que es emitida en ciertas bandas espectrales restringidas. Alternativamente, las estaciones de comunicación pueden ser configuradas para ajustar las regiones espectrales usadas para la comunicación, basándose en si la estación está en funcionamiento en un entorno en el que pueden producirse interferencias. Por ejemplo, la multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), también conocida como Multi Tono Discreta (DMT), es una técnica de modulación de señal de espectro ensanchado en la que se subdivide el ancho de banda disponible en una serie de canales de banda estrecha de baja velocidad de datos o "portadores". Para obtener alta eficiencia espectral, los espectros de los portadores se solapan y son ortogonales entre sí. Los datos se transmiten en forma de símbolos que tienen una duración predeterminada y comprenden un cierto número de portadores. Los datos transmitidos en estos portadores pueden ser modulados en amplitud y/o fase, utilizando esquemas de modulación tales como Desplazamiento de Fase Binaria (BPSK), Desplazamiento de Fase Cuadrafásica (QPSK), o Modulación de Amplitud en Cuadratura de m-bits (m-QAM). Un ejemplo de un sistema en el que los portadores pueden ser desactivados para evitar posibles interferencias se describe con más detalle en la patente US 6.278.685, que se incorpora aquí por referencia. En este sistema, después de que uno o más portadores se desactivan, las funciones de modulación (por ejemplo, un mecanismo de desplazamiento de entrelazado) se ajustan para un diferente número de portadores utilizables.

25

30

35

40

**[0004]** US. 2002/0105901 describe un sistema y método conformación de onda de señal para control de espectro de una señal OFDM. El método comprende recibir un cuadro de entrada de muestras de datos para ser modulados en señales de multi-portador ortogonal, realizar el filtrado en el dominio de la frecuencia y el enmascaramiento de espectro del cuadro de entrada de muestras de datos, y modular las respectivas muestras de datos modificadas en frecuencia sobre una pluralidad de portadores. US. 6.209.000 describe un esquema codificador/decodificador para la transmisión robusta de información de control del cuadro de capa PHY (para soportar el acceso al medio) en los marcos OFDM (o paquetes).

**[0005]** US 6.647.250 describe un sistema y método para asegurar la recepción de una señal de comunicación. Una señal modulada de banda base con información deseada es aceptada, y se genera una pluralidad de espectros redundantes. Cada espectro redundante comprende la necesaria información de amplitud, fase y frecuencia para reconstruir sustancialmente la señal de banda de modulación. US 2002/0015477 describe un sistema de comunicación que incluye una red de distribución híbrida de fibra/coaxial.

## RESUMEN

**[0006]** En un aspecto, en general, la invención presenta un método que incluye modular información en componentes de frecuencia de una señal. La señal modulada resultante incluye al menos alguna redundancia en la frecuencia que permite que una parte de la información modulada sobre componentes de la frecuencia seleccionada sea recuperada desde menos que todos los componentes de frecuencia seleccionados. El método incluye controlar el espectro de la señal modulada, incluyendo permitir que la amplitud de al menos algunos componentes de frecuencia de la señal modulada sean fijados por debajo de una amplitud predeterminada utilizada para la modulación de la información.

**[0007]** Aspectos de la invención pueden incluir una o más de las siguientes características.

**[0008]** Modular una parte de la información sobre componentes de frecuencia seleccionados comprende modular datos redundantes de los cuales la parte de la información puede ser descodificada en respectivos componentes de frecuencia que tienen diferentes frecuencias centrales.

**[0009]** La señal comprende una pluralidad de símbolos, y al menos algunos de los componentes de frecuencia respectivos están en símbolos diferentes.

**[0010]** Los datos redundantes comprenden uno o más bits codificados asociados con la información.

**[0011]** El uno o más bits codificados comprenden bits de datos que representan la información.

**[0012]** El uno o más bits codificados comprenden bits de paridad usados para decodificar la información.

**[0013]** Las frecuencias centrales se expanden aproximadamente de manera uniforme sobre la mayor parte de un conjunto de componentes de frecuencia disponibles para modular la información.

**[0014]** El método comprende además transmitir la señal modulada desde un primer nodo a un segundo nodo.

**[0015]** El primer nodo y el segundo nodo almacenan cada uno la información identificando el conjunto de componentes de frecuencia disponibles para la modulación de la información.

5 **[0016]** El segundo nodo es capaz de recuperar la parte de la información sin necesidad de recibir información de la primera estación indicando si cualquiera de los componentes de frecuencia seleccionados se han establecido por debajo de la amplitud predeterminada utilizada para modular la información.

10 **[0017]** El método comprende, además, desmodular cada uno de los componentes de frecuencia seleccionados, y usar el resultante de la información desmodulada para recuperar la porción de la información.

**[0018]** Recuperación la parte de la información comprende descodificar la información desmodulada.

15 **[0019]** La amplitud de al menos uno de los componentes de frecuencia seleccionados se ha fijado por debajo de la amplitud predeterminada utilizada para modular la información.

**[0020]** La amplitud predeterminada utilizada para la modulación de la información comprende una amplitud correspondiente a una constelación de modulación por desplazamiento de fase.

20 **[0021]** La amplitud predeterminada utilizada para modular la información comprende una de una pluralidad de amplitudes correspondiente a una constelación de modulación de amplitud en cuadratura.

**[0022]** Establecer la amplitud de uno de los componentes de frecuencia por debajo de la amplitud predeterminada utilizada para modular la información comprende establecer la amplitud del componente de frecuencia por debajo de un límite basado en una restricción en la potencia que puede ser emitida en una parte del espectro de la señal modulada en la que el  
25 componente de frecuencia se encuentra.

**[0023]** La restricción en la potencia se basa en una prohibición de interferir con una entidad autorizada.

**[0024]** El método comprende además establecer la amplitud del componente de frecuencia por debajo del límite en respuesta a la detección de una transmisión de una entidad autorizada.

30 **[0025]** Establecer la amplitud de uno de los componentes de frecuencia por debajo de la amplitud predeterminada utilizada para modular la información comprende inhabilitar el componente de frecuencia.

**[0026]** El método comprende además seleccionar los componentes de frecuencia de la señal de acuerdo a un conjunto de frecuencias disponibles que excluye al menos algunas frecuencias  
35 en una gama de frecuencias.

**[0027]** Las frecuencias excluidas corresponden a frecuencias que pueden interferir con entidades autorizadas en una región.

**[0028]** En otro aspecto, en general, la invención incluye un transmisor. El transmisor incluye un módulo codificador incluyendo circuitos para codificar de forma redundante información a  
40 modular sobre componentes de frecuencia de una señal, la señal modulada resultante

incluyendo al menos alguna redundancia en la frecuencia que permite que una parte de la información modulada sobre componentes seleccionados de frecuencia se recupere de unos pocos menos que todos los componentes de frecuencia seleccionados. El transmisor también incluye un módulo de conformación espectral incluyendo circuitos para controlar el espectro de la señal modulada, incluyendo permitir que la amplitud de al menos algunos componentes de frecuencia de la señal modulada se establezca por debajo de una predeterminada amplitud utilizada para modular la información.

**[0029]** Entre las muchas ventajas de la invención (algunas de los cuales se pueden lograr solamente en algunos de sus diversos aspectos y realizaciones) están los siguientes.

**[0030]** La técnica de enmascarar amplitud puede usarse para preservar la interoperabilidad entre la red local de un usuario (por ejemplo, una línea eléctrica de un hogar con una red de dispositivos tales como ordenador, puente Ethernet, TV, DVR, etc) y una red de acceso de un proveedor de servicios, por ejemplo. El proveedor de servicios puede necesitar limitar la potencia transmitida en una determinada banda del espectro debido a restricciones como la prohibición de interferir con una entidad autorizada. La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) puede requerir que el proveedor del servicio sea capaz de tener una manera de detener la transmisión de potencia en una banda espectral dada si interfiere con una entidad autorizada, tal como un dispositivo de radioaficionado o una estación de radio, por ejemplo. La técnica de enmascarar amplitud permite al proveedor de servicio ajustar el espectro transmitido preservando al mismo tiempo la comunicación sin necesitar negociar un cambio en el esquema de modulación con estaciones receptoras.

**[0031]** Por ejemplo, si un proveedor de servicios ya está en comunicación con un dispositivo de usuario utilizando un conjunto dado de portadores, y el proveedor de servicio necesita inhabilitar uno o más de los portadores, la técnica de enmascarar amplitud permite que el proveedor de servicio detenga la emisión de potencia en un portador que interfiere mientras sigue usando ese portador en un esquema de modulación acordado con la estación del usuario. Dado que el enmascarar amplitud cambia la amplitud de portadores seleccionados, pero no elimina esos portadores del esquema de modulación, la técnica de enmascarar amplitud evita la sobrecarga de comunicación de la actualización de los parámetros de modulación (por ejemplo, la máscara de tono) antes de ajustar el espectro transmitido.

**[0032]** Otras características y ventajas de la invención se encontrarán en la descripción detallada, dibujos y reivindicaciones.

## DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

### **[0033]**

La figura. 1 es un diagrama esquemático de una configuración de red.

La figura. 2 es un diagrama de bloques de un sistema de comunicación.

La figura. 3 es un diagrama de bloques de un módulo codificador.

La figura. 4 es un diagrama de bloques de un módulo de modulación.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

5 [0034] Hay muchas realizaciones posibles de la invención, demasiadas para describirse aquí. Algunas posibles realizaciones que son actualmente preferidas se describen a continuación. No se puede enfatizar demasiado, sin embargo, que éstas son descripciones de las realizaciones de la invención, y no descripciones de la invención, que no se limita a las realizaciones detalladas descritas en esta sección, pero se describe en términos más amplios en las  
10 reivindicaciones.

[0035] Como se muestra en la figura. 1, una configuración de red 100 proporciona un medio de comunicación compartido 110 para una serie de estaciones de comunicación 102A - 102E (por ejemplo, dispositivos de ordenador, o dispositivos audiovisuales) para comunicarse entre sí. El medio de comunicación 110 puede incluir uno o más tipos de medios físicos de comunicación  
15 tales como cable coaxial, par trenzado sin blindaje, líneas eléctricas, o canales inalámbricos, por ejemplo. La configuración de la red 100 también puede incluir dispositivos tales como puentes o repetidores. Las estaciones de comunicación 102A 102E se comunican entre sí utilizando una capa física predeterminada (PHY) y protocolos de comunicación de capa de control de acceso al medio (MAC) utilizados por módulos de interfaz de red 106. La capa MAC  
20 es una sub-capa de la capa de enlace de datos y proporciona una interfaz para la capa PHY, de acuerdo con el estándar de arquitectura de red Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI), por ejemplo. La configuración de la red 100 puede tener cualquiera de una variedad de topologías de red (por ejemplo, bus, árbol, estrella, malla).

[0036] Las estaciones usan una técnica de enmascarar amplitud, que se describe con más  
25 detalle más adelante, para la gestión de los espectros de señales moduladas sin necesidad de intercambiar información entre estaciones que indica qué portadores están en uso o desactivados. La técnica de enmascarar amplitud se utiliza con un esquema de codificación redundante que distribuye los datos a través de múltiples portadoras de modo que la estación pueda controlar el espectro de señales moduladas con una alta probabilidad de que los datos  
30 modulados pueden ser recuperados utilizando información redundante.

[0037] En algunas realizaciones, los módulos de interfaz de red 106 usan protocolos que incluyen características para mejorar el rendimiento cuando la configuración de red 100 incluye un medio de comunicación 110 que presenta características de transmisión variables. Por ejemplo, el medio de comunicación 110 puede incluir líneas de alimentación CA en una casa,  
35 opcionalmente acopladas a otros medios (por ejemplo, líneas de cable coaxial).

[0038] Los sistemas de comunicación por cable eléctrico utilizan cables CA existentes para el intercambio de información. Debido a que son diseñados para transmisiones de frecuencia mucho más baja, el cableado CA proporciona características variables de canal en las frecuencias más altas usadas para transmisión de datos (por ejemplo, dependiendo del  
40 cableado y la disposición real). Para aumentar la velocidad de datos entre diversos enlaces, las

estaciones ajustan sus parámetros de transmisión dinámicamente. Este proceso se denomina adaptación de canal. La adaptación de canal da lugar a información de adaptación especificando un conjunto de parámetros de transmisión que pueden ser usados en cada enlace. La información de adaptación incluye parámetros tales como las frecuencias utilizadas, su modulación y la corrección de errores sin canal de retorno (FEC) que se utilizan.

**[0039]** El canal de comunicación entre dos estaciones cualesquiera proporcionadas por el medio de comunicación 110 puede exhibir características variables de canal tales como la variación periódica de las características de ruido y la respuesta de frecuencia. Para mejorar el rendimiento y la estabilidad de la calidad de servicio en presencia de las características variables de canal, las estaciones pueden sincronizar la adaptación del canal con la frecuencia de la línea de CA (por ejemplo, 50 o 60 Hz). Hay normalmente variaciones en la fase y frecuencia del ciclo de línea CA desde la planta de generación de energía y ruido local y cambios de carga. Esta sincronización permite a las estaciones el uso de una adaptación optimizada constante del canal para una región de fase particular del ciclo de línea CA. Un ejemplo de este tipo de sincronización se describe en la Solicitud de patente US 11/337,946, incorporada aquí por referencia.

**[0040]** Otro aspecto de mitigar posibles deterioros causados por las características variables de canal implica el uso de un formato robusto de modulación de señal tal como OFDM. Un sistema de comunicación ejemplar que utiliza modulación OFDM se describe a continuación.

**[0041]** Cualquiera de una variedad de arquitecturas de sistemas de comunicación puede usarse para implementar la porción del módulo de interfaz de red 106 que convierte datos a y desde una forma de onda de señal que se transmite por el medio de comunicación. Una aplicación que se ejecuta en una estación ofrece y recibe datos a y desde el módulo de interfaz de red 106 en segmentos. Una "Unidad de Datos de Protocolo MAC" (MPDU) es un segmento de información que incluye campos de sobrecarga y carga útil que la capa MAC ha solicitado a la capa PHY que transporte. Una MPDU puede tener cualquiera de una variedad de formatos en base al tipo de datos que se transmiten. Una "Unidad de Datos de Protocolo PHY (PPDU)" se refiere a la forma de onda de señal modulada que representa un MPDU que se transmite por la línea de potencia.

**[0042]** En la modulación OFDM, los datos se transmiten en forma de "símbolos" OFDM. Cada símbolo tiene un tiempo predeterminado de duración o símbolo de tiempo  $T_s$ . Cada símbolo se genera a partir de una superposición de  $N$  formas de onda portadora sinusoidal que son ortogonales entre sí y forman los portadores OFDM. Cada portador tiene un pico de frecuencia  $f_i$  y una fase  $\Phi_i$  medida desde el principio del símbolo. Para cada uno de estos portadores ortogonales entre sí, un número completo de periodos de la forma de onda sinusoidal está contenido dentro del símbolo de tiempo  $T_s$ . De manera equivalente, cada frecuencia de portador es un múltiplo entero de un intervalo de frecuencia  $\Delta_f = 1/T_s$ . Las fases  $\Phi_i$  y amplitudes  $A_i$  de las formas de onda portadora se pueden seleccionar independientemente (de acuerdo con un esquema de modulación apropiado) sin afectar a la ortogonalidad de las

formas de onda modulada resultantes. Los portadores ocupan un intervalo de frecuencias entre las frecuencias  $f_1$  y  $f_N$  referidas como ancho de banda OFDM.

[0043] Haciendo referencia a la figura. 2, un sistema de comunicación 200 incluye un transmisor 202 para transmitir una señal (por ejemplo, una secuencia de símbolos OFDM) por un medio de comunicación 204 a un receptor 206. El transmisor 202 y el receptor 206 pueden ambos estar incorporados en un módulo de interfaz de red 106 en cada estación. El medio de comunicación 204 representa una ruta de una estación a otra por el medio de comunicación 110 de la configuración de red 100.

[0044] En el transmisor 202, los módulos de implementación de la capa PHY reciben un MPDU de la capa MAC. El MPDU se envía a un módulo codificador 220 para realizar el procesamiento, tal como encriptación, codificación de corrección de errores e intercalado. Haciendo referencia a la figura. 3, un módulo codificador ejemplar 220 incluye un encriptador 300, un codificador Turbo 302, y un intercalador 304.

[0045] El encriptador 300 da a la información representada por la MPDU una distribución más aleatoria (por ejemplo, para reducir la probabilidad de largas cadenas de ceros o unos). En algunas aplicaciones, el dato es "XOR-ed" con una secuencia de repetición de pseudo ruido (PN) utilizando un polinomio generador, tal como:

$$S(x) = x^{10} + x^3 + 1$$

Los bits de estado en el codificador 300 se inicializan a una secuencia predeterminada (por ejemplo, todos unos) al inicio del procesamiento de un MPDU.

[0046] Los bits de información encriptada del encriptador 300 pueden codificarse por un codificador que utiliza cualquiera de una variedad de técnicas de codificación (por ejemplo, códigos convolucionales). El codificador puede generar un flujo de bits de datos y en algunos casos información auxiliar, tal como uno o más flujos de bits de paridad. En este ejemplo, el codificador turbo 302 utiliza un código Turbo para generar, para cada bloque de  $m$  bits de entrada de información, un bloque de  $m$  "bits de datos" ( $d$ ) que representan la información de entrada, un primer bloque de  $n/2$  "bits de paridad" ( $p$ ) correspondientes a los bits de información, y un segundo bloque de  $n/2$  bits de paridad ( $q$ ) correspondientes a una permutación conocida de los bits de información. Juntos, los bits de datos y los bits de paridad proporcionar información redundante que puede usarse para corregir errores potenciales. Este esquema da un código con una velocidad de  $m/(m+n)$ .

[0047] El intercalador 304 intercala los bits recibidos desde el codificador Turbo 302. La intercalación se puede realizar, por ejemplo sobre bloques correspondientes a porciones predeterminadas de un MPDU. El intercalado asegura que los datos redundantes y bits de paridad para un bloque dado de información se distribuyan en frecuencia (por ejemplo, en diferentes portadores) y en el tiempo (por ejemplo, en símbolos diferentes) para proporcionar la capacidad de corregir los errores que se producen debido a la interferencia de señal localizada (por ejemplo, localizada en tiempo y/o frecuencia). La interferencia de la señal puede ser debida a un emisor interferente intencionado o puede deberse a la conformación espectral del

módulo de conformación espectral 400 descrito a continuación. El intercalador puede garantizar que la información redundante para una porción dada de la MPDU sea modulada sobre portadores que se distribuyen uniformemente sobre el ancho de banda OFDM de manera que una interferencia limitada de ancho de banda no es probable que altere todos los portadores. El intercalado puede también asegurar que la información redundante se module sobre más de un símbolo de manera que no es probable que la interferencia de banda ancha pero de corta duración altere todos los símbolos.

**[0048]** El módulo codificador 220 incluye un búfer que puede ser utilizado para almacenar temporalmente datos y bits de paridad del codificador Turbo 302, para ser leídos por el intercalador 304 en un orden distinto al que fueron almacenados. Por ejemplo, un búfer puede incluir  $k$  sub-bancos de datos de  $m/k$  bits cada uno y  $k$  "sub-bancos de paridad" de  $n/k$  bits cada uno (Por ejemplo, los sub-bancos puede corresponder a regiones lógicas de memoria). En el caso de  $k = 4$ , los bits de datos se dividen en cuatro sub-bloques iguales de  $m/4$  bits, y los bits de paridad se dividen en 4 sub-bloques iguales de  $n/4$  bits (donde  $m$  y  $n$  se seleccionan para que sean divisibles por 4). El codificador Turbo 302 escribe los primeros bits de  $m/4$  datos (en orden natural) para el primer sub-banco de datos, los siguientes  $m/4$  bits de datos para el segundo sub-banco de datos, y así sucesivamente. El codificador Turbo 302 escribe los primeros  $n/4$  bits de paridad (en orden natural) para el primer sub-banco de paridad, los siguientes  $n/4$  bits de paridad para el segundo sub-banco de paridad, y así sucesivamente.

**[0049]** El intercalador 304 genera un flujo de bits para ser modulados sobre portadores de símbolos de datos leyendo desde los sub-bancos en un orden predeterminado. Por ejemplo, las cuatro sub-bancos de datos de longitud  $m/4$  puede ser pensados como una matriz que consta de  $m/4$  filas y cuatro columnas, con la columna 0 representando el primer sub-banco, columna 1 representando el segundo sub-banco, y así sucesivamente. Grupos de cuatro bits en la misma fila (un bit de cada sub-bloque) se leen desde la matriz al mismo tiempo, comenzando con la fila 0. Después de que se ha leído una fila, un puntero de fila se incrementa por  $StepSize$  antes de realizar la lectura de fila siguiente. Después de leer la fila  $m/4/StepSize$ , el final de la matriz ha sido alcanzado. El proceso se repite entonces para diferentes filas hasta que todos los bits de la matriz han sido leídos. Los bits de paridad pueden ser intercalados de una manera similar. En algunas realizaciones, los bits de datos y los bits de paridad también pueden intercalarse con otro en una manera predeterminada.

**[0050]** En algunos modos de comunicación, llamados modos ROBO, el intercalador 304 realiza procesamiento adicional para generar una mayor redundancia en la corriente de datos de salida. Por ejemplo, el modo ROBO puede introducir una mayor redundancia mediante la lectura de la localización de cada sub-banco varias veces en turnos cíclicos diferentes para representar cada bit codificado por varios bits en la salida del dispositivo de intercalado 304

**[0051]** Pueden usarse otros tipos de codificadores y/o dispositivos de intercalado que proporcionan también redundancia para permitir que cada porción de un MPDU sea recuperado de menos que todos los portadores modulados o menos que todos los símbolos modulados.

[0052] Con referencia de nuevo a la figura. 2, los datos codificados se introducen en un módulo de mapeo 222 que toma grupos de bits de datos (p. ej., bits 1, 2, 3, 4, 6, 8 o 10), dependiendo de la constelación utilizada para el símbolo actual (por ejemplo, una constelación BPSK, QPSK, 8 - QAM, 16-QAM), y correlaciona el valor de los datos representados por esos bits con las correspondientes amplitudes de componentes in-fase (I) y fase de cuadratura (Q) de una forma de onda portadora del símbolo actual. Estos resultados en cada valor de datos que está asociado con un correspondiente número complejo  $C_i = A_i \exp(j\Phi_i)$  cuya parte real corresponde al componente I y cuya parte imaginaria corresponde al componente Q de un pico de frecuencia  $f_i$  de un portador. Alternativamente, puede usarse cualquier esquema de modulación apropiado que asocie valores de datos a formas de onda modulada portadora.

[0053] El módulo de correlación 222 también determina cuál de las frecuencias portadoras  $f_1, \dots, f_N$  (o "tonos") dentro del ancho de banda OFDM es usada por el sistema 200 para transmitir la información de acuerdo con una "máscara de tono". Por ejemplo, algunos portadores que pueden interferir con entidades autorizadas en una región particular (por ejemplo, América del Norte) pueden ser evitados, y no se emite potencia en esos portadores. Dispositivos vendidos en una región dada pueden ser programados para utilizar una máscara de tono configurado para esa región. El módulo de correlación 222 también determina el tipo de modulación a utilizar en cada portador en la máscara de tono de acuerdo con un "mapa de tonos". El mapa de tonos puede ser un mapa de tonos por defecto (por ejemplo, para difusión de comunicación redundante entre múltiples estaciones), o un mapa de tono personalizado determinado por una estación receptora que ha sido adaptado a las características del medio de comunicación 204 (por ejemplo, para una comunicación de unidifusión más eficiente entre dos estaciones). Si una estación determina (por ejemplo, durante la adaptación de canal) que un portador en la máscara de tono no es adecuado para uso (por ejemplo, debido a desvanecimiento o ruido) el mapa de tono puede especificar que el portador no debe usarse para modular datos, pero en su lugar puede utilizar ruido pseudo-aleatorio para ese portador (por ejemplo, BPSK coherente modulado con un valor binario desde una secuencia de pseudo-ruido (PN)). Para que dos estaciones se comuniquen, deberían utilizar la misma máscara de tono y mapa de tono, o al menos saber qué máscara de tono o mapa de tono está utilizando el otro dispositivo de modo que las señales puedan ser desmoduladas correctamente.

[0054] Un módulo de modulación 224 realiza la modulación del conjunto resultante de  $N$  números complejos (algunos de los cuales pueden ser cero para portadores no utilizados) determinado por el módulo de correlación 222 en  $N$  formas de onda portadora ortogonal teniendo picos de frecuencias  $f_1, \dots, f_N$ . El módulo de modulación 224 realiza una transformada de Fourier discreta inversa (IDFT) para formar una forma de onda de símbolo de tiempo discreto  $S(n)$  (para una frecuencia de muestreo  $f_R$ ), que se puede escribir como

$N$ 

$$S(n) = \sum_{i=1}^N A_i \exp[j(2\pi i n/N + \Phi_i)]$$

Eq.(1)

 $i = 1$ 

donde el índice de tiempo  $n$  va de 1 a  $N$ ,  $A_i$  es la amplitud y  $\Phi_i$  es la fase del portador con pico de frecuencia  $f_i = (i/N) f_R$ , y  $j = \sqrt{-1}$ . En algunas realizaciones, la transformada discreta de Fourier corresponde a una transformada de Fourier rápida (FFT) en la que  $N$  es una potencia de 2.

5 [0055] Un módulo de post-procesamiento 226 combina una secuencia de símbolos consecutivos (potencialmente superpuestos) en un "conjunto de símbolos" que puede ser transmitido como un bloque continuo por el medio de comunicación 204. El módulo de post-procesamiento 226 antepone un preámbulo al conjunto de símbolos que se puede usar para control automático de ganancia (AGC) y la sincronización de temporización de símbolos. Para 10 mitigar la interferencia entre símbolos y entre portadores (por ejemplo, debido a imperfecciones en el sistema 200 y/o el medio de comunicación 204) el módulo de post-procesamiento 226 puede extender cada símbolo con un prefijo cíclico que es una copia de la última parte del símbolo. El módulo de post-procesamiento 226 también puede realizar otras funciones, tales como aplicar una ventana de formación de impulsos a subconjuntos de símbolos dentro del 15 conjunto de símbolos (por ejemplo, utilizando una ventana de coseno elevado u otro tipo de ventana de formación de impulsos) y superponer los subconjuntos de símbolos.

[0056] El módulo de modulación 224 o el módulo de post-procesamiento 226 pueden incluir un módulo de formación espectral que además modifica el espectro de una señal que incluye 20 símbolos modulados de acuerdo con una "máscara de amplitud." Mientras que la máscara de tono se puede cambiar intercambiando mensajes entre estaciones de una red, la máscara de amplitud permite a una estación atenuar la potencia transmitida sobre ciertos portadores sin necesidad de intercambiar mensajes entre las estaciones. Por lo tanto, el módulo de formación espectral permite dar forma espectral dinámica en respuesta a limitaciones dinámicas 25 espectrales cambiando la amplitud de portadores que pueden causar interferencia. En algunos casos, el módulo de formación espectral fija la amplitud del componente de frecuencia por debajo de un límite predeterminado en respuesta a un suceso tal como la detección de una transmisión de una entidad autorizada.

[0057] Haciendo referencia a la figura 4, una realización ejemplar del modulo de modulación 30 224 incluye un módulo de formación espectral 400 acoplado a un módulo IDFT 402. El módulo de formación espectral 400 modifica la amplitud  $A_i$  de los portadores que serán atenuados, proporcionando una amplitud atenuada  $A'_i$  al módulo IDFT 402. El valor de la fase y  $\Phi_i$  para los portadores atenuados se puede pasar a través del módulo de formación espectral 400 sin modificación. Así, en este ejemplo, el módulo IDFT 402 realiza una transformada de Fourier 35 discreta que incluye las frecuencias portadoras atenuadas.

**[0058]** La máscara de amplitud especifica un factor  $\alpha$  de atenuación para la amplitud  $A'_i = \alpha A_i$  de acuerdo con la magnitud en la que la potencia ha de ser atenuada (por ejemplo, 2 dB en amplitud para cada 1 dB en potencia). La amplitud  $A'_i$  se establece por debajo de una amplitud predeterminada que se utiliza normalmente para modular la información (por ejemplo, de acuerdo con una constelación predeterminada) de forma que la potencia emitida resultante no interfiere con otros dispositivos. La entrada de máscara de amplitud puede también indicar que un portador ha de ser anulado completamente con la amplitud correspondiente fijada a cero. Los portadores atenuados todavía se procesan por la estación receptora incluso si son transmitidos con amplitud cero de modo que la modulación y esquema de codificación se conserva.

**[0059]** En general, para que dos estaciones se comuniquen, no necesariamente tienen que saber qué máscara de amplitud está utilizando la otra estación (o si la estación no está usando una máscara de amplitud en absoluto). A pesar de que no es necesaria ninguna modificación del esquema de modulación entre un transmisor y un receptor para atenuar parcial o completamente (es decir, apagar) un portador utilizando la máscara de amplitud, en algunos casos, cuando una estación receptora actualiza un mapa de tono (que determina cómo deben modularse portadores dentro de la máscara de tono) la estación receptora detectará una muy mala relación señal-a-ruido en los portadores atenuados y puede excluirlos del mapa de tono actualizado (lo que indica que esos portadores no deben utilizarse para modular datos).

**[0060]** En realizaciones alternativas, el módulo de formación espectral puede estar incluido en el módulo de post-procesamiento 226, por ejemplo, como un filtro de muesca programable que reduce la amplitud de una o más bandas estrechas de frecuencia en la señal.

**[0061]** Un módulo de extremo analógico frontal (AFE) 228 acopla una señal analógica que contiene una versión cronológica continua (por ejemplo, filtrado de bajo paso) del símbolo establecido al medio de comunicación 204. El efecto de la transmisión de la versión cronológica continua de la forma de onda  $S(t)$  sobre el medio de comunicación 204 puede representarse por convolución con una función  $g(T;t)$  que representa una respuesta de impulso de transmisión por el medio de comunicación. El medio de comunicación 204 puede añadir ruido  $n(t)$ , que puede ser ruido aleatorio y/o un ruido de banda estrecha emitido por un emisor interferente intencionado.

**[0062]** En el receptor 206, los módulos de implementación de la capa PHY reciben una señal desde el medio de comunicación 204 y generan una MPDU para la capa MAC. Un módulo AFE 230 opera en conjunción con un módulo 202 de control automático de ganancia (AGC) y un módulo de sincronización de tiempo 234 para proporcionar información de datos de señal de muestra y temporización a un módulo 236 de transformada discreta de Fourier (DFT).

**[0063]** Después de quitar el prefijo cíclico, el 206 receptor alimenta los símbolos muestreados de tiempo discreto al módulo DFT 236 para extraer la secuencia de  $N$  números complejos que representan los valores de datos codificados (realizando un DFT de  $N$  puntos). El módulo desmodulador/descodificador 238 aplica los números complejos a las secuencias de bits correspondientes y realiza la descodificación adecuada de los bits (incluyendo desintercalar,

corregir errores, y descryptar). Los datos que estaban modulados sobre portadores que posteriormente fueron atenuados por el módulo de conformación espectral 400 se pueden recuperar debido a la redundancia en el esquema de codificación.

5 **[0064]** Cualquiera de los módulos del sistema de comunicación 200 que incluyen módulos en el transmisor 202 o receptor 206 pueden realizarse en hardware, software, o una combinación de hardware y software.

**[0065]** Muchas otras realizaciones de la invención distintas de las descritas anteriormente están dentro de la invención, que se define por las siguientes reivindicaciones

10

**Reivindicaciones**

1. Un método, que comprende:

5 modular información sobre componentes de frecuencia de una señal, la señal modulada resultante incluyendo al menos alguna redundancia en frecuencia que permite que una parte de la información modulada sobre componentes de frecuencia seleccionados sea recuperada desde menos que todos los componentes de frecuencia seleccionados;

10 controlar el espectro de la señal modulada, incluyendo posibilitar que la amplitud de al menos algunos componentes de frecuencia de la señal modulada se establezcan por debajo de una amplitud predeterminada utilizada para modular la información;

generar la señal modulada usando una transformación que incluye los componentes de frecuencia con amplitudes que se han establecido por debajo de la amplitud predeterminada; y

15 transmitir la señal modulada desde un primer nodo a un segundo nodo, en donde el segundo nodo es capaz de recuperar la porción de la información sin recibir indicación, desde el primer nodo, de si cualquiera de los componentes de frecuencia seleccionados se ha establecido por debajo de la amplitud predeterminada utilizada para modular la información.

20 2. El método de la reivindicación 1, en el que modular la porción de la información sobre componentes de frecuencia seleccionados comprende modular datos redundantes a partir de los cuales la porción de la información puede ser descodificada sobre respectivos componentes de frecuencia que tienen diferentes frecuencias centrales.

3. El método de la reivindicación 2, en el que la señal comprende una pluralidad de símbolos, y al menos algunos de los respectivos componentes de frecuencia están en símbolos diferentes.

25 4. El método de la reivindicación 2, en el que los datos redundantes comprenden uno o más bits codificados asociados con la información.

5. El método de la reivindicación 4, en donde el uno o más bits codificados comprenden bits de datos que representan la información.

30 6. El método de la reivindicación 4, en donde el uno o más bits codificados comprenden bits de paridad usados para descodificar la información.

7. El método de la reivindicación 2, en el que las frecuencias centrales se expanden aproximadamente de manera uniforme sobre la mayor parte de un conjunto de componentes de frecuencia disponibles para modular la información.

35 8. El método de la reivindicación 1, en el que el primer nodo y el segundo nodo almacenan cada uno información de identificación de un conjunto de componentes de frecuencia disponibles para modular la información.

9. El método de la reivindicación 1, que comprende además desmodular cada uno de los componentes de frecuencia seleccionados, y usar la información desmodulada resultante para recuperar la porción de información.

10. El método de la reivindicación 9, en el que recuperar la porción de información comprende descodificar la información desmodulada.

5 11. El método de la reivindicación 1, en el que la amplitud predeterminada utilizada para modular la información comprende una amplitud correspondiente a una constelación de modulación de desplazamiento de fase.

12. El método de la reivindicación 1, en el que la amplitud predeterminada utilizada para modular la información comprende uno de una pluralidad de amplitudes correspondientes a una constelación de modulación de amplitud en cuadratura.

10 13. El método de la reivindicación 1, en el que establecer la amplitud de uno de los componentes de frecuencia por debajo de la amplitud predeterminada utilizada para modular la información comprende establecer la amplitud del componente de frecuencia por debajo un límite en base a una restricción de potencia que puede ser emitida en una parte del espectro de la señal modulada en que el componente de frecuencia se encuentra.

15 14. El método de la reivindicación 13, en el que la restricción de la potencia se basa en una prohibición de interferir con una entidad autorizada

15. El método de la reivindicación 14, que comprende además establecer la amplitud del componente de frecuencia por debajo del límite en respuesta a detectar una transmisión desde la entidad autorizada.

20 16. El método de la reivindicación 1, en el que establecer la amplitud de uno de los componentes de frecuencia por debajo de la amplitud predeterminada utilizada para modular la información comprende inhabilitar el componente de frecuencia.

17. El método de la reivindicación 1, que comprende además seleccionar los componentes de frecuencia de la señal de acuerdo a un conjunto de frecuencias disponibles que excluye al menos algunas frecuencias en una gama de frecuencias.

25 18. El método de la reivindicación 17, en el que las frecuencias excluidas corresponden a frecuencias que son propensas a interferir con entidades autorizadas en una región.

19. Un transmisor (202), que comprende:

30 un módulo codificador (220) incluyendo circuitos (300, 302 304) para codificar de forma redundante información a modular sobre componentes de frecuencia de una señal, la señal modulada resultante incluyendo al menos alguna redundancia en frecuencia que permite que una parte de la información modulada sobre componentes de frecuencia seleccionados sea recuperada de menos que todos los componentes de frecuencia seleccionados;

35 un módulo de conformación espectral (400) que incluye circuitos para controlar el espectro de la señal modulada, incluyendo capacitar que la amplitud de al menos algunos componentes de frecuencia de la señal modulada sean establecidos por debajo de una amplitud predeterminada utilizada para la modulación de la información;

y

un módulo de transformación (402) incluyendo circuitos para generar la señal modulada usando componentes de frecuencia que incluyen los componentes de frecuencia con amplitudes que han sido establecidas por debajo de la amplitud predeterminada; en el que el transmisor (202) está configurado para transmitir la señal modulada a un receptor (206), en el que el receptor es capaz de recuperar la parte de la información, sin recibir indicación de si cualquiera de los componentes seleccionados de frecuencia se han establecido por debajo de la amplitud predeterminada utilizada para modular la información.

5

10

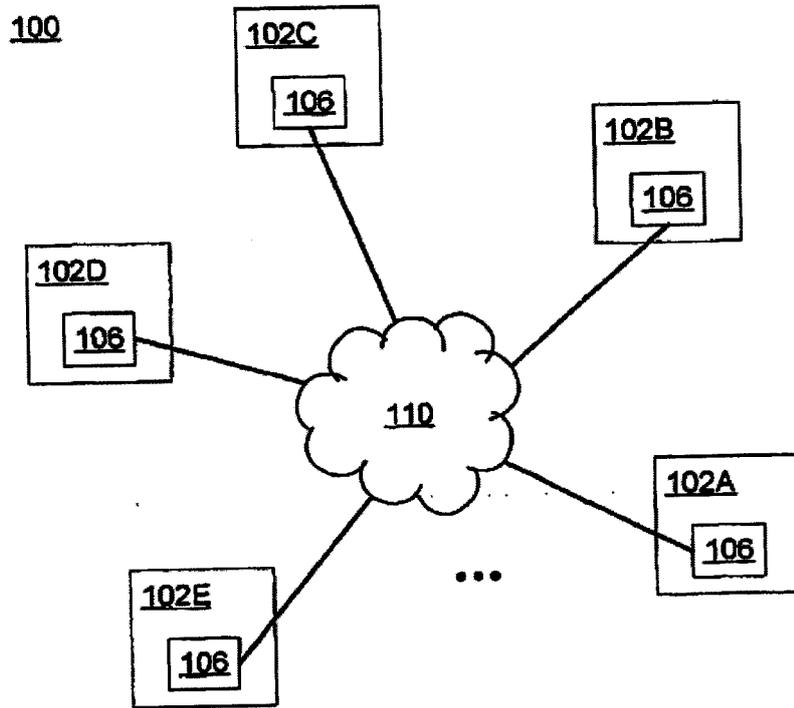


FIG. 1

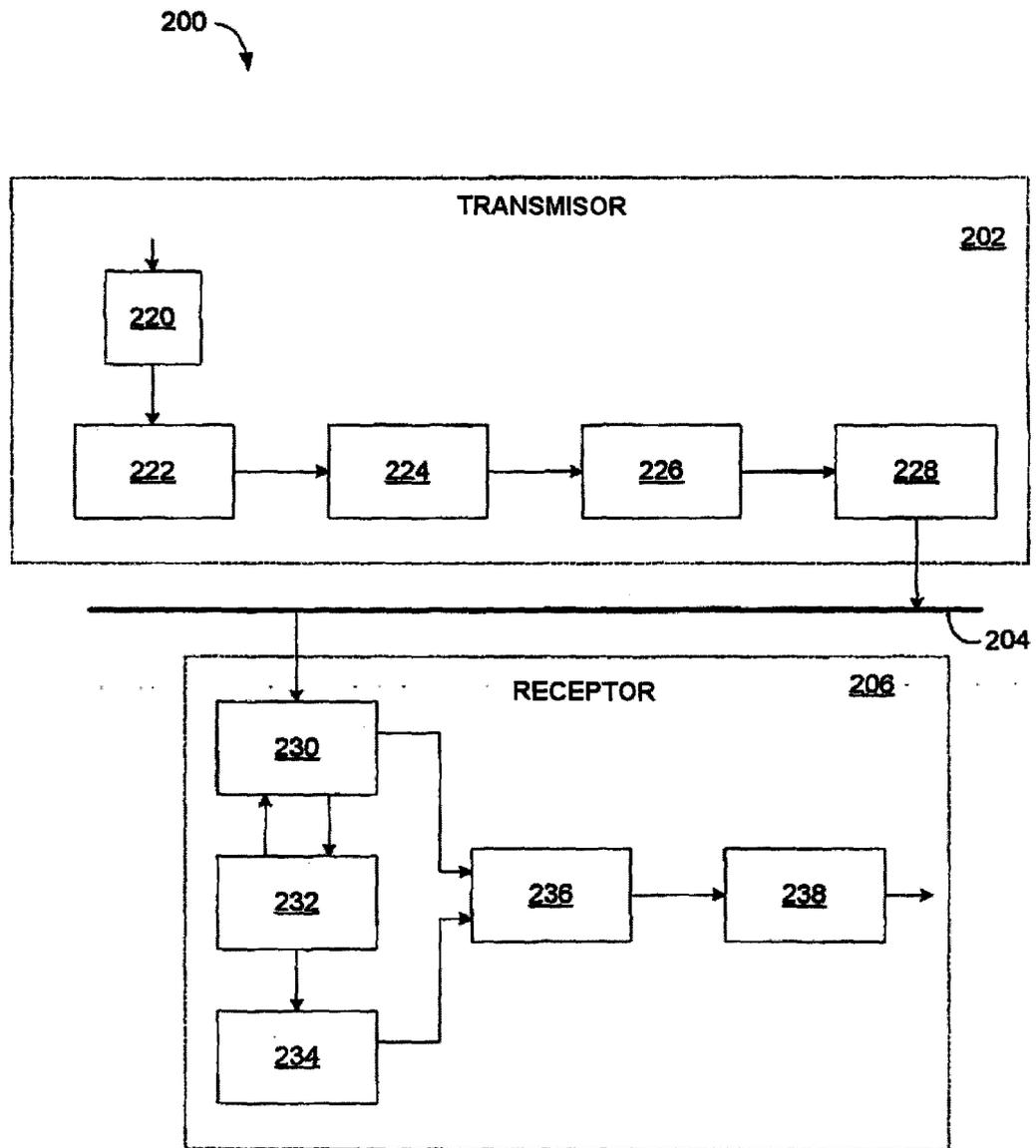
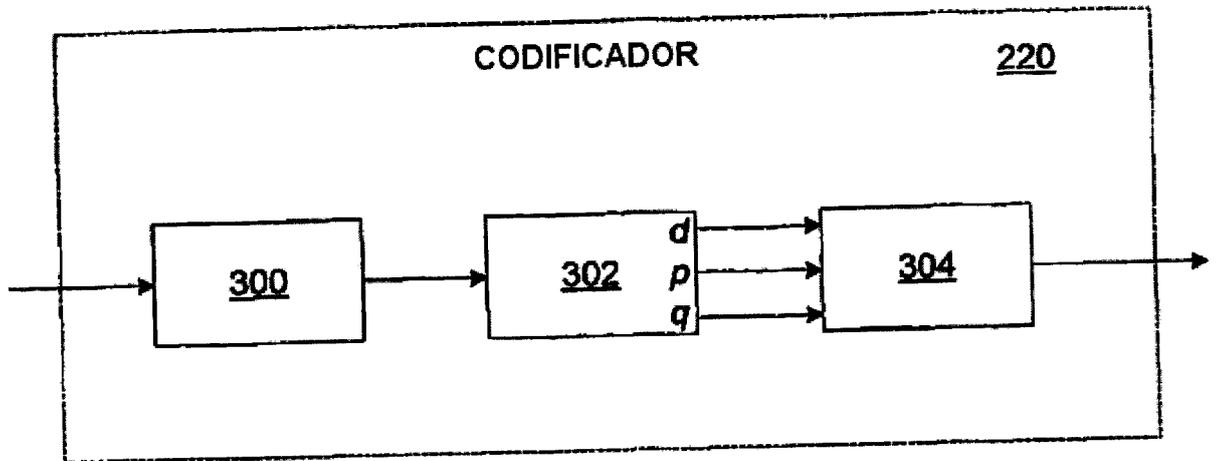


FIG. 2



**FIG. 3**

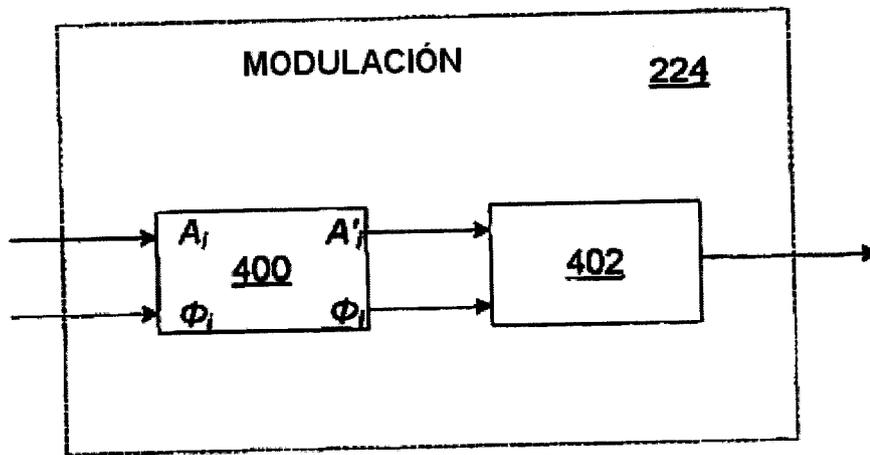


FIG. 4