(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 629 994**

(51) Int. Cl.:

H04B 3/54	(2006.01)
H04L 27/26	(2006.01)
H04L 12/43	(2006.01)
H04L 5/00	(2006.01)
H04L 27/20	(2006.01)
H04L 27/00	(2006.01)
H04L 27/34	(2006.01)
H04L 25/03	(2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2006** **E 13161040 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.12.2016** **EP 2611040**

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

(30) Prioridad:

27.07.2005 US 702717 P
02.08.2005 US 705720 P
26.07.2006 US 493382

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.08.2017

(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:

FORTEA LAGUNA, Juan José

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).

ES 2 629 994 T3

DESCRIPCIÓN

Gestión de espectros de señales moduladas en una red de comunicación

REFERENCIA CRUZADA CON SOLICITUDES RELACIONADAS

Esta solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud Estadounidense con Nº de Serie 60/702.717, presentada el 27 de julio de 2005, la Solicitud Estadounidense con Nº de Serie 60/705.720, presentada el 2 de agosto de 2005 y la Solicitud Estadounidense con Nº de Serie _, presentada el 26 de julio de 2006.

CAMPO TÉCNICO

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

ANTECEDENTES

Varios tipos de sistemas de comunicación transmiten señales que se pueden irradiar en una parte del espectro electromagnético y que provocan interferencias con dispositivos que operan en esa parte del espectro electromagnético (por ejemplo, bandas espectrales de radiofrecuencia (RF)). En algunos casos, los requisitos reglamentarios para ciertas regiones geográficas (por ejemplo, impuestos por gobiernos) imponen limitaciones sobre la potencia que puede ser irradiada en ciertas regiones espectrales, tales como bandas de radioaficionados. 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 irradiar en bandas espectrales restringidas potencia suficiente para causar potencialmente interferencias.

Las estaciones de comunicación pueden configurarse para evitar usar, o limitar, la magnitud de la potencia que es irradiada 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 o no en funcionamiento en un entorno en el que pueden producirse interferencias. Por ejemplo, el multiplexado por división de frecuencia ortogonal (OFDM), también conocido como Multi-Tono Discreto (DMT), es una técnica de modulación de señales 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 eficacia 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 Modulación por Desplazamiento de Fase Binaria (BPSK), Modulación por Desplazamiento de Fase Cuadrática (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 potenciales interferencias se describe con más detalle en la patente estadounidense Nº 6.278.685, que se incorpora en la presente 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 número diferente de portadores utilizables.

El documento US 2004/0141548 A1 divulga técnicas para reducir la potencia entre máximo y promedio en transmisores de múltiples portadores que emplean la cancelación de máximos con sub-portadores que están afectados por las condiciones existentes de canal. El uso de la codificación de Interferometría de Portador (CI) mejora adicionalmente la efectividad de la reducción de máximos. La codificación de CI también puede ser estampada sobre secuencias de pulsos en el dominio del tiempo, lo que realza la selección espectral y facilita el control de la potencia máxima.

El documento US 2002/0105901 A1 divulga un sistema y un procedimiento de control del espectro de una señal de multiplexado por división ortogonal de frecuencia (OFDM). El procedimiento comprende recibir una trama 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 en la trama de entrada de muestras de datos, y modular las respectivas muestras de datos modificadas en frecuencia sobre una pluralidad de portadores. Un sistema de ese tipo puede incluir una lógica de sobre-muestreo para sobre-muestrear los datos de entrada, para aumentar la resolución de frecuencia del espectro de salida, un filtro de modelación de ondas para realizar el filtrado del dominio de la frecuencia de los datos de entrada, una máscara espectral para modificar adicionalmente el espectro de la señal de salida y una transformación rápida inversa de Fourier (IFFT) para generar la señal multi-portadora ortogonal modulada. Otra realización comporta controlar el espectro de la señal de OFDM de salida mediante la realización del filtrado del dominio del tiempo.

SUMARIO

La invención está definida en las reivindicaciones. En un aspecto, en general, la invención presenta un procedimiento 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 procedimiento incluye controlar el espectro de la señal modulada, incluyendo permitir que la amplitud de al menos algunos componentes de frecuencia de la señal modulada sea fijada por debajo de una amplitud predeterminada utilizada para la modulación de la información.

Aspectos de la invención pueden incluir una o más de las siguientes características. Modular la 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 tengan diferentes frecuencias centrales.

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

Los datos redundantes comprenden uno o más bits codificados asociados a la información.

Los uno o más bits codificados comprenden bits de datos que representan la información.

Los uno o más bits codificados comprenden bits de paridad usados para decodificar la información.

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.

El procedimiento comprende además transmitir la señal modulada desde un primer nodo a un segundo nodo.

El primer nodo y el segundo nodo almacenan, cada uno, la información que identifica un conjunto de componentes de frecuencia disponibles para la modulación de la información.

El segundo nodo es capaz de recuperar la parte de la información sin necesidad de recibir información desde la primera estación que indique si cualquiera de los componentes de frecuencia seleccionados se ha establecido o no por debajo de la amplitud predeterminada utilizada para modular la información.

El procedimiento comprende, además, desmodular cada uno de los componentes de frecuencia seleccionados, y usar la información desmodulada resultante para recuperar la parte de la información.

La recuperación de la parte de la información comprende decodificar la información desmodulada.

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.

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

La amplitud predeterminada utilizada para modular la información comprende una entre una pluralidad de amplitudes correspondientes a una constelación de modulación de amplitud en cuadratura.

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 sobre la potencia que puede ser irradiada en una parte del espectro de la señal modulada, en la que el componente de frecuencia está ubicado.

La restricción sobre la potencia se basa en una prohibición de interferir con una entidad autorizada.

El procedimiento comprende además establecer la amplitud del componente de frecuencia por debajo del límite en respuesta a la detección de una transmisión desde la entidad autorizada.

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.

El procedimiento 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.

Las frecuencias excluidas corresponden a frecuencias que, probablemente, pueden interferir con entidades autorizadas en una región.

En otro aspecto, en general, la invención incluye un transmisor. El transmisor incluye un módulo codificador que

incluye circuitos para codificar de forma redundante información a modular sobre componentes de frecuencia de una señal, incluyendo la señal modulada resultante al menos alguna redundancia en la frecuencia que permite que una parte de la información modulada sobre componentes seleccionados de frecuencia se recupere desde menos que todos los componentes de frecuencia seleccionados. El transmisor también incluye un módulo de conformación espectral que incluye 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.

Entre las muchas ventajas de la invención (algunas de las cuales se pueden lograr solamente en algunos de sus diversos aspectos e implementaciones) están las siguientes.

La técnica de enmascarar amplitud puede usarse para preservar la interoperabilidad entre la red local de un usuario (por ejemplo, una red de línea eléctrica doméstica de dispositivos tales como ordenador, puente de Ethernet, televisor, DVR, etc.) y una red de acceso de un proveedor de servicios, por ejemplo. El proveedor de servicios puede necesitar limitar la potencia irradiada en una determinada banda espectral debido a una restricción tal como una 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 servicios ajustar el espectro transmitido preservando al mismo tiempo la comunicación sin necesitar negociar un cambio en el esquema de modulación con estaciones receptoras.

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 servicios necesita inhabilitar uno o más de los portadores, la técnica de enmascarar amplitud permite que el proveedor de servicios detenga la irradiación de potencia en un portador interferente 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.

Otras características y ventajas de la invención se encontrarán en la descripción detallada, los dibujos y las reivindicaciones.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

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

Hay muchas implementaciones posibles de la invención, demasiadas para ser descritas en la presente memoria. Algunas posibles implementaciones que son actualmente preferidas se describen a continuación. No se puede subrayar con demasiado énfasis, sin embargo, que estas son descripciones de las implementaciones de la invención, y no descripciones de la invención, que no se limita a las implementaciones detalladas descritas en esta sección, sino que se describe en términos más amplios en las reivindicaciones.

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 a 102E (por ejemplo, dispositivos informáticos, o dispositivos audiovisuales), para comunicarse entre sí. El medio de comunicación 110 puede incluir uno o más tipos de medios físicos de comunicación 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 a 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 de MAC es una sub-capa de la capa de enlace de datos y proporciona una interfaz para la capa PHY, de acuerdo al estándar de arquitectura de red de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI), por ejemplo. La configuración de la red 100 puede tener cualquiera entre una diversidad de topologías de red (por ejemplo, bus, árbol, estrella, malla).

Las estaciones usan una técnica de enmascarar amplitud, que se describe con más 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 entre múltiples portadores de modo que la estación pueda controlar el espectro de señales moduladas con una alta probabilidad de que los datos modulados puedan ser recuperados utilizando información redundante.

En algunas implementaciones, 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 de CA en una casa, optativamente acopladas a otros medios (por ejemplo, líneas de cable coaxial).

Los sistemas de comunicación por cable eléctrico utilizan cables de CA existentes para el intercambio de información. Debido a que son diseñados para transmisiones de frecuencia mucho más baja, los cables de CA proporcionan características variables de canal en las frecuencias más altas usadas para la transmisión de datos (por ejemplo, según el cableado usado 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 como resultado información de adaptación que especifica 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 anticipada de errores (FEC) que se utiliza.

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 en las características de ruido y la respuesta de frecuencia. Para mejorar el rendimiento y la estabilidad de la calidad de servicio en presencia de 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 de CA proveniente de la planta de generación de energía, y cambios locales de ruido y carga. Esta sincronización permite a las estaciones el uso de una adaptación congruente del canal, optimizada para una región de fase particular del ciclo de línea de CA. Un ejemplo de este tipo de sincronización se describe en la Solicitud de patente estadounidense Nº 11/337.946.

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

Cualquiera entre una diversidad de arquitecturas de sistemas de comunicación puede usarse para implementar la parte del módulo de interfaz de red 106 que convierte datos a y desde una 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 del Protocolo de MAC” (MPDU) es un segmento de información que incluye campos de sobrecarga y carga útil que la capa de MAC ha solicitado transportar a la capa PHY. Una MPDU puede tener cualquiera entre una diversidad de formatos, en base al tipo de datos que se transmiten. Una “Unidad de Datos del Protocolo de PHY (PPDU)” se refiere a la onda de señal modulada que representa una MPDU que se transmite por la línea de potencia.

En la modulación de OFDM, los datos se transmiten en forma de “símbolos” de OFDM. Cada símbolo tiene un tiempo predeterminado de duración, o tiempo de símbolo, T_s. Cada símbolo se genera a partir de una superposición de N ondas portadoras sinusoidales que son ortogonales entre sí y forman los portadores de OFDM. Cada portador tiene un pico de frecuencia f_i y una fase Φ_i medida desde el principio del símbolo. Para cada uno de estos portadores ortogonales entre sí, un número completo de periodos de la onda sinusoidal está contenido dentro del tiempo de símbolo 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 Φ_i y las amplitudes A_i de las ondas portadoras se pueden seleccionar independientemente (de acuerdo a un esquema de modulación adecuado) sin afectar a la ortogonalidad de las ondas moduladas resultantes. Los portadores ocupan un intervalo de frecuencias entre las frecuencias f_1 y f_N, mencionado como el ancho de banda de OFDM.

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 de OFDM) por un medio de comunicación 204 a un receptor 206. El transmisor 202 y el receptor 206 pueden estar ambos incorporados en un módulo de interfaz de red 106 en cada estación. El medio de comunicación 204 representa un trayecto desde una estación a otra por el medio de comunicación 110 de la configuración de red 100.

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

El aleatorizador 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 implementaciones, los datos son sometidos a una operación lógica “XOR-ed” con una secuencia de repetición de seudo ruido (PN), utilizando un polinomio generador, tal como:

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

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

Los bits de información aleatorizada del aleatorizador 300 pueden ser codificados por un codificador que utiliza cualquiera entre una diversidad de técnicas de codificación (por ejemplo, códigos convolutivos). 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 información de entrada, 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 proporcionan información redundante que puede usarse para corregir errores potenciales. Este esquema genera un código con una velocidad de $m/(m + n)$.

El intercalador 304 intercala los bits recibidos desde el codificador Turbo 302. La intercalación se puede realizar, por ejemplo, sobre bloques correspondientes a partes predeterminadas de una MPDU. El intercalado asegura que los datos redundantes y los bits de paridad para un bloque dado de información se distribuyan en la 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 intercalado puede garantizar que la información redundante para una parte dada de la MPDU sea modulada sobre portadores que se distribuyen uniformemente sobre el ancho de banda de OFDM, de manera que no sea probable que una interferencia limitada de ancho de banda corrompa todos los portadores. El intercalado puede también asegurar que la información redundante se module sobre más de un símbolo, de manera que no sea probable que la interferencia de banda ancha, pero de corta duración, corrompa todos los símbolos.

El módulo codificador 220 incluye un almacén temporal 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 orden en que fueron almacenados. Por ejemplo, un almacén temporal 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 pueden 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 $m/4$ bits de 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.

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, los 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, la 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 en el *TamañoPaso* antes de realizar la lectura de fila siguiente. Después de *m/4/TamañoPaso* lecturas de fila, el final de la matriz ha sido alcanzado. El proceso se repite entonces para diferentes filas hasta que todos los bits de la matriz hayan sido leídos. Los bits de paridad pueden ser intercalados de una manera similar. En algunas implementaciones, los bits de datos y los bits de paridad también pueden intercalarse entre sí de una manera predeterminada.

En algunas modalidades de comunicación, llamadas modalidades ROBO, el intercalador 304 realiza un procesamiento adicional para generar una mayor redundancia en el flujo de datos de salida. Por ejemplo, la modalidad ROBO puede introducir una redundancia adicional mediante la lectura de cada ubicación de sub-banco varias veces en desplazamientos cíclicos diferentes para representar cada bit codificado por varios bits en la salida del intercalador 304.

Pueden usarse otros tipos de codificadores y/o intercaladores que proporcionen también redundancia para permitir que cada parte de una MPDU sea recuperada desde menos que todos los portadores modulados, o menos que todos los símbolos modulados.

Con referencia de nuevo a la figura 2, los datos codificados se introducen en un módulo de correlación 222 que toma

grupos de bits de datos (p. ej., 1, 2, 3, 4, 6, 8 o 10 bits), según la constelación utilizada para el símbolo actual (por ejemplo, una constelación de BPSK, QPSK, 8–QAM y 16-QAM), y correlaciona el valor de los datos representado por esos bits con las correspondientes amplitudes de componentes, en-fase (1) y de fase de cuadratura (Q), de una onda portadora del símbolo actual. Esto da como resultado que cada valor de datos esté asociado a 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 portador con un pico de frecuencia f_i. Alternativamente, puede usarse cualquier esquema de modulación adecuado que asocie valores de datos a ondas portadoras moduladas.

El módulo de correlación 222 también determina cuáles de las frecuencias portadoras $f_1 \ldots, f_N$ (o "tonos") dentro del ancho de banda de OFDM son usadas por el sistema 200 para transmitir la información de acuerdo a una "máscara de tono". Por ejemplo, algunos portadores que pueden interferir probablemente con entidades autorizadas en una región particular (por ejemplo, América del Norte) pueden ser evitados, y no se irradia ninguna potencia en esos portadores. Los dispositivos vendidos en una región dada pueden ser programados para utilizar una máscara de tono configurada para esa región. El módulo de correlación 222 también determina el tipo de modulación a utilizar en cada uno de los portadores en la máscara de tono de acuerdo a un "mapa de tonos". El mapa de tonos puede ser un mapa de tonos por omisión (por ejemplo, para comunicación por difusión redundante entre múltiples estaciones), o un mapa de tonos personalizado, determinado por una estación receptora que ha sido adaptada a las características del medio de comunicación 204 (por ejemplo, para una comunicación de unidifusión más eficaz entre dos estaciones). Si una estación determina (por ejemplo, durante la adaptación de canal) que un portador en la máscara de tonos no es adecuado para su uso (por ejemplo, debido a desvanecimiento o ruido), el mapa de tonos puede especificar que el portador no debe usarse para modular datos, pero en cambio puede utilizar ruido seudo-aleatorio para ese portador (por ejemplo, BPSK coherente modulado con un valor binario a partir de una secuencia de seudo-ruido (PN)). Para que dos estaciones se comuniquen, deberían utilizar la misma máscara de tono y el mismo mapa de tonos, o al menos saber qué máscara de tono o mapa de tonos está utilizando el otro dispositivo, de modo que las señales puedan ser desmoduladas correctamente.

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 sobre N ondas portadoras ortogonales con picos de frecuencias $f_1 \ldots, f_N$. El módulo de modulación 224 realiza una transformación de Fourier discreta inversa (IDFT) para formar una onda de símbolos de tiempo discreta $S(n)$ (para una frecuencia de muestreo f_R), que se puede escribir como

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

Ec. (1)

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

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 el control automático de ganancia (AGC) y la sincronización de temporización de símbolos. Para 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 pulsos a subconjuntos de símbolos dentro del conjunto de símbolos (por ejemplo, utilizando una ventana de coseno elevado u otro tipo de ventana de formación de pulsos) y superponer los subconjuntos de símbolos.

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 símbolos modulados de acuerdo a una "máscara de amplitud." Mientras que la máscara de tono se puede cambiar intercambiando mensajes entre estaciones en 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 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 desde una entidad autorizada.

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

La máscara de amplitud especifica un factor α de atenuación para la amplitud $A'_i = \alpha A_i$ de acuerdo a 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 a una constelación predeterminada), de forma que la potencia irradiada resultante no interfiera 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 en cero. Los portadores atenuados todavía son procesados por la estación receptora incluso si son transmitidos con amplitud cero, de modo que el esquema de modulación y codificación se conserve.

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 está o no 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 tonos (que determina cómo deben modularse los portadores dentro de la máscara de tono), la estación receptora detectará una muy mala razón entre señal y ruido en los portadores atenuados y puede excluirlos del mapa de tonos actualizado (lo que indica que esos portadores no deben utilizarse para modular datos).

En implementaciones 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 de frecuencia estrecha en la señal.

Un módulo de interfaz analógica de usuario (AFE) 228 acopla una señal analógica, que contiene una versión cronológica continua (por ejemplo, filtrada con bajo paso) del conjunto de símbolos, al medio de comunicación 204. El efecto de la transmisión de la versión cronológica continua de la onda $S(t)$ por el medio de comunicación 204 puede representarse por la 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.

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 de MAC. Un módulo de AFE 230 funciona conjuntamente con un módulo 232 de control automático de ganancia (AGC) y un módulo de sincronización temporal 234 para proporcionar datos de señal muestreados e información de temporización a un módulo 236 de transformación discreta de Fourier (DFT).

Después de quitar el prefijo cíclico, el receptor 206 introduce los símbolos muestreados de tiempo discreto al módulo de DFT 236 para extraer la secuencia de N números complejos que representan los valores de datos codificados (realizando una DFT de N puntos). El módulo demodulador/decodificador 238 correlaciona los números complejos con las secuencias de bits correspondientes y realiza la descodificación adecuada de los bits (incluyendo la des-intercalación, la corrección de errores y la des-aleatorización). 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.

Cualquiera de los módulos del sistema de comunicación 200, incluyendo los módulos en el transmisor 202 o el receptor 206, puede realizarse en hardware, software, o una combinación de hardware y software.

Muchas otras implementaciones de la invención, distintas a las descritas anteriormente, están dentro de la invención, que se define por las siguientes reivindicaciones

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento, que comprende:

modular información sobre componentes de frecuencia de una señal, incluyendo la señal modulada resultante al menos alguna redundancia en frecuencia, de acuerdo a un esquema de codificación redundante, 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; y

controlar el espectro de la señal modulada, incluyendo posibilitar que la amplitud de al menos algunos componentes de frecuencia de la señal modulada se establezca por debajo de una amplitud predeterminada utilizada para modular la información, en donde la técnica de enmascaramiento de amplitud (400) se usa con el esquema de codificación redundante que extiende la parte de la información sobre los componentes de frecuencia seleccionados.

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

3. El procedimiento 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.

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

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

6. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que los uno o más bits codificados comprenden bits de paridad usados para decodificar la información.

7. El procedimiento 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.

8. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente la transmisión de la señal modulada desde un primer nodo a un segundo nodo.

9. El procedimiento de la reivindicación 8, 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.

10. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que el segundo nodo es capaz de recuperar la parte de la información sin necesidad de recibir información desde la primera estación, que indique si algunos de los componentes de frecuencia seleccionados han sido fijados por debajo de la amplitud predeterminada utilizada para modular la información.

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

13. El procedimiento 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 desactivar el componente de frecuencia.

14. Un transmisor (202), que comprende:

un módulo codificador (302) que incluye circuitos para codificar de forma redundante información a modular sobre componentes de frecuencia de una señal, incluyendo la señal modulada resultante 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; y

un módulo de conformación espectral (402) que incluye 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 sea establecida por debajo de una amplitud predeterminada utilizada para la modulación de la información,
en el que se usa una técnica de enmascaramiento de amplitud (400) con el esquema de codificación redundante que extiende la parte de la información sobre los componentes de frecuencia seleccionados.

15. Un programa de ordenador que comprende instrucciones ejecutables para hacer que al menos un ordenador realice un procedimiento de acuerdo a una de las reivindicaciones 1 a 13 cuando son ejecutadas.

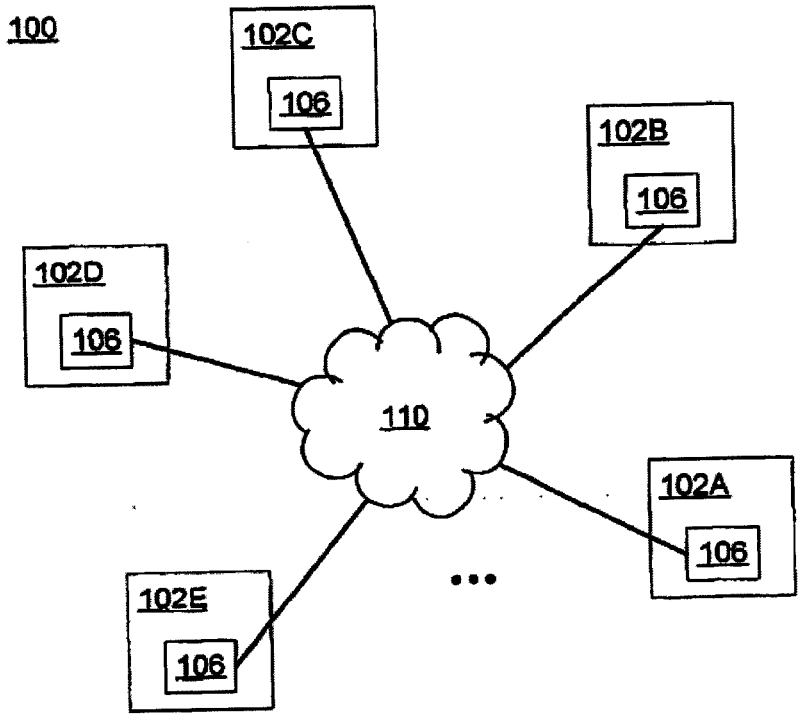

FIG. 1

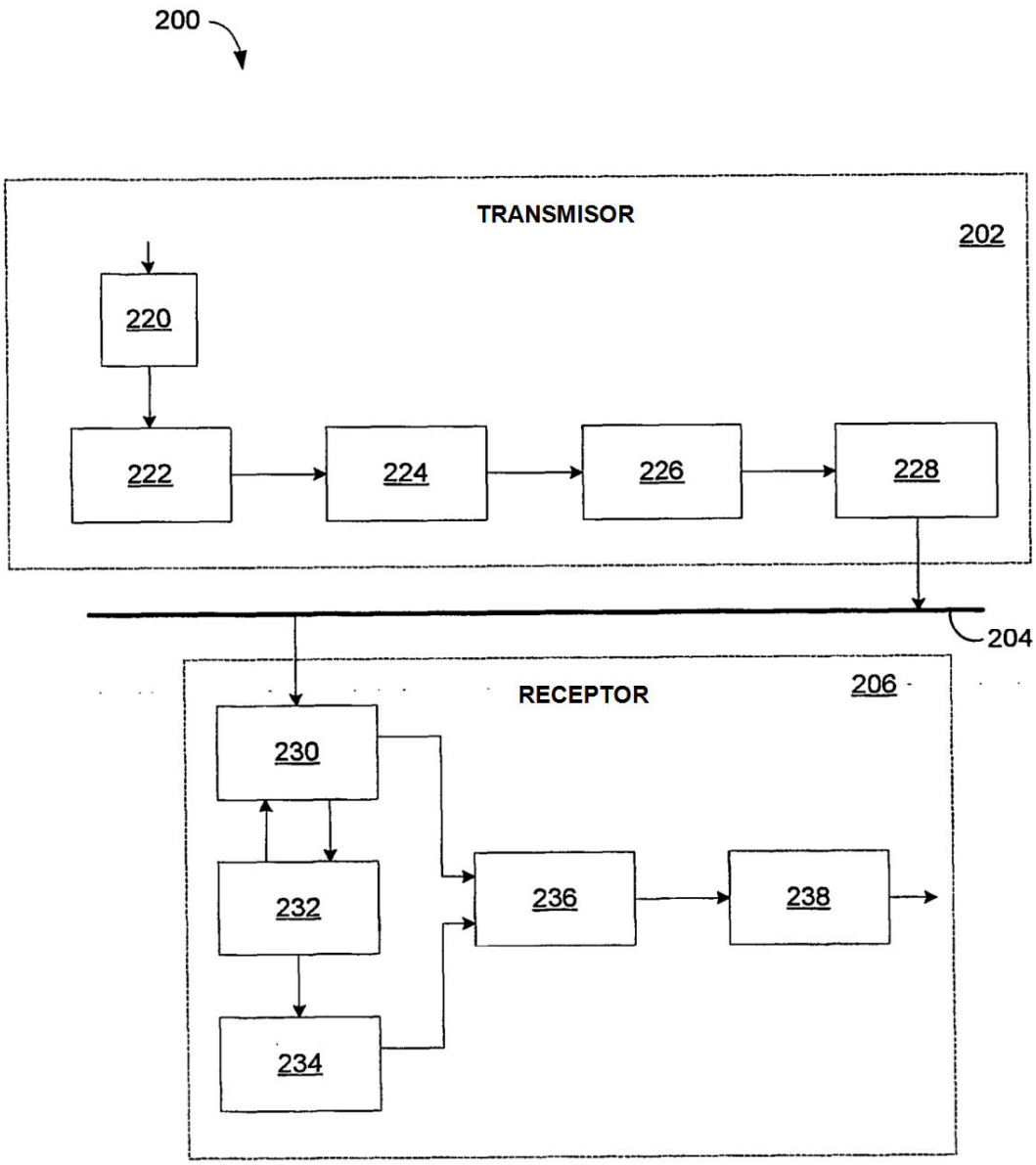
200
TRANSMISOR
202
220
222
224
226
228
204
RECEPTOR
206
230
232
234
236
238

FIG. 2

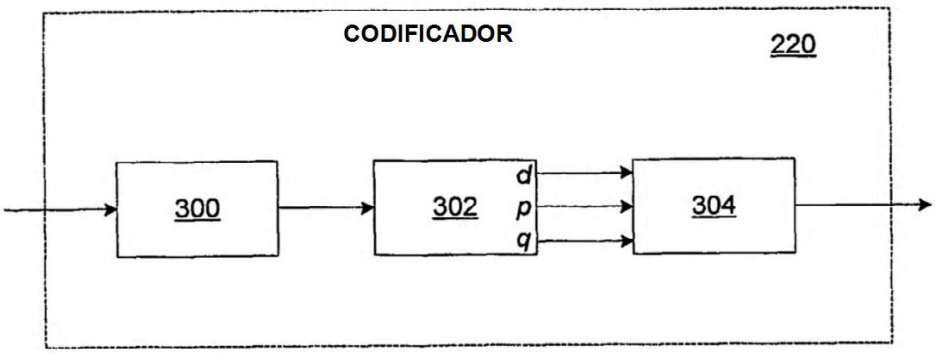
CODIFICADOR
220
300
302
d
p
q
304

FIG. 3

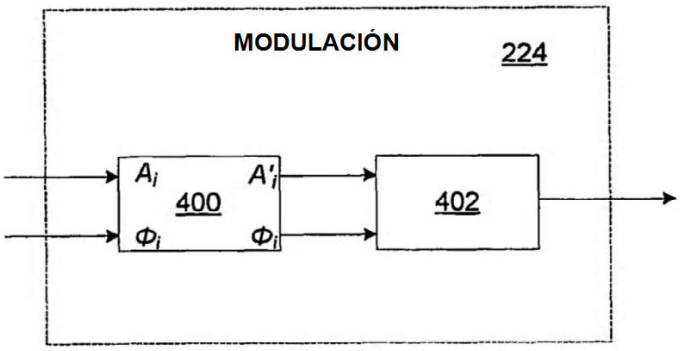
MODULACIÓN
224
A_i
A'_i
400
Φ_i
Φ_i
402

FIG. 4