(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 390 068**

(51) Int. Cl.:
H04L 5/06 (2006.01)
H04L 27/26 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **01968770 .6**
(96) Fecha de presentación: **11.09.2001**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1317813**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **11.06.2003**

(54) Título: **Receptor multiportador**

(30) Prioridad:
13.09.2000 US 230937 P
15.03.2001 US 805887
16.08.2001 US 931469

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
06.11.2012

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
06.11.2012

(73) Titular/es:
QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
5775 MOREHOUSE DRIVE
SAN DIEGO CA 92121-1714, US

(72) Inventor/es:
LAROIA, RAJIV y
LI, JUNYI

(74) Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

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 2 390 068 T3

DESCRIPCIÓN

Receptor multiportador

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

La presente solicitud reivindica el beneficio de la fecha de presentación de la solicitud provisional U.S. No. 60/230,937, presentada el 13 de Septiembre, 2000, y es una “continuación en parte” de la solicitud de patente en trámite US 09/805,887, presentada el 15 de marzo de 2001, titulada "Procedimiento de señalización en un sistema inalámbrico de acceso múltiple OFDM".

Campo técnico

La presente invención se refiere a sistemas de comunicación de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), y más particularmente a procedimientos y aparatos para la aplicación de transmisores y receptores OFDM adecuados para uso en, por ejemplo, una red de comunicación de acceso múltiple.

Antecedentes

El uso de los portadores pequeños que son multiplexados por división de frecuencia para compartir un canal de comunicación común, donde cada portador es típicamente un acceso múltiple de división de tiempo de bajo índice (TDMA) u otra forma de señal digital modulada se describe en Kappes J.M. et al. "Demultiplexor programable/procesador demodulador" Actas de la Conferencia de Comunicaciones Militares, (MILCOM), Monterrey, septiembre 30 - Octubre 3, 1990, Nueva York, IEEE, US, vol. 1, 30 de septiembre de 1990 (30/09/1990) - 3 de octubre de 1990 (03/10/1990) páginas 230-234, XP000221787. El sistema descrito consiste en una técnica en la que el requisito de cómputo principal es llevar a cabo la transformación de Fourier en los bloques de señal de entrada y transformaciones de Fourier inversas (IFFTs) sobre un soporte de base por portadora. Los vehículos pueden ser de tamaños diferentes. En el sistema de demultiplexación de los portadores se basa en el dominio de la frecuencia de filtrado con el procedimiento que consta de la convolución de la señal multiplexada entrante con un banco de filtros, utilizando una técnica de superponer y guardar. La convolución lineal deseada se calcula entonces en términos de circunvoluciones circulares de bloques superpuestos. Las convoluciones circulares se calculan mediante la transformación de las cantidades de dominio de tiempo que se convolucionan con el dominio de la frecuencia, multiplicándolo, y transformándolo posteriormente al dominio del tiempo. Este enfoque implica un requisito de cómputo principal para la realización de las transformaciones de Fourier en los bloques de señal de entrada y las transformaciones inversas de Fourier (IFFTs) sobre una base de portador por portador.

Mientras que el artículo sobre demultiplexor programable/procesador demodulador discute el procesamiento con base portador por portador en un sistema de multiplexado por división de frecuencia, no discute el uso de señales multiplexadas por división de frecuencia ortogonal en el que múltiples tonos, por ejemplo, tonos uniformemente espaciados, pueden corresponder a un único portador. En consecuencia, mientras que la referencia describe el filtrado de portadores en el dominio de la frecuencia, no enseña o sugiere el procesamiento de los tonos en un sistema OFDM, por ejemplo, los tonos correspondientes a un solo portador. Además, la referencia no sugiere ni describe cómo recuperar los símbolos comunicados utilizando símbolos OFDM. Por el contrario, la referencia describe un sistema multiplexado de división de frecuencia general en el que los diferentes portadores pueden tener diferentes velocidades de bits, anchos de banda y frecuencias centrales.

La multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) es una técnica relativamente de multiplexación bien conocida para sistemas de comunicación. Los sistemas de comunicación OFDM se puede utilizar para proporcionar comunicación de acceso múltiple, donde a los usuarios diferentes se cartografían diferentes tonos ortogonales dentro de un ancho de banda de frecuencia para transmitir datos al mismo tiempo. En un sistema de comunicación OFDM, el ancho de banda cartografiado a todo el sistema se divide en tonos ortogonales. En particular, para una duración de símbolo T dados disponibles para la transmisión de datos del usuario, y un ancho de banda W dado, el número de tonos disponibles ortogonales F está dado por WT. El espaciamiento entre los tonos ortogonales Δ se elige para ser 1/T, haciendo así los tonos ortogonales. Además de la duración del símbolo T que está disponible para la transmisión de datos del usuario, un período adicional de tiempo T_c se puede utilizar para la transmisión de un prefijo cíclico. El prefijo cíclico se antepone a cada duración de símbolo T y se utiliza para compensar la dispersión introducida por la respuesta del canal y por el filtro de conformación de impulsos utilizado en el transmisor. Así, aunque se emplea una duración de símbolos total de $T + T_c$ para la transmisión de un símbolo OFDM, sólo la duración del símbolo T está disponible para la transmisión de datos del usuario y se denomina por tanto una duración de símbolo OFDM.

En anteriores técnicas de OFDM, una señal OFDM se construye primero por un transmisor en el dominio de la frecuencia mediante la cartografía de símbolos de una constelación a los tonos de frecuencia establecidos. La señal construida en el dominio de la frecuencia se transforma entonces en el dominio del tiempo por una transformada discreta inversa de Fourier (IDFT) o transformada rápida inversa de Fourier (IFFT). Un prefijo cíclico que tiene una duración Tc, como se discutió anteriormente, entonces se antepone a la señal de dominio de tiempo correspondiente a cada duración de símbolo T resultante en una señal que tiene la duración de símbolo total $T + T_c$ para cada símbolo a transmitir. La señal de dominio de tiempo que incluye los prefijos cíclicos es muestreada para obtener las

muestras de señal digital a ser transmitidas.

En general, los símbolos de la constelación tienen una propiedad de proporción de pico a media relativamente baja. Por ejemplo, los símbolos de una constelación QPSK tienen todos la misma amplitud. Sin embargo, después de haber sido transformados por la IDFT o IFFT, las muestras de la señal de dominio de tiempo resultantes son la suma ponderada de todos los símbolos, y por lo tanto generalmente no preserva la baja propiedad de proporción de pico a media. En particular, la señal de dominio de tiempo resultante tiene típicamente una proporción pico a media alta.

Puesto que los símbolos se cartografían a los tonos en los transmisores OFDM conocidos en el dominio de la frecuencia, la recuperación de símbolos también se realiza en el dominio de la frecuencia, por ejemplo, con las señales recibidas correspondientes a los tonos individuales que se cartografían de nuevo en el dominio de la frecuencia de los símbolos individuales.

La figura 1 ilustra un receptor OFDM 100 ejemplar conocido. El receptor OFDM 100 incluye una antena 102, un sintonizador 104, un convertidor A/D 106, circuito de descarte de prefijo cíclico 108, un circuito FFT 110, un circuito de extracción de símbolo de formación 112, un circuito de estimación de canal dominio de frecuencia 114, un circuito de ecualización de los canales de dominio de la frecuencia 118 y un decodificador 118 acoplados entre sí como se ilustra en la figura 1.

Señales OFDM emitidas se reciben a través de la antena 102 y luego se filtraron por el sintonizador 104 que envía una señal que incluye los tonos OFDM utilizados para transmitir símbolos. La salida de señal continua por el sintonizador 104 es muestreada por un convertidor A/D 106 para generar una señal digital que luego es procesada por el circuito de descarte de prefijo cíclico 108. El circuito 108 descarta la parte de T_c de la señal recibida correspondiente al prefijo cíclico. La porción restante de la señal correspondiente a la duración de símbolo T se suministra al circuito transformado 110, por ejemplo, un circuito FFT o DCT, el cual convierte la señal de dominio de tiempo que representa los símbolos transmitidos en el dominio de la frecuencia. El extractor del símbolo de formación 112 extrae uno o más símbolos de capacitación o tonos piloto, es decir, los símbolos o tonos con valores conocidos de transmisión en el dominio de la frecuencia, a partir de la señal recibida. Los símbolos de formación o tonos extraídos se suministran al circuito de estimación de canal de dominio de frecuencia 114. El circuito 114 estima el efecto, en el dominio de la frecuencia, del canal de comunicaciones en las señales transmitidas como se evidencia por la diferencia entre el símbolo(s) de formación recibido, o el tono(s) piloto y los valores esperados. El circuito de ecualización del canal del dominio de frecuencia 116 recibe información de la estimación del canal desde el circuito 114 y realiza las operaciones de ecualización de los canales en la señal de dominio de la frecuencia generada por el circuito de transformación 110 para compensar las distorsiones de los canales. Después de que la ecualización de canal se realiza en el dominio de la frecuencia, la señal es procesada por el descodificador 118 que cartografía la señal de dominio de la frecuencia en símbolos y/o datos.

La solicitud de patente europea EP-A- 0 981 222 describe un sistema en el que los símbolos son cartografiados por un cartógrafo de símbolos a las frecuencias de una señal de transmisión multitono que se somete luego a una operación de transformada de Fourier discreta inversa que convierte desde el dominio de la frecuencia hacia el dominio del tiempo antes de la transmisión. Un receptor en el sistema descrito convierte una señal analógica recibida en una señal digital, que después se somete a una operación de ecualización de dominio de tiempo. Después de la operación de ecualización de dominio de tiempo, se realiza una operación DFT que convierte los símbolos del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia con los símbolos, siendo recuperados a continuación en el dominio de la frecuencia por un detector de símbolo.

Además se llama la atención a la solicitud de patente europea EP-A- 0 786 889, que describe técnicas de sincronización para uso en un receptor. En el receptor descrito, la señal recibida es sometida a una operación de procesamiento de dominio de frecuencia a tiempo en forma de una FFT antes de la recuperación de símbolos.

Las técnicas existentes para la aplicación de sistemas de comunicación OFDM pueden ser muy ineficientes en términos de utilización de energía debido a la proporción relativamente alta de pico a media en comparación con otros esquemas de señalización, tales como los esquemas de modulación de portador individual. Como resultado, las técnicas existentes OFDM no están bien adaptadas para una red de comunicación de acceso múltiple inalámbrica con usuarios altamente móviles debido a que la alta proporción del pico a media de la señal transmitida requiere una gran cantidad de energía en la estación de base y en el dispositivo inalámbrico. Los mayores requerimientos de energía resultan en la vida corta de la batería y amplificadores de potencia más caros en los últimos dispositivos o terminales de comunicación inalámbricos. En consecuencia, es deseable proporcionar una técnica OFDM que reduce la proporción de pico a media de la señal a transmitir, al mismo tiempo aprovechando el ancho de banda de comunicación más grande ofrecido por un sistema de comunicación OFDM.

Sumario

De conformidad con la presente invención se proporcionan un procedimiento de procesamiento de una señal multiplexada de división en frecuencia ortogonal, como se expone en la reivindicación 1, y un aparato para procesar una señal multiplexada de división en frecuencia ortogonal, como se expone en la reivindicación 14. Otras realizaciones se reivindican en las reivindicaciones dependientes.

La presente invención se refiere a sistemas de comunicaciones OFDM en donde se generan símbolos de datos, por ejemplo modulados, y se recuperan en el dominio del tiempo en comparación con el dominio de la frecuencia.

El transmisor de la presente invención modula símbolos de datos en el dominio del tiempo a un conjunto prescrito de instantes de tiempo correspondientes a una duración de símbolo. Los símbolos cartografiados son conectados suavemente para formar la señal OFDM transmitida de forma tal que la señal generada correspondiente a un usuario sólo incluye componentes de frecuencia en los tonos cartografiados a ese usuario en particular. El procedimiento de señalización OFDM de dominio del tiempo de la presente invención tiene la ventaja sobre el procedimiento de señalización de dominio de frecuencia OFDM conocido en el que se puede, en muchos casos, proporcionar una proporción pico a media sustancialmente menor.

En diversas realizaciones, el procedimiento de señalización OFDM de dominio de tiempo de la presente invención se utiliza para implementar un sistema de comunicación de acceso múltiple (MAC). En la realización MAC, a diferentes usuarios se cartografían diferentes conjuntos de tonos para uso durante el mismo período de símbolo OFDM. En el sistema de acceso múltiple, las señales transmitidas desde diferentes transmisores, cada una con un conjunto de tonos cartografiados a un usuario diferente, a menudo se mezclan en el canal de comunicaciones antes de llegar al receptor de un usuario individual. En tal caso, las señales de otros usuarios son interferencia de acceso múltiple a la señal del usuario individual tratando de recuperar los datos que se comunicaron en tonos cartografiados al usuario.

De acuerdo con una realización ejemplar del receptor de la presente invención, con el fin de eliminar la interferencia de acceso múltiple el receptor primero muestrea la señal recibida, descarta las muestras correspondientes a la prefijos cíclicos transmitidos, y luego transforma la señal restante del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia, por ejemplo, mediante la realización de una operación de FFT. Después de que la señal ha sido convertida en el dominio de la frecuencia, la señal se filtra para eliminar los tonos de otros usuarios. Esto resulta en una señal que incluye los tonos cartografiados al usuario del receptor, pero no de otros usuarios.

Después de la eliminación de los tonos de otros usuarios de la señal, la señal se convierte de nuevo en el dominio del tiempo para facilitar la recuperación de los símbolos transmitidos. La transformación en el dominio del tiempo puede ser implementada mediante, por ejemplo, la realización de una operación de transformada discreta inversa de Fourier (IDFT) en la señal filtrada.

Las técnicas de ecualización y de estimación del canal del dominio de tiempo se utilizan para reducir y/o eliminar las distorsiones introducidas por la señal del canal de comunicaciones.

Con el fin de facilitar las operaciones de estimación y de estabilización de canal, los símbolos de formación están incluidos en la señal transmitida por el transmisor OFDM de la presente invención junto con los símbolos utilizados para transmitir los datos del usuario. Los símbolos de formación son conocidos por el receptor antes de su recepción permitiendo que el receptor para estimar las distorsiones introducidas por el canal mediante la comparación de los valores de símbolos de formación recibidos a sus valores esperados conocidos.

En una realización ejemplar de la invención, durante cada período de símbolo OFDM, uno o más símbolos de formación se transmiten al dispositivo de un usuario junto con símbolos de datos usados para transmitir los datos del usuario. Los símbolos de formación se utilizan como se discutió anteriormente, durante el procesamiento de la señal del dominio del tiempo, para estimar la respuesta del canal de comunicación. La estimación del canal resultante se utiliza entonces en una operación de ecualización de canal para facilitar la recuperación de los símbolos de datos transmitidos.

En una realización ejemplar particular, a los usuarios en un sistema MAC de la presente invención se les cartografía un conjunto de tonos que se utilizarán para un período de tiempo denominado una temporización. La temporización corresponde a un número de sucesivos periodos de transmisión de símbolo. De acuerdo con dicha realización, los tonos cartografiados a un usuario durante cada período de símbolo sucesivo de una temporización siguen siendo los mismos. En este ejemplo de realización particular, los símbolos de formación se transmiten durante algunos por ejemplo, uno, pero no todos los periodos de símbolo en cada temporización. El período o períodos en que se transmiten los símbolos de formación se llaman períodos de símbolos de formación. En una realización tal, un período de símbolo en o cerca del centro de la temporización se utiliza para la transmisión de símbolos de formación mientras que los símbolos de datos se transmiten durante los otros períodos de símbolo de cada temporización. De acuerdo con estas realizaciones donde los símbolos de formación no se transmiten durante todos los períodos de símbolo, la estimación del canal generado a partir de símbolos de formación recibidos durante un período de símbolo de formación de una temporización se utilizan durante los otros períodos de símbolo de la misma temporización para fines de ecualización de canal.

Las características adicionales, elementos, y formas de realización del sistema de comunicaciones de la presente invención se discutirán en detalle más adelante.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de bloques de un receptor OFDM conocido.

La figura 2 es un diagrama de un sistema de comunicaciones OFDM implementado de conformidad con la presente invención.

La figura 3 es un diagrama de bloques de un transmisor implementado de acuerdo con la invención.

La figura 4 es un gráfico que muestra los símbolos cartografiados a instantes de tiempo prescritos en el dominio del tiempo de acuerdo con la técnica de transmisión OFDM implementada por el transmisor de la figura. 3.

La figura 5 es un gráfico que muestra la respuesta dominio de la frecuencia de la gráfica de la figura 4.

La figura 6 es un gráfico que muestra los tonos cartografiados a una pluralidad de usuarios del sistema de comunicaciones que se muestra en la figura 2.

Las figuras 7 y 8 ilustran diferentes técnicas para la transmisión de símbolos de formación de acuerdo con diversas realizaciones de la presente invención.

La figura 9 ilustra un receptor OFDM de la presente invención adecuado para su uso en el sistema de comunicaciones de la figura 2.

Descripción detallada

La figura 2 ilustra un sistema de comunicaciones 200 implementado de acuerdo con la presente invención. El sistema 200 incluye un transmisor OFDM 212 y un receptor OFDM 216 acoplados entre sí por un canal de comunicaciones 214. El transmisor OFDM 212 y el receptor OFDM 216 se implementan de acuerdo con la presente invención como se discutirá en detalle más adelante. El canal de comunicaciones 214 puede ser, por ejemplo, el aire en una forma de realización de comunicaciones inalámbrica. El canal de comunicaciones 214 puede introducir en la señal transmitida una amplia gama de distorsiones incluyendo, por ejemplo, el ruido, distorsiones de varias rutas, etc. Además, las señales transmitidas desde/hacia múltiples usuarios del sistema OFDM 200 pueden ser mezcladas en el canal de comunicaciones 214. Como resultado de ser enviado a través del canal de comunicaciones 214 la señal recibida por el receptor OFDM 216 puede ser diferente de la señal transmitida por el transmisor OFDM 212. Como se verá más adelante, el receptor 216 realiza una o más operaciones de compensación de canal, de acuerdo con diversas características de la invención, para compensar, y/o reducir el efecto de las distorsiones introducidas por la señal del canal de comunicaciones 214.

En el procedimiento tradicional de transmisión OFDM que se discutió anteriormente, una señal OFDM está formada por símbolos de modulación a los tonos de frecuencia, respectivamente, donde los símbolos representan la información de usuario que debe transmitirse y donde los símbolos se seleccionan a partir de alguna constelación de la señal. Este procedimiento tradicional de generar una señal OFDM se denomina aquí como señalización OFDM de dominio de frecuencia dado que la creación señal se realiza principalmente en el dominio de la frecuencia.

De acuerdo con una característica del transmisor de la presente invención, una señal OFDM se crea en el dominio del tiempo como opuesto al dominio de la frecuencia. En consecuencia, la técnica de la presente invención se refiere como señalización OFDM de dominio de tiempo. En la señalización OFDM de dominio de tiempo los símbolos de datos se modulan en el dominio de tiempo para un determinado conjunto de instantes de tiempo, por ejemplo, instantes uniformemente espaciados dentro de un período de símbolo T. Los símbolos cartografiados a continuación son suavemente conectados para formar una señal continua, por ejemplo, la señal OFDM a ser transmitida durante toda o una porción de un período de símbolo T. El proceso se repite para cada período de símbolo. Las técnicas de la presente invención utiliza para crear la señal continua que se transmite desde los puntos discretos cartografiados en el dominio del tiempo durante cada período de símbolo T son tales que la señal generada se incluyen sólo los componentes de frecuencia en los tonos de señal OFDM designados para comunicar los símbolos.

Un transmisor ejemplar de la presente invención y la técnica de generación de señal OFDM del dominio de tiempo ejemplar de la invención se discutirá ahora con referencia a las figuras 3-6. Otras técnicas y circuitos para generar señales OFDM en el dominio del tiempo de acuerdo con la invención se discuten en detalle en la solicitud de patente US 09/805.887 que se incorpora en la presente memoria por referencia.

Refiriéndonos ahora a la figura 3, se muestra un transmisor (OFDM) de multiplexación de división de frecuencia ortogonal 210. El transmisor OFDM 210 recibe una primera constelación de símbolos $\{B_i\}$ 312 y proporciona los símbolos a un circuito de cartografía símbolo a símbolo 314, que produce una segunda constelación de símbolos complejos $\{C_i\}$ 316. Los símbolos complejos 316 representan los datos o un flujo de datos a transmitir por el sistema de comunicación OFDM, y puede ser elegido a partir de una variedad de constelaciones de símbolos, incluyendo, pero no se limitan a, constelaciones de símbolos de manipulación por desplazamiento de fase (PSK) y modulación de amplitud en cuadratura (QAM). La cartografía de símbolo a símbolo realizada por el circuito de cartografía 314 es una etapa opcional realizada por el transmisor OFDM 210.

A continuación, un circuito de cartografía del instante de tiempo 318 cartografía cada símbolo complejo 316 a un instante de tiempo determinado dentro de una determinada duración del símbolo OFDM. La operación de cartografía se realiza en el dominio del tiempo tal que el circuito de cartografía 318 genera una señal discreta de símbolos

cartografíadas dentro de la duración del símbolo de dominio de tiempo. La salida del circuito de cartografía 318 se proporciona a un circuito de interpolación 320, que produce una serie de muestras de señal digital {Si} 22. Las muestras de señales digitales 322 se forman mediante el muestreo de una señal continua, que se construye mediante la aplicación de una o más funciones de interpolación continua predeterminadas a los símbolos complejos cartografiados 319. Alternativamente, las muestras de señales digitales 322 se forman mediante la aplicación directa de una o más funciones de interpolación discretas predeterminadas a los símbolos complejos cartografiados 319. Cuando se utiliza la técnica de aplicar funciones de interpolación discretas, no es generada la señal continua intermedia y la etapa de muestreo de la señal continua no es necesaria. El funcionamiento del circuito de interpolación 320 se describe con mayor detalle a continuación. Un circuito de prefijo cíclico 324 recibe la serie de muestras de señal digital 322 del circuito de interpolación 320 y antepone un prefijo cíclico a las muestras de señales digitales 322. El circuito de prefijo cíclico 324 opera para copiar y anteponer la última porción del vector S de muestra de señal digital 322 al comienzo de la duración del símbolo OFDM. Las muestras resultantes de señales digitales 322 con el prefijo cíclico antepuesto se convierten en una señal analógica por un convertidor digital a analógico 328. La señal analógica resultante se procesa adicionalmente por un filtro de conformación de impulsos 330, cuya salida está modulada a una frecuencia portadora, y amplificada por una unidad amplificadora de potencia 332 para su transmisión a través de una antena 34.

La figura 4 representa gráficamente las etapas de procesamiento de señales realizadas por los diversos circuitos del DSP 26 en una realización ejemplar. Más específicamente, la figura 4 muestra la construcción de la señal a transmitir en una duración de símbolo de dominio OFDM 440 dada. La duración del símbolo dominio del tiempo 440 es un intervalo de tiempo de 0 a T. Para los propósitos de la siguiente descripción, la duración T del símbolo OFDM no incluye el prefijo cíclico. La señal a transmitir en la duración del símbolo 440 está representada por los símbolos complejos C_1, C_2, C_3,..., CM_{16} que se cartografían a los instantes de tiempo prescritos, donde M denota el número de símbolos a transmitir en la duración del símbolo 440.

En una aplicación, el transmisor OFDM 210 es un sistema de comunicación de acceso múltiple donde el ancho de banda completo a disposición de los usuarios del sistema se divide en F tonos de frecuencia ortogonales, f_1, f_2,...,f_F. En la duración del símbolo dado 440, un usuario dentro del sistema de acceso múltiple de comunicación se cartografía tonos de frecuencia M f_i (1), f_i (2),..., f_i (m), que es un subconjunto de f_1, f_2,..., FF (el número total de tonos de frecuencia) con el fin de transmitir una señal, por ejemplo, una señal que representa los símbolos M. Los tonos de frecuencias restantes pueden ser utilizados por otros usuarios del transmisor 210 o de transmisores otra índole que forman parte de un sistema de comunicaciones. Esta técnica permite al transmisor OFDM 210 funcionar como parte de un sistema de comunicación de acceso múltiple.

Para un usuario determinado, el transmisor 210 cartografía primero los símbolos de datos complejos C_1, C_2, C_3,..., CM 416 a t_1, t_2, t_3, ..., tm, respectivamente, donde t_1, t_2, t_3, ..., tm se prescriben M instantes de tiempo dentro de la duración de símbolo de dominio de tiempo 440. La operación de cartografía genera una señal discreta de los símbolos cartografiados. Cabe señalar que el número de instantes de tiempo prescritos es igual al número de símbolos M a ser transmitidos. Como se describió anteriormente, la cartografía de símbolo se produce en el dominio del tiempo. Se aplican entonces las funciones continuas de interpolación 442 a la señal discreta de símbolos cartografiados 416 para generar una función continua CF(t) para t en el intervalo de tiempo de 0 a T.

Las funciones de interpolación 442 se construyen de tal manera que los valores de la función continua CF(t) en instantes de tiempo t_1, t_2, t_3, ..., t_M son respectivamente iguales a C_1, C_2, C_3,..., CM y la respuesta de frecuencia de la función continua CF(t) contiene sólo sinusoides en los tonos cartografiados. Por lo tanto, CF(t) se construye como:

$$CF\ (t) = \sum_{k=1}^{M} A_k e^{J 2\pi f_{i(k)} t}$$

en la que

J $J = \sqrt{-1}$ y los coeficientes Ak están dados por

$$\begin{bmatrix} A_1 \\ \vdots \\ A_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e^{J2\pi f_{i(1)} t_1} & \cdots & e^{J2\pi f_{i(M)} t_1} \\ \vdots & & \vdots \\ e^{J2\pi f_{i(1)} t_M} & \cdots & e^{J2\pi f_{i(M)} t_M} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} C_1 \\ \vdots \\ C_M \end{bmatrix}$$

Así, cada coeficiente de la señal de dominio del tiempo A_k se genera mediante la multiplicación de una matriz de sinusoides predeterminadas con la única columna de símbolos de datos C_1, C_2, C_3, ..., CM 416.

La figura 5 muestra la respuesta de frecuencia de la función continua CF(t), que es el compuesto de las señales M interpoladas mostradas en la figura 4. Más específicamente, la figura 5 muestra que, de acuerdo con la presente

invención, la respuesta de frecuencia de la función continua es distinta de cero sólo en los tonos de frecuencia M f_i (1), f_i (2), ..., f_i (m) cartografiado al usuario particular, y que es cero en todos los otros tonos de frecuencia.

Preferiblemente, los tonos en la señal transmitida OFDM cartografiados a un usuario individual serán igualmente espaciados en el dominio de la frecuencia y, opcionalmente, los tonos contiguos en el conjunto global de tonos que se utilizan en el sistema 200. En el receptor, los tonos correspondientes a otros usuarios pueden ser intercalados con los tonos cartografiados a un usuario en particular debido a la mezcla en el canal de comunicaciones 214.

Así, en un sistema multiusuario, la señal transmitida correspondiente a un solo usuario puede sufrir interferencias a partir de señales (tonos), correspondientes a otros usuarios. Además, en el canal de comunicación, la señal transmitida puede interactuar con las señales procedentes de otros sistemas de comunicaciones, reflexiones de la señal transmitida y fuentes de ruido. Esto da lugar a distorsiones en la señal recibida. Así, tanto los dominios de frecuencia y tiempo de una señal recibida serán diferentes de la señal que se transmitió.

El número de referencia 702 se utiliza en la figura 6 para hacer referencia a un diagrama que ilustra los tonos N transmitidos por una pluralidad de usuarios del sistema durante una única duración de símbolo OFDM ejemplar. Número de referencia 704 se utiliza para identificar el conjunto de tonos M cartografiados al usuario ejemplar. Los tonos N-M restantes son utilizados por otros usuarios. En la figura 6 ejemplo, Δ es mayor que el espaciamiento de tono mínimo resultante en tonos f_k +1 y f[K + (M-1) Δ] -1 que se alternan con los tonos 704 empleados por el usuario ejemplar.

Los símbolos se cartografían por el transmisor en el dominio del tiempo de acuerdo con la presente invención y son recuperados de manera similar por el receptor 216 en el dominio del tiempo. Sin embargo, para eliminar las distorsiones en símbolos transmitidos de un usuario, creados por tonos utilizados por otros usuarios del sistema, las señales recibidas se filtran primero en el dominio de frecuencia para reducir y/o eliminar el efecto de los tonos cartografiados a otros usuarios antes de intentar recuperar símbolos transmitidos de un usuario en el dominio del tiempo.

Aunque el filtrado en el dominio de la frecuencia puede eliminar el efecto de los tonos de otros usuarios, las distorsiones de los canales siguen siendo un problema para la recuperación de símbolo del dominio del tiempo. Aunque las técnicas de compensación de los canales OFDM tradicionales se centran en la compensación del canal que se realiza en el dominio de la frecuencia, este tipo de técnicas de compensación de los canales convencionales pueden resultar inadecuadas para la recuperación de los símbolos que se generaron inicialmente en el dominio del tiempo y que se van a recuperar en el dominio del tiempo.

De acuerdo con una característica de la presente invención, en contraste con los sistemas OFDM conocidos, la compensación de canal se realiza en el dominio del tiempo en oposición con el dominio de la frecuencia. Con el fin de facilitar dicha compensación de canal, valores conocidos de los símbolos, a veces llamados símbolos de formación, se transmiten junto con símbolos de datos. Al comparar los valores de señal de dominio de tiempo esperados de formación de símbolos a los valores de señal de dominio de tiempo recibidos, el efecto del canal de comunicaciones en la señal transmitida del usuario puede ser estimada y corregida luego por, por ejemplo, una operación de ecualización de canal. Alternativamente, los símbolos de formación en el dominio del tiempo se pueden utilizar para formar el ecualizador directamente sin la primera etapa de la estimación de canal.

Las figuras 7 y 8 ilustran dos técnicas alternativas para la transmisión de símbolos de formación de acuerdo con la presente invención. En los ejemplos de la figura 7 y 8 un usuario ejemplar al que se cartografía un conjunto de tonos M a partir de una pluralidad tonos N totales. En los ejemplos M = 5. Después de un número preseleccionado de períodos de transmisión de símbolos, 3 en los ejemplos de la figura 7 y 8, al usuario se le cartografía un nuevo conjunto de tonos M para ser utilizados con fines de transmisión. El período de tiempo en el que se cartografía a un usuario un conjunto fijo de tonos que se conoce como el tiempo de espera. En cada una de las figuras 7 y 8 de dos períodos de temporización se ilustran (801, 803) y (901,903).

En la figura 7 el ejemplo durante la temporización 801, al usuario se le cartografía un primer conjunto de tonos 802 para ser utilizados. Durante la segunda temporización 803, se utiliza el segundo conjunto de tonos 804. Durante cada duración de símbolo T en la temporización 802 dos símbolos de formación son transmitidos y 3 símbolos de datos. Los tonos correspondientes a los símbolos de formación de transmisión se muestran en las figuras 7 y 8 utilizando líneas de puntos mientras que los tonos correspondientes a los símbolos de datos se muestran con líneas enteras.

La señal transmitida continua se crea en el dominio del tiempo por tratamiento de los símbolos de formación como dos de los símbolos a transmitir y luego genera una señal continua de los símbolos de formación y los símbolos de datos para ser transmitidos durante un período de símbolo de acuerdo con la presente invención.

La transmisión de los dos símbolos de formación en el ejemplo de la figura 7 resultan de la imposibilidad de utilizar el ancho de banda correspondiente a algunos, es decir, dos, tonos para la transmisión de datos durante la duración de cada símbolo de la temporización 801, 803. Sin embargo, proporciona la información del canal de compensación al receptor durante cada periodo de símbolo.

En los casos en que una temporización corresponde a múltiples períodos de símbolos, la eficiencia en términos de ancho de banda de comunicación se puede lograr de acuerdo con una característica de la invención mediante la transmisión de símbolos de formación durante un subconjunto de los períodos de transmisión de símbolo que existen dentro de una temporización. Todos o sólo algunos de los tonos cartografiados a un usuario pueden ser utilizados para la transmisión de los símbolos de formación durante el período o períodos de símbolo de la temporización durante el cual se transmiten símbolos de formación. La información de canal derivada de los símbolos de la formación recibida durante el período de un símbolo se utiliza durante los periodos de símbolo de la misma temporización en la que no se reciben los símbolos de formación a efectos de compensación de los canales. Esta técnica de compensación de canal está particularmente bien adaptada donde los cambios en las condiciones del canal es probable que sean pequeños en todo el período de temporización que es el caso en muchas realizaciones prácticas.

La figura 8 ilustra un ejemplo en donde todos los tonos en un período de transmisión de un símbolo de una temporización se utilizan para comunicar símbolos de formación. Los tonos durante los periodos de transmisión de otros símbolos de cada temporización se utilizan para transmitir datos. En una realización particular, el período de símbolo durante la cual los símbolos de formación se transmiten está localizado en el centro de la temporización. Nótese que en el ejemplo de la figura 7, 2/5 del ancho de banda (tonos) cartografiado a un usuario se utiliza durante cada temporización para comunicar símbolos de formación mientras que en el ejemplo de la figura 8 solamente 1/3 del ancho de banda se usa para la transmisión de los símbolos de formación. En implementaciones donde las temporizaciones incluyen un número relativamente grande de períodos de transmisión de símbolos, aún una mayor eficiencia se puede lograr mediante el uso del enfoque de la figura 8 para transmitir símbolos de formación en oposición a la técnica de la figura 7.

La figura 9 ilustra un receptor OFDM 216 implementado de acuerdo con la presente invención que está diseñado para recibir señales OFDM que fueron generados originalmente en el dominio del tiempo, por ejemplo, utilizando una de las técnicas descritas en la solicitud de patente U.S. S.N. 09/805.887. Varios elementos del receptor 216 que se puede implementar utilizando elementos que son los mismos que, o similares, los elementos del receptor conocido 100 se identifican en ambas figuras 1 y 9, utilizando los mismos nombres y números.

El receptor 216 de la presente invención incluye una antena 102, un sintonizador 104, un convertidor A/D 106, un circuito de descarte de prefijo cíclico 108, un circuito transformado 110 y un procesador de señal digital 1000.

Las señales son recibidas por la antena 102 y se filtran por el sintonizador 104 para reducir y/o eliminar las señales fuera del conjunto de frecuencias utilizadas por el sistema de comunicaciones OFDM 200. Un convertidor A/D 106 convierte la señal analógica de salida filtrada por el sintonizador 104 a una señal digital que luego se suministra al circuito 108. El circuito de descarte de prefijo cíclico 108 descarta el prefijo cíclico de las porciones de la señal recibida dejando la porción de la señal correspondiente a los símbolos transmitidos a ser procesados por el circuito de transformación 110. El circuito de transformación 110 convierte la salida de señal del dominio del tiempo por el circuito de descarte de prefijo cíclico 108 en una señal de dominio de la frecuencia mediante la realización de una operación de transformación de frecuencia, por ejemplo, una operación transformada rápida de Fourier (FFT) o transformada discreta de Fourier (DFT), en la misma. Una vez transformada en el dominio de frecuencia, la señal es suministrada al procesador de señal digital 1000 que es responsable de la recuperación de los símbolos transmitidos por un usuario.

El DSP 1000 incluye una pluralidad de módulos y/o circuitos para realizar diversas funciones de procesamiento de señales. De conformidad con la presente invención, los circuitos y/o módulos pueden ser implementados utilizando hardware y/o software dedicado que controla un procesador para llevar a cabo las funciones del módulo y/o del circuito.

El DSP 1000 incluye un filtro de tonos 1002, un circuito de transformada inversa 1004, el circuito de estimación de canal de dominio del tiempo 1006, el circuito de ecualización del canal del dominio del tiempo 1008, el módulo de cartografía de instante de tiempo al símbolo 1010 y un módulo de cartografía de símbolo al símbolo 1012. El filtro de tono 1002 filtra los tonos correspondientes a otros usuarios que el usuario del receptor 216. Así, los filtros 1002 filtran tonos utilizados por el sistema de comunicación que no se cartografían al usuario particular del receptor 216. De esta manera la interferencia de acceso múltiple se elimina.

El circuito de transformación inversa 1004 realiza una operación de transformación de frecuencia en tiempo en la señal filtrada mediante la realización de, por ejemplo, una operación IFFT o IDFT, generando así una señal de dominio de tiempo. La señal de dominio de tiempo generado se suministra al circuito de estimación de canal dominio del tiempo 1006 y el circuito de ecualización del canal del dominio del tiempo 1008.

El circuito de estimación del canal de dominio del tiempo 1006 extrae los símbolos de formación de la señal de dominio de tiempo generada por el circuito de transformación 1004 y realiza las operaciones de estimación de canal basadas en la diferencia entre el valor de formación de símbolo recibido en el dominio del tiempo y el valor del símbolo de formación esperada. Como se mencionó anteriormente, los símbolos de capacitación pueden ser transmitidos durante cada período de transmisión de símbolos. En tal realización, la función de canal estimada sobre la base de los símbolos de formación recibidos se aplica, o por extrapolación y luego se aplica, a los otros símbolos

recibidos en el mismo período de símbolo que los símbolos de formación en que se basa una estimación de canal en particular.

En el caso en que los símbolos de formación se transmiten durante un período de transmisión de símbolo de una temporización, el circuito de estimación del dominio del tiempo del canal 1006 estima la función de canal para cada uno de los periodos de símbolo en la temporización basada en el conjunto de símbolos de la formación recibidos durante el período de símbolo de la formación de la temporización.

El circuito de estimación del canal de dominio del tiempo 1006 puede utilizar una o más técnicas conocidas para la estimación de la función de canal en el dominio del tiempo sobre la base de los símbolos de la formación recibidos. Dado que se emplean las técnicas conocidas, en base a una comparación del valor del símbolo de formación recibido y el valor del símbolo de formación esperado, los detalles de las técnicas de estimación de canal no se tratarán más.

De acuerdo con una realización de la presente invención, una estimación de canal diferente se hace para cada punto en el tiempo de una duración de símbolo en el cual se coloca un símbolo cartografiado al usuario del receptor OFDM. Por consiguiente, suponiendo que la transmisión de los símbolos M, M funciones de canal se calcularán en dicha realización.

Las estimaciones de función del canal generadas por el circuito de estimación de canal del dominio del tiempo 1006 son suministradas al circuito de ecualización del canal del dominio del tiempo 1008. El circuito de ecualización del canal del dominio del tiempo 1008 realiza una operación de ecualización del canal mediante la estimación o estimaciones de canal recibidas a partir del circuito 1006. En efecto, el circuito de ecualización del canal del dominio del tiempo 1008 aplica en el dominio del tiempo una función que es la inversa de la función de canal actual estimada. Si las estimaciones del canal son exactas, esto dará como resultado la eliminación de las distorsiones introducidas en la señal transmitida por el canal de comunicaciones. Suponiendo una ecualización de canal exitosa, la salida del circuito de ecualización del canal 1008 será la señal de dominio del tiempo transmitida original incluyendo el conjunto de puntos $\{S_i\}$ 322 transmitido al usuario del receptor.

Alternativamente, como se mencionó anteriormente, los símbolos de formación en el dominio del tiempo se pueden utilizar para formar el circuito de ecualización del canal 1008 directamente sin la primera etapa de estimación de canal. En dicha realización del circuito de estimación del canal 1006 se omite el receptor 216.

El instante de tiempo al circuitos de cartografía de símbolos 1010 mapea los valores de la señal {Si} 322 en los puntos uniformemente equidistantes en el tiempo empleado para transmitir los símbolos en el dominio del tiempo, de vuelta a los valores de los símbolos complejos transmitidos $\{C_i\}$ 316. El circuito receptor 1010 realiza entonces la inversa del circuito transmisor 318.

La salida de los símbolos complejos $\{C_i\}$ por el instante de tiempo al circuito de cartografía de símbolo 1010 es suministrada al circuito de cartografía de símbolo a símbolo 1012. El circuito de cartografía de símbolo 1012 mapea los símbolos de transmisión $\{C_i\}$ correspondientes a una segunda constelación de los símbolos de nuevo a la primera constelación de símbolos $\{B_i\}$. De esta manera, el circuito 1012 realiza la inversa del circuito de cartografía de símbolo a símbolo transmisor 314. Al igual que el circuito de cartografía de símbolo del transmisor 314 del circuito, símbolo del receptor al circuito de cartografía de símbolo 1012 es opcional y no es empleado cuando el transmisor no se usa el símbolo de cartografía del circuito 314. Los símbolos recuperados complejos $\{B_i\}$ son de salida por el circuito receptor OFDM 216, por ejemplo, para uso de los circuitos subsiguientes.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de procesamiento de una señal multiplexada por división de frecuencia ortogonal que representa una pluralidad de símbolos y que incluye una pluralidad de tonos ortogonales, un primer subconjunto de dicha pluralidad de tonos ortogonales se cartografían a un primer usuario, siendo un segundo conjunto de dicha pluralidad de tonos ortogonales cartografiado a un segundo usuario, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

realizar una operación de transformación de dominio del tiempo al dominio de frecuencia en la señal multiplexada de división de frecuencia ortogonal para generar una señal de dominio de la frecuencia a partir de los mismos;

filtrar la señal de dominio de frecuencia para eliminar los tonos ortogonales en dicha pluralidad de tonos que no están incluidos en dicho primer subconjunto de tonos, siendo dicho segundo conjunto de dicha pluralidad de tonos ortogonales cartografiados a un segundo usuario eliminados por dicha filtración;

realizar una operación de transformación del dominio de frecuencia al dominio del tiempo en la señal de dominio de frecuencia filtrada para generar una señal de dominio de tiempo filtrada, y

recuperar símbolos transmitidos al primer usuario desde la señal de dominio de tiempo filtrada, mediante la cartografía de forma iterativa de un único instante de tiempo a un símbolo hasta que los símbolos son recuperados.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que se la recuperación de símbolos incluye:

realizar una operación de ecualización de canal en la señal del dominio del tiempo filtrada.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que la recuperación de símbolos incluye, además, realizar una operación de estimación de canal, incluyendo dicha operación de estimación de canales:

identificar un símbolo de formación en la señal de dominio de tiempo filtrada, y

generar al menos una estimación de canal como una función de la diferencia entre el símbolo formación identificado y un valor de símbolo de formación conocido.

4. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que la señal multiplexada por división de frecuencia ortogonal corresponde a períodos de símbolos múltiples, incluyendo la porción de la señal recibida correspondiente a cada período de símbolo al menos un símbolo de formación, y

en el que la recuperación de símbolos incluye, además, realizar una operación de estimación de canal, incluyendo dicha operación de estimación de canal, para cada periodo de símbolo:

identificar un símbolo de formación en la señal de dominio de tiempo filtrada, y

generar al menos una estimación de canal como una función de la diferencia entre el símbolo formación identificado y un valor de símbolo formación conocido.

5. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que la señal multiplexada por división de frecuencia ortogonal corresponde a múltiples temporizaciones, siendo cada temporización un período de tiempo igual a los períodos de símbolos múltiples, siendo el primer usuario cartografiado el primer subconjunto de dicha pluralidad de tonos ortogonales para la utilización a lo largo de una de dichas temporizaciones, comprendiendo el procedimiento además:

realizar una operación de estimación de canal, incluyendo, por cada temporización:

identificar un símbolo de formación en la señal del dominio del tiempo filtrada recibida durante el período de símbolo dentro de la temporización, y

generar una estimación de canal como una función de la diferencia entre el símbolo de formación identificado y un valor de símbolo de formación conocido.

6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que la realización de una operación de ecualización de canal incluye:

utilizar una estimación de canal generada a partir de un símbolo de formación recibida durante una temporización para realizar una operación de ecualización de canal en una porción de la señal del dominio del tiempo filtrada correspondiente a un período de símbolo en dicha temporización que no incluye dicho símbolo de formación identificado.

7. Procedimiento según la reivindicación 5,

en el que todos de una pluralidad de símbolos recibidos durante uno de dichos períodos de símbolo en cada

temporización incluye símbolos de formación;

en el que realizar una operación de estimación de canal para cada temporización incluye además:

generar una estimación de canal para cada uno de los símbolos de formación recibidos durante dicho uno de dichos períodos de símbolo.

8. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que realizar una operación de ecualización de canal incluye:

utilizar las estimaciones de canal generadas a partir de cada uno de los símbolos de formación recibidos durante dicho uno de dichos períodos de símbolo en cada temporización, para realizar diferentes operaciones de estabilización de los canales en cada porción de la señal del dominio del tiempo filtrada que corresponde a un símbolo en al menos un período de otro símbolo incluido en la misma temporización en la que se recibieron los símbolos de entrenamiento utilizados para generar las estimaciones de canal.

9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que el período de símbolo en el que todos los símbolos recibidos son símbolos de formación está situado en el centro de cada temporización.

10. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que la recuperación de los símbolos transmitidos al primer usuario incluye:

valores de cartografía de la señal del dominio del tiempo filtrada en instantes en el tiempo utilizado para transmitir valores de símbolos a los valores en un conjunto de valores de símbolos.

11. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que la recuperación de los símbolos transmitidos al primer usuario incluye además:

realizar una operación de cartografía un valor del símbolo a valor de símbolo a cartografía de valores de símbolos generado mediante la cartografía de valores de la señal del dominio del tiempo filtrada a los valores de otro conjunto de valores de símbolos.

12. Procedimiento según la reivindicación 10,

en el que la realización de una operación de transformación de dominio de tiempo al dominio de frecuencia incluye la realización de una de una operación de Transformada rápida de Fourier y una operación de Transformada discreta de Fourier, y

en el que la realización de una operación de transformación dominio de frecuencia al dominio del tiempo incluye la realización de una de una operación de transformada rápida de Fourier y una operación de transformada de coseno discreta inversa.

13. Procedimiento según la reivindicación 12, que también comprende:

recibir la señal multiplexada por división de frecuencia ortogonal de un canal de comunicaciones, incluyendo señales multiplexadas por división en frecuencia ortogonal correspondientes a usuarios distintos del primer usuario.

14. Aparato (216) para el procesamiento de una señal multiplexada por división en frecuencia ortogonal que representa una pluralidad de símbolos y que incluye una pluralidad tonos, siendo un primer subconjunto de dicha pluralidad de tonos ortogonales cartografiados a un primer usuario, siendo un segundo subconjunto de dicha pluralidad de tonos ortogonales cartografiado a un segundo usuario, comprendiendo el aparato:

un módulo de transformación del dominio de tiempo a frecuencia (110) para generar una señal de dominio de la frecuencia a partir de la señal multiplexada por división de frecuencia ortogonal;

un filtro de tono (1002) para el filtrado de la señal de dominio de frecuencia generada por el dominio de tiempo al dominio de frecuencia transforma tonos ortogonales de módulo distintos de aquellos incluidos en el primer subconjunto para generar así una señal de dominio de frecuencia filtrada;

un módulo de transformación de dominio de frecuencia a tiempo (1004) para la realización de una operación de transformación del dominio de frecuencia al dominio del tiempo en la señal de dominio de frecuencia filtrada para generar así una señal de dominio del tiempo, y

un módulo de cartografía de instante de tiempo a símbolo (1010) acoplada al módulo de transformación de frecuencia para el dominio de tiempo (1004) para cartografiar iterativamente valores de señal en un único punto en el tiempo a valores de un símbolo.

15. Aparato según la reivindicación 14, que también comprende:

un módulo de ecualización de canal (1008) acopla dicho módulo de transformación de frecuencia al dominio del

tiempo al instante de tiempo al módulo de símbolo de cartografía, el módulo de ecualización de canal que realiza operaciones de ecualización de canal en dicha señal de dominio de tiempo.

16. Aparato según la reivindicación 15, que también comprende:

un circuito de estimación de canal (1006) acoplado a dicho módulo de transformación del dominio de frecuencia a tiempo y al módulo de ecualización de los canales para generar al menos una estimación del canal de la señal de dominio de tiempo y para suministrar la estimación del canal para el módulo de ecualización de canal.

17. Aparato según la reivindicación 16, que también comprende;

un módulo de cartografía de símbolo a símbolo (1012) acoplado al módulo de cartografía de instante de tiempo a símbolo (1010).

18. Aparato según la reivindicación 16, que también comprende:

un circuito de descarte de prefijo cíclico (108) acoplado al módulo de transformación de dominio de frecuencia a tiempo para descartar porciones de la señal multiplexada por división de frecuencia correspondiente a los prefijos cíclicos.

19. Aparato según la reivindicación 14, en el que el módulo transformación del dominio de tiempo a frecuencia (110) es un circuito de transformada rápida de Fourier, y

en el que el módulo de transformación de dominio de frecuencia a tiempo (1004) es un circuito de transformada rápida inversa de Fourier.

20. Sistema de comunicaciones (200) que comprende:

un transmisor de señal multiplexada por división de frecuencia ortogonal (212), incluyendo:

un módulo de cartografía de símbolo a instante de tiempo para la cartografía de una pluralidad de símbolos que deben transmitirse a los puntos uniformemente espaciados en el tiempo dentro de un período de tiempo correspondiente a una duración de símbolo, y

un receptor de señal multiplexada por división de frecuencia ortogonal (216) incluyendo el aparato de la reivindicación 14.

21. Sistema según la reivindicación 20, en el que el receptor (216) incluye además un circuito de ecualización de canal del dominio de tiempo (1008) acoplado entre el circuito de transformación de dominio de frecuencia al dominio de tiempo (1004) y el circuito de cartografía del instante de tiempo al símbolo (1010).

22. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha etapa de recuperación de símbolos transmitidos al primer usuario de la señal de dominio de tiempo filtrada se lleva a cabo mediante la realización de una operación de cartografía de valor de la señal de dominio de tiempo al símbolo en el dominio del tiempo.

23. Procedimiento según la reivindicación 22, en el que la realización de la operación de cartografía de señal de valor del dominio de tiempo al símbolo en el dominio del tiempo incluye la generación de múltiples valores de símbolos para una porción de la señal del dominio del tiempo filtrada correspondiente a un período de símbolo tiempo de transmisión, siendo cada valor de símbolo generado a partir de un parte diferente de la señal del dominio del tiempo filtrada.

24. Procedimiento según la reivindicación 23, en el que el valor de la señal filtrada el dominio del tiempo en un solo instante en el tiempo se utiliza para generar un valor símbolo.

25. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la recuperación de valores múltiples símbolos a partir de la señal del dominio del tiempo filtrada incluye la recuperación de una pluralidad de valores de los símbolos de una porción de dicha señal de dominio de tiempo filtrada correspondiente a un único período de tiempo de transmisión de símbolo OFDM, cada valor de símbolo que corresponde a un punto diferente en el tiempo dentro del período de tiempo de transmisión de un único símbolo OFDM.

26. Procedimiento según la reivindicación 25, en el que los diferentes puntos en el tiempo dentro del período de tiempo de transmisión de símbolo a partir del cual se generan los valores de símbolos individuales están uniformemente espaciados en el tiempo dentro del período de tiempo de transmisión de un único símbolo OFDM.

27. Aparato según la reivindicación 14, en el que dicho módulo de cartografía de instante de tiempo a símbolo es un módulo de procesamiento de señal del dominio de tiempo que cartografía cada uno de los múltiples instantes de tiempo individuales dentro de un período de tiempo de símbolo OFDM a los correspondientes valores de los símbolos individuales de acuerdo con una relación de uno a uno entre instantes de tiempo y valores de los símbolos.

28. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho primer conjunto de tonos ortogonales incluye tonos

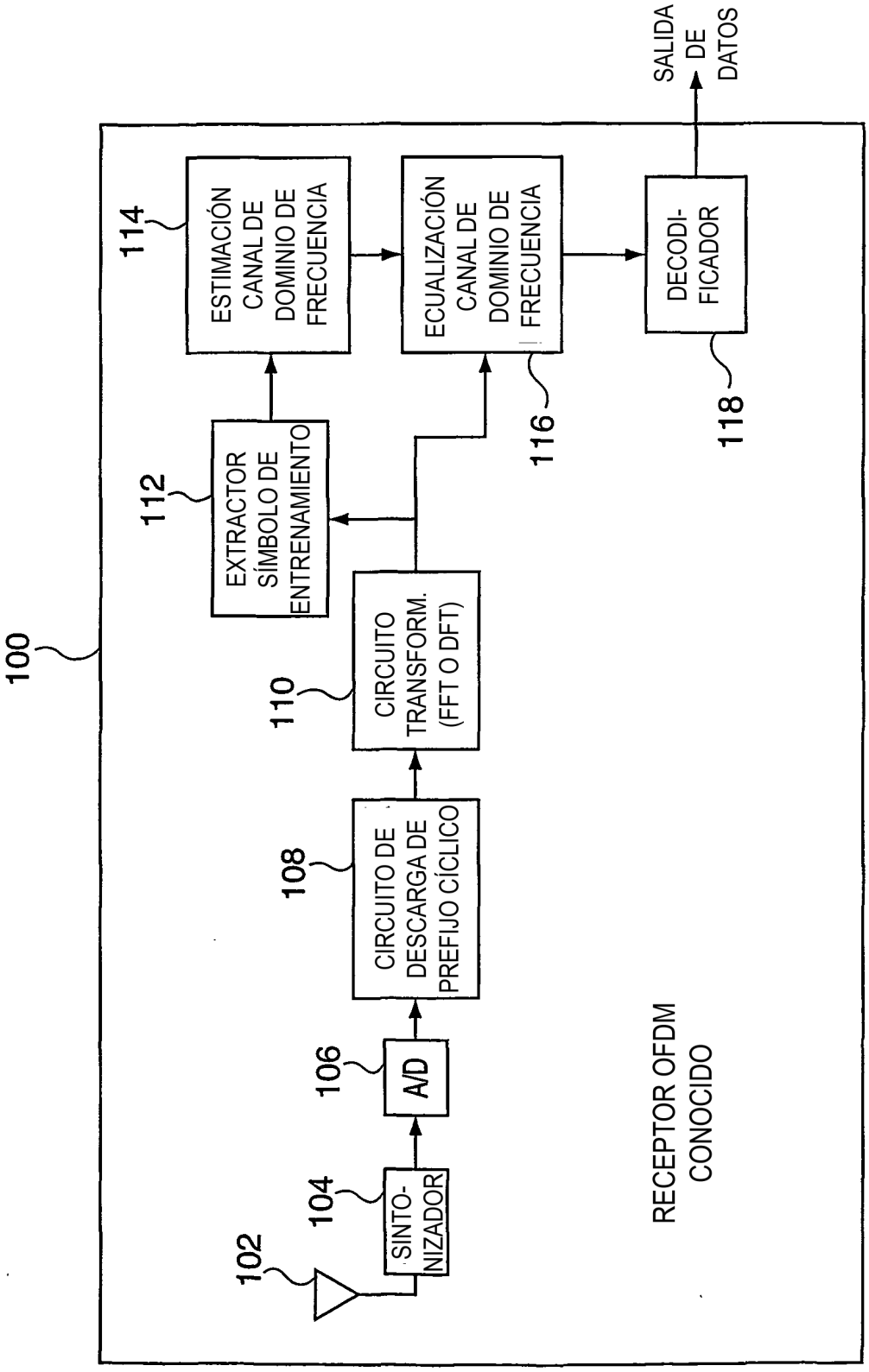
ortogonales que están espaciados uniformemente y contiguos en el dominio de la frecuencia.

29. Procedimiento según la reivindicación 28, en el que dicho segundo conjunto de tonos incluye tonos que están espaciados uniformemente y contiguos en el dominio de la frecuencia, siendo un primer tono ortogonal en dicho segundo conjunto de tonos ortogonales adyacente en el dominio de frecuencia para un último tono ortogonal en el primer conjunto de tonos ortogonales.

30. Procedimiento según la reivindicación 29, que también comprende, durante un segundo período de tiempo en el que al primer usuario se le cartografía un tercer conjunto de tonos ortogonales, siguiendo el segundo período de tiempo inmediatamente a un primer período de tiempo en el que se cartografía al primer usuario del primer conjunto de tonos ortogonal:

filtrar la señal de dominio de frecuencia para eliminar los tonos ortogonales en dicha pluralidad de tonos que no están incluidos en dicho tercer subconjunto de tonos, incluyendo dicho tercer conjunto de tonos ortogonales sólo tonos ortogonales que son diferentes de los tonos ortogonales incluidos en dicho primer conjunto de tonos ortogonales.

31. Programa de ordenador que comprende una pluralidad de instrucciones ejecutables en el procesador, codificados en un medio legible por ordenador que, cuando las instrucciones del programa de ordenador se ejecutan en un procesador, realiza las etapas correspondientes de un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.



TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 1

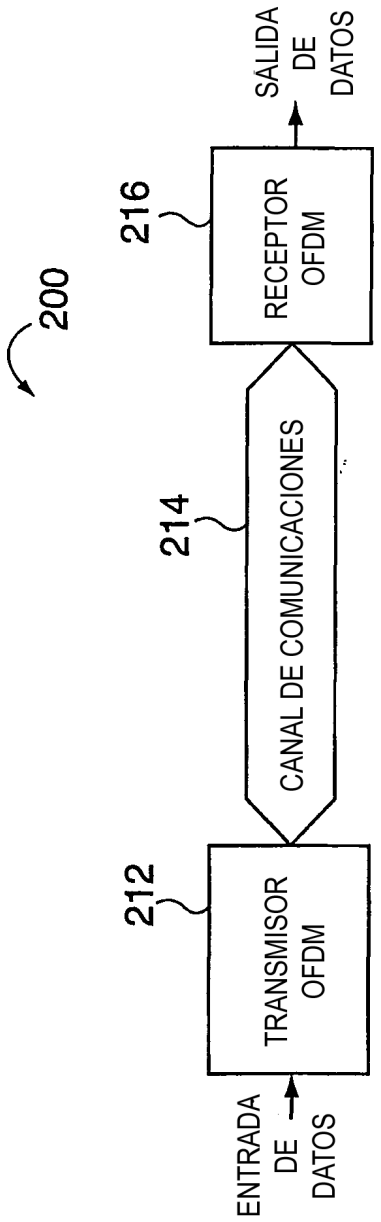

200
212
TRANSMISOR OFDM
214
CANAL DE COMUNICACIONES
216
RECEPTOR OFDM
ENTRADA DE DATOS
SALIDA DE DATOS

FIG. 2

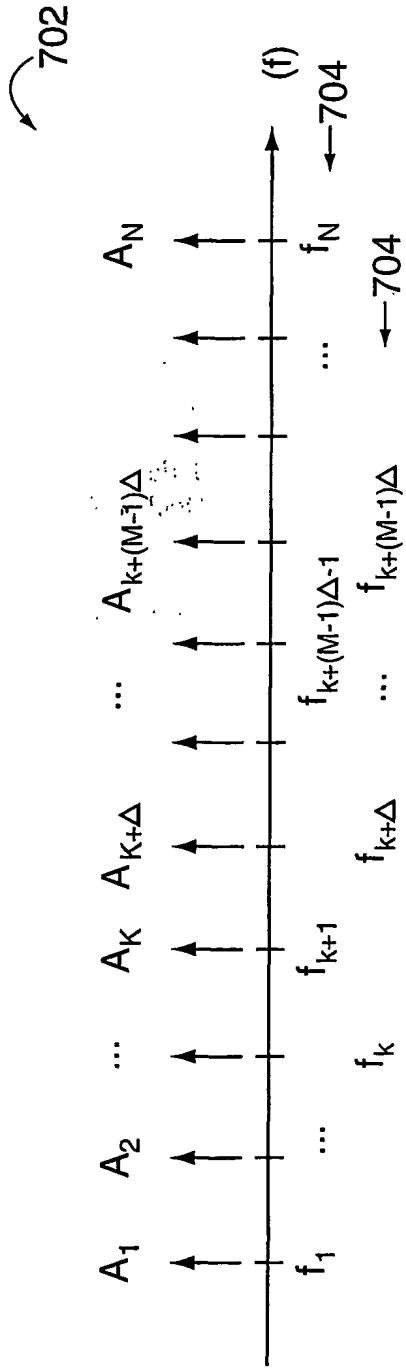

702
(f)
704
704
A_1
A_2
A_K
$A_{K+\Delta}$
$A_{k+(M-1)\Delta}$
A_N
f_1
f_k
f_{k+1}
$f_{k+\Delta}$
$f_{k+(M-1)\Delta-1}$
$f_{k+(M-1)\Delta}$
f_N

FIG. 6

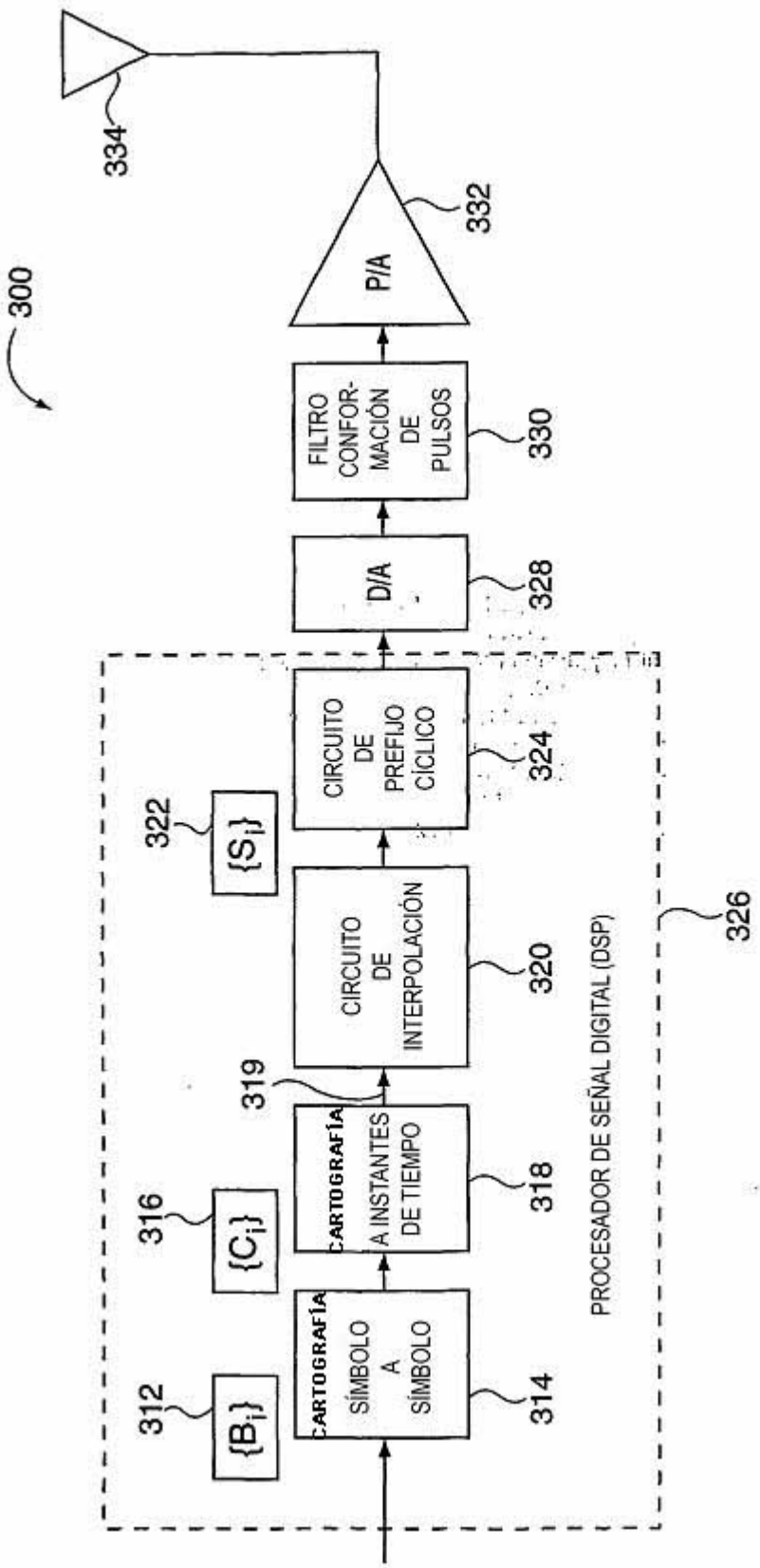

300
334
P/A
332
FILTRO CONFOR-MACIÓN DE PULSOS
330
D/A
328
CIRCUITO DE PREFIJO CÍCLICO
324
322
{Si}
CIRCUITO DE INTERPOLACIÓN
320
326
PROCESADOR DE SEÑAL DIGITAL (DSP)
319
CARTOGRAFÍA A INSTANTES DE TIEMPO
318
316
{Ci}
CARTOGRAFÍA SÍMBOLO A SÍMBOLO
314
312
{Bi}

FIG. 3

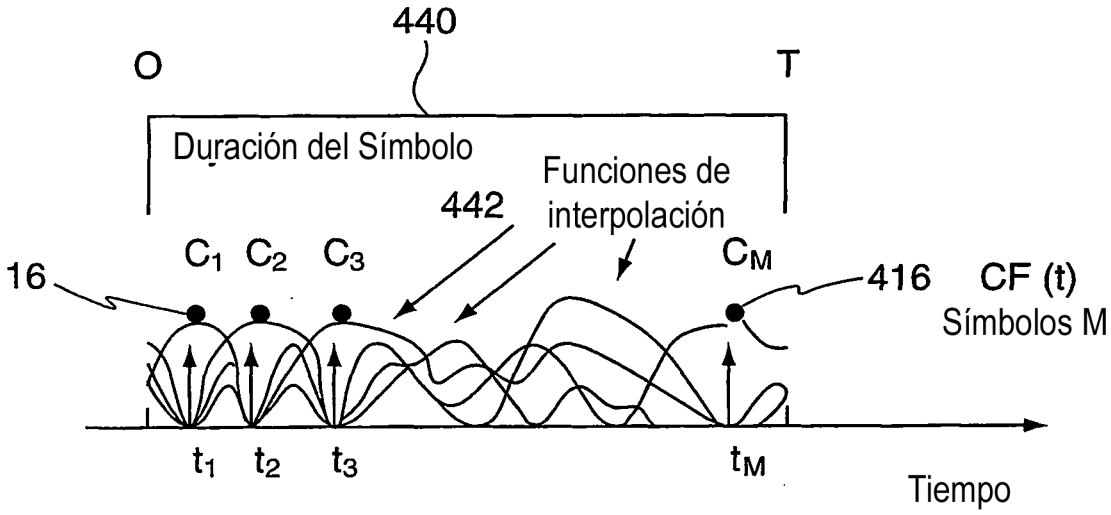

440
O
T
Duración del Símbolo
Funciones de interpolación
442
16
C1 C2 C3
CM
416
CF (t)
Símbolos M
t1 t2 t3
tM
Tiempo

FIG. 4

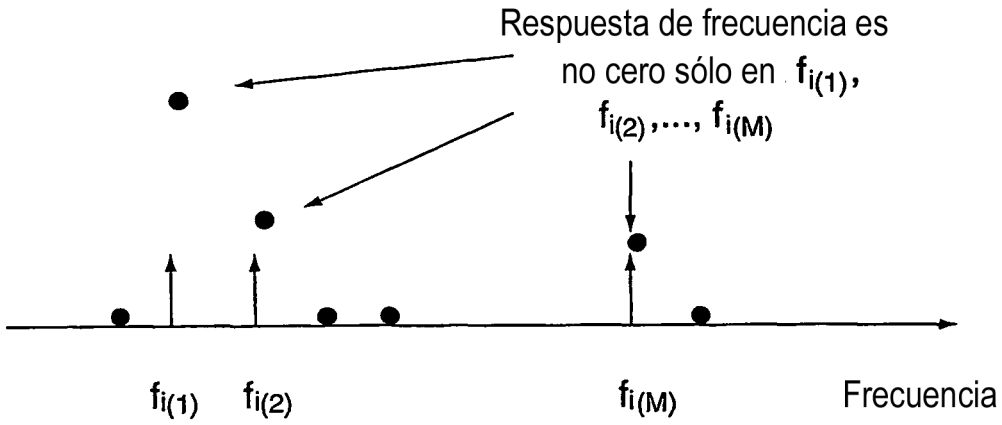

Respuesta de frecuencia es no cero sólo en fi(1), fi(2),..., fi(M)
fi(1) fi(2)
fi(M)
Frecuencia

FIG. 5

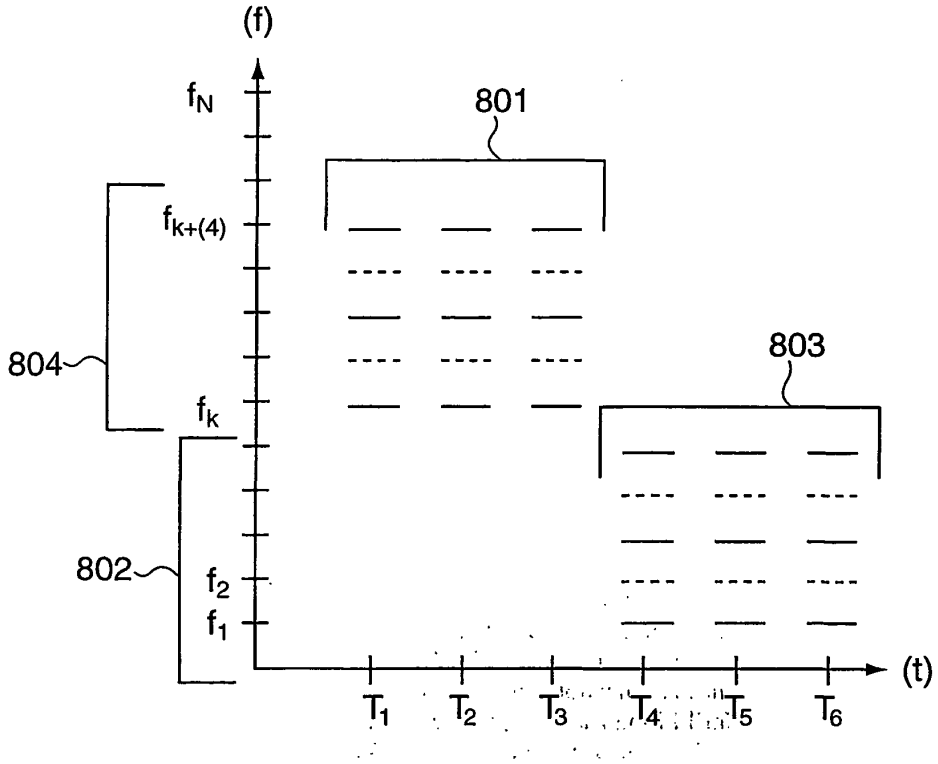

(f)
f_N
801
$f_{k+(4)}$
804
803
f_k
802
f_2
f_1
(t)
T_1
T_2
T_3
T_4
T_5
T_6

FIG. 7

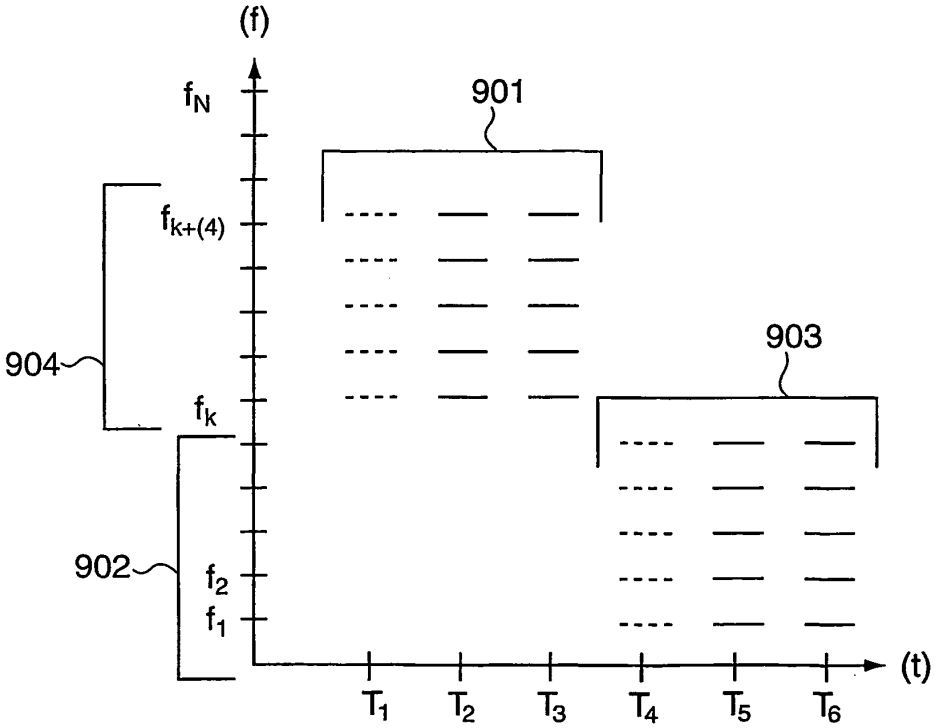

(f)
f_N
901
$f_{k+(4)}$
904
903
f_k
902
f_2
f_1
(t)
T_1
T_2
T_3
T_4
T_5
T_6

FIG. 8

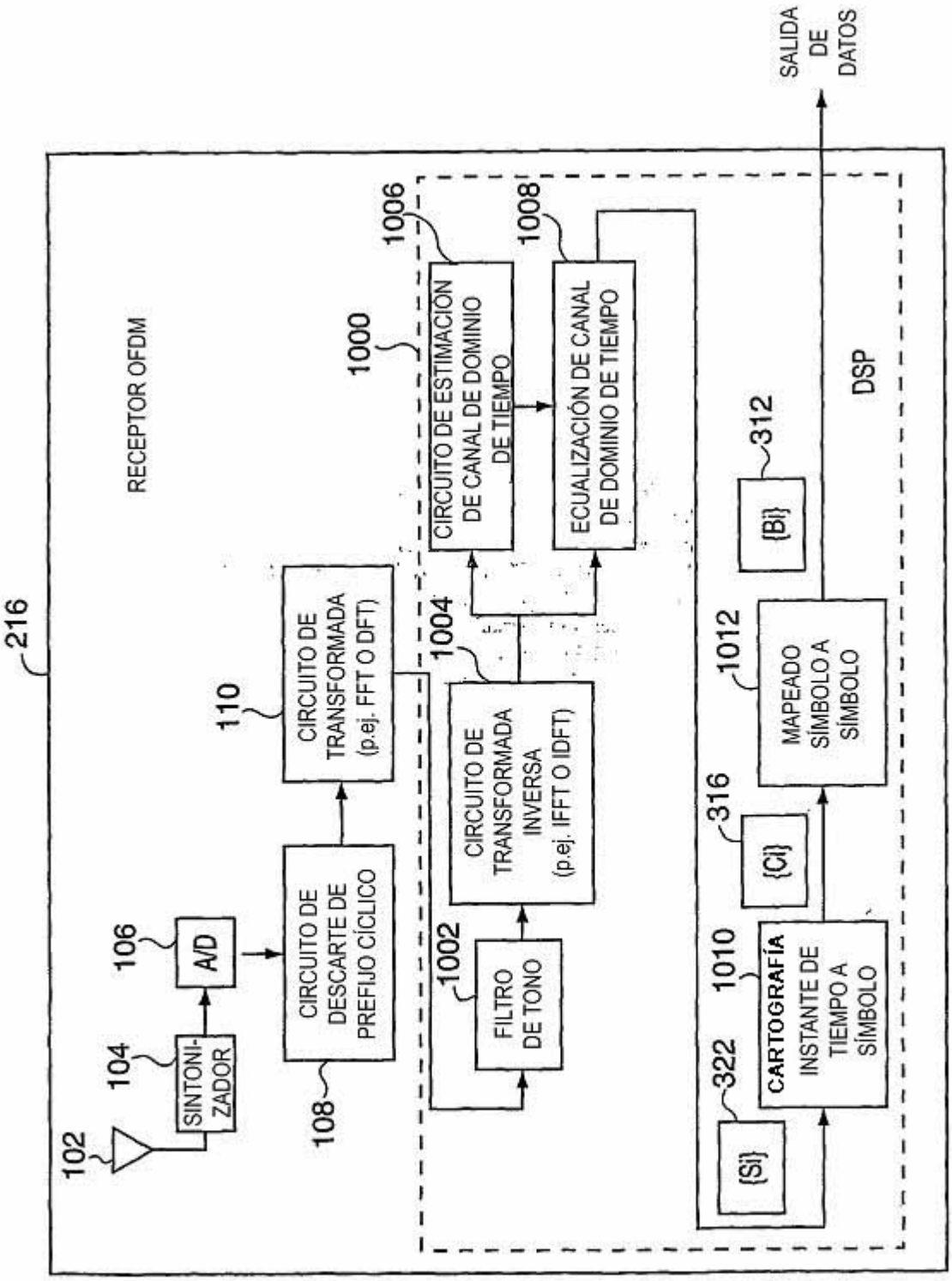

216
RECEPTOR OFDM
102
104
SINTONI-
ZADOR
106
A/D
108
CIRCUITO DE
DESCARTE DE
PREFIJO CÍCLICO
110
CIRCUITO DE
TRANSFORMADA
(p.ej. FFT O DFT)
1000
1002
FILTRO
DE TONO
1004
CIRCUITO DE
TRANSFORMADA
INVERSA
(p.ej. IFFT O IDFT)
1006
CIRCUITO DE ESTIMACIÓN
DE CANAL DE DOMINIO
DE TIEMPO
1008
ECUALIZACIÓN DE CANAL
DE DOMINIO DE TIEMPO
DSP
322
{Si}
1010
CARTOGRAFÍA
INSTANTE DE
TIEMPO A
SÍMBOLO
316
{Ci}
1012
MAPEADO
SÍMBOLO A
SÍMBOLO
312
{Bi}
SALIDA
DE
DATOS

FIG. 9