

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 097**

51 Int. Cl.:

H04L 27/26 (2006.01)

H04L 25/02 (2006.01)

H04L 25/03 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.04.2010 PCT/CN2010/072170**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.12.2010 WO10142168**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.04.2010 E 10785681 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2019 EP 2426883**

54 Título: **Método de demodulación de señales de OFDM y dispositivo del mismo**

30 Prioridad:

09.06.2009 CN 200910108008

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

27.11.2019

73 Titular/es:

**ZTE CORPORATION (100.0%)
ZTE Plaza, Keji Road South, Hi-Tech Industrial
Park, Nanshan District
Shenzhen, Guangdong 518057, CN**

72 Inventor/es:

**LI, QIANG;
QIU, NING y
CAO, NANSHAN**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 733 097 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método de demodulación de señales de OFDM y dispositivo del mismo

5 **Campo técnico de la invención**

La invención se refiere al campo de las comunicaciones, particularmente a un método de demodulación de señales de OFDM (Multiplexación por División Ortogonal de Frecuencia) y un dispositivo del mismo.

10 **Antecedentes**

Para proporcionar servicio de transmisión multimedia de alta velocidad uniforme, un sistema de BWA (Acceso Inalámbrico de Banda Ancha) necesita primero adoptar una tecnología bien realizada que contrarreste el desvanecimiento selectivo de frecuencia. Como la tecnología OFDM puede aliviar de forma efectiva la mala influencia provocada por desvanecimiento selectivo de frecuencia, atrae por lo tanto la atención de investigadores y se ha considerado desde hace mucho tiempo como una tecnología de transmisión física de primera elección de diversas nuevas normas inalámbricas, y se ha iniciado la investigación de su normalización e industrialización.

Una MMB (Difusión Multimedia Móvil) es un aspecto importante de una aplicación de tecnología de OFDM. En relación con modo de red de un sistema de comunicación móvil celular, un MMBS (Sistema de Difusión Multimedia Móvil) a menudo adopta un modo de interconexión de frecuencia única. El entorno de trabajo en el que se sitúa un receptor terminal de red de frecuencia única es muy especial y puede clasificarse aproximadamente en dos categorías. Una es un entorno típico de desvanecimiento por trayectos múltiples con retardo de tiempo corto y el otro es entorno inalámbrico de trayectoria intensa dual con gran retardo de tiempo. Para contrarrestar de forma efectiva la influencia desfavorable de un entorno de múltiples trayectorias con gran retardo de tiempo en un sistema de OFDM de MMB, habitualmente se requiere un prefijo de ciclo más largo a añadir a una estructura de trama de capa física de una señal de difusión. Prefijo de ciclo es una repetición de una señal efectiva y se usa para garantizar la ortogonalidad entre subportadoras de señales de OFDM recibidas. Normalmente un receptor descartará un ciclo de prefijo, resultando por lo tanto en desperdicio de potencia de señales enviadas.

El documento EP2071787A1 divulga que se divulgan métodos para posicionar una ventana de FFT en un receptor de OFDM así como aparatos electrónicos y productos de programa informático para realizar los métodos. El método comprende determinar una posición de la ventana de FFT en relación con uno o más símbolos de OFDM de una señal de OFDM recibida, usando la posición de la ventana de FFT para obtener un primer símbolo de OFDM a partir de la señal de OFDM recibida, y aplicar una FFT al primer símbolo de OFDM para producir una señal de salida de FFT. El método también comprende determinar un componente de rotación de fase dependiente de frecuencia de la señal de salida de FFT, y eliminar el componente de rotación de fase dependiente de frecuencia de la señal de salida de FFT para obtener una señal de salida de FFT compensada. Se calcula una estimada de dispersión de retardo basándose en al menos una de la señal de salida de FFT y la señal de salida de FFT compensada, y la posición de la ventana de FFT se ajusta basándose en al menos el componente de rotación de fase dependiente de frecuencia y la estimada de dispersión de retardo calculada.

El documento US 2006/0285599 A1 divulga que pueden usarse valores de estimación de canal de símbolos piloto para compensación de canal de símbolos de datos en un receptor de OFDM, incluso en casos en los que la posición de extracción de FFT difiere para cada trama. El receptor de OFDM se caracteriza en tener un circuito que calcula la cantidad de rotación de fase que se genera mediante la diferencia en temporización en la se extraen los símbolos individuales como objetos de una transformada rápida de Fourier cuando el procesamiento de transformada rápida de Fourier se realiza mediante un circuito de transformada rápida de Fourier, y adicionalmente un circuito que corrige la cantidad de rotación de fase para el valor de estimación de canal determinado por el circuito de estimación de canal.

El documento US 2005/0276337 A1 divulga en un sistema de comunicaciones de OFDM, que se usan muestras de prefijo y posfijo cíclico para mejorar la fiabilidad de un símbolo de OFDM recibido. Típicamente, las extensiones de prefijos y posfijos son meramente porciones repetidas del símbolo de OFDM que se descartan ordinariamente durante el proceso de decodificación. En la presente invención, las muestras de prefijo y posfijo cíclico no se descartan indiscriminadamente, sino que en su lugar, se analizan primero para determinar cuál, si alguno, se ha corrompido. Las muestras corrompidas se descartan, pero las muestras no corrompidas se combinan con la correspondiente porción del símbolo de OFDM para mejorar la fiabilidad de demodulación/decodificación de símbolos de OFDM.

60 **Sumario**

El problema técnico que la presente invención tiene que resolver es que el prefijo de ciclo de información útil en una señal recibida se descarta sin usarse para mejorar el rendimiento de demodulación de un receptor de OFDM. La presente invención proporciona un método de demodulación de señales de OFDM y un dispositivo del mismo para resolver este problema.

Para resolver el anterior problema técnico, el esquema técnico de la presente invención se realiza con las reivindicaciones adjuntas.

5 En comparación con la técnica anterior, el método de demodulación de señales de OFDM y el dispositivo del mismo proporcionado por la presente invención estima y ajusta el desfase de temporización en tiempo real, para realizar corrección de desfase de muestreo en baja complejidad, y hacer uso completo de la información útil en tramas de OFDM para mejorar máximamente el rendimiento del dispositivo de demodulación de señales OFDM.

10 **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es un esquema del proceso de un método de demodulación de señales de OFDM proporcionado por la presente invención;

La Figura 2 es un esquema de los módulos de un dispositivo de demodulación de señales OFDM proporcionado por la presente invención.

15 **Descripción detallada**

El método de demodulación de señales de OFDM y el dispositivo del mismo de la presente invención se describirán con referencia a los dibujos adjuntos.

20 Por favor, hágase referencia a la Figura 1, que es un esquema del proceso de un método de demodulación de señales de OFDM proporcionado la presente invención.

El método de demodulación de señales de OFDM de la presente invención comprende las siguientes etapas:

25 etapa S1: un módulo de identificación de canal calcula una extensión de retardo de tiempo de canal; la etapa S1 anterior comprende específicamente las siguientes etapas:

30 en primer lugar calcular respuesta de canal de dominio de frecuencia; suponer que el símbolo síncrono de dominio de tiempo recibido por el dispositivo de demodulación de señales OFDM es $Sync(0:N_s-1)$, en la que, N_s representa la longitud del símbolo síncrono. Un módulo de identificación de canal procesa FFT en $Sync(0:N_s-1)$ para transformar a dominio de frecuencia para obtener un símbolo síncrono de dominio de frecuencia $FreqSync(0:N_s-1)$, y a continuación obtiene una respuesta de canal de dominio de frecuencia del símbolo síncrono $SyncCIR(0:N_s-1)$ a través del cálculo de un símbolo síncrono de dominio de frecuencia $FreqSync(0:N_s-1)$. Selecciona aleatoriamente datos en punto M en N_s para establecer como $Scir = SyncCIR(a:a+M-1)$.

35 En segundo lugar, calcular respuesta de canal en dominio de transformada; procesar FFT para $Scir = SyncCIR(a:a+M-1)$ en punto M para obtener sus datos de espectro, es decir respuesta de canal $Fcir = FFT(Scir)$ en dominio de transformada.

40 A continuación, llevar a cabo estimación clasificada de extensión de retardo de tiempo; la respuesta de canal en dominio de transformada se divide en varios segmentos, y la potencia de señal en cada segmento se estima respectivamente. Se calcula la relación proporcional entre la potencia de señal en cada segmento y una potencial total, y la extensión de retardo de tiempo de canal se detecta y estima de acuerdo con un umbral de detección preestablecido.

45 Por ejemplo, se calcula respuesta de canal de dominio de frecuencia $SyncCIR(0:2047)$, en la que $N_s=2048$. Se seleccionan los datos $Scir = SyncCIR(1:512)$ en el punto $M=512$ y se calcula $Fcir = FFT(Scir)$. A continuación las estadísticas de potencia se llevan a cabo mediante cuatro segmentos y se obtienen cuatro potencias $P0$, $P1$, $P2$ y $P3$ a través de cálculo, que es como se muestra a continuación:

$$P0 = potencia \{ Fcir(0:7), Fcir(384:511) \} = 20 ,$$

$$P1 = potencia \{ Fcir(0:7), Fcir(496:511) \} = 16 ,$$

$$P2 = potencia \{ Fcir(0:7), Fcir(480:511) \} = 17 ,$$

$$P3 = potencia \{ Fcir(0:7), Fcir(448:511) \} = 18 ,$$

A continuación las relaciones entre potencia se calculan a partir de P_0 , P_1 , P_2 y P_3 : $r_1 = P_1/P_0=0,8$, $r_2 = P_2/P_0=0,85$, $r_3 = P_3/P_0=0,9$. Además, suponer que el umbral de detección $th_1=th_2=th_3=0,75$ y cuatro segmentos $D_1 = 64$, $D_2 = 128$, $D_3 = 256$, $D_4 = 512$. Se adapta el siguiente método de evaluación:

- 5 si $r_1 > th_1$, a continuación la extensión de retardo de tiempo de canal es D_1 ; de lo contrario, como se describe a continuación:
 si $r_2 > th_2$, a continuación la extensión de retardo de tiempo de canal es D_2 , de lo contrario, como se describe a continuación:
 si $r_3 > th_3$, a continuación la extensión de retardo de tiempo de canal es D_3 , de lo contrario, la extensión de retardo
 10 de tiempo de canal es D_4 .

A partir de la evaluación anterior, la extensión de retardo de tiempo de canal obtenida es $d_c = D_1 = 64$.

- 15 Etapa S2: un módulo de estimación de desfase de temporización calcula un valor de estimación de desfase de temporización del dispositivo de demodulación de señales OFDM; el módulo de estimación de desfase de temporización analiza un grado de desfase de temporización del dispositivo de demodulación de señales OFDM a través de analizar relaciones de cambio de fase entre diferentes subportadoras de una señal de OFDM. Como un desplazamiento de fase de subportadora de señal de OFDM que resulta del desfase de un reloj de muestreo del dispositivo de demodulación de señales OFDM cambia linealmente con el cambio de número de referencia de subportadora, por lo tanto pueden usarse una pluralidad de subportadoras y una pluralidad de símbolos de OFDM para estimar el desfase del reloj de muestreo. Además, el desplazamiento de fase de subportadora de señal de OFDM que resulta de un error de temporización emitido por un módulo de sincronización de temporización del dispositivo de demodulación de señales OFDM es un valor fijo que no cambia con el cambio de subportadoras, por lo tanto pueden usarse una pluralidad de subportadoras y una pluralidad de símbolos de OFDM para obtener un
 20 valor de estimación de desfase de temporización. Suponer que el desfase estimado del reloj de muestreo es 10 ppm y el valor de estimación de desfase de temporización es 0.

- Etapa S3: un módulo de control de ventana de FFT calcula un valor de desviación de ventana y un valor de indicación de compensación de estimación de canal del símbolo de OFDM;
 30 La etapa S3 anterior comprende específicamente las siguientes etapas:

- en primer lugar, calcular la desviación de posición de un símbolo;
 buscar la posición inicial de una ranura de tiempo en una señal de OFDM de acuerdo con el módulo de sincronización de temporización, determinar que la posición inicial de símbolo de OFDM actual es d_t , obtener
 35 valor de desfase de temporización $d_{desfase}$ combinado con el valor de estimación de desfase de temporización que resulta del cálculo de desfase de módulo de estimación de temporización, y calcular el valor de desviación de ventana de símbolo de OFDM actual $d_d = d_t + d_{desfase}$
 y en segundo lugar, calcular una estimación de valor de indicación de compensación de canal;
 considerar que normalmente el dispositivo de demodulación de señales OFDM necesita procesar filtrado en dominio de tiempo para los valores de estimación de canal obtenidos en diferentes símbolos de OFDM, para evitar el impacto innecesario de ajuste de ventana de cálculo de FFT en estimación de canal, debe realizarse compensación de fase para el valor de estimación de canal original durante filtrado en dominio de tiempo, y la estimación de valor de indicación de compensación de canal $t_0 = d_{desfase}$.

- 45 Suponer que bajo la condición de sincronización de temporización ideal, la posición inicial del símbolo de OFDM actual $d_t = 100000$. Como el desfase del reloj de muestreo es 10 ppm y el valor de estimación de desfase de temporización es 0, puede obtenerse que $d_{desfase} = 10ppm \times 100000 + 0 = 1$, a continuación la desviación de posición del símbolo de OFDM actual $d_d = 100001$. La estimación de valor de indicación de compensación de canal $t_0 = d_{desfase} = 1$.

- 50 Etapa S4: un módulo de combinación de prefijo añade una extensión de retardo de tiempo de canal al valor de desviación de ventana para obtener una posición inicial de prefijo combinado y calcula el valor de señal combinada que empieza desde la posición inicial de prefijo;

- 55 La etapa S4 anterior comprende específicamente las siguientes etapas:

- en primer lugar, calcular la posición inicial de prefijo combinado;
 calcular la posición inicial de prefijo combinado $d = d_d + d_c$ de acuerdo con una estimación de extensión de retardo de tiempo de canal inalámbrico d_c proporcionada por el módulo de identificación de canal y el valor de desviación de ventana d_d proporcionado por el módulo de control de ventana de FFT. Y
 60 en segundo lugar, calcular el valor de señal combinada;
 suponer que la longitud de FFT es N , la longitud de prefijo de ciclo es N_{cp} , una señal de entrada de FFT actual después de combinación es $z(n)$, y la señal de entrada antes de combinación es $x(n)$, a continuación puede obtenerse la señal $z(n)$ a través de cálculo mediante el siguiente método:

65

$$z(n) = x(d_d + n), n = 0, 1, \dots, N - N_{cp} + d_c - 1,$$

$$z(n) = [x(d_d + n) + x(d_d + n - N)]/2, n = N - N_{cp} + d_c, \dots, N - 1,$$

5 Además, suponer que extensión de retardo de tiempo de canal inalámbrico $d_c = 64$, valor de desviación de ventana de FFT $d_d = 100001$ y la posición de prefijo combinado $d = d_d - N_{cp} + d_c = 99553$, a continuación puede expresarse una señal combinada $z(n)$ como

$$z(n) = x(100001 + n), n = 0, 1, \dots, 3647,$$

$$z(n) = [x(100001 + n) + x(95905 + n)]/2, n = 3648, \dots, 4095,$$

10 Etapa S5: un módulo de cálculo de FFT procesa cálculo de FFT para el valor de señal combinada para obtener una señal de subportadora de datos de dominio de frecuencia; el módulo de cálculo de FFT transforma la señal $z(n)$ de dominio de tiempo a dominio de frecuencia y completa análisis de características de espectro de la señal. Por ejemplo, la FFT en el punto 4096 se calcula para la combinada $z(n)$, para obtener señal de subportadora de datos de dominio de frecuencia $Y(n) = FFT(z(n))$.

15 Etapa S6: un módulo de estimación de canal calcula un valor de estimación de canal original de dominio de frecuencia y compensa fases para los valores de estimación de canal originales de símbolos de OFDM de acuerdo con la estimación de valor de indicación de compensación de canal que resulta del cálculo del módulo de control de ventana de FFT, a continuación procesa filtrado para el resultado combinado en dominio de tiempo y/o dominio de frecuencia; la etapa S6 anterior comprende específicamente las siguientes etapas:

25 en primer lugar, estimar un canal original; se usa el piloto de un símbolo síncrono o símbolo de OFDM. En el criterio de LS o criterio de MMSE, también puede usarse directamente un método de equalización de una sola derivación para calcular valor de estimación de canal original de dominio de frecuencia.
 en segundo lugar, procesar filtrado en dominio de tiempo; se procesa filtrado de paso bajo en cada subportadora para el valor de estimación de canal original. Suponer que el filtrado en dominio de tiempo adopta estructura de filtrado de FIR de cinco símbolos de OFDM juntos.
 30 Modificación de fase de los valores de estimación de canal originales antes de un centro de símbolo de OFDM, a saber dos símbolos de OFDM antes de símbolo de OFDM actual, se lleva a cabo basándose en la indicación de compensación de estimación de canal emitida por el módulo de control de ventana de FFT. Los valores corregidos de fases compensadas en subportadora k son todos $\exp\{j2\pi kt_0/N\}$, en la que k representa el número de referencia de una subportadora del símbolo de OFDM, t_0 representa estimación de valor de indicación de compensación de canal, y $t_0 = d_{desfase}$, N representa el número de subportadoras del símbolo de OFDM. Y
 35 a continuación, procesar filtrado de interpolación en dominio de frecuencia; se procesa filtrado de interpolación para el valor de estimación de canal después de filtrado en dominio de tiempo para obtener un valor de estimación de canal final $\hat{H}(n)$ de símbolo de OFDM actual. La etapa de procesamiento de filtrado de interpolación en dominio de frecuencia es opcional.

40 S7: un módulo de detección de equalización recibe el resultado de filtrado y procesa equalización y detección para la señal de subportadora de datos de dominio de frecuencia que resulta del cálculo del módulo de cálculo de FFT de acuerdo con el resultado de filtrado, para eliminar la influencia de un canal inalámbrico en señales recibidas.

45 Después de procesar equalización y detección para la señal de subportadora de datos de dominio de frecuencia $Y(n)$ calculada por el módulo de cálculo de FFT de acuerdo con la estimación de canal final $\hat{H}(n)$ de símbolo de OFDM actual para eliminar la influencia del canal inalámbrico en las señales de OFDM recibidas, puede obtenerse una estimación $\hat{X}(n)$ de un símbolo transmitido en cada subportadora de OFDM, que se transmite adicionalmente a un módulo de codificación de corrección de error para procesamiento de seguimiento.

50 Cuando otras condiciones son las mismas, la adopción del método proporcionado por la presente invención puede disminuir de forma efectiva una tasa de error de símbolo error (SER) de $\hat{X}(n)$, mejorar la calidad de $\hat{X}(n)$ y mejorar el rendimiento del dispositivo de demodulación de señales OFDM. Haciendo uso de las características estructurales de señales de capa física, el método estima la característica de retardo de tiempo (es decir extensión de retardo de tiempo de canal) de un canal inalámbrico y valor de desfase de temporización. A través de ajustar una extensión de retardo de tiempo de canal y valor de desfase de temporización de una señal recibida, hace uso completo de la señal de dominio de tiempo de un símbolo de OFDM para proteger información y promover el rendimiento de demodulación del dispositivo de demodulación de señales OFDM, así como disminuye enormemente la sensibilidad del dispositivo de demodulación de señales OFDM a desfase de temporización con complejidad de realización muy

baja.

Por favor, hágase referencia a la Figura 2, que es un esquema de los módulos de un dispositivo de demodulación de señales OFDM proporcionados por la presente invención.

5 El dispositivo de demodulación de señales OFDM proporcionado por la presente invención comprende: un módulo de estimación de desfase de frecuencia, un módulo de corrección de desfase de frecuencia, un módulo de identificación de canal, un módulo de estimación de desfase de temporización, un módulo de sincronización de temporización, un módulo de control de ventana de FFT, un módulo de combinación de prefijo, un módulo de cálculo de FFT, un módulo de estimación de canal, un módulo de detección de ecualización y un módulo de codificación de corrección de error.

15 El módulo de estimación de desfase de frecuencia se usa para estimar el desfase de frecuencia de una señal recibida.

El módulo de corrección de desfase de frecuencia se usa para recibir el desfase de frecuencia que resulta de la estimación del módulo de estimación de desfase de frecuencia y eliminar el desfase de frecuencia de una señal recibida a través de rotación de fase.

20 El módulo de identificación de canal se usa para calcular extensión de retardo de tiempo de canal. Específicamente, el módulo de identificación de canal calcula una respuesta de canal de dominio de frecuencia de un símbolo sincrónico de OFDM, a continuación procesa FFT para la respuesta de canal de dominio de frecuencia para obtener respuesta de canal en dominio de transformada, divide una respuesta de canal en dominio de transformada en al menos dos segmentos, estima la potencia de señales en cada segmento, a continuación calcula la relación entre la potencia de señal en cada segmento y una potencia total, compara las relaciones con un umbral de detección preestablecido a su vez, y considera el segmento que corresponde a la relación como la extensión de retardo de tiempo de canal cuando una relación es mayor que el umbral de detección.

30 El módulo de estimación de desfase de temporización se usa para calcular el desfase de temporización del dispositivo de demodulación de señales OFDM.

El módulo de sincronización de temporización se usa para buscar la posición inicial de la ranura de tiempo de una señal de OFDM.

35 El módulo de control de ventana de FFT se usa para calcular valor de desviación de ventana y estimación de valor de indicación de compensación de canal. Específicamente, el módulo de control de ventana de FFT compara la posición inicial de un símbolo de OFDM con un resultado adicional de un valor de estimación de desfase de temporización del dispositivo de demodulación de señales OFDM, y emite el desfase de un punto de muestreo entero como la estimación de valor de indicación de compensación de canal si se produce desfase de temporización de un punto de muestreo entero. Además, la posición inicial del símbolo de OFDM se añade al valor de estimación de desfase de temporización para obtener el valor de desviación de ventana del símbolo de OFDM.

45 El módulo de combinación de prefijo se usa para añadir la extensión de retardo de tiempo de canal que resulta del cálculo del módulo de identificación de canal al valor de desviación de ventana que resulta del cálculo del módulo de control de ventana de FFT para obtener una posición inicial de prefijo combinado, y calcular un valor de señal combinada que empieza desde la posición de prefijo inicial.

50 El módulo de cálculo de FFT se usa para procesar cálculo de FFT para el valor de señal después de combinación por el módulo de combinación de prefijo para obtener una señal de subportadora de datos de dominio de frecuencia.

55 El módulo de estimación de canal se usa para calcular un valor de estimación de canal original de dominio de frecuencia, procesar estimación de canal sobre la base de la modificación de fase de valor de estimación de canal original del símbolo de OFDM de acuerdo con la estimación de valor de indicación de compensación de canal que resulta del cálculo del módulo de control de ventana de FFT, es decir procesar modificación de fase al valor de estimación de canal original del símbolo de OFDM, y procesar filtrado para un resultado corregido en dominio de tiempo y/o dominio de frecuencia.

60 El módulo de detección de ecualización se usa para procesar ecualización y detección para la señal de subportadora de datos de dominio de frecuencia basándose en el resultado de estimación de canal. Específicamente, el módulo de detección de ecualización recibe el resultado de filtrado y procesa ecualización y detección para la señal de subportadora de datos de dominio de frecuencia que resulta del cálculo del módulo de cálculo de FFT de acuerdo con el resultado de filtrado, para eliminar la influencia de un canal inalámbrico en señales recibidas.

65 El módulo de codificación de corrección de error se usa para procesar corrección de error y codificación para señales transmitidas por el módulo de detección de ecualización.

En comparación con la técnica anterior, adoptando el método de demodulación de señales de OFDM y el dispositivo del mismo proporcionados la presente invención, puede estimarse y ajustarse desfase de temporización en tiempo real durante el uso de un oscilador de cristal de baja precisión, puede realizarse muestreo de corrección de desfase en baja complejidad, puede hacerse uso completo de la información útil en tramas de OFDM para mejorar

5

REIVINDICACIONES

1. Un método de demodulación de señales de OFDM, que comprende las siguientes etapas:

5 añadir un valor de estimación de desfase de temporización obtenido previamente de un dispositivo de demodulación de señales OFDM a la posición inicial de un símbolo de OFDM de una señal recibida para obtener un valor de desviación de ventana del símbolo de OFDM (S3);
 10 calcular una respuesta de canal de dominio de frecuencia de un símbolo síncrono de OFDM y procesar FFT para la respuesta de canal de dominio de frecuencia para obtener una respuesta de canal en dominio de transformada; tomar al menos dos segmentos de la respuesta de canal en dominio de transformada y estimar la potencia de las señales en cada segmento, en el que los al menos dos segmentos comprenden un segmento que comprende el mayor número de muestras y otros segmentos en los al menos dos segmentos son subconjuntos del segmento que comprende el mayor número de muestras, y a continuación calcular las relaciones de la potencia de señal de otros segmentos a la potencia de señal del segmento que comprende el mayor número de muestras; comparar cada una de las relaciones con un correspondiente umbral de detección preestablecido a su vez, y considerar segmento que corresponde a la relación como una extensión de retardo de tiempo de canal cuando la relación es mayor que el correspondiente umbral de detección (S1);
 15 calcular un valor de señal de OFDM combinada $z(n)$ usando las siguientes fórmulas:

20
$$z(n) = x(d_d + n), n = 0, 1, \dots, N - N_{cp} + d_c - 1;$$

$z(n) = [x(d_d + n) + x(d_d + n - N)]/2, n = N - N_{cp} + d_c, \dots, N - 1$, en la que $x(n)$ es una señal de entrada antes de combinación (S4), y d_c es la extensión de retardo de tiempo de canal y d_d es el valor de desviación de ventana; procesar la transformada rápida de Fourier (FFT) para el valor de señal de OFDM combinada para obtener una señal de subportadora de datos de dominio de frecuencia (S5);
 25 calcular un valor de estimación de canal original de dominio de frecuencia, procesar la estimación de canal basándose en la modificación de fase de valor de estimación de canal original del símbolo de OFDM de acuerdo con el valor de estimación de desfase de temporización y procesar ecualización y detección para la señal de subportadora de datos de dominio de frecuencia de acuerdo con el resultado de estimación de canal (S6).

30 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el método comprende además:
 comparar la posición inicial de un símbolo de OFDM con un resultado adicional del valor de estimación de desfase de temporización y emitir un desfase del punto de muestreo entero como una estimación de valor de indicación de compensación de canal si se produce desfase de temporización de un punto de muestreo entero.

35 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el método comprende además:
 obtener, a través de cálculo, el valor de estimación de desfase de temporización del dispositivo de demodulación de señales OFDM de acuerdo con las relaciones de cambio de fase entre diferentes subportadoras de señal de OFDM recibida por el dispositivo de demodulación de señales OFDM.

40 4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el valor corregido de la modificación de fase es $\exp\{j2\pi ktb/N\}$, en la que k representa el número de referencia de una subportadora de un símbolo de OFDM, t representa estimación de valor de indicación de compensación de canal y N representa el número de subportadoras del símbolo de OFDM.

45 5. Un dispositivo de demodulación de señales OFDM, que comprende un módulo de control de ventana de FFT, un módulo de combinación de prefijo, un módulo de cálculo de FFT, un módulo de estimación de canal, un módulo de detección de ecualización y un módulo de identificación de canal, en el que,
 50 el módulo de control de ventana de FFT se usa para añadir un valor de estimación de desfase de temporización de un dispositivo de demodulación de señales OFDM a una posición inicial de un símbolo de OFDM para obtener un valor de desviación de ventana del símbolo de OFDM;
 el módulo de identificación de canal se usa para calcular una respuesta de canal de dominio de frecuencia de un símbolo síncrono de OFDM, y procesar FFT para la respuesta de canal de dominio de frecuencia para obtener una respuesta de canal en dominio de transformada; tomar al menos dos segmentos de la respuesta de canal en dominio de transformada y estimar la potencia de las señales en cada segmento, en el que los al menos dos segmentos comprenden un segmento que comprende el mayor número de muestras, y otros segmentos en los al menos dos segmentos son subconjuntos del segmento que comprende el mayor número de muestras, y a continuación calcular las relaciones de la potencia de señal de otros segmentos a la potencia de señal del segmento que comprende el mayor número de muestras; comparar cada una de las relaciones con un correspondiente umbral de detección preestablecido a su vez, y considerar el segmento que corresponde a la relación como una extensión de retardo de tiempo de canal cuando la relación es mayor que el correspondiente umbral de detección; el módulo de combinación de prefijo se usa para calcular un valor de señal de OFDM combinada
 55 usando las siguientes fórmulas:
 60

$$z(n) = x(d_d + n), n = 0, 1, \dots, N - N_{cp} + d_c - 1$$

$$z(n) = [x(d_d + n) + x(d_d + n - N)]/2, n = N - N_{cp} + d_c, \dots, N - 1$$

- 5 $z(n) = [x(d_d + n) + x(d_d + n - N)]/2, n = N - N_{cp} + d_c, \dots, N - 1$, en la que $x(n)$ es una señal de entrada antes de combinación, y d_c es la extensión de retardo de tiempo de canal, y d_d es el valor de desviación de ventana; el módulo de cálculo de FFT se usa para procesar FFT para el valor de señal de OFDM combinada para obtener una señal de subportadora de datos de dominio de frecuencia;
- 10 el módulo de estimación de canal se usa para calcular un valor de estimación de canal original de dominio de frecuencia, y procesar la estimación de canal basándose en la modificación de fase de valor de estimación de canal original del símbolo de OFDM de acuerdo con el valor de estimación de desfase de temporización; el módulo de detección de ecualización se usa para procesar ecualización y detección para la señal de subportadora de datos de dominio de frecuencia de acuerdo con el resultado de estimación de canal.
- 15 6. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el módulo de control de ventana de FFT se usa adicionalmente para comparar la posición inicial de un símbolo de OFDM con un resultado adicional del valor de estimación de desfase de temporización, y emitir un desfase del punto de muestreo entero como una estimación de valor de indicación de compensación de canal cuando se produce desfase de temporización de un punto de muestreo entero.
- 20 7. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, en el que el dispositivo comprende además un módulo de sincronización de temporización, que se usa para buscar la posición inicial de la ranura de tiempo de una señal de OFDM de modo que el módulo de control de ventana de FFT puede determinar la posición inicial de símbolo de OFDM actual.
- 25 8. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, en el que el dispositivo comprende además un módulo de estimación de desfase de temporización, que se usa para calcular el valor de estimación de desfase de temporización de un dispositivo de demodulación de señales OFDM.

Fig. 1

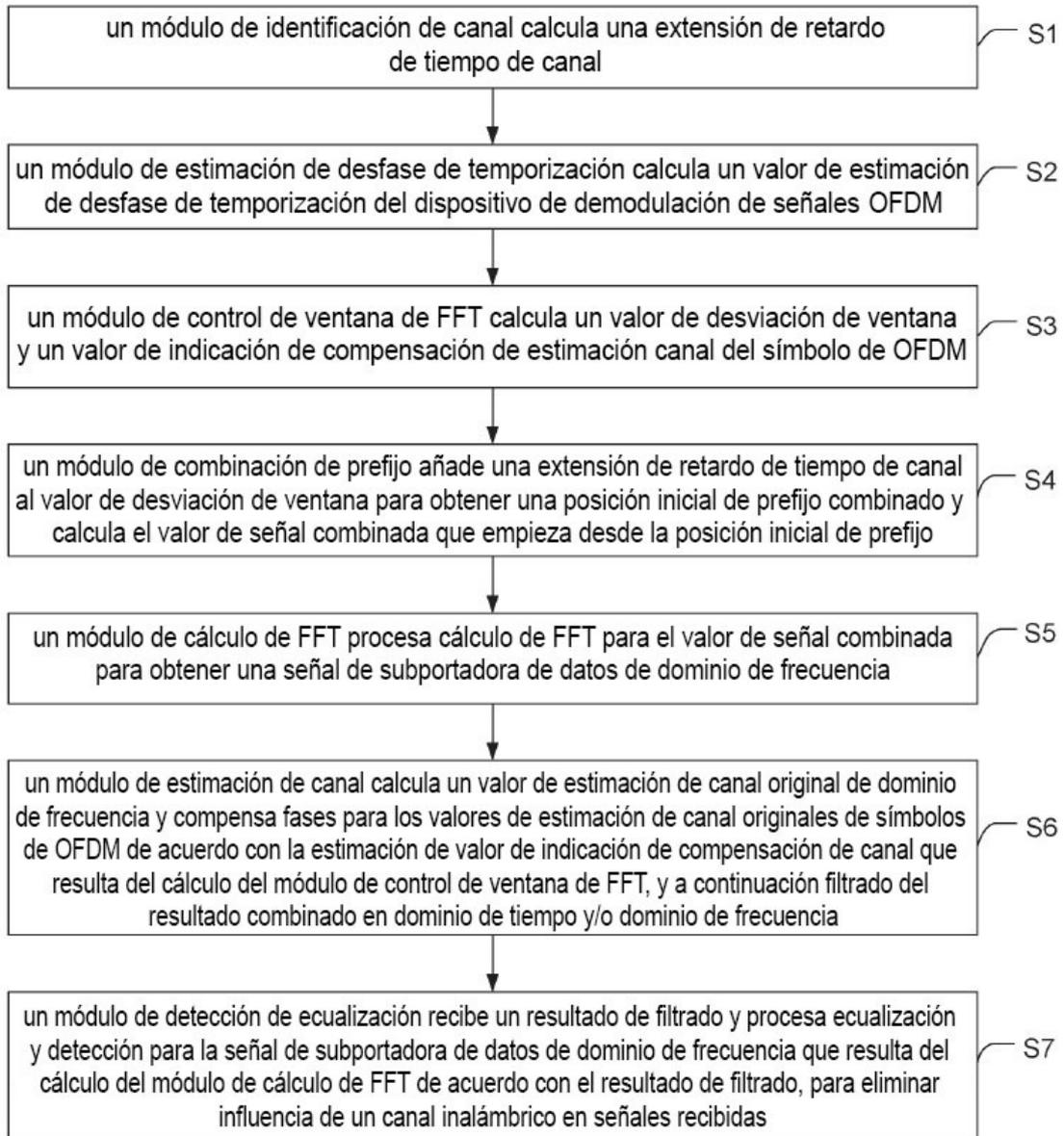


Fig. 2

