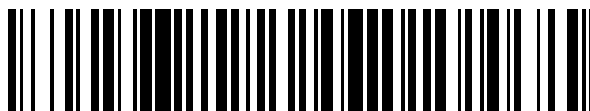


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 731 199**

51 Int. Cl.:

H04L 27/26 (2006.01)

H04L 25/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.05.2010** **PCT/CN2010/073017**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.12.2010** **WO10148853**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.05.2010** **E 10791359 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2019** **EP 2487851**

54 Título: **Procedimiento y aparato para la estimación de ruido en un sistema de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia (OFDM)**

30 Prioridad:

10.11.2009 CN 200910210821

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

14.11.2019

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:

ZHANG, JUNLING

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 731 199 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

Procedimiento y aparato para la estimación de ruido en un sistema de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia (OFDM)

Sector técnico

La presente invención se refiere al sector de la tecnología de comunicaciones inalámbricas y, en concreto, a un procedimiento y a un aparato para realizar la estimación de ruido en un sistema de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia (OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

Antecedentes de la técnica relacionada

En el sistema de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia, un procedimiento relativamente común y sencillo para estimar la varianza del ruido de la señal recibida es utilizar el módulo al cuadrado de una diferencia entre una señal de estimación del canal obtenida en una posición piloto y una señal recibida como una cantidad observada, y filtrar o promediar la señal piloto de la cantidad observada situada en diferentes subportadoras y símbolos de OFDM para obtener la estimación de la varianza de ruido. La ventaja principal de este algoritmo es su funcionamiento sencillo y su baja complejidad, pero hay grandes errores en su resultado.

Para obtener errores de estimación menores de la varianza de ruido, diferentes académicos han propuesto diferentes algoritmos, tal como un algoritmo que calcula la respuesta impulso del canal en el dominio del tiempo basándose en la transformada rápida de Fourier inversa (IFFT, Inverse Fast Fourier Transform) para la señal piloto (modo 1), un algoritmo basado en la descomposición en valores singulares de la función de autocorrelación para la respuesta impulso del canal en el dominio de la frecuencia (modo 2) y un algoritmo basado en la descomposición QR para el operador de la transformada rápida de Fourier (FFT, Fast Fourier Transform) (modo 3).

Tomando el algoritmo basado en la IFFT para la señal piloto como ejemplo, se explican el funcionamiento básico y las características de tal algoritmo. La respuesta impulso del canal en el dominio de la frecuencia de una señal recibida en el dominio de la frecuencia de OFDM es la FFT/transformada discreta de Fourier (DFT, Discrete Fourier Transform) de la respuesta impulso en el dominio del tiempo de la misma. Si la IFFT/IDFT se realiza sobre un símbolo piloto recibido en el dominio de la frecuencia de OFDM, se puede obtener la respuesta impulso del canal en el dominio del tiempo. En general, la expansión del tiempo de un canal multitrayecto está limitada. Por tanto, una parte de la respuesta impulso del canal en el dominio del tiempo obtenida más allá de un retardo máximo de tiempo del canal es ruido puro. Tal como se muestra en la figura 1, en la parte de ruido puro, es decir, la parte de ruido blanco gaussiano aditivo (AWGN, Additive White Gaussian Noise), se calcula el cuadrado del módulo de cada punto de muestreo de tiempo y, posteriormente, se promedia para obtener la estimación de la varianza del ruido en la señal recibida de OFDM. Los errores en el resultado de la estimación de este algoritmo son mucho menores que los del primer algoritmo mencionado anteriormente, no obstante, su funcionamiento tiene una IFFT más de N puntos que el primer algoritmo y, por tanto, es más complejo. Los principios del algoritmo basado en la descomposición en valores singulares de la función de autocorrelación para la respuesta impulso del canal en el dominio de la frecuencia (modo 2) y del algoritmo basado en la descomposición QR para el operador de la transformada rápida de Fourier (FFT) (modo 3), similar a los del algoritmo basado en IFFT, son ambos utilizados para estimar la varianza de ruido mediante el cálculo de la varianza de la parte de ruido puro más allá de la respuesta impulso del canal en el dominio del tiempo y los errores en sus resultados son menores que con el primer algoritmo y, por tanto, son más complejos.

Además, el algoritmo basado en IFFT, tal como se muestra en la figura 1, tiene asimismo otra debilidad. Debido a que es imposible que cada retardo del tiempo de multitrayecto para el canal multitrayecto real caiga exactamente en un múltiplo entero del intervalo de muestreo de un receptor, la división de los múltiples trayectos en un tiempo indefinido es inevitable. Además, en el sistema OFDM real, se introduce una portadora virtual ajustada a cero físicamente en el dominio de la frecuencia debido a la protección de transición entre diferentes bandas de frecuencia, dando lugar asimismo a una expansión infinita de la respuesta impulso del canal en el dominio del tiempo posterior a la IFFT. La expansión infinita de la respuesta impulso del canal en el dominio del tiempo provocada por los dos efectos descritos anteriormente provocará un aumento de los errores de estimación de la varianza de ruido.

El documento WO2008066338A1 da a conocer un procedimiento para estimar una SNR de un sistema de comunicaciones móviles inalámbricas de OFDM, el ruido es estimado a partir de señales recibidas adyacentes de, por lo menos, dos subportadoras adyacentes y las señales recibidas de las subportadoras, se calcula la potencia del ruido calculando un valor cuadrático medio del ruido estimado sumando los cuadrados del ruido estimado, se calcula un valor cuadrático medio de la señal recibida sumando los cuadrados de las señales recibidas, se calcula la potencia de la señal restando la potencia de ruido del valor cuadrático medio de las señales recibidas, y se calcula la SNR utilizando la potencia de la señal y la potencia del ruido.

Características de la invención

Un problema técnico a resolver mediante la presente invención es dar a conocer un procedimiento y un aparato para realizar la estimación de ruido en un sistema de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia para obtener errores de estimación menores a la vez que se mantiene una baja complejidad. Este objetivo se resuelve mediante la materia objeto de las reivindicaciones independientes 1 y 3. Las realizaciones preferentes se definen en las reivindicaciones dependientes. Los aspectos o realizaciones que no se encuentran dentro del alcance de las reivindicaciones son útiles para comprender la invención.

Para resolver el problema anterior, la presente invención da a conocer un aparato para realizar la estimación de ruido en un sistema de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia que comprende: un módulo de generación del coeficiente de estimación del canal, un módulo de estimación del canal y un módulo de cálculo de estimación del ruido conectados entre sí en secuencia, un módulo de cálculo del factor de corrección conectado a una salida del módulo de generación del coeficiente de estimación del canal y un módulo de corrección conectado tanto al módulo de cálculo del factor de corrección como al módulo de cálculo de estimación del ruido.

El módulo de generación del coeficiente de estimación del canal está configurado para generar un coeficiente de

estimación del canal w_k , donde k es un entero entre $-\frac{N_{\text{tup}}}{2}$ y $\frac{N_{\text{tap}}}{2}$ y N_{tap} es un entero positivo mayor que 1, $0 < |w_k| < 1$.

El módulo de estimación del canal está configurado para calcular una estimación del canal basándose en una señal recibida en una subportadora de un símbolo de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia y el coeficiente de estimación del canal w_k .

El módulo de cálculo de estimación del canal está configurado para calcular una estimación del ruido basándose en la señal recibida en la subportadora del símbolo de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia y la estimación del canal.

El módulo de cálculo del factor de corrección está configurado para calcular un factor de corrección β basándose en el coeficiente de estimación del canal w_k generado por el módulo de generación del coeficiente de estimación del

canal, obteniéndose el factor de corrección β basándose en la siguiente fórmula:

$$\beta = 1 + |w_0|^2 - (w_0^* + w_0) + \alpha$$
 donde w_0^* es un valor conjugado de w_0 , y α es un factor de corrección del ruido residual, $0 < \alpha < 1$.

El módulo de corrección está configurado para corregir la estimación de ruido emitida por el módulo de cálculo de la estimación de ruido basándose en el factor de corrección β .

El aparato puede estar caracterizado adicionalmente por que:

el módulo de corrección está configurado para usar una relación de la estimación de ruido con respecto al factor de corrección como la estimación de ruido corregida.

El aparato puede estar caracterizado adicionalmente por que:

el módulo de cálculo de la estimación de ruido comprende una unidad de caché configurada para calcular la estimación de ruido después de almacenar en caché la señal recibida en la subportadora del símbolo de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia.

Para resolver el problema descrito anteriormente, la presente invención da a conocer un procedimiento para realizar la estimación de ruido en un sistema de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia que comprende: un módulo de generación del coeficiente de estimación del canal que genera un coeficiente de estimación del canal w_k ,

donde k es un entero entre $-\frac{N_{\text{tup}}}{2}$ y $\frac{N_{\text{tap}}}{2}$ y N_{tap} es un entero positivo mayor que 1, $0 < |w_k| < 1$; un módulo de estimación del canal que calcula una estimación del canal basándose en una señal recibida en una subportadora de un símbolo de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia y el coeficiente de estimación del canal w_k ; un módulo de cálculo de la estimación del ruido que calcula una estimación del ruido basándose en la señal recibida en la subportadora del símbolo de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia y la estimación del canal; un módulo de cálculo del factor de corrección que calcula un factor de corrección β basándose en el coeficiente de estimación del canal w_k generado por el módulo de generación del coeficiente de estimación del canal, obteniéndose

$$\beta = 1 + |w_0|^2 - (w_0^* + w_0) + \alpha$$

el factor de corrección β con base a la siguiente fórmula: , donde w_0^* es un valor conjugado de w_0 , y α es un factor de corrección del ruido residual, $0 < \alpha < 1$; y un módulo de corrección que corrige la estimación del ruido emitida por el módulo de cálculo de estimación del ruido basándose en el factor de corrección β . El procedimiento puede estar caracterizado adicionalmente por que:

en la etapa de corrección de la estimación del ruido, el módulo de corrección utiliza una relación de la estimación del ruido con respecto al factor de corrección como la estimación del ruido corregida.

El procedimiento puede estar caracterizado adicionalmente por que:

en la etapa de calcular la estimación del ruido, el módulo de cálculo de la estimación de ruido calcula la estimación de ruido después de almacenar en caché la señal recibida en la subportadora del símbolo de OFDM.

La presente invención permite obtener menores errores a la vez que mantiene una baja complejidad.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama esquemático de un algoritmo para estimar la varianza de ruido basándose en la IFFT para la señal piloto de la técnica anterior.

La figura 2 es un diagrama de bloques de un aparato para estimar la varianza de ruido de acuerdo con una realización.

La figura 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento para estimar la varianza de ruido de acuerdo con una realización.

Realizaciones preferentes de la presente invención

Tal como se muestra en la figura 2, un aparato para realizar la estimación de ruido en un sistema de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia comprende un módulo 201 de generación del coeficiente de estimación del canal, un módulo 202 de estimación del canal y un módulo 203 de cálculo de estimación del ruido conectados entre sí en secuencia, un módulo 204 de cálculo del factor de corrección conectado a una salida del módulo 201 de generación del coeficiente de estimación del canal y un módulo 205 de corrección conectado tanto al módulo 204 de cálculo del factor de corrección como al módulo 203 de cálculo de estimación del ruido.

El módulo 201 de generación del coeficiente de estimación del canal está configurado para generar un coeficiente de

estimación del canal w_k , donde k es un entero entre $-\frac{N_{tap}}{2}$ y $\frac{N_{tap}}{2}$ y N_{tap} es un entero positivo mayor que 1, $0 < |w_k| < 1$.

El módulo 202 de estimación del canal está configurado para calcular una estimación del canal basándose en una señal recibida en una subportadora de un símbolo de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia y el coeficiente de estimación del canal w_k .

El módulo 203 de cálculo de la estimación del ruido está configurado para calcular una estimación del ruido basándose en la señal recibida en la subportadora del símbolo de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia y la estimación del canal.

El módulo 204 de cálculo del factor de corrección está configurado para calcular un factor de corrección β basándose en el coeficiente de estimación del canal w_k generado por el módulo 201 de generación del coeficiente de estimación del canal. El factor de corrección β puede ser calculado de varias formas basándose en el coeficiente de estimación del canal w_k . Una forma habitual es utilizar la siguiente fórmula: $\beta = 1 + |w_0|^2 - (w_0^* + w_0) + \alpha$, donde w_0^* es un valor conjugado de w_0 , y α es un factor de corrección del ruido residual, $0 < \alpha < 1$. El valor de α puede ser un valor empírico en aplicaciones prácticas.

El módulo de corrección 205 está configurado para corregir la estimación de ruido emitida por el módulo 203 de cálculo de estimación del ruido basándose en el factor de corrección β . Específicamente, una relación de la estimación del ruido con respecto al factor de corrección se utiliza como la estimación del ruido corregida.

El módulo 203 de cálculo de la estimación del ruido comprende asimismo una unidad de memoria caché configurada para calcular la estimación del ruido después de almacenar en caché la señal recibida en la subportadora del símbolo de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia.

Un procedimiento para realizar la estimación del ruido en un sistema de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia comprende las siguientes etapas.

- 5 En la etapa 301, un módulo de generación del coeficiente de estimación del canal genera un coeficiente de

estimación del canal w_k , donde k es un entero entre $-\frac{N_{tap}}{2}$ y $\frac{N_{tap}}{2}$ y N_{tap} es un entero positivo mayor que 1, $0 < |w_k| < 1$.

- 10 En la etapa 302, un módulo de estimación del canal calcula una estimación del canal basándose en una señal recibida en una subportadora de un símbolo de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia y el coeficiente de estimación del canal w_k .

Supongamos que una señal recibida en la subportadora m -ésima en el l -ésimo símbolo de OFDM es $R(l, m)$,

15
$$R(l, m) = X(l, m) \cdot H(l, m) + N_0(l, m). \quad (1)$$

En la fórmula anterior, $X(l, m)$ es una señal transmisora; $N_0(l, m)$ es el AWGN complejo, 2 y tanto su parte real como

su parte imaginaria satisfacen la distribución $N(0, \frac{\sigma_0^2}{2})$; $H(l, m) = \sum_{k=0}^{L-1} h_k \cdot e^{j \frac{2\pi}{N} m \cdot \tau_k}$ es una respuesta impulso

- 20 del canal en el dominio de la frecuencia con desvanecimiento lento, $h(n) = \sum_{k=0}^{L-1} h_k \cdot \delta(n - \tau_k)$ es una respuesta impulso del canal en el dominio del tiempo, y L es el número de múltiples trayectos del canal. Supongamos que una subportadora piloto en el l -ésimo símbolo de OFDM es $\{Piloto\}$, $X(l, m)|_{m \in \{Piloto\}} \equiv 1$, la fórmula (1) se puede volver a escribir como la fórmula (2):

25
$$R(l, m) = H(l, m) + N_0(l, m), m \in \{Piloto\}. \quad (2)$$

- 30 Por otro lado, la estimación del canal en el l -ésimo símbolo de OFDM puede ser equivalente a un filtro de respuesta finita al impulso (FIR, Finite Impulse Response), independientemente de la forma en que se use. Por tanto, la estimación del canal de la m -ésima subportadora en el l -ésimo símbolo de OFDM obtenido por la fórmula (2) se puede volver a escribir como la fórmula (3):

$$\hat{H}(l, m) = \sum_{\substack{k=-\frac{N_{tap}}{2} \\ m+k \in \{Piloto\}}}^{\frac{N_{tap}}{2}-1} w_k \cdot R(l, m+k) = H(l, m) + w_0 \cdot N_0(l, m) + N'_0(l, m) \quad (3)$$

- 35 donde N_{tap} se refiere al número total de los coeficientes w_k y N_{tap} es un entero positivo mayor que 1. En la fórmula (3), en el caso de $m \in \{Piloto\}$, $w_0 \cdot N_0(l, m)$ es el ruido relacionado con la señal recibida en la m -ésima subportadora en el l -ésimo símbolo de OFDM;

$N'_0(l, m)$ es el resto de ruido blanco equivalente, cuya potencia es $\sigma_0'^2 = \alpha \cdot \sigma_0^2$, $0 < \alpha < 1$, y α se determina solamente mediante el algoritmo de estimación del canal y es mucho menor que 1.

- 40 En la etapa 303, un módulo de cálculo de la estimación del ruido calcula una estimación del ruido e basándose en la señal recibida en la subportadora del símbolo de OFDM y la estimación del canal.

Considerando las fórmulas de (2) y (3), se construye la estimación del ruido e, como en la fórmula (4):

45
$$e = E \left\{ \left(R(l, m) - \hat{H}(l, m) \right) \cdot \left(R(l, m) - \hat{H}(l, m) \right)^* \right\}_{m \in \{Piloto\}}$$

$$= \sigma_0^2 \cdot \left(1 + |w_0|^2 - (w_0^* + w_0) + \alpha \right) \quad (4)$$

En la etapa 304, un módulo de cálculo del factor de corrección calcula un factor de corrección β basándose en el

coeficiente de estimación del canal w_k generado por el módulo de generación del coeficiente de estimación del canal; y un módulo de corrección corrige la estimación de ruido emitida por el módulo de cálculo de estimación del ruido basándose en el factor de corrección β .

- 5 La fórmula (4) se puede volver a escribir para obtener la estimación de la varianza de ruido, como en la fórmula (5):

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{E \left\{ \left(R(l, m) - \hat{H}(l, m) \right) \cdot \left(R(l, m) - \hat{H}(l, m) \right)^* \right\}_{m \in \{Pilot\}}}{\beta} \quad (5)$$

En la fórmula anterior, $\beta = 1 + |w_0|^2 - (w_0^* + w_0) + \alpha$ es el factor de corrección, y w_0^* es un valor conjugado de w_0 .

En la descripción anterior, las fórmulas (1), (2) y (4) son procedimientos de implementación de la técnica anterior. El procedimiento mostrado en la fórmula (4) es un procedimiento de estimación de la varianza de ruido relativamente común en el sistema OFDM existente, y su ventaja principal es su algoritmo sencillo y su inconveniente es un error mayor. La fórmula (3) es una comprensión del algoritmo de estimación del canal del sistema OFDM existente. De acuerdo con la comprensión, se puede obtener un nuevo procedimiento de estimación de la varianza del ruido (5), que es un punto innovador de la presente invención.

La presente invención continúa utilizando el procedimiento de estimación del canal de la técnica anterior para corregir adicionalmente la estimación de ruido y obtener errores de estimación menores, a la vez que se mantiene una baja complejidad.

La descripción anterior es únicamente las realizaciones preferentes de la presente invención y no pretende limitar la presente invención. Los expertos en la materia pueden realizar diversas modificaciones y variaciones a la presente invención.

Aplicabilidad industrial

La presente invención permite obtener errores menores a la vez que mantiene una baja complejidad.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para llevar a cabo la estimación de ruido en un sistema de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia, que comprende:

un módulo (201) de generación del coeficiente de estimación del canal, un módulo (202) de estimación del canal y un módulo (203) de cálculo de la estimación del ruido conectados entre sí en secuencia, un módulo (204) de cálculo del factor de corrección conectado a una salida del módulo de generación del coeficiente de estimación del canal y un módulo (205) de corrección conectado tanto al módulo de cálculo del factor de corrección como al módulo de cálculo de estimación del ruido; en el que

el módulo (201) de generación del coeficiente de estimación del canal está configurado para generar un coeficiente

de estimación del canal w_k utilizado para estimar un canal, donde k es un entero entre $-\frac{N_{tuf}}{2}$ y $\frac{N_{tap}}{2}$ y N_{tap} es un entero positivo mayor que 1, $0 < |w_k| < 1$;

el módulo (202) de estimación del canal está configurado para calcular una estimación del canal basándose en una señal recibida en una subportadora de un símbolo de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia y el coeficiente de estimación del canal w_k ;

el módulo (203) de cálculo de la estimación del ruido está configurado para calcular una estimación del ruido basándose en la señal recibida en la subportadora del símbolo de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia y la estimación del canal;

el módulo (204) de cálculo del factor de corrección está configurado para calcular un factor de corrección β basándose en el coeficiente de estimación del canal w_k generado por el módulo de generación del coeficiente de estimación del canal; y

el módulo (205) de corrección está configurado para corregir la estimación de ruido emitida por el módulo de cálculo de la estimación del ruido basándose en el factor de corrección β ;

caracterizado por que el factor de corrección β se obtiene con base en la siguiente fórmula:

$$\beta = 1 + |w_0|^2 - (w_0^* + w_0) + \alpha$$
, donde w_0^* es un valor conjugado de w_0 , y α es un valor empírico de un factor de corrección del ruido residual, $0 < \alpha < 1$,

en el que

el módulo (205) de corrección está configurado para usar una relación de la estimación de ruido con respecto al factor de corrección como la estimación de ruido corregida

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{E \left\{ \left(R(l, m) - \hat{H}(l, m) \right) \cdot \left(R(l, m) - \hat{H}(l, m) \right)^* \right\}_{m \in \{Pilot\}}}{\beta}$$
, en el que $R(l, m)$ es una señal recibida en la m -ésima subportadora en el l -ésimo símbolo de OFDM, $\{Pilot\}$ es una subportadora piloto establecida en el l -ésimo símbolo de OFDM, y $\hat{H}(l, m)$ es una estimación del canal de la m -ésima subportadora en el l -ésimo símbolo de OFDM.

2. Aparato, según la reivindicación 1, en el que

el módulo (204) de cálculo de la estimación del ruido comprende una unidad de memoria caché configurada para calcular la estimación del ruido después de almacenar en caché la señal recibida en la subportadora del símbolo de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia.

3. Procedimiento para realizar la estimación de ruido en un sistema de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia que comprende:

un módulo de generación del coeficiente de estimación del canal que genera (301) un coeficiente de estimación del

canal w_k utilizado para estimar un canal, donde k es un entero entre $-\frac{N_{tuf}}{2}$ y $\frac{N_{tap}}{2}$ y N_{tap} es un entero positivo

mayor que 1, $0 < |w_k| < 1$;

un módulo de estimación del canal que calcula (302) una estimación del canal basándose en una señal recibida en una subportadora de un símbolo de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia y el coeficiente de estimación del canal w_k ;

un módulo de cálculo de la estimación del ruido que calcula (303) una estimación del ruido basándose en la señal recibida en la subportadora del símbolo de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia y la estimación del canal;

un módulo de cálculo del factor de corrección que calcula (304) un factor de corrección β basándose en el coeficiente de estimación del canal w_k generado por el módulo de generación del coeficiente de estimación del canal; y

un módulo de corrección que corrige (304) la estimación del ruido emitida por el módulo de cálculo de la estimación del ruido basándose en el factor de corrección β ;

caracterizado por que el factor de corrección β se obtiene en base a la siguiente fórmula:

$\beta = 1 + |w_0|^2 - (w_0^* + w_0) + \alpha$, donde w_0^* es un valor conjugado de w_0 , y α es un valor empírico de un factor de corrección del ruido residual, $0 < \alpha < 1$,

en el que

en la etapa de corregir la estimación de ruido, el módulo de corrección utiliza una relación de la estimación del ruido con respecto al factor de corrección como la estimación del ruido corregida

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{E \left\{ \left(R(l, m) - \hat{H}(l, m) \right) \cdot \left(R(l, m) - \hat{H}(l, m) \right)^* \right\}_{m \in \{Pilot\}}}{\beta}$$

, en el que $R(l, m)$ es una señal recibida en la m -ésima subportadora en el l -ésimo símbolo de OFDM, $\{Pilot\}$ es una subportadora piloto establecida en el l -ésimo símbolo de OFDM, y $\hat{H}(l, m)$ es una estimación del canal de la m -ésima subportadora en el l -ésimo símbolo de OFDM.

4. Procedimiento, según la reivindicación 3, en el que

en la etapa de calcular la estimación del ruido, el módulo de cálculo de la estimación del ruido calcula la estimación del ruido después de almacenar en caché la señal recibida en la subportadora del símbolo de OFDM.

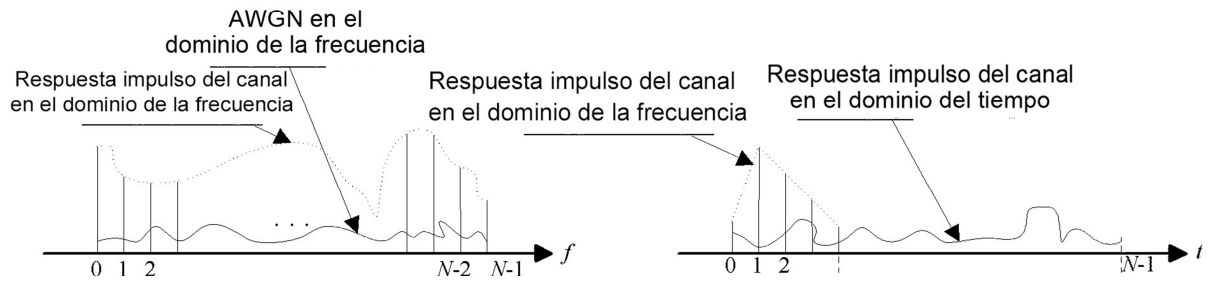


FIG. 1

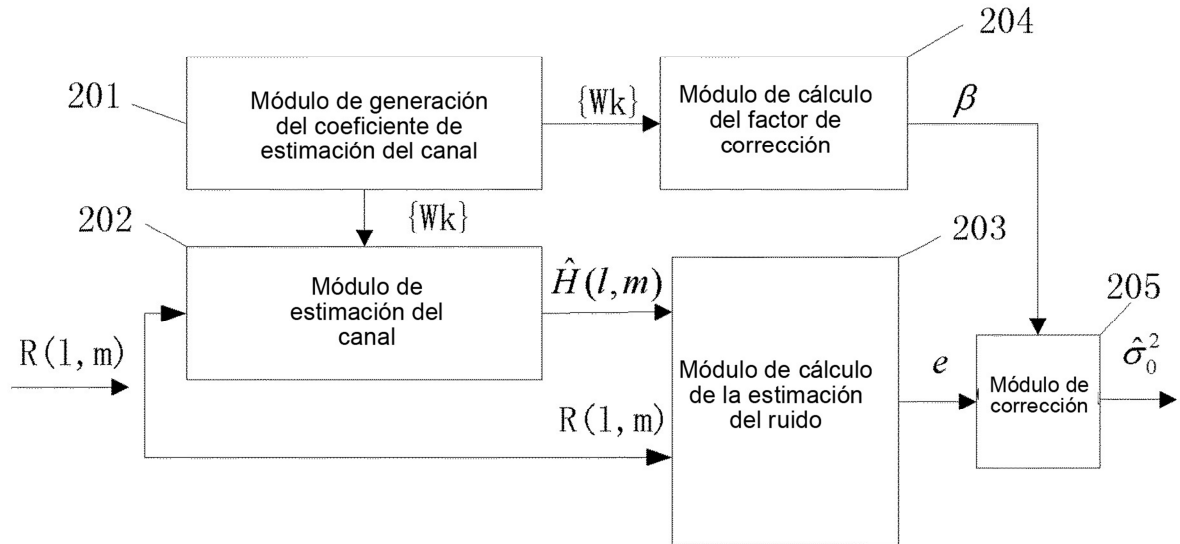


FIG. 2

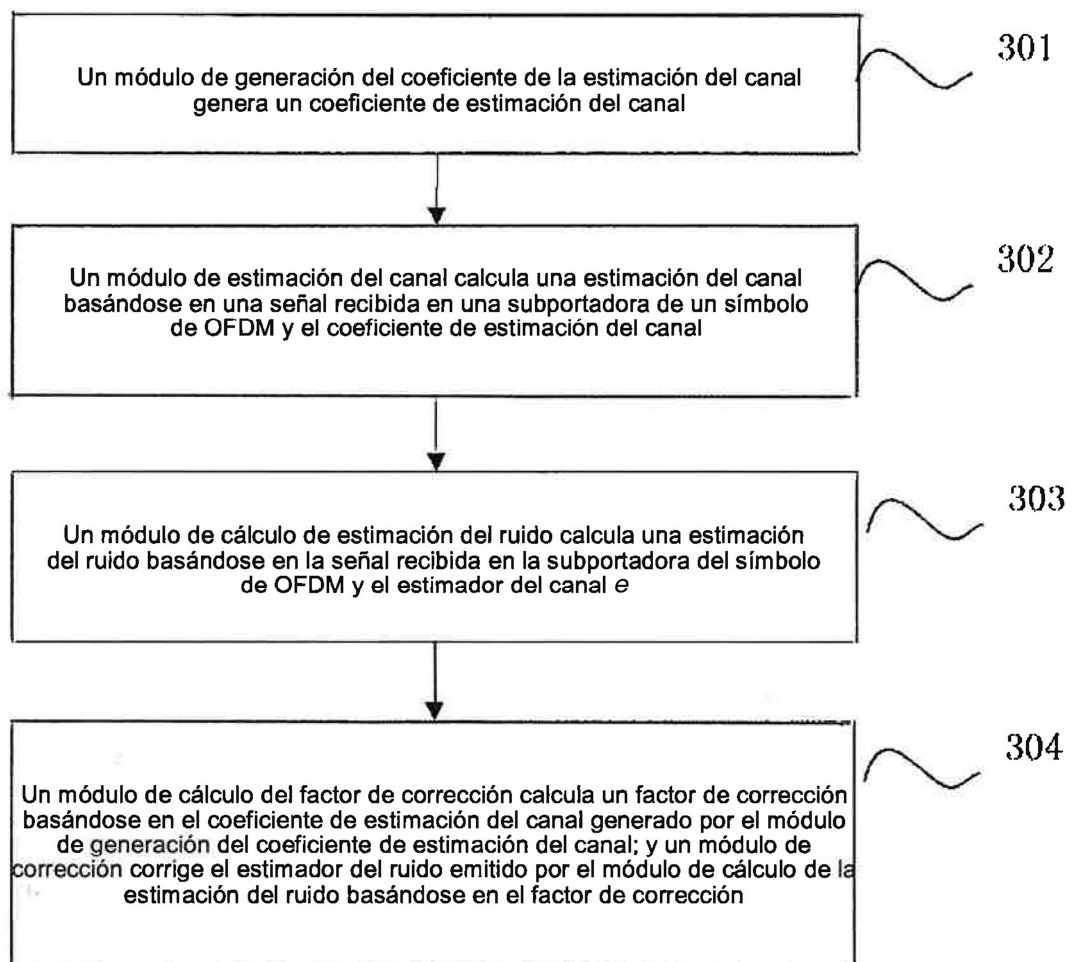


FIG. 3