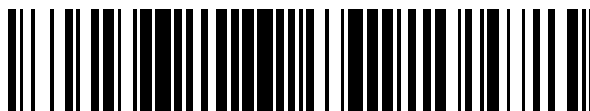


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 368**

51 Int. Cl.:
H04L 27/26 (2006.01)
H04L 27/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09180084 .7**
96 Fecha de presentación: **21.12.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2337294**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.06.2011**

54 Título: **Estimación del desequilibrio IQ para símbolos pilotos asimétricos**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.11.2012

73 Titular/es:
TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)
(100.0%)
164 83 Stockholm, SE

72 Inventor/es:
WILHELMSSON, LEIF;
PARK, CHESTER y
SUNDSTRÖM, LARS

74 Agente/Representante:
DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 391 368 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

Estimación del desequilibrio IQ para símbolos pilotos asimétricos.

5 **CAMPO TÉCNICO**

La presente invención se refiere a un método y un receptor para el mezclado hacia abajo de una señal recibida, en un sistema de comunicación inalámbrica que utiliza multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing), para obtener símbolos pilotos especulares, en adelante denominados pilotos, en la señal de banda base.

10

ANTECEDENTES

La multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM) ha sido adoptada como el esquema de modulación básico para varios sistemas de comunicación inalámbrica de banda ancha, tales como las redes de área metropolitana inalámbrica (WiMAX, Wireless Metropolitan Area Networks) 802.16d/e y el estándar universal de telecomunicaciones móviles evolución a largo plazo (UMTS LTE, Universal Mobile Telecommunications Standard Long Term Evolution).

15

20

Muchos de los sistemas de comunicación inalámbrica basados en OFDM requieren que los receptores sean capaces de procesar señales OFDM recibidas, de tal manera que se consiga una relación señal/ruido (SNR, signal-to-noise ratio) relativamente elevada. Para conseguir satisfactoriamente dicha SNR relevada, el proceso debe llevarse a cabo sin introducir ruido o deterioros severos. Además, muchos de los sistemas basados en OFDM utilizan esquemas de transmisión complejos, tales como un esquema de múltiple entrada múltiple salida (MIMO, Multiple-Input Multiple-Output), que aumenta además las exigencias sobre el rendimiento del receptor. Para poder satisfacer estos requisitos estrictos se requiere un diseño de receptor de coste elevado, en términos de complejidad del equipamiento físico, y/o ha de adoptarse un diseño de receptor de bajo coste capaz de manejar imperfecciones.

25

30

Una imperfección bien conocida en la técnica es el desequilibrio entre las componentes en fase (I) y en cuadratura de frase (Q) (desequilibrio IQ). El desequilibrio IQ está provocado por cualquier cosa que afecte de manera diferente a las componentes I y Q de la señal recibida en la cadena de recepción. Existen diversas posibles fuentes de desequilibrio IQ en un sistema de comunicación. Una fuente común es el oscilador local (LO, local oscillator) que, idealmente, debería generar dos componentes de LO en perfecta cuadratura, mientras que otra posible fuente es el desajuste entre uno o varios bloques funcionales, por ejemplo amplificadores, mezcladores, filtros de canal y convertidores de analógico a digital, en las respectivas trayectorias I y Q de la cadena de recepción.

35

40

45

Para conseguir una SNR elevada, permitiendo al mismo tiempo un diseño de receptor a bajo coste, las imperfecciones tales como el desequilibrio IQ deben ser neutralizadas en el receptor OFDM. El propio desequilibrio IQ se manifiesta de manera que la interferencia se presenta emparejada entre la subportadora de frecuencia positiva y la subportadora de frecuencia negativa. Una forma de compensar el desequilibrio IQ es medir o estimar el desequilibrio IQ y utilizar el resultado de la estimación para compensar el desequilibrio IQ en la señal OFDM recibida. La estimación del desequilibrio IQ puede basarse, por ejemplo, en información del canal y en el conocimiento de la señal OFDM recibida. La información del canal puede ser obtenida mediante la estimación del canal, que es una técnica bien conocida por los expertos en la materia. Sin embargo, estimar con precisión el desequilibrio IQ requiere el conocimiento del canal así como de los símbolos transmitidos para cada par de frecuencias. El conocimiento de los símbolos transmitidos se obtiene normalmente mediante la utilización de símbolos pilotos distribuidos sobre subportadoras de cada par de frecuencias especulares utilizado en la transmisión.

50

Sin embargo, la distribución de símbolos piloto depende del estándar de comunicación utilizado. En los estándares de comunicación tales como el UMTS LTE, los pilotos no están situados en pares de frecuencias especulares en la señal transmitida. Esto es un obstáculo cuando se intenta estimar un desequilibrio IQ y por lo tanto limita la posibilidad de una utilización directa del enfoque descrito anteriormente.

55

El documento EP2109273 da a conocer una solución a este problema, en la que el desequilibrio IQ es estimado en base a un símbolo piloto, a un valor de canal estimado para la frecuencia subportadora de símbolos piloto y a información relacionada con una correspondiente frecuencia de subportadora especular asociada con el símbolo piloto, en el que la correspondiente frecuencia de subportadora especular comprende un símbolo no piloto.

60

Por lo tanto, existe la necesidad de mejorar el método para estimar el desequilibrio IQ de una señal OFDM recibida. Por lo tanto, es un objetivo de la invención permitir una estimación eficiente del desequilibrio IQ, asimismo en el caso en el que la señal transmitida no contiene pilotos situados sobre pares de frecuencias especulares, y por lo tanto mitigar, aliviar o eliminar una o varias de las deficiencias identificadas anteriormente en la técnica y las desventajas, por separado o en cualquier combinación.

65

COMPENDIO DE LA INVENCION

Según la presente invención, el objetivo se consigue con un método para el mezclado hacia abajo, en una señal de banda base, de una señal recibida en un sistema de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM)

- que contiene pilotos no especulares, que comprende determinar la frecuencia de mezclado hacia abajo en base a una frecuencia portadora y a un desplazamiento de la frecuencia portadora, en el que el desplazamiento de la frecuencia portadora se determina de tal manera que se obtienen pilotos especulares en la señal de banda base. Una vez que se han obtenido los pilotos particulares en la señal de banda base, para estimar el desequilibrio IQ pueden utilizarse métodos bien conocidos de estimación del desequilibrio IQ, basados en pares piloto especulares. Teniendo en cuenta las descripciones anterior y posterior, es un objetivo de la presente invención dar a conocer un método que consigue pilotos especulares en la señal de banda base, incluso cuando la señal OFDM transmitida no contiene pilotos especulares.
- El método puede comprender además determinar el desplazamiento de la frecuencia portadora en función de las posiciones de frecuencia de los pilotos no especulares, y calcular la frecuencia de mezclado hacia abajo en base a la frecuencia portadora y al desplazamiento de la frecuencia portadora.
- El método puede comprender además compensar el efecto del desplazamiento de la frecuencia portadora mediante el recurso de aplicar una traslación de los intervalos en conformidad con el desplazamiento de la frecuencia, en función de la separación de las subportadoras.
- El método puede comprender además compensar el efecto del desplazamiento de la frecuencia portadora mediante recurso de aplicar compensación del desplazamiento de la frecuencia antes de llevar a cabo la estimación del error de frecuencia.
- El método puede comprender además llevar a cabo una estimación del error de la frecuencia en base a la señal recibida, y compensar el efecto del error de frecuencia y el efecto del desplazamiento de la frecuencia portadora mediante el recurso de aplicar compensación de errores de frecuencia en base a la estimación de errores de frecuencia y en base al desplazamiento de la frecuencia portadora.
- El método de mezclado hacia abajo de la señal recibida, de tal manera que se obtienen pilotos especulares de la señal de banda base, puede llevarse a cabo junto con la realización de la estimación del desequilibrio IQ en base a la señal recibida.
- En el método, el sistema OFDM puede ser uno de los sistemas IMT avanzado, UMTS LTE o WiMAX.
- La presente invención se refiere asimismo a una unidad de receptor OFDM para el mezclado hacia abajo de una señal recibida que contiene pilotos no especulares, en una señal de banda base, que comprende una unidad de determinación adaptada para determinar una frecuencia de mezclado hacia abajo en base a una frecuencia portadora y a un desplazamiento de la frecuencia portadora, en el que la unidad de determinación está adaptada para determinar el desplazamiento de la frecuencia portadora, de tal manera que se obtienen pilotos especulares en la señal de banda base, y una unidad de mezclado hacia abajo adaptada para el mezclado hacia abajo de dicha señal recibida con dicha frecuencia de mezclado hacia abajo.
- La unidad de receptor OFDM puede comprender además una unidad de determinación del desplazamiento, adaptada para determinar el desplazamiento de la frecuencia portadora en función de las posiciones de frecuencia de los pilotos no especulares, y una unidad de cálculo, adaptada para calcular la frecuencia de mezclado hacia abajo en base a la frecuencia portadora y al desplazamiento de la frecuencia portadora.
- La unidad de receptor OFDM puede comprender además una unidad de traslación de intervalos, adaptada para aplicar una traslación correspondiente al desplazamiento de la frecuencia, en función de la separación de las subportadoras.
- La unidad de receptor OFDM puede comprender además una unidad de compensación de desplazamiento, adaptada para compensar el efecto del desplazamiento de la frecuencia portadora, antes de la estimación del error de frecuencia.
- La unidad de receptor OFDM puede comprender además una unidad de estimación del error, adaptada para estimar un error de frecuencia en base a la señal recibida, y una unidad de compensación del error de frecuencia adaptada para compensar el efecto del error de frecuencia y el efecto del desplazamiento de la frecuencia portadora, mediante el recurso de aplicar una compensación del error de frecuencia en base a la estimación del error de frecuencia procedente de dicha unidad estimación del error y en base al desplazamiento de la frecuencia portadora.
- La unidad de receptor OFDM, en la que el sistema OFDM puede ser uno entre los sistemas IMT avanzado, UMTS LTE o WiMAX.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

- Surgirán otros objetivos, características y ventajas de la presente invención a partir de la siguiente descripción detallada de algunas realizaciones de la invención, en la que algunas realizaciones de la invención se describirán en mayor detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1 muestra un diagrama de bloques de un receptor OFDM en el que puede llevarse a cabo mezclado hacia abajo para obtener pilotos especulares;
 las figuras 2a y 2b muestran el mezclado hacia abajo de una señal OFDM con pilotos especulares;
 5 las figuras 3a y 3b muestran el mezclado hacia abajo de una señal OFDM con pilotos no especulares;
 las figuras 4a y 4b muestran el mezclado hacia abajo, con un desplazamiento de la frecuencia portadora, de una señal OFDM con pilotos no especulares;
 la figura 5 muestra un diagrama de flujo del método de mezclado hacia abajo para obtener pilotos especulares en la banda base, cuando se tiene una señal OFDM con pilotos no especulares;
 10 las figuras 6a y 6b muestran la aplicación de la presente invención a una estructura de trama OFDM en un sistema UMTS LTE;
 las figuras 7a y 7b muestran un diagrama de flujo y una cadena de recepción para compensar el error inducido por el desplazamiento de la frecuencia portadora;
 las figuras 8a y 8b muestran otro diagrama de flujo y una cadena de recepción para compensar el error
 15 inducido por el desplazamiento de la frecuencia portadora; y
 las figuras 9a y 9b muestran otro diagrama de flujo y una cadena de recepción para compensar el error inducido por el desplazamiento de la frecuencia portadora.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

20 A continuación se describirán de manera más completa realizaciones de la presente invención, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en cuyas realizaciones se muestra la invención. Sin embargo, ésta invención puede realizarse de muchas formas diferentes y no debe interpretarse como estando limitada a las realizaciones definidas en la presente memoria. Por el contrario, estas realizaciones se dan a conocer de modo que ésta descripción sea exhaustiva y completa, y transmita completamente el alcance de la invención a los expertos en la materia. Los
 25 signos de referencia iguales se refieren a los mismos componentes a través de todo el documento.

Las realizaciones de la presente invención serán ejemplificadas utilizando un receptor OFDM genérico que puede ser utilizado en un sistema OFDM que utilice cualquiera de los estándares de los sistemas 1MT avanzado, UMTS LTE o WiMAX. En esta solicitud se utilizará el estándar UMTS LTE para ejemplificar diferentes aspectos de la
 30 invención.

La figura 1 muestra un diagrama de bloques de un receptor OFDM 100 en el que pueden implementarse realizaciones de la presente invención. Todos los bloques funcionales del receptor OFDM son bien conocidos por un experto en la materia, y por lo tanto a continuación se describirán sólo brevemente, sin entrar en detalles. Asimismo,
 35 debe observarse que algunos bloques funcionales presentes habitualmente en un receptor OFDM, tales como un filtro de canal, un amplificador de control automático de ganancia, etc., han sido omitidos en la figura 1 puesto que no son necesarios para la descripción de la invención. Asimismo, se omitido los bloques del dominio digital que no son relevantes para la descripción de la invención. Ejemplos de funcionalidades no incluidas en la figura 1 son la sincronización temporal y el cálculo de información adicional ("soft"), utilizados en la descodificación de corrección de errores.
 40

Tal como se muestra en la figura 1, la señal OFDM recibida mediante la antena 101 será amplificada en el amplificador 102, produciendo una señal analógica de radiofrecuencia (RF). La señal RF analógica es mezclada hacia abajo en un mezclador 103, con una frecuencia de mezclado hacia abajo igual a la frecuencia portadora 111,
 45 en una señal de banda base analógica. La señal de banda base analógica es transformada desde una señal de banda base analógica a una señal de banda base digital mediante un convertidor analógico a digital (ADC, analog-to-digital converter) 104. El error de frecuencia en la señal de banda base digital es estimado, mediante un estimador 106 de error de frecuencia, y compensado mediante un compensador 105 del error de frecuencia que utiliza el resultado procedente del estimador 106 del error de frecuencia. La señal de banda base con error de frecuencia
 50 corregido es transformada del dominio temporal al dominio de frecuencias utilizando una transformada rápida de Fourier (FFT, fast Fourier transform) 107. Las características del canal son estimadas, mediante un estimador 109 del canal, a partir de la señal digital de banda base en el dominio de frecuencias, y ecualizadas mediante un ecualizador 108 del canal que utiliza el resultado del estimador 109 del canal. A continuación, la señal ecualizada es alimentada a un descodificador 110 de corrección de errores hacia adelante (FEC, forward error correcting), que produce un flujo de datos para el posterior procesamiento de banda base.
 55

Tal como es bien sabido en la técnica, la estimación y compensación del desequilibrio IQ pueden llevarse a cabo en posiciones diferentes en la cadena de recepción OFDM. En una realización, la estimación y compensación del desequilibrio IQ pueden llevarse a cabo en el dominio temporal después de la compensación 105 del error de frecuencia y antes de la FFT 107, mientras que en otra realización la estimación y compensación del desequilibrio IQ pueden llevarse a cabo después de la ecualización 108 del canal y antes de la FEC 110. Sin embargo, en una realización preferida la estimación y compensación del desequilibrio IQ pueden llevarse a cabo después de la FFT 107 en el dominio de frecuencias, y antes de la ecualización 108 de canal y de la estimación 109 de canal. Tal como se ha descrito en la sección de antecedentes, una condición para utilizar técnicas convencionales de estimación del desequilibrio IQ en un sistema basado en OFDM es la existencia de pares de pilotos especulares en la señal de banda base mezclada hacia abajo.
 60
 65

La figura 2a muestra el principio de mezclado hacia abajo 200 de una señal OFDM con pares pilotos especulares, en una señal de banda base. La señal OFDM recibida 201 es mezclada hacia abajo en el mezclador 202 con una frecuencia de mezclado hacia abajo igual a la frecuencia portadora 203 ($f_{dm} = f_c$). El resultado del mezclado hacia abajo con la frecuencia portadora se muestra en el diagrama de 204 del espectro de frecuencia, en la figura 2b. El diagrama 204 del espectro de frecuencia muestra que el espectro de frecuencia de la señal OFDM está centrado en DC donde $f = 0$, y que las señales piloto 206, mostradas mediante de las flechas, están situadas de forma simétrica en relación con DC puesto que las distancias de frecuencia a y b en la figura son iguales. En una implementación no ideal de un receptor OFDM, la posición de los pilotos puede ser ligeramente diferente debido a un error de frecuencia entre la frecuencia portadora y la señal OFDM recibida. Tener pilotos especulares (simétricas) en la señal de banda base mezclada hacia abajo, tal como se muestra en la figura 2b, es un requisito previo si se van a utilizar técnicas conocidas y eficientes para el desequilibrio IQ.

Sin embargo, tal como se ha mencionado en la sección de antecedentes, en algunos estándares de comunicación tales como UMTS LTE los pilotos no están situados en pares de frecuencias especulares simétricas, limitando de ese modo la utilización directa de técnicas bien conocidas de estimación del desequilibrio IQ. La figura 3a muestra el efecto del mezclado hacia abajo 300 de una señal OFDM con pilotos no especulares, en una señal de banda base. Del mismo modo que en la figura 2a, la señal OFDM recibida es mezclada hacia abajo en el mezclador 301, con una frecuencia de mezclado hacia abajo igual a la frecuencia portadora 302 ($f_{dm} = f_c$). Sin embargo, el resultado del mezclado hacia abajo con la frecuencia portadora difiere del resultado mostrado en relación con la figura 2b. A partir del diagrama 305 del espectro de frecuencia de la figura 3b, puede verse claramente que el espectro de frecuencia 303 de la señal OFDM con pilotos no especulares sigue centrado en DC, donde $f = 0$, pero los pilotos 304 están situados de forma asimétrica en relación con DC, lo que se muestra mediante las distancias de frecuencia a y b diferentes en la figura.

Un método acorde con la presente invención posibilita utilizar técnicas bien conocidas de estimación del desequilibrio IQ sobre una señal de sistema OFDM, incluso aunque tenga pilotos no especulares. El método está basado en el mezclado hacia abajo de la señal recibida, en un sistema OFDM que contiene pilotos no especulares asimétricos, en una señal de banda base, determinando una frecuencia de mezclado hacia abajo tal que se obtienen pilotos especulares en la señal de banda base. La frecuencia de mezclado hacia abajo está basada en la frecuencia portadora y en un desplazamiento de la frecuencia portadora, donde el desplazamiento de la frecuencia portadora se determina de tal manera que se consiguen pilotos especulares.

Debe observarse que el desplazamiento de la frecuencia portadora descrito en esta solicitud no es lo mismo que el error de frecuencia, que es consecuencia de un desajuste entre la frecuencia portadora y la señal recibida.

La figura 4a muestra el efecto del mezclado hacia abajo 400 sobre una señal OFDM con pares de pilotos no especulares, con una frecuencia de mezclado hacia abajo regulada según la presente invención. En este caso, la señal OFDM recibida es mezclada hacia abajo en el mezclador 401 con una frecuencia de mezclado hacia abajo igual a la frecuencia portadora 402 modificada con un desplazamiento de la frecuencia portadora ($f_{dm} = f_c + f_{off}$) determinado a partir de la señal OFDM recibida, de tal manera que se consiguen pilotos especulares. El resultado del mezclado hacia abajo se muestra en el diagrama 404 del espectro de frecuencia de la figura 4b. A partir del diagrama 404 del espectro de frecuencia puede verse que se han conseguido pilotos especulares, ilustrados por las distancias iguales entre a y b, mediante el recurso de regular la frecuencia portadora mediante un desplazamiento de la frecuencia portadora. Un efecto de regular de este modo la frecuencia de mezclado hacia abajo, es que el espectro de frecuencia 405 de la señal OFDM estará desplazado 406, y por lo tanto ya no estará centrado en DC. El espectro desplazado 406 en relación con DC tendrá como resultado un pequeño desajuste en el receptor, puesto que el filtro selectivo de canal (no mostrado en la figura) está ajustado a un espectro de frecuencia centrado en DC 405. Sin embargo, en la mayor parte de los casos el desajuste será menor que la mitad de la distancia entre los pilotos, lo cual a su vez estará habitualmente solamente en el orden de una centésima del ancho de banda total de la señal. El desplazamiento del espectro 406 con respecto al espectro 405 se denominará, en lo que sigue, el desplazamiento del espectro de frecuencia.

En el diagrama de flujo de la figura 5 se muestran las etapas básicas del método, acorde con una realización de la presente invención, para el mezclado hacia abajo de un sistema OFDM con objeto de obtener pares pilotos especulares. El método comprende las etapas de recibir una señal 501 del sistema OFDM, determinar el tamaño de un desplazamiento de la frecuencia portadora de tal manera que puedan obtenerse pilotos especulares, calcular una frecuencia de mezclado hacia abajo en base a la frecuencia portadora y al desplazamiento de la frecuencia portadora determinado, y aplicar en el mezclador la frecuencia de mezclado hacia abajo calculada, para mezclar hacia abajo la señal recibida del sistema OFDM.

Las figuras 6a y 6b muestran, utilizando una trama OFDM, un ejemplo de cómo puede ser aplicado el método de mezclado hacia abajo a una señal OFDM 600 en un sistema que utiliza el estándar UMTS LTE. La figura muestra la distribución de subportadoras de la señal OFDM en tiempo (eje x) y en frecuencia (eje y). Cada celda (o cuadrado) representa una subportadora de un símbolo OFDM, donde las celdas oscuras 606 corresponden a pilotos, las celdas grises 605 corresponden a una posición en la que habrían estado situados los pilotos especulares, y las celdas

blancas 604 corresponden a símbolos de datos. El DC en el que $f = 0$ se indica mediante una flecha destacada 603. Cada columna de celdas 607 representa un símbolo OFDM, y el grupo de subportadoras entre las líneas horizontales destacadas 602 y la línea vertical destacada 601 indica un bloque de recursos (RB, resource block). En nuestro ejemplo, el RB corresponde a 12 subportadoras en frecuencia y 7 símbolos OFDM en tiempo.

5 En el ejemplo mostrado en la figura 6a, los pilotos están situados a una distancia correspondiente a un número par de subportadoras, que en este caso es igual a 6 subportadoras. La separación de las subportadoras es de 15 kHz, lo que significa que dentro del primer símbolo OFDM 607 se transmite un piloto a 15 kHz, y el piloto que es el candidato más próximo a convertirse en un piloto especular es transmitido a $5 * (-15) = -75$ kHz, de modo que no
10 existe un par de pilotos especulares. Para obtener pilotos especulares, la frecuencia de mezclado hacia abajo es regulada mediante el desplazamiento de la frecuencia portadora. En este ejemplo, el desplazamiento de la frecuencia portadora se establecería en -30 kHz, que corresponde al doble de la separación de las subportadoras. Cuando se aplica mezclado hacia abajo, utilizando la frecuencia de mezclado hacia abajo determinada, el resultado será una traslación de frecuencia tal como la ilustrada en la trama OFDM mostrada en la figura 6b. En la figura 6b no
15 se muestran celdas grises, mientras que todos los pilotos (las cajas negras) muestran que se han conseguido pares de pilotos especulares con respecto al DC 609. La traslación del desplazamiento de la frecuencia portadora correspondiente a las dos subportadoras (igual a -30 kHz) se muestra mediante la separación entre la flecha discontinua 608 que simboliza la posición de DC después del mezclado hacia abajo cuando se utiliza la frecuencia de mezclado hacia abajo sin el desplazamiento de la frecuencia portadora, y la flecha DC 609 correspondiente a la posición del DC después del mezclado hacia abajo cuando se utiliza la frecuencia de mezclado hacia abajo con el desplazamiento de la frecuencia portadora. De este modo, mediante el recurso de aplicar el mezclado hacia abajo con un desplazamiento de la frecuencia portadora, pueden conseguirse pilotos especulares incluso aunque se utilice un estándar de comunicación sin pilotos especulares.

25 Cuando los pilotos están situados a una distancia correspondiente a un número par de subportadoras, tal como en el ejemplo de las figuras 6a y 6b, ha de aplicarse un desplazamiento de la frecuencia portadora correspondiente a un múltiplo entero de n veces la separación de las subportadoras, para conseguir pares de pilotos especulares. Sin embargo, esto provocará una traslación del espectro de frecuencia (tal como se ha descrito en relación con las figuras 4a y 4b) que tiene como resultado un desplazamiento del espectro de frecuencia. Cuando la señal mezclada hacia abajo, con un desplazamiento del espectro de frecuencia, es aplicada en una FFT el efecto será que los
30 diferentes símbolos (subportadoras) dentro de un símbolo OFDM aparecerán trasladados n intervalos.

En una realización de la presente invención, esto puede compensarse aplicando una traslación 701 de intervalos en el método descrito en relación con la figura 5, tal como se muestra en la figura 7a. Tal como se muestra en la figura
35 7b, después de la FFT 703 puede aplicarse en la cadena de recepción 702 un dispositivo 704 de traslación de intervalos, que vuelve a trasladar los intervalos procedentes de la FFT 703. En la práctica, puesto que n se conoce, la traslación de intervalos tendría como resultado una reindexación de los intervalos después de la FFT 703, lo cual es una operación trivial.

40 En otro ejemplo, los pilotos pueden estar situados a una distancia correspondiente a un número impar de subportadoras. Esto implica que para obtener pilotos que tienen un reflejo especular en la banda base, el desplazamiento de la frecuencia debe ser la mitad de la separación de las subportadoras más un número entero de veces la separación de las subportadoras. Por consiguiente, el desplazamiento del espectro de frecuencia es asimismo la mitad de la separación de las subportadoras más un número entero de veces la separación de las
45 subportadoras lo que, cuando se aplica a la AFP FFT 703, tendrá como resultado lo que en la técnica se conoce como una fuga. Puesto que se lleva a cabo la estimación y la compensación del error de frecuencia antes de la FFT 703, el desplazamiento del espectro de frecuencia será capturado cuando se ha llevado a cabo la estimación de la compensación.

50 En algún momento, el algoritmo para la estimación de frecuencia puede estar en modo de seguimiento, en el que se asume que el error de frecuencia residual es relativamente pequeño. Alternativamente, el algoritmo de estimación del error de frecuencia puede basarse en la correlación cruzada con una secuencia conocida, en cuyo caso se lleva a cabo acumulación coherente durante cierto período. En este caso, el desplazamiento del espectro de frecuencia tendría efectos negativos sobre la estimación y la corrección del error de frecuencia. Una manera de solucionar esto
55 sería eliminar el desplazamiento del espectro de frecuencia antes de la estimación y la compensación del error de frecuencia, tal como se describe junto con las figuras 8a y 8b.

En una realización de la presente invención, el desplazamiento del espectro de frecuencia introducido mediante el método descrito en relación con la figura 5 puede compensarse aplicando una compensación 801 del
60 desplazamiento de la frecuencia, tal como se muestra en la figura 8a. La compensación 804 del desplazamiento de la frecuencia puede ser aplicada después del ADC 803 y antes de la estimación 806 y la compensación 805 del error de frecuencia en la cadena de recepción 802, tal como se muestra en la figura 8b. De este modo puede ser compensada la totalidad o una parte fraccionaria del desplazamiento del espectro de frecuencia, correspondiente a la mitad de una subportadora. La compensación del desplazamiento del espectro de frecuencia es trivial, puesto que
65 la información relativa a la magnitud del desplazamiento del espectro de frecuencia es conocida. En la técnica son

bien conocidos los algoritmos para llevar a cabo estas clases de correcciones, y por lo tanto no se describirán en detalle.

5 En otra realización de la presente invención, el desplazamiento del espectro de frecuencia introducido mediante el método descrito en relación con la figura 5 puede compensarse aplicando compensación 901 del error de frecuencia, en base a la estimación del error de frecuencia y al desplazamiento de la frecuencia portadora, tal como se muestra en la figura 9a. En esta realización, la información 906 del desplazamiento de la frecuencia portadora es suministrada a la estimación 905 del error de frecuencia y/o a la compensación 904 del error de frecuencia, y de este modo puede tenerse en cuenta el desplazamiento del espectro de frecuencia inducido por el mezclado hacia abajo mientras se compensa del error de frecuencia 904.

15 En una realización de la presente invención, el desplazamiento de la frecuencia portadora aplicado en el mezclado hacia abajo puede ser modificado durante la recepción de la señal OFDM. El desplazamiento de la frecuencia portadora es aplicado mientras se estima el desequilibrio IQ, pero cuando el desequilibrio IQ ha sido estimado se utiliza el mezclado hacia abajo sin el desplazamiento de la frecuencia portadora. Puede contemplarse que el desequilibrio IQ sea de naturaleza más bien estática, lo que significa que solamente tiene que ser estimado inicialmente, y posiblemente estimado de nuevo de manera relativamente infrecuente. Una situación en la que esta realización es particularmente útil es cuando en el proceso de mezclado hacia abajo se genera un componente significativo de DC, lo cual es un problema común cuando el receptor está basado en conversión directa (también denominado un receptor homodino o de cero IF) y el desplazamiento de la frecuencia portadora es igual a media separación de las subportadoras más un número entero de separaciones de subportadora. En este caso, debido a la fuga en la FFT, el componente de DC puede provocar una interferencia entre portadoras (ICI, inter-carrier interference) significativa, a las subportadoras más próximas a la subportadora DC. Por lo tanto, un enfoque preferido aplicar el desplazamiento de la frecuencia portadora para llevar a cabo la estimación del desequilibrio IQ y, una vez que la estimación ha sido realizada, eliminar el desplazamiento de la frecuencia portadora con el fin de reducir el efecto negativo de la fuga DC.

20 En una realización de la presente invención, la recepción de la señal OFDM se lleva a cabo inicialmente sin ningún desplazamiento de la frecuencia portadora. Cuando han sido determinadas las posiciones de los pilotos, se determina un desplazamiento de la frecuencia portadora adecuado y éste es aplicado al mezclado hacia abajo, de acuerdo con realizaciones anteriores.

35 La terminología utilizada en la presente memoria tiene el propósito de describir realizaciones concretas y no pretende limitar la invención. Tal como se utilizan en la presente memoria, las formas singulares "un", "una" y "el", "la" pretenden incluir asimismo las formas plurales, salvo que el contexto indique claramente lo contrario. Se comprenderá que los términos "comprende", "que comprende", "incluye" y/o "que incluye" utilizados en la presente memoria, especifican la presencia de características, números enteros, etapas, operaciones, elementos y/o componentes indicados, pero no excluyen la presencia o adición de una o varias características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes adicionales y/o grupos de los mismos.

40 Salvo que se definan de otro modo, todos los términos (que incluyen los términos técnicos y científicos) utilizados en la presente memoria tienen el mismo significado entendido habitualmente por un experto en la materia a la que pertenece esta invención. Además, debe comprenderse que los términos utilizados en la presente memoria deberán ser interpretados con un significado consistente con su significado en el contexto de esta memoria y de la técnica relevante, y no serán interpretados en un sentido idealizado o demasiado formal, salvo que expresamente se definan así en el presente documento.

50 Lo anterior ha descrito los principios, las realizaciones preferidas y los modos de funcionamiento de la presente invención. Sin embargo, la invención debe considerarse como ilustrativa y no restrictiva, y sin estar limitada a las realizaciones concretas descritas anteriormente. Las diferentes características de las diversas realizaciones de la invención pueden combinarse de maneras diferentes a las descritas explícitamente. Por lo tanto, debe apreciarse que los expertos en la materia pueden realizar variaciones en dichas realizaciones, sin apartarse del alcance de la presente invención, tal como se define mediante las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para el mezclado hacia abajo de una señal recibida en un sistema de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM) que contiene pilotos no especulares, en una señal de banda base, que comprende:
- determinar la frecuencia de mezclado hacia abajo en base a una frecuencia portadora y a un desplazamiento de la frecuencia portadora, en el que el desplazamiento de la frecuencia portadora se determina de tal modo que se obtienen pilotos especulares en la señal de banda base.
- 10 2. El método acorde con la reivindicación 1, en el que la determinación de la frecuencia de mezclado hacia abajo comprende:
- determinar el desplazamiento de la frecuencia portadora en función de las posiciones de frecuencia de los pilotos no especulares; y
 - calcular la frecuencia de mezclado hacia abajo en base a la frecuencia portadora y al desplazamiento de la frecuencia portadora.
- 15 3. El método acorde con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, que comprende además:
- compensar el efecto del desplazamiento de la frecuencia portadora aplicando una traslación de intervalos correspondiente al desplazamiento de la frecuencia, en función de la separación de las subportadoras.
- 20 4. El método acorde con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, que comprende además:
- compensar el efecto del desplazamiento de la frecuencia portadora aplicando una compensación del desplazamiento de la frecuencia, antes de llevar a cabo la estimación del error de frecuencia.
- 25 5. El método acorde con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, que comprende además:
- llevar a cabo una estimación del error de frecuencia en base a la señal recibida; y
 - compensar el efecto del error de frecuencia y el efecto del desplazamiento de la frecuencia portadora mediante el recurso de aplicar compensación del error de frecuencia en función de la estimación del error de frecuencia y en función del desplazamiento de la frecuencia portadora.
- 30 6. El método acorde con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el mezclado hacia abajo de la señal recibida, de tal modo que se obtienen pilotos especulares en la señal de banda base, se lleva a cabo junto con la realización de una estimación del desequilibrio IQ en base a la señal recibida.
- 35 7. El método acorde con la reivindicación 1, en el que el sistema OFDM es uno entre los sistemas IMT avanzado, UMTS LTE o WiMAX.
- 40 8. Una unidad de receptor de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM) para el mezclado hacia abajo de una señal recibida que contiene pilotos no especulares, en una señal de banda base, que comprende:
- una unidad de determinación adaptada para determinar una frecuencia de mezclado hacia abajo en base a una frecuencia portadora y a un desplazamiento de la frecuencia portadora, en el que la unidad de determinación está adaptada para determinar el desplazamiento de la frecuencia portadora de tal modo que se obtienen pilotos especulares en la señal de banda base; y
 - una unidad de mezclado hacia abajo adaptada para el mezclado hacia abajo de dicha señal recibida, con dicha frecuencia de mezclado hacia abajo.
- 45 9. La unidad de receptor OFDM acorde con la reivindicación 8, en la que la unidad de determinación comprende:
- una unidad de determinación del desplazamiento, adaptada para determinar el desplazamiento de la frecuencia portadora en función de las posiciones de frecuencia de los pilotos no especulares; y
 - una unidad de cálculo, adaptada para calcular la frecuencia de mezclado hacia abajo en función de la frecuencia portadora y del desplazamiento de la frecuencia portadora.
- 50 10. La unidad de receptor OFDM acorde con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 9, que comprende además:
- una unidad de traslación de intervalos adaptada para aplicar una traslación de intervalos correspondiente al desplazamiento de la frecuencia, en función de la separación de las subportadoras.
- 55 11. La unidad de receptor OFDM acorde con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 9, que comprende además:
- 60
- 65

- una unidad de compensación del desplazamiento adaptada para compensar el efecto del desplazamiento de la frecuencia portadora, antes de la estimación del error de frecuencia.

5 12. La unidad de receptor OFDM acorde con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 9, que comprende además:

- una unidad de estimación del error adaptada para estimar un error de frecuencia en base a la señal recibida;
y

10 - una unidad de compensación del error de frecuencia adaptada para compensar el efecto del error de frecuencia y el efecto del desplazamiento de la frecuencia portadora, mediante el recurso de aplicar compensación del error de frecuencia en base a la estimación del error de frecuencia procedente de dicha unidad de estimación del error y en base al desplazamiento de la frecuencia portadora.

15 13. La unidad de receptor OFDM acorde con la reivindicación 8, en la que el sistema OFDM es uno entre IMT avanzado, UMTS LTE o WiMAX .

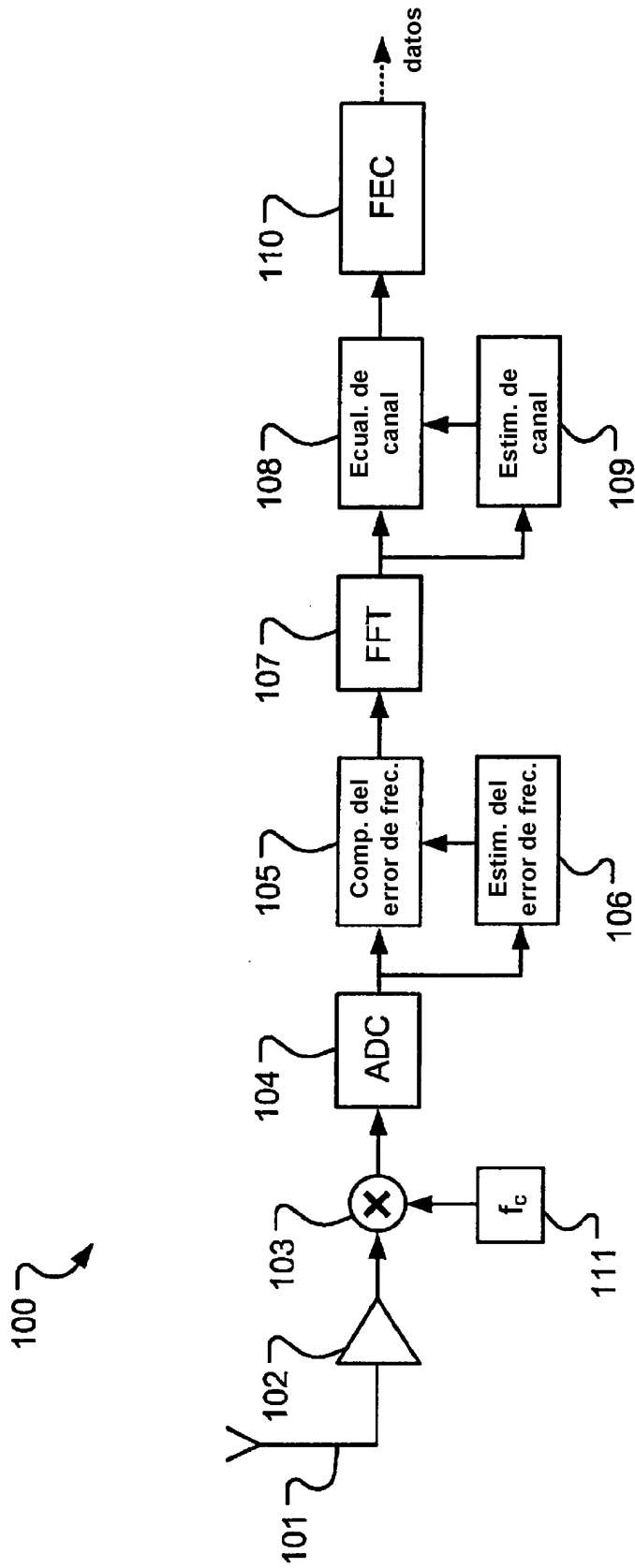


Fig. 1

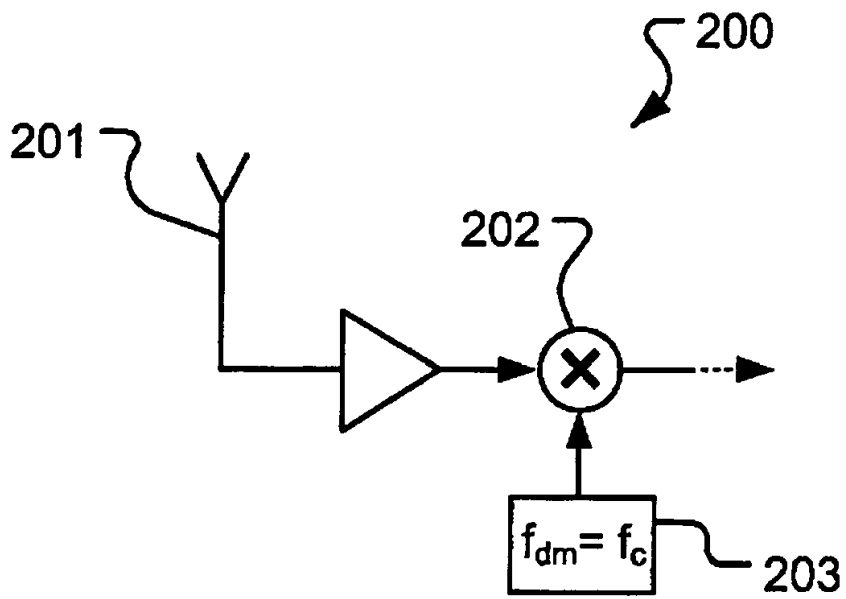


Fig. 2a

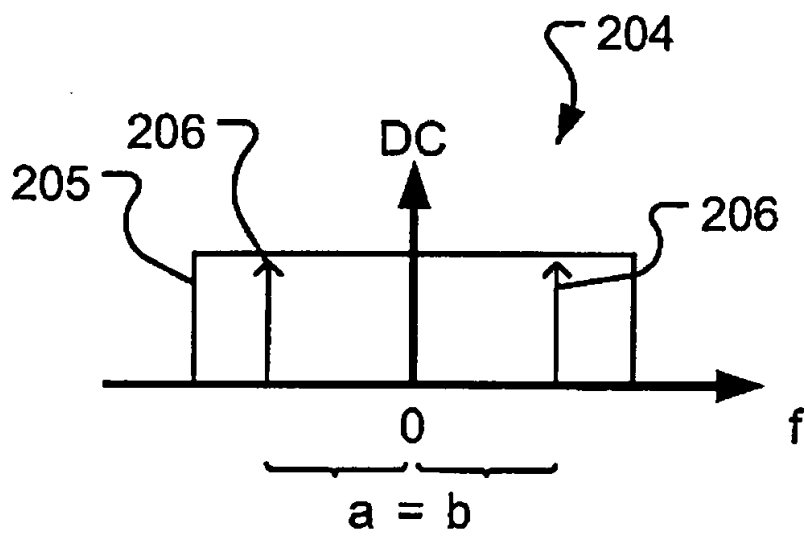


Fig. 2b

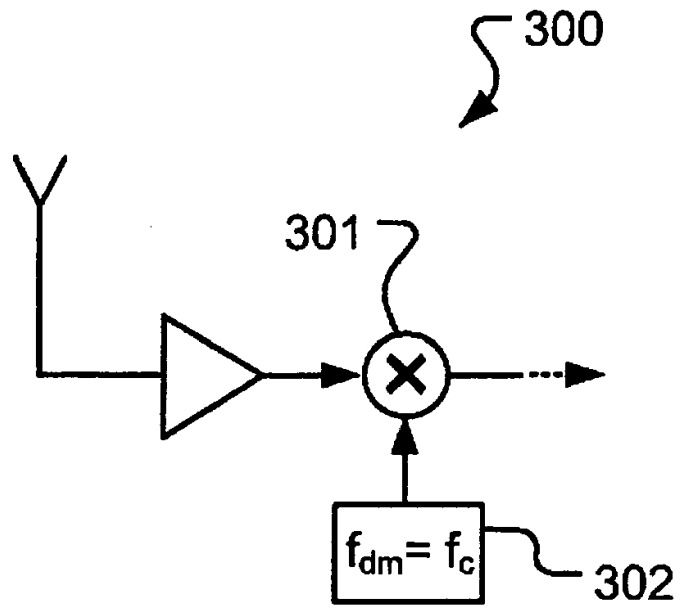


Fig. 3a

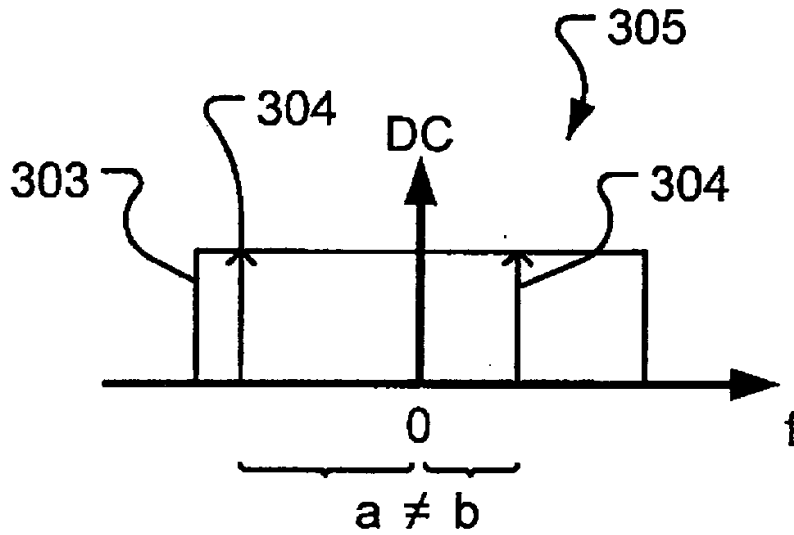


Fig. 3b

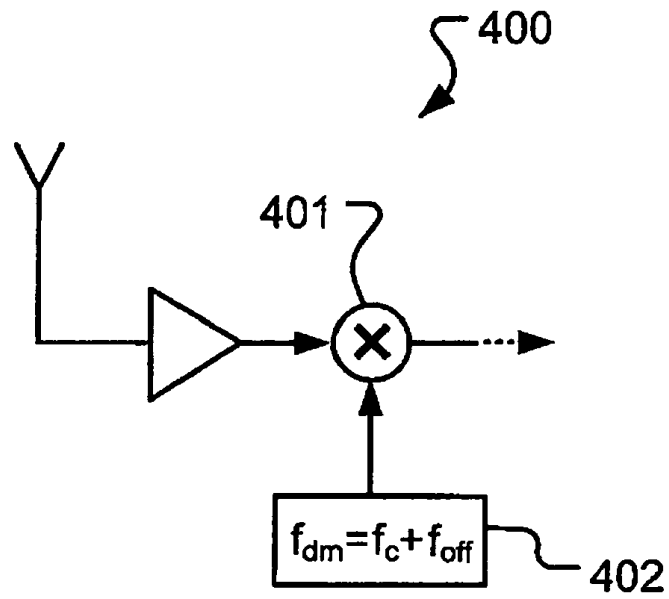


Fig. 4a

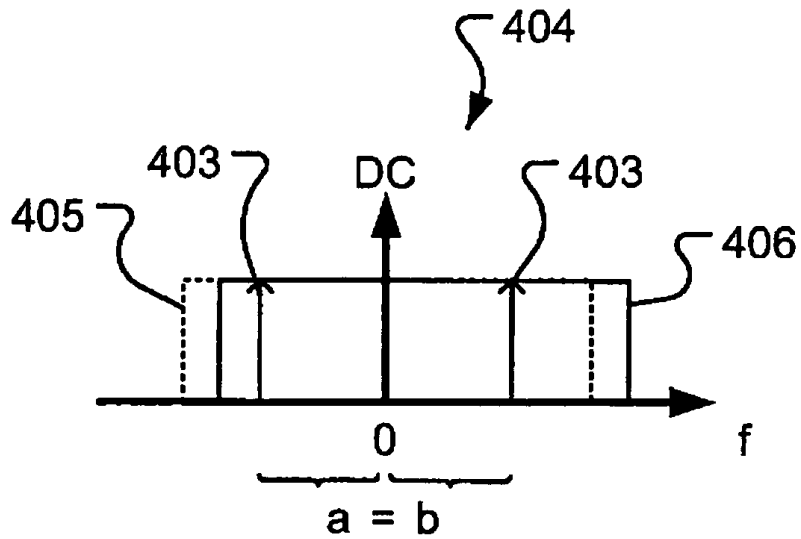


Fig. 4b

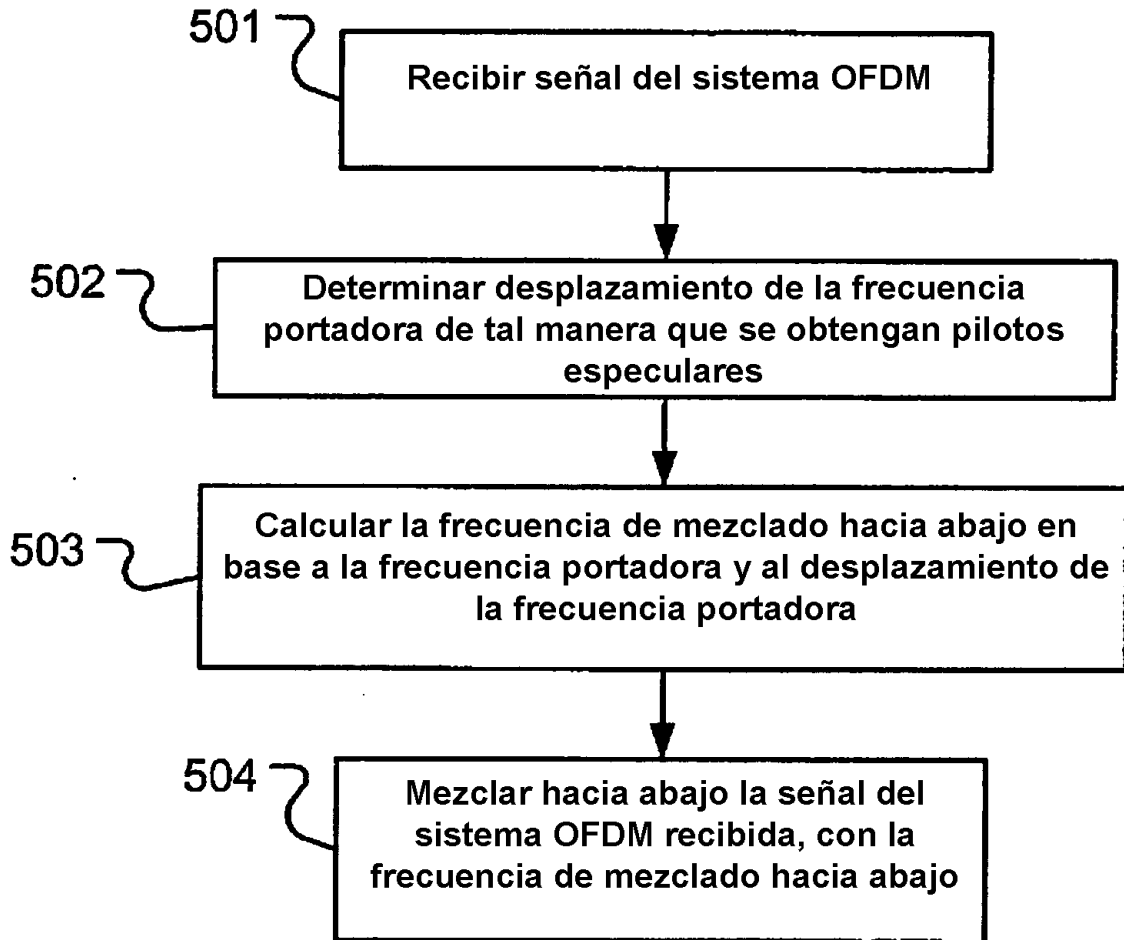


Fig. 5

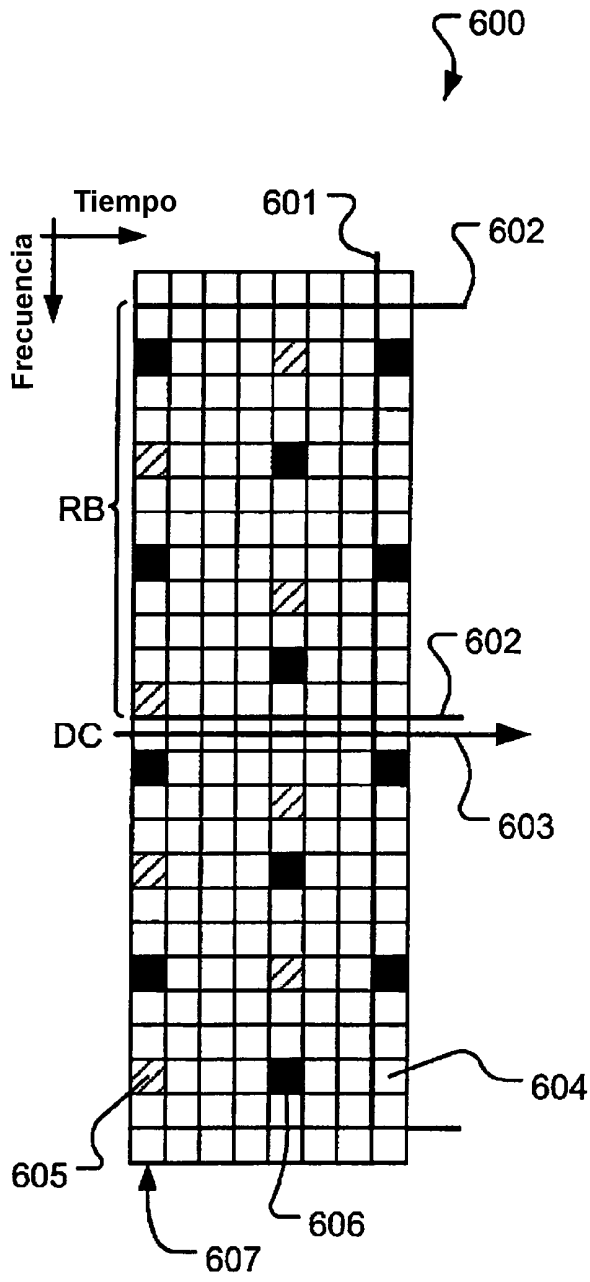


Fig. 6a

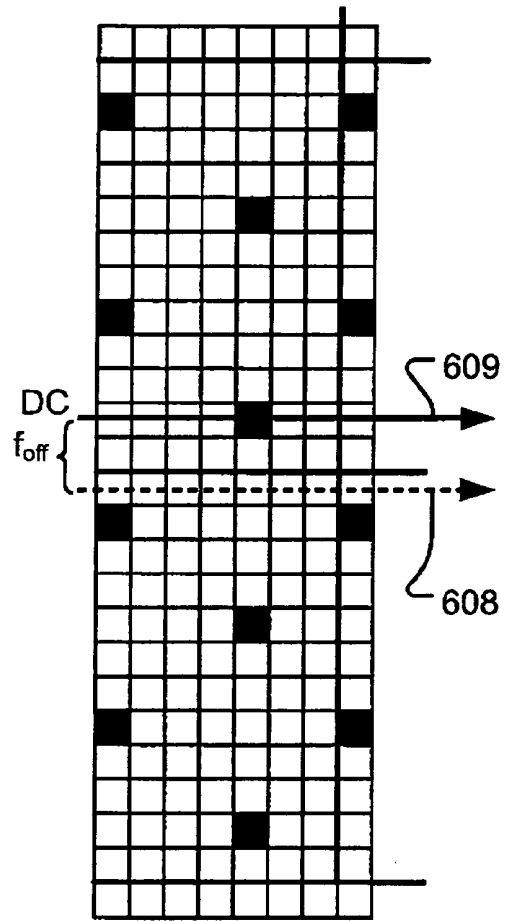


Fig. 6b

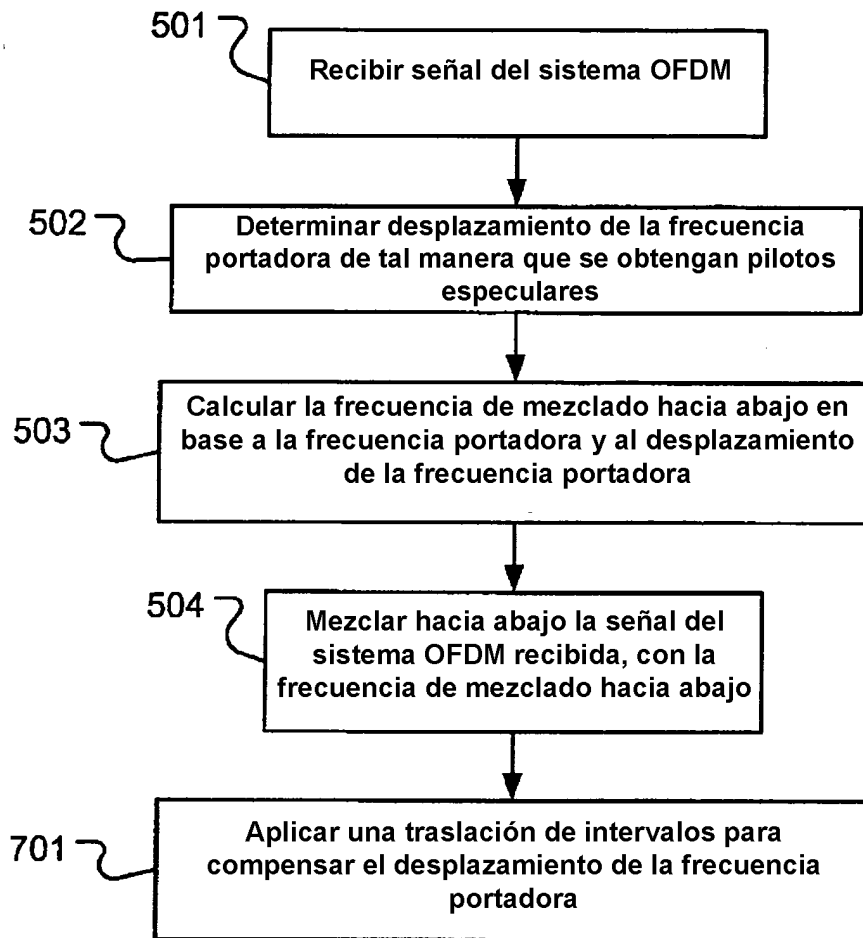


Fig. 7a

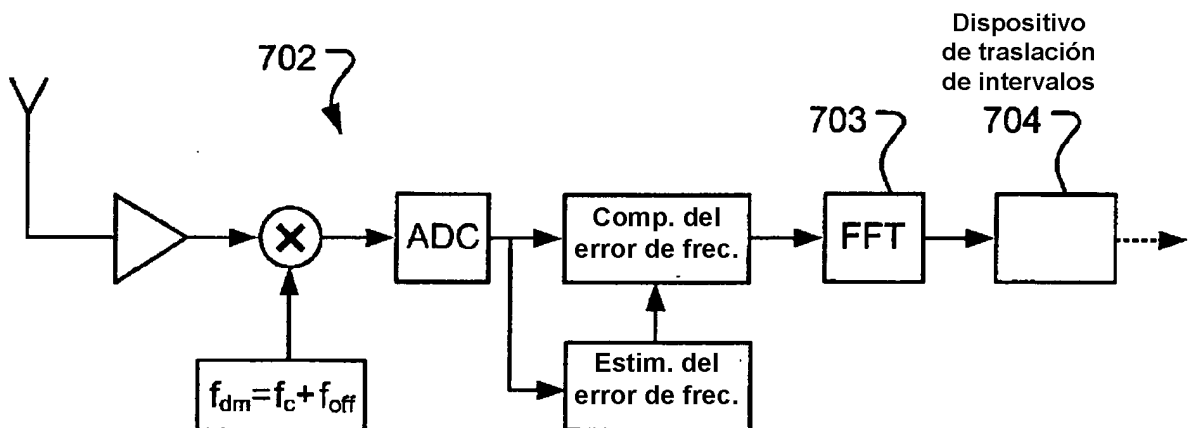


Fig. 7b

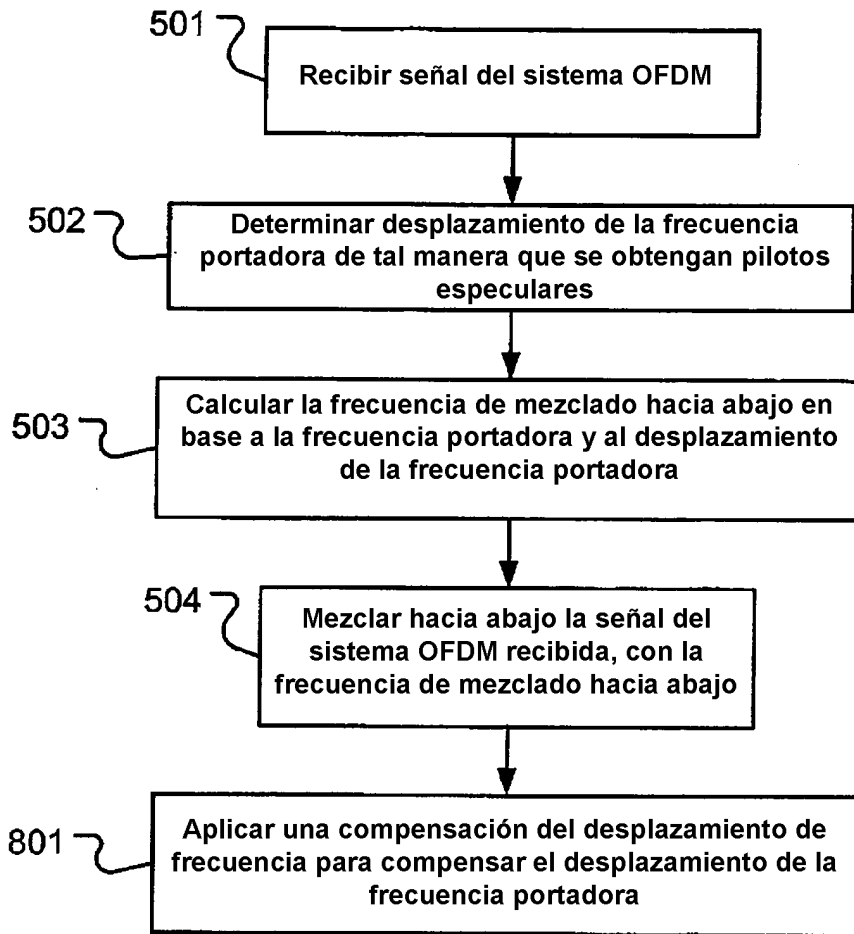


Fig. 8a

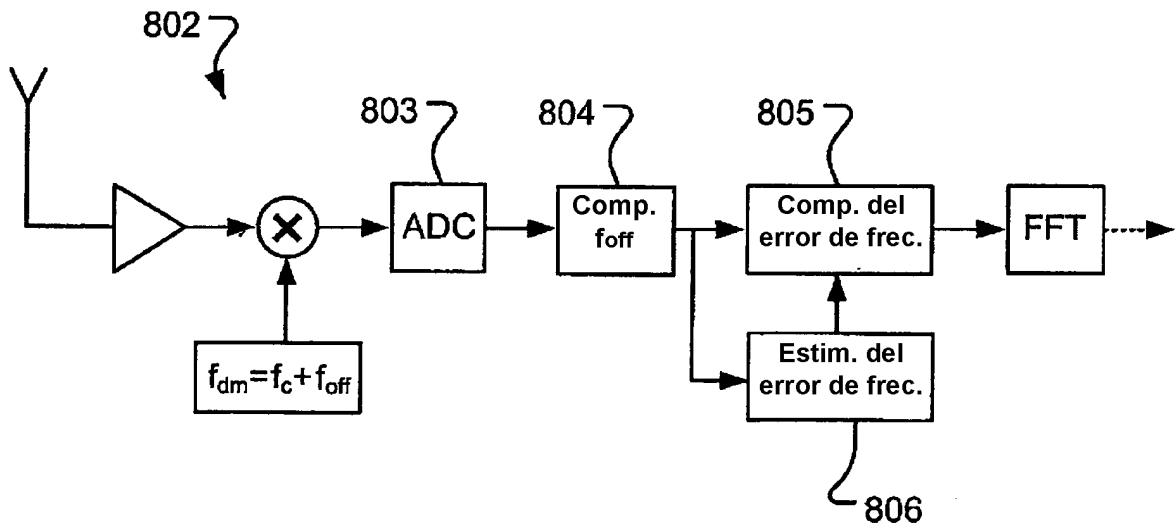


Fig. 8b

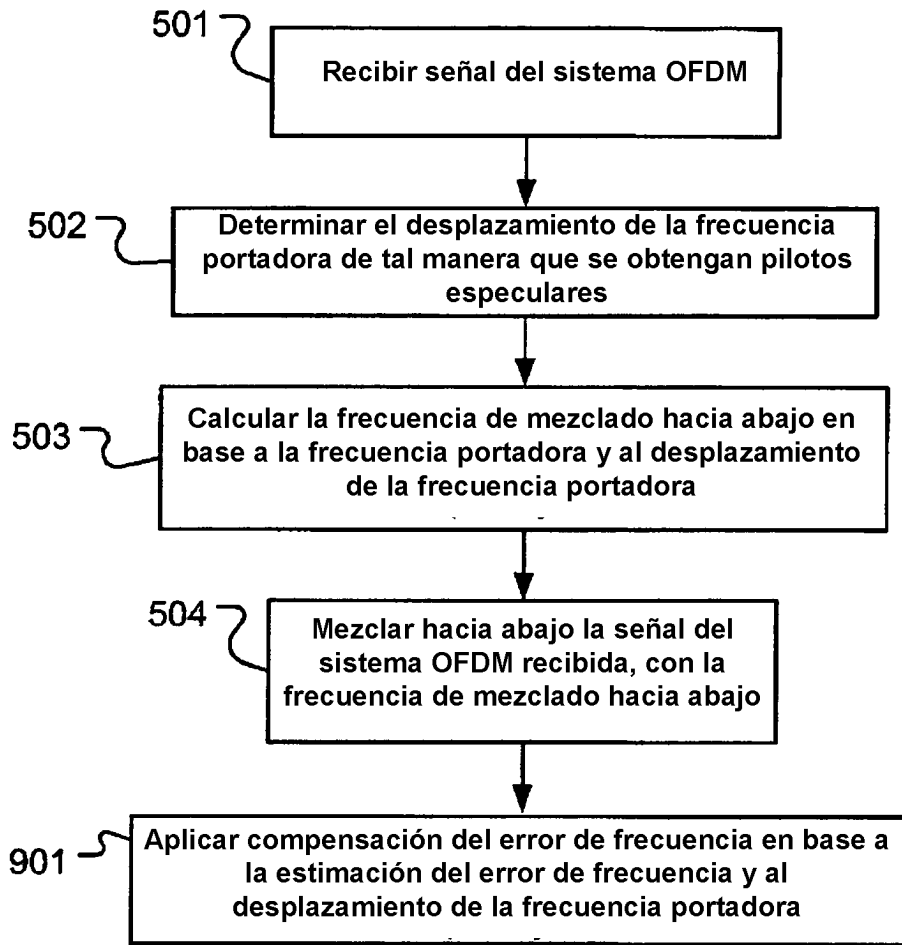


Fig. 9a

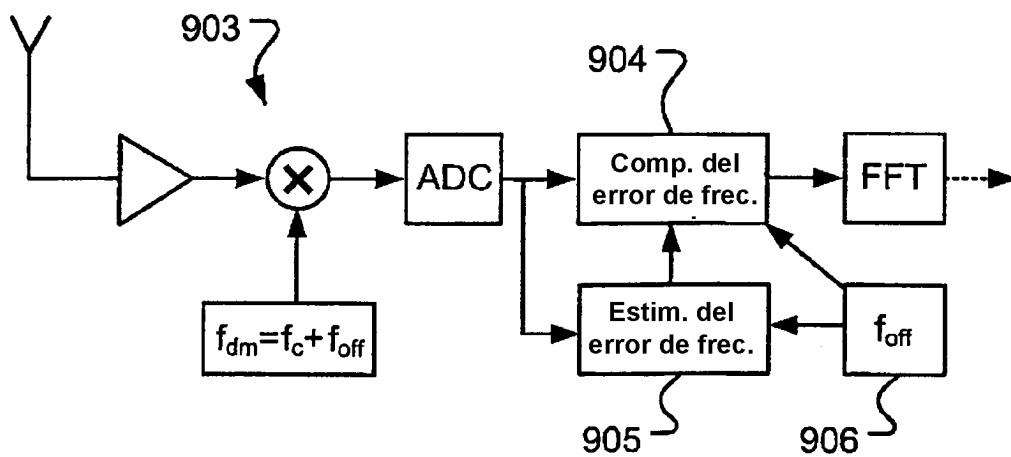


Fig. 9b