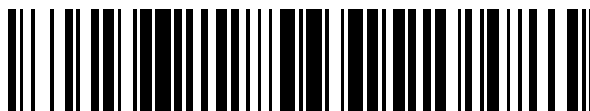


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 782 950**

51 Int. Cl.:

H04L 27/26 (2006.01)

H04L 27/38 (2006.01)

H04W 56/00 (2009.01)

H04L 27/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.09.2014 PCT/CN2014/087297**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.03.2016 WO16045012**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.09.2014 E 14902422 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2020 EP 3198954**

54 Título: **Método y dispositivo de comunicación inalámbrica para estimar el desplazamiento de frecuencia de la señal recibida**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.09.2020

73 Titular/es:
**GUANGDONG OPPO MOBILE
TELECOMMUNICATIONS CORP., LTD. (100.0%)
No. 18 Haibin Road, Wusha, Chang'an, Dongguan
Guangdong 523860, CN**

72 Inventor/es:

**GUO, ZHIHENG y
WANG, HAI**

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 782 950 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 y dispositivo de comunicación inalámbrica para estimar el desplazamiento de frecuencia de la señal recibida

5 Campo técnico

La presente divulgación generalmente se refiere al campo técnico de las comunicaciones inalámbricas, y en particular, a un método implementado en un dispositivo de comunicación inalámbrica para estimar un desplazamiento de frecuencia entre una frecuencia portadora de una señal recibida y una frecuencia de un oscilador local, así como también el dispositivo de comunicación inalámbrica.

Antecedentes

15 Esta sección está destinada a proporcionar un antecedente a las diversas modalidades de la tecnología descrita en esta divulgación. La descripción en esta sección puede incluir conceptos que podrían perseguirse, pero no necesariamente los que se han concebido o perseguido anteriormente. Por lo tanto, a menos que se indique de cualquier otra manera en este documento, lo que se describe en esta sección no es una técnica anterior a la descripción y/o reivindicaciones de esta divulgación y no se admite que sea una técnica anterior por la mera inclusión en esta sección.

20 En los sistemas de evolución a largo plazo (LTE) donde el acceso múltiple por división de frecuencia de portadora única (SCFDMA) se utiliza para el enlace ascendente (es decir, desde un equipo de usuario (UE) a un nodo B evolucionado (eNB)), el rendimiento de recepción del enlace ascendente puede verse seriamente degradado por un desplazamiento de frecuencia entre una frecuencia portadora de una señal recibida en el eNB y una frecuencia del oscilador local del eNB. Igualmente, el rendimiento de recepción del enlace descendente sufre de un desplazamiento de frecuencia entre una frecuencia portadora de una señal recibida en el UE y el oscilador local del eNB.

Para garantizar un rendimiento de recepción aceptable, es necesario estimar y compensar el desplazamiento de frecuencia que resulta principalmente de un desplazamiento de frecuencia Doppler debido a la movilidad del UE.

30 En la técnica anterior (con referencia al documento US 2013/0070874 A1, por ejemplo), la estimación del desplazamiento de frecuencia se realiza haciendo uso del hecho de que el desplazamiento de frecuencia provoca un cambio de fase entre dos símbolos de referencia OFDM.

35 La técnica anterior EP1924043 A1 realiza un desplazamiento de frecuencia portadora aproximado estimado mediante el uso de pilotos distribuidos a intervalos regulares. Esto se usa como un punto de partida en la estimación de desplazamiento adicional donde los diferentes valores de desplazamiento de frecuencia en la cercanía de esta estimación aproximada se consideran candidatos de desplazamiento de frecuencia. Una señal recibida se corrige con cada uno de estos candidatos de desplazamiento de frecuencia y cada señal corregida se demodula y decodifica. La distancia de cada constelación en carga útil desde el punto de constelación ideal más cercano medido y sumado sobre los símbolos para encontrar el mejor desplazamiento de frecuencia, que luego se toma como la estimación de desplazamiento de frecuencia final.

45 Por ejemplo, la estructura de subtrama de enlace descendente y la estructura de subtrama de enlace ascendente para los sistemas LTE se describirán con respecto a las Figuras 1 y 2. Como se muestra en las Figuras, cada subtrama consiste en una ranura #0 y una ranura #1, y cada ranura consiste en siete símbolos OFDM en caso de que la subtrama tenga un Prefijo Cíclico normal. Aunque no se muestra aquí, los expertos en la técnica apreciarán que cada ranura consiste en seis símbolos OFDM en caso de que la subtrama tenga un CP extendido.

50 Más específicamente, como se ilustra en las Figuras 1 y 2 para el caso de CP normal, los símbolos #0, #4, #7 y #11 en una subtrama de enlace descendente se usan como símbolos de referencia para la estimación del canal, mientras que los otros símbolos en la subtrama se usan como símbolos de datos y los símbolos #3 y #10 en una subtrama de enlace ascendente se usan como símbolos de referencia, mientras que los otros símbolos se usan como símbolos de datos. Igualmente, para el caso de CP extendido, las subtramas de enlace descendente y enlace ascendente contienen símbolos de referencia y datos.

55 De acuerdo con el enfoque de estimación de desplazamiento de frecuencia de la técnica anterior, el documento US 2013/0070874 propone, un cambio de fase $\varnothing_{dif} \in [-\pi, \pi)$ entre dos símbolos de referencia se mide al principio. Entonces, un desplazamiento de frecuencia preliminar f_{m_est} se calcula como $F_{m_est} = \frac{\varnothing_{dif}}{2\pi t_d}$, donde t_d denota una distancia de tiempo entre los dos símbolos de referencia. A manera de ejemplo, para una subtrama de enlace descendente como se ilustra en la Figura 1, los dos símbolos de referencia pueden seleccionarse como símbolos #4 y #7. En este caso, t_d es igual a 0,215 ms. Para una subtrama de enlace ascendente como se ilustra en la Figura 2, los dos símbolos de referencia pueden seleccionarse como símbolos #3 y #10. En consecuencia, t_d es igual a 0,5 ms.

65 En base al desplazamiento de frecuencia preliminar f_{m_est} , una pluralidad de candidatos de desplazamiento de frecuencia puede determinarse como $f_{n_desplazamiento} = f_{m_est} + n \times f_{es}$, donde $n \in \{0, \pm 1, \pm 2...\}$ y f_{es} denota una frecuencia de

observación que puede tomar un valor de $1/t_g$. Luego, la señal OFDM recibida se decodifica varias veces, con uno de la pluralidad de candidatos de desplazamiento de frecuencia aplicado a la señal OFDM recibida cada vez. En caso de que la señal OFDM recibida se decodifique satisfactoriamente cuando se aplica a la misma un candidato específico de la pluralidad de candidatos de desplazamiento de frecuencia, el desplazamiento de frecuencia se determina como el candidato de desplazamiento de frecuencia específico.

Uno de los inconvenientes del enfoque de estimación de desplazamiento de frecuencia de la técnica anterior es que no puede aplicarse para estimar el desplazamiento de frecuencia para la recepción del enlace ascendente en caso de que se utilice el salto de frecuencia en el enlace ascendente. Esto se debe a que, en el caso del salto de frecuencia donde se asignan diferentes subportadoras a un UE en diferentes ranuras, el cambio de fase entre los símbolos de referencia #3 y #10 que se muestran en la Figura 2 ya no es igual a $2\pi t_d f_{m_est}$.

Como otro inconveniente del enfoque de la técnica anterior, los múltiples intentos de decodificar la señal OFDM recibida, a la que se aplica la pluralidad de candidatos de desplazamiento de frecuencia, respectivamente, consumen grandes cantidades de recursos de computación y potencia. El requisito de grandes cantidades de recursos de cómputo puede incurrir adversamente en altos costos para el eNB y el UE. El consumo de grandes cantidades de recursos de energía puede reducir significativamente la vida útil de la batería del UE.

Resumen

En vista de lo anterior, un objeto de la presente divulgación es eliminar o al menos aliviar uno de los inconvenientes del enfoque de estimación de desplazamiento de frecuencia de la técnica anterior.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente divulgación, se proporciona un método implementado en un dispositivo de comunicación para estimar un desplazamiento de frecuencia entre una frecuencia portadora de una señal recibida y una frecuencia de un oscilador local como se define en la reivindicación 1.

En lugar de basar la estimación de desplazamiento de frecuencia en un cambio de fase entre dos símbolos de referencia, la solución de estimación de desplazamiento de frecuencia de acuerdo con la presente divulgación se basa en un cambio de fase entre un símbolo de datos y un símbolo de referencia. En consecuencia, puede funcionar bien incluso si se emplea el salto de frecuencia para una estructura de subtrama donde solo exista un símbolo de referencia en una sola ranura.

Además, a diferencia del enfoque anterior que se basa en procesos de decodificación que requieren el uso intensivo de computación, la solución de estimación de desplazamiento de frecuencia de acuerdo con la presente divulgación implica operaciones menos complejas, tales como seleccionar uno de una pluralidad de candidatos de cambio de fase correspondientes a una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación que coinciden mejor con un conjunto de puntos de constelación y que determinan el desplazamiento de frecuencia en base al candidato de cambio de fase seleccionado. En consecuencia, la solución de estimación de desplazamiento de frecuencia de acuerdo con la presente divulgación consume menos recursos de computación y energía que el enfoque de la técnica anterior.

Al determinar los candidatos de cambio de fase como la secuencia de valores en el rango de $[-\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{4})$ y determinar el desplazamiento de frecuencia como el candidato de cambio de fase seleccionado dividido por $2\pi t_d i_{ref}$, puede estimarse un desplazamiento de frecuencia máximo de aproximadamente 1,75 kHz para la recepción de enlace ascendente. En la banda de frecuencia de 2,6 GHz, que es la banda de operación para los sistemas LTE, incluso una velocidad de movimiento de hasta 201 km/h no puede provocar un desplazamiento de frecuencia Doppler superior a 1,75 kHz. En consecuencia, puede estimarse un desplazamiento de frecuencia preciso para la mayoría de los dispositivos terminales LTE en el mundo real que se mueven a una velocidad inferior a 201 km/h.

Al determinar los candidatos de cambio de fase en base a la pluralidad de candidatos de desplazamiento de frecuencia derivados del desplazamiento de frecuencia preliminar f_{m_est} en lugar de como la secuencia de valores en el rango de $[-\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{4})$ o al determinar el desplazamiento de frecuencia en base al primer y segundo grupos de candidatos de cambio de fase en lugar de como el candidato de cambio de fase seleccionado dividido por $2\pi t_d i_{ref}$, puede eliminarse la limitación en el desplazamiento de frecuencia máximo estimable. En consecuencia, puede estimarse un desplazamiento de frecuencia preciso para dispositivos terminales LTE que se mueven a una velocidad superior a 201 km/h.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente divulgación, se proporciona un dispositivo de comunicación para estimar un desplazamiento de frecuencia entre una frecuencia portadora de una señal recibida y una frecuencia de un oscilador local como se define en la reivindicación 9.

Las modalidades ventajosas se exponen en las reivindicaciones dependientes. Los aspectos o modalidades que no entran dentro del alcance de las reivindicaciones son útiles para comprender la invención.

Breve descripción de los dibujos

Los anteriores y otros objetos, características y ventajas de la presente divulgación se harán evidentes a partir de las siguientes descripciones sobre las modalidades de la presente divulgación con referencia a los dibujos, en los que:

La Figura 1 es un diagrama que ilustra una estructura de una subtrama de enlace descendente para los sistemas LTE;

La Figura 2 es un diagrama que ilustra una estructura de una subtrama de enlace ascendente para los sistemas LTE;

La Figura 3 es un diagrama que ilustra los símbolos de constelación demodulados a partir de un símbolo de datos en caso de que no haya desplazamiento de frecuencia;

La Figura 4 es un diagrama que ilustra los símbolos de constelación demodulados a partir de símbolos de datos en una ranura de la subtrama de enlace ascendente mostrada en la Figura 2 en caso de que exista un desplazamiento de frecuencia;

Las Figuras 5-12 son diagramas de flujo que ilustran las operaciones de un método implementado en un dispositivo de comunicación inalámbrica de acuerdo con las modalidades de la presente divulgación;

Las Figuras 13-18 son diagramas de bloques que ilustran los módulos funcionales de un dispositivo de comunicación inalámbrica de acuerdo con las modalidades de la presente divulgación; y

La Figura 19 es un diagrama de bloques que ilustra una implementación de hardware ejemplar del dispositivo de comunicación inalámbrica de acuerdo con las modalidades de la presente divulgación.

Descripción detallada de las modalidades

En la discusión que sigue, se exponen detalles específicos de las modalidades particulares de las presentes técnicas con fines de explicación y no de limitación. Los expertos en la técnica apreciarán que pueden emplearse otras modalidades aparte de estos detalles específicos. Además, en algunos casos se omiten descripciones detalladas de métodos, nodos, interfaces, circuitos y dispositivos bien conocidos para no oscurecer la descripción con detalles innecesarios.

Los expertos en la técnica apreciarán que las funciones descritas pueden implementarse en uno o en varios nodos. Algunas o todas las funciones descritas pueden implementarse mediante el uso de circuitos de hardware, tales como puertas lógicas analógicas y/o discretas interconectadas para realizar una función especializada, circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), matrices lógicas programables (PLA), etc. Igualmente, algunas o todas las funciones pueden implementarse mediante el uso de programas de software y datos junto con uno o más microprocesadores digitales u ordenadores de uso general. Cuando se describen nodos que se comunican mediante el uso de la interfaz aérea, se apreciará que esos nodos también tienen circuitos de radiocomunicaciones adecuados. Además, se puede considerar que la tecnología se incorpora por completo dentro de cualquier forma de memoria legible por ordenador, que incluyen las modalidades no transitorias, tales como la memoria de estado sólido, el disco magnético o el disco óptico que contiene un conjunto apropiado de instrucciones informáticas que podrían hacer que el procesador lleve a cabo las técnicas descritas en este documento.

Las implementaciones de hardware de las técnicas divulgadas actualmente pueden incluir o abarcar, sin limitación, hardware de procesador de señal digital (DSP), un procesador de conjunto de instrucciones reducido, circuitos de hardware (por ejemplo, digital o analógico) que incluyen, pero sin limitarse a, circuitos integrados específicos de la aplicación (ASIC) y/o matriz(ces) de puertas programables en campo (FPGA), y (cuando corresponda) máquinas de estado capaces de realizar tales funciones.

En términos de implementación de ordenador, generalmente se entiende que un ordenador comprende uno o más procesadores o uno o más controladores, y los términos ordenador, procesador y controlador pueden emplearse indistintamente. Cuando se proporciona un ordenador, procesador o controlador, las funciones pueden proporcionarse por un solo ordenador o procesador o controlador dedicado, por un solo ordenador o procesador o controlador compartido, o por una pluralidad de ordenadores o procesadores o controladores individuales, algunos de los cuales pueden ser compartidos o distribuidos. Además, el término "procesador" o "controlador" también se refiere a otro hardware capaz de realizar tales funciones y/o ejecutar un software, tal como el hardware de ejemplo mencionado anteriormente.

Obsérvese que, aunque la terminología comúnmente utilizada para describir la tecnología LTE, normalizada por el Proyecto de Asociación de 3^{ra} Generación (3GPP), se utiliza en esta divulgación para ejemplificar las modalidades, esto no debe verse como una limitación del alcance de las técnicas sólo al sistema antes mencionado. Otros sistemas inalámbricos también pueden beneficiarse de la explotación de las ideas cubiertas en esta divulgación, siempre que cada uno de los símbolos de datos comunicados en los sistemas tenga múltiples símbolos de constelación modulados en el mismo.

En lugar de determinar el desplazamiento de frecuencia de una señal recibida en base a un cambio de fase entre dos símbolos de referencia en la señal, la solución de estimación de desplazamiento de frecuencia divulgada aprovecha el

hecho de que el desplazamiento de frecuencia provoca un cambio de fase entre un símbolo de datos y un símbolo de referencia en la señal recibida.

Para ilustrar esto, la Figura 3 muestra un conjunto de símbolos de constelación 16QAM obtenidos al demodular un símbolo de datos OFDM en caso de que no haya desplazamiento de frecuencia. Tenga en cuenta que los símbolos de la constelación 16QAM se proporcionan aquí solo con fines ilustrativos. Si se aplican los esquemas de modulación correspondientes, pueden obtenerse otros símbolos de constelación, como los símbolos de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK), símbolos de 16 modulación de amplitud en cuadratura (QAM) o símbolos de 64QAM.

En comparación, la Figura 4 muestra seis conjuntos de símbolos de constelación con desplazamiento de fase obtenidos respectivamente de los símbolos de datos OFDM #0-2 y #4-6 en la ranura #0 de la subtrama de enlace ascendente que se muestra en la Figura 2. Por lo tanto, entre cada uno de los símbolos de datos #0-2 y #4-6 y el símbolo de referencia #3, existe un cambio de fase provocado por el desplazamiento de frecuencia. Es este cambio de fase el que se emplea en la solución divulgada para la estimación del desplazamiento de frecuencia.

La Figura 5 ilustra esquemáticamente un método 500 implementado en un dispositivo de comunicación inalámbrica, que puede ser una estación base de radio o un dispositivo terminal, para estimar un desplazamiento de frecuencia entre una frecuencia portadora de una señal recibida y una frecuencia de un oscilador local de acuerdo con la presente divulgación.

Como se ilustra, inicialmente, una pluralidad de candidatos de cambio de fase para un cambio de fase entre un símbolo de datos y un primer símbolo de referencia en la señal se determina en el bloque s510, y se genera una colección de símbolos de constelación a partir del símbolo de datos en el bloque s520. En la implementación práctica, el primer símbolo de referencia puede ser cualquiera de los símbolos de referencia en la señal recibida. El símbolo de datos puede ser el símbolo de datos más cercano al primer símbolo de referencia, aunque la presente divulgación no se limita con respecto a esto.

En una modalidad, la operación mostrada en el bloque s510 puede implementarse al determinar los candidatos de cambio de fase como una secuencia de valores en un intervalo de $[-\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{4}]$, como se ilustra en el bloque s511 en la Figura 6. A

manera de ilustración en lugar de limitación, los candidatos de cambio de fase pueden determinarse como $0, \pm \frac{(\frac{\pi}{4})}{N} \pm \frac{2(\frac{\pi}{4})}{N}, \dots, \pm \frac{(N-1)(\frac{\pi}{4})}{N}, \frac{\pi}{4}$, donde N es un valor positivo. Como apreciarán los expertos en la técnica, la secuencia de valores candidatos de cambio de fase también puede contener un número impar de valores y/o estar desigualmente espaciados en el intervalo de $[-\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{4}]$.

En la implementación práctica, el primer símbolo de referencia mencionado anteriormente puede ser el mismo que uno del segundo y el tercer símbolos de referencia o diferente o bien del segundo como del tercer símbolos de referencia.

En una modalidad, la operación mostrada en el bloque s520 puede comprender las operaciones mostradas en los bloques s521 y s522 en la Figura 8. En el bloque s521, el símbolo de datos puede demodularse para obtener múltiples símbolos de constelación. Luego, en el bloque s522, puede seleccionarse un subconjunto de los símbolos de constelación múltiple como la colección de símbolos de constelación.

De esta manera, puede lograrse una compensación entre la precisión de la estimación de desplazamiento de frecuencia y el consumo de recursos de cálculo al controlar el número de símbolos de constelación en el subconjunto seleccionado de los símbolos de constelación múltiple.

Con referencia de nuevo a la Figura 5, después del bloque s520, la colección de símbolos de constelación se rota por la pluralidad de candidatos de cambio de fase en el bloque s530. Luego, en el bloque s540, se selecciona uno de los candidatos de cambio de fase correspondientes a una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, de tal manera que dicha una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación coincida mejor con un conjunto de puntos de constelación. Finalmente, el desplazamiento de frecuencia se determina en base al candidato de cambio de fase seleccionado en el bloque s550.

Aquí, los puntos de constelación se refieren a puntos libres de ruido en una constelación que se usa en el lado de transmisión para asociar un número predeterminado de bits de información con uno de los puntos de constelación y los símbolos de constelación se refieren a puntos ruidosos en la constelación obtenidos al demodular un símbolo de datos OFDM. A manera de ejemplo, para QPSK, hay 4 puntos de constelación en la constelación y cada conjunto de 2 bits se asocia con uno de los puntos de constelación; para 16/64QAM, hay 16/64 puntos de constelación en la constelación y cada conjunto de 4/6 bits se asocia con uno de los puntos de constelación.

En una modalidad, la operación mostrada en el bloque s540 puede comprender las operaciones mostradas en los bloques s541 y s542 en la Figura 9. En el bloque s541, pueden determinarse las relaciones señal/ruido (SNR) para las colecciones rotadas de los símbolos de constelación. Luego, en el bloque s542, puede seleccionarse uno de los candidatos de cambio

de fase correspondientes a una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, de tal manera que la SNR para dicha colección de símbolos de constelación es la más alta de las SNR.

5 Como una implementación ejemplar, la SNR para cada una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación puede determinarse al determinar en primer lugar las SNR individuales para los símbolos de constelación en la colección y luego al realizar las operaciones aritméticas tales como suma, resta, multiplicación y división en las SNR individuales.

10 Alternativamente, la operación mostrada en el bloque s540 puede comprender las operaciones mostradas en los bloques s541'-s543' en la Figura 10. En el bloque s541', se puede tomar una decisión por hardware sobre las colecciones rotadas de símbolos de constelación para obtener las colecciones de puntos de constelación correspondientes. Luego, en el bloque s542', pueden determinarse las diferencias entre las colecciones rotadas de símbolos de constelación y sus colecciones de puntos de constelación correspondientes. A continuación, en el bloque s543', puede seleccionarse uno de los candidatos de cambio de fase correspondientes a una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, de tal manera que la diferencia entre dicha una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación y su colección correspondiente de puntos de constelación sea la mínima de las diferencias.

15 Como una implementación ejemplar, las diferencias entre las colecciones rotadas de símbolos de constelación y sus colecciones de puntos de constelación correspondientes pueden determinarse como

$$20 \quad ((v_n - \bar{v}_n) \cdot w_n) \times ((v_n - \bar{v}_n) \cdot w_n)^H,$$

en donde v_n denota un vector formado por una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, \bar{v}_n denota un vector formado por una de las colecciones de puntos de constelación correspondientes a dicha una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, w_n denota un vector formado por amplitudes de dicha una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, y $(.)^H$ denota una operación de transposición conjugada.

25 Como una implementación simplificada, la fórmula anterior puede reducirse como $(v_n - \bar{v}_n) \times (v_n - \bar{v}_n)^H$ al omitir el factor de ponderación w_n .

30 En una modalidad, la operación mostrada en el bloque s550 puede implementarse al dividir el candidato de cambio de fase seleccionado en el bloque s540 por $2\pi t_{i-ref}$, como se ilustra en el bloque s551 en la Figura 11.

35 Al determinar el candidato de cambio de fase como la secuencia de valores en el intervalo de $[-\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{4}]$ y determinar el desplazamiento de frecuencia como el candidato de cambio de fase seleccionado dividido por $2\pi t_{i-ref}$, puede estimarse un desplazamiento de frecuencia máximo de 1,75 kHz para la recepción del enlace ascendente. En la banda de frecuencia de 2,6 GHz, que es la banda de operación para los sistemas LTE, incluso una velocidad de movimiento de hasta 201 km/h no puede provocar un desplazamiento de frecuencia Doppler superior a 1,75 kHz. En consecuencia, puede estimarse un desplazamiento de frecuencia preciso para la mayoría de los dispositivos terminales LTE en el mundo real que se mueven a una velocidad inferior a 201 km/h.

40 En una modalidad, la operación mostrada en el bloque s510 puede comprender las operaciones mostradas en los bloques s511'-s513' en la Figura 7 en lugar de comprender solo la operación mostrada en el bloque s511 en la Figura 6. En el bloque s511', puede determinarse un desplazamiento de frecuencia preliminar f_{m_est} en base a un cambio de fase ϕ_{diff} entre un segundo y un tercer símbolos de referencia en la señal recibida como en el enfoque de estimación de desplazamiento de frecuencia de la técnica anterior. Luego, en el bloque s512', puede determinarse una pluralidad de candidatos de desplazamiento de frecuencia de la técnica anterior. Luego, en el bloque s512', puede determinarse una pluralidad de candidatos de desplazamiento de frecuencia de frecuencia como una secuencia de valores centrados alrededor del desplazamiento de frecuencia preliminar f_{m_est} . A continuación, en el bloque s513', la pluralidad de candidatos de cambio de fase puede determinarse en base a los candidatos de desplazamiento de frecuencia y un desplazamiento de tiempo t_{i-ref} entre el símbolo de datos y el primer símbolo de referencia. Específicamente, los candidatos de cambio de fase pueden determinarse como los candidatos de desplazamiento de frecuencia multiplicados por $2\pi t_{i-ref}$.

45 Al determinar la pluralidad de candidatos de cambio de fase para el cambio de fase entre el símbolo de datos y el primer símbolo de referencia en la señal como se indicó anteriormente y determinar el desplazamiento de frecuencia como el candidato de cambio de fase seleccionado dividido por $2\pi t_{i-ref}$, el desplazamiento de frecuencia máximo estimable para la recepción del enlace ascendente puede aumentarse más allá de 1,75 kHz. En consecuencia, puede estimarse un desplazamiento de frecuencia preciso para dispositivos terminales LTE que se mueven a una velocidad arbitrariamente alta.

50 Como apreciarán los expertos en la técnica, la secuencia de valores candidatos de desplazamiento de frecuencia puede estar equidistante o desigualmente espaciada. En el primer caso, la secuencia de valores puede separarse por una frecuencia de observación que es igual a un recíproco de una distancia de tiempo entre el segundo y el tercer símbolos de referencia.

60 Como un enfoque alternativo o adicional para eliminar la limitación en el desplazamiento de frecuencia máximo estimable, la operación mostrada en el bloque s550 puede comprender las operaciones mostradas en los bloques s551'-s556' en la

Figura 12 en lugar de comprender solo la operación mostrada en el bloque s551 en la Figura 11. En el bloque s551', un primer grupo de candidatos de cambio de fase puede determinarse como una secuencia de valores espaciados por $\frac{\pi}{2}$ y centrados alrededor del candidato de cambio de fase seleccionado en la etapa s540.

5 En el bloque s552', puede estimarse un cambio de fase entre el segundo y el tercer símbolos de referencia en la señal recibida, y luego en el bloque s553' puede determinarse un segundo grupo de candidatos de cambio de fase como una secuencia de valores centrados alrededor de la fase estimada cambio y espaciado por 2π .

10 En el bloque s554', pueden calcularse las diferencias absolutas entre los candidatos de cambio de fase individuales en el primer grupo de candidatos de cambio de fase multiplicados por t_d/t_{i-ref} y los candidatos de cambio de fase individuales en el segundo grupo de candidatos de cambio de fase, en donde t_{i-ref} denota el desplazamiento de tiempo entre el símbolo de datos y el primer símbolo de referencia y t_d denota la distancia de tiempo entre el segundo y el tercer símbolos de referencia.

15 En el bloque s555', puede seleccionarse uno del primer grupo de candidatos de cambio de fase y uno del segundo grupo de candidatos de cambio de fase, de tal manera que la diferencia absoluta entre dicho uno del primer grupo de candidatos de cambio de fase multiplicado por t_d/t_{i-ref} y dicho uno del segundo grupo de candidatos de cambio de fase es el mínimo de las diferencias absolutas calculadas.

20 En el bloque s556, el desplazamiento de frecuencia puede determinarse como dicho uno del primer grupo de candidatos de cambio de fase dividido por $2\pi t_{i-ref}$ o dicho uno del segundo grupo de candidatos de cambio de fase dividido por $2\pi t_d$.

25 Al determinar los candidatos de cambio de fase como la secuencia de valores en el intervalo de $\left[-\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{4}\right)$ y determinar el desplazamiento de frecuencia como se indicó anteriormente, también puede eliminarse la limitación del desplazamiento de frecuencia máximo estimable.

30 En la implementación práctica, el primer grupo de candidatos de cambio de fase o el segundo grupo de candidatos de cambio de fase pueden contener un número impar o par de valores candidatos, y el número de candidatos en el primer grupo puede ser diferente del número de candidatos en el segundo grupo. En correspondencia con el método 500 descrito anteriormente, puede proporcionarse un dispositivo de comunicación inalámbrica para estimar un desplazamiento de frecuencia entre una frecuencia portadora de una señal recibida y una frecuencia de un oscilador local. El dispositivo de comunicación inalámbrica comprende medios adaptados para determinar una pluralidad de candidatos de cambio de fase para un cambio de fase entre un símbolo de datos y un primer símbolo de referencia en la señal, para generar una colección de símbolos de constelación a partir del símbolo de datos y para rotar la colección de símbolos de constelación por la pluralidad de candidatos de cambio de fase. Los medios se adaptan además para seleccionar uno de los candidatos de cambio de fase correspondientes a una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, de tal manera que dicha una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación coincida mejor con un conjunto de puntos de constelación, y para determinar el desplazamiento de frecuencia en base al candidato de cambio de fase seleccionado. Como se estableció anteriormente, el dispositivo de comunicación inalámbrica puede ser una estación base de radio o un dispositivo terminal.

45 Ventajosamente, el dispositivo de comunicación inalámbrica de acuerdo con la presente invención puede funcionar bien incluso si se utiliza el salto de frecuencia para una estructura de subtrama donde solo existe un símbolo de referencia en una sola ranura. Además, consume menos recursos de computación y energía que el enfoque de estimación de desplazamiento de frecuencia de la técnica anterior que se basa en procesos de decodificación.

A continuación, se proporcionará una arquitectura funcional del dispositivo de comunicación inalámbrica de acuerdo con un del dispositivo de comunicación inalámbrica de ejemplo 1300 de la presente divulgación con referencia a la Figura 13.

50 Como se muestra en la Figura 13, el dispositivo de comunicación inalámbrica 1300 comprende una sección de determinación de candidato de cambio de fase 1310, una sección de generación de colección de símbolos de constelación 1320, una sección de rotación 1330, una sección de selección de cambio de fase 1340 y una sección de determinación de desplazamiento de frecuencia 1350. La sección de determinación de candidatos de cambio de fase 1310 se configura para determinar una pluralidad de candidatos de cambio de fase para un cambio de fase entre un símbolo de datos y un primer símbolo de referencia en la señal. La sección de generación de colección de símbolos de constelación 1320 se configura para generar una colección de símbolos de constelación a partir del símbolo de datos. La sección de rotación 1330 se configura para rotar la colección de símbolos de constelación por la pluralidad de candidatos de cambio de fase. La sección de selección de cambio de fase 1340 se configura para seleccionar uno de los candidatos de cambio de fase correspondientes a una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, de tal manera que dicha una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación coincida mejor con un conjunto de puntos de constelación. La sección de determinación de desplazamiento de frecuencia 1350 se configura para determinar el desplazamiento de frecuencia en base al candidato de cambio de fase seleccionado.

65 En una modalidad, la sección de generación de colección de símbolos de constelación 1320 puede comprender una unidad de demodulación 1321 y una unidad de selección de subconjunto de símbolos de constelación 1322 como se

ilustra en la Figura 14. La unidad de demodulación 1321 puede configurarse para demodular el símbolo de datos para obtener múltiples símbolos de constelación. La unidad de selección de subconjunto de símbolos de constelación 1322 puede configurarse para seleccionar un subconjunto de los símbolos de constelación múltiple como la colección de símbolos de constelación.

En una modalidad, la sección de selección de cambio de fase 1340 puede comprender una unidad de determinación de SNR 1341 y una unidad de selección de cambio de fase 1342 como se ilustra en la Figura 15. La unidad de determinación de SNR 1341 puede configurarse para determinar SNR para las colecciones rotadas de símbolos de constelación. La unidad de selección de cambio de fase 1342 puede configurarse para seleccionar uno de los candidatos de cambio de fase correspondientes a una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, de tal manera que la SNR para dicha una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación es la más alta de dichas SNR.

En una modalidad, la sección de selección de cambio de fase 1340 puede comprender una unidad de decisión por hardware 1341', una unidad de determinación de diferencia 1342' y una unidad de selección de cambio de fase 1343' como se ilustra en la Figura 16. La unidad de decisión por hardware 1341' puede configurarse para realizar una decisión por hardware sobre las colecciones rotadas de símbolos de constelación para obtener colecciones de puntos de constelación correspondientes. La unidad de determinación de diferencia 1342' puede configurarse para determinar diferencias entre las colecciones rotadas de símbolos de constelación y sus colecciones de puntos de constelación correspondientes. La unidad de selección de cambio de fase 1343' puede configurarse para seleccionar uno de los candidatos de cambio de fase correspondientes a una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, de tal manera que la diferencia entre dicha una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación y su colección correspondiente de puntos de constelación es la mínima de las diferencias.

En una modalidad, la unidad de determinación de diferencia 1342' puede configurarse para determinar las diferencias entre las colecciones rotadas de símbolos de constelación y sus colecciones de puntos de constelación correspondientes como $(v_n - \bar{v}_n) \cdot w_n \times ((v_n - \bar{v}_n) \cdot w_n)^H$, en donde v_n denota un vector formado por una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, \bar{v}_n denota un vector formado por una de las colecciones de puntos de constelación correspondientes a dicha una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, w_n denota un vector formado por amplitudes de dicha colección rotada de símbolos de constelación y $(.)^H$ denota una operación de transposición conjugada.

En una modalidad, la sección de determinación de candidatos de cambio de fase 1310 puede configurarse para determinar los candidatos de cambio de fase como una secuencia de valores en un intervalo de $\left[-\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{4}\right)$. La secuencia de valores puede espaciarse igualmente en el intervalo de $\left[-\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{4}\right)$.

En una modalidad, la sección de determinación de desplazamiento de frecuencia 1350 puede configurarse para determinar el desplazamiento de frecuencia como el candidato de cambio de fase seleccionado dividido por $2\pi t_{i-ref}$, en donde t_{i-ref} indica un desplazamiento de tiempo entre el símbolo de datos y el primer símbolo de referencia.

Al determinar los candidatos de cambio de fase como la secuencia de valores en el intervalo de $\left[-\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{4}\right)$ y determinar el desplazamiento de frecuencia como el candidato de cambio de fase seleccionado dividido por $2\pi t_{i-ref}$, puede estimarse un desplazamiento de frecuencia máximo de 1,75 kHz para la recepción del enlace ascendente. En la banda de frecuencia de 2,6 GHz, que es la banda de operación para los sistemas LTE, incluso una velocidad de movimiento de hasta 201 km/h no puede provocar un desplazamiento de frecuencia Doppler superior a 1,75 kHz. En consecuencia, puede estimarse un desplazamiento de frecuencia preciso para la mayoría de los dispositivos terminales LTE en el mundo real que se mueven a una velocidad inferior a 201 km/h.

En una modalidad, la sección de determinación de candidato de cambio de fase 1310 puede comprender una unidad de estimación de desplazamiento de frecuencia preliminar 1311, una unidad de determinación de candidato de desplazamiento de frecuencia 1312 y una unidad de determinación de candidato de cambio de fase 1313 como se ilustra en la Figura 17. La unidad de estimación de desplazamiento de frecuencia preliminar 1311 puede configurarse para estimar un desplazamiento de frecuencia preliminar en base a un cambio de fase entre un segundo y un tercer símbolos de referencia en la señal. La unidad de determinación de candidato de desplazamiento de frecuencia 1312 puede configurarse para determinar una pluralidad de candidatos de desplazamiento de frecuencia como una secuencia de valores centrados alrededor del desplazamiento de frecuencia preliminar. La unidad de determinación de candidatos de cambio de fase 1313 puede configurarse para determinar la pluralidad de candidatos de cambio de fase en base a los candidatos de desplazamiento de frecuencia y un desplazamiento de tiempo entre el símbolo de datos y el primer símbolo de referencia.

En una modalidad, la secuencia de valores puede espaciarse igualmente por una frecuencia de observación, en donde la frecuencia de observación es igual a un recíproco de una distancia de tiempo entre el segundo y el tercer símbolos de referencia. Los primeros símbolos de referencia pueden ser uno del segundo y el tercer símbolos de referencia.

Al determinar la pluralidad de candidatos de cambio de fase para el cambio de fase entre el símbolo de datos y el primer símbolo de referencia en la señal como se indicó anteriormente y determinar el desplazamiento de frecuencia como el

candidato de cambio de fase seleccionado dividido por $2\pi t_{i-ref}$, el desplazamiento de frecuencia máximo estimable para la recepción del enlace ascendente puede aumentarse más allá de 1,75 kHz. En consecuencia, puede estimarse un desplazamiento de frecuencia preciso para dispositivos terminales LTE que se mueven a una velocidad arbitrariamente alta.

5

En una modalidad, la sección de determinación de desplazamiento de frecuencia 1350 puede comprender una primera unidad de determinación de candidato de cambio de fase 1351, una unidad de estimación de cambio de fase 1352, una segunda unidad de determinación de candidato de cambio de fase 1353, una unidad de cálculo de diferencia absoluta 1354, una unidad de selección de candidato de cambio de fase 1355 y una unidad de determinación de desplazamiento de frecuencia 1356 como se ilustra en la Figura 18. La primera unidad de determinación de candidatos de cambio de fase 1351 puede configurarse para determinar un primer grupo de candidatos de cambio de fase como una secuencia de valores centrados alrededor del candidato de cambio de fase seleccionado e igualmente espaciados por $\frac{\pi}{2}$. La unidad de estimación de cambio de fase 1352 puede configurarse para estimar un cambio de fase entre el segundo y el tercer símbolos de referencia en la señal. La segunda unidad de determinación de candidato de cambio de fase 1353 puede configurarse para determinar un segundo grupo de candidatos de cambio de fase como una secuencia de valores centrados alrededor del cambio de fase estimado e igualmente espaciado por 2π . La unidad de cálculo de diferencia absoluta 1354 puede configurarse para calcular las diferencias absolutas entre los candidatos de cambio de fase individuales en el primer grupo de candidatos de cambio de fase multiplicados por $t_d t_{i-ref}$ y los candidatos de cambio de fase individuales en el segundo grupo de candidatos de cambio de fase, en donde t_{i-ref} denota un desplazamiento de tiempo entre el símbolo de datos y el primer símbolo de referencia y t_d denota una distancia de tiempo entre el segundo y el tercer símbolos de referencia. La unidad de selección de candidatos de cambio de fase 1355 puede configurarse para seleccionar uno del primer grupo de candidatos de cambio de fase y uno del segundo grupo de candidatos de cambio de fase, de tal manera que la diferencia absoluta entre dicho uno del primer grupo de candidatos de cambio de fase multiplicado por $t_d t_{i-ref}$ y dicho uno del segundo grupo de candidatos de cambio de fase es el mínimo de las diferencias absolutas calculadas. La unidad de determinación de desplazamiento de frecuencia 1356 puede configurarse para determinar el desplazamiento de frecuencia como dicho uno del primer grupo de candidatos de cambio de fase dividido por $2\pi t_{i-ref}$ o dicho uno del segundo grupo de candidatos de cambio de fase dividido por $2\pi t_d$.

10

15

20

25

Al determinar los candidatos de cambio de fase como la secuencia de valores en el intervalo de $[-\pi/4, \pi/4]$ y al determinar el desplazamiento de frecuencia como anteriormente, también puede eliminarse la limitación del desplazamiento de frecuencia máximo estimable.

30

En una modalidad, el símbolo de datos puede ser el símbolo de datos más cercano al primer símbolo de referencia. La señal puede ser una señal OFDM, y los símbolos de datos y de referencia pueden ser símbolos de datos OFDM y de referencia.

35

A la luz de la arquitectura funcional descrita anteriormente del dispositivo de comunicación inalámbrica 1300, los expertos en la técnica pueden concebir diversas implementaciones, en las que los bloques funcionales del dispositivo de comunicación inalámbrica 1300 pueden implementarse en hardware, software y/o microprogramas.

40

Como una implementación ejemplar, las secciones descritas anteriormente pueden implementarse por separado como circuitos dedicados adecuados. Sin embargo, también se pueden implementar mediante el uso de cualquier número de circuitos dedicados a través de una combinación funcional o separación. En una modalidad, las secciones anteriores se pueden combinar en un solo circuito integrado específico de aplicación (ASIC).

45

Como implementación alternativa, puede proporcionarse un dispositivo de comunicación inalámbrica 1900 que comprende un transceptor 1910, un procesador 1920 (que incluye, pero sin limitarse a, un microprocesador, un microcontrolador o un procesador de señal digital (DSP), etc.) acoplado al transceptor 1910, y una memoria 1930 acoplada al procesador 1920, como se ilustra en la Figura 19. El transceptor 1910 es para comunicaciones inalámbricas bidireccionales y tiene al menos una antena para facilitar la comunicación. La memoria 1930 almacena el código de programa legible por máquina. El código de programa legible por máquina puede incluir instrucciones de programa que, cuando se ejecutan por el procesador 1920, permiten que el dispositivo de comunicación inalámbrica 1900 funcione de acuerdo con las modalidades ejemplares de esta divulgación. Por ejemplo, el código del programa y el procesador 1920 pueden incorporar la sección de determinación de candidatos de cambio de fase 1310, la sección de generación de colección de símbolos de constelación 1320, la sección de rotación 1330, la sección de selección de cambio de fase 1340 y la sección de determinación de desplazamiento de frecuencia 1350 para realizar las respectivas operaciones.

50

55

La presente divulgación se describe anteriormente con referencia a las modalidades de la misma. Sin embargo, esas modalidades se proporcionan solo con fines ilustrativos, en lugar de limitar la presente divulgación. El alcance de la divulgación se define por las reivindicaciones adjuntas.

60

REIVINDICACIONES

1. Un método (500) implementado en un dispositivo de comunicación inalámbrica para estimar un desplazamiento de frecuencia entre una frecuencia portadora de una señal recibida y una frecuencia de un oscilador local, el método que comprende:
- determinar (s510) una pluralidad de candidatos de cambio de fase para un cambio de fase entre un símbolo de datos y un primer símbolo de referencia en la señal; generar (s520) una colección de símbolos de constelación a partir del símbolo de datos;
- rotar (s530) la colección de símbolos de constelación por la pluralidad de candidatos de cambio de fase;
- seleccionar (s540) uno de los candidatos de cambio de fase correspondiente a una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, de tal manera que dicha colección rotada de símbolos de constelación coincida mejor con un conjunto de puntos de constelación; y determinar (s550) el desplazamiento de frecuencia en base al candidato de cambio de fase seleccionado, en donde la señal es una señal OFDM y los símbolos de datos y de referencia son símbolos de datos OFDM y de referencia,
- y en donde los puntos de constelación son puntos libres de ruido en una constelación que se usa en el lado de transmisión para asociar un número predeterminado de bits de información con uno de los puntos de constelación y los símbolos de constelación son puntos ruidosos en la constelación obtenidos al demodular el símbolo de datos OFDM.
2. El método (500) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la generación (s520) de la colección de símbolos de constelación a partir del símbolo de datos comprende:
- demodular (s521) el símbolo de datos para obtener múltiples símbolos de constelación; y seleccionar (s522) un subconjunto de los símbolos de constelación múltiple como la colección de símbolos de constelación.
3. El método (500) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde la selección (s540) de uno de los candidatos de cambio de fase correspondiente a una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación comprende:
- determinar (s541) SNR para las colecciones rotadas de símbolos de constelación; y seleccionar (s542) uno de los candidatos de cambio de fase correspondientes a una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, de tal manera que la SNR para dicha una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación es la más alta de dichas SNR; o comprende:
- realizar (s541') una decisión por hardware sobre las colecciones rotadas de símbolos de constelación para obtener las colecciones de puntos de constelación correspondientes;
- determinar (s542') las diferencias entre las colecciones rotadas de símbolos de constelación y sus colecciones de puntos de constelación correspondientes como $((v_n - \bar{v}_n) \cdot w_n) \times ((v_n - \bar{v}_n) \cdot w_n)^H$, en donde v_n denota un vector formado por una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, \bar{v}_n denota un vector formado por una de las colecciones de puntos de constelación correspondientes a dicha una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, w_n denota un vector formado por amplitudes de dicho símbolo de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, y $(.)^H$ denota una operación de transposición conjugada; y seleccionar (s543') uno de los candidatos de cambio de fase correspondientes a una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, de tal manera que la diferencia entre dicha una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación y su colección correspondiente de puntos de constelación es la mínima de las diferencias.
4. El método (500) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la determinación (s510) de los candidatos de cambio de fase comprende:
- determinar (s511) los candidatos de cambio de fase como una secuencia de valores en un intervalo de $\left[-\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{4}\right)$, en donde la secuencia de valores está igualmente espaciada en el intervalo de $\left[-\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{4}\right)$.
5. El método (500) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la determinación (s510) de los candidatos de cambio de fase comprende:
- estimar (s511') un desplazamiento de frecuencia preliminar en base a un cambio de fase entre un segundo y un tercer símbolos de referencia en la señal; determinar (s512') una pluralidad de candidatos de desplazamiento de frecuencia como una secuencia de valores centrados alrededor del desplazamiento de frecuencia preliminar, en donde la secuencia de valores están igualmente separados por una frecuencia de observación, en donde la frecuencia de observación es igual a un recíproco de una distancia de tiempo entre el segundo y el tercer símbolos de referencia; y determinar (s513') la pluralidad de candidatos de cambio de fase en base a los candidatos de

desplazamiento de frecuencia y un desplazamiento de tiempo entre el símbolo de datos y el primer símbolo de referencia, en donde el primer símbolo de referencia es uno del segundo y el tercer símbolos de referencia.

- 5 6. El método (500) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde la determinación (s550) del desplazamiento de frecuencia comprende: determinar (s551) el desplazamiento de frecuencia como el candidato de cambio de fase seleccionado dividido por $2\pi t_{i-iref}$, en donde t_{i-iref} denota un desplazamiento de tiempo entre el símbolo de datos y el primer símbolo de referencia.
- 10 7. El método (500) de acuerdo con la reivindicación 4, en donde la determinación (s550) del desplazamiento de frecuencia comprende:
- determinar (s551') un primer grupo de candidatos de cambio de fase como una secuencia de valores centrados alrededor del candidato de cambio de fase seleccionado y separados por $\frac{\pi}{2}$;
- 15 estimar (s552') un cambio de fase entre el segundo y el tercer símbolos de referencia en la señal;
- determinar (s553') un segundo grupo de candidatos de cambio de fase como una secuencia de valores centrados alrededor del cambio de fase estimado y separados por 2π ,
- 20 calcular (s554') las diferencias absolutas entre los candidatos de cambio de fase individuales en el primer grupo de candidatos de cambio de fase multiplicados por t_d/t_{i-iref} y los candidatos de cambio de fase individuales en el segundo grupo de candidatos de cambio de fase, en donde t_{i-iref} denota un desplazamiento de tiempo entre el símbolo de datos y el primer símbolo de referencia y t_d denota una distancia de tiempo entre el segundo y el tercer símbolos de referencia;
- 25 seleccionar (s555') uno del primer grupo de candidatos de cambio de fase y uno del segundo grupo de candidatos de cambio de fase, de tal manera que la diferencia absoluta entre dicho uno del primer grupo de candidatos de cambio de fase multiplicado por t_d/t_{i-iref} y dicho uno del segundo grupo de candidatos de cambio de fase es el mínimo de las diferencias absolutas calculadas; y
- 30 determinar (s556') el desplazamiento de frecuencia como dicho uno del primer grupo de candidatos de cambio de fase dividido por $2\pi t_{i-iref}$ o dicho uno del segundo grupo de candidatos de cambio de fase dividido por $2\pi t_d$.
- 35 8. El método (500) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde el símbolo de datos es el símbolo de datos más cercano al primer símbolo de referencia.
9. Un dispositivo de comunicación inalámbrica (1300) para estimar un desplazamiento de frecuencia entre una frecuencia portadora de una señal recibida y una frecuencia de un oscilador local, el dispositivo de comunicación inalámbrica comprende un procesador y una memoria; la memoria tiene un código de programa legible por máquina almacenado en la misma, cuando el procesador lo ejecuta, el código del programa hace que el dispositivo de comunicación:
- 40 determine una pluralidad de candidatos de cambio de fase para un cambio de fase ($\Delta\theta$) entre un símbolo de datos y un primer símbolo de referencia en la señal;
- 45 genere una colección de símbolos de constelación a partir del símbolo de datos;
- rote la colección de símbolos de constelación por la pluralidad de candidatos de cambio de fase;
- 50 seleccione uno de los candidatos de cambio de fase correspondientes a una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, de tal manera que dicha una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación coincida mejor con un conjunto de puntos de constelación; y determine el desplazamiento de frecuencia en base al candidato de cambio de fase seleccionado,
- 55 en donde la señal recibida es una señal OFDM y los símbolos de datos y de referencia son símbolos OFDM de datos y de referencia, y en donde los puntos de constelación se refieren a puntos libres de ruido en una constelación que se usa en el lado de la transmisión para asociar un número predeterminado de bits de información a uno de los puntos de constelación y los símbolos de constelación se refieren a puntos ruidosos en la constelación obtenidos al demodular el símbolo de datos OFDM.
- 60 10. El dispositivo de comunicación inalámbrica (1300) de acuerdo con la reivindicación 9, en donde el procesador está configurado para:
- 65 demodular el símbolo de datos para obtener múltiples símbolos de constelación; y

seleccionar un subconjunto de los múltiples símbolos de constelación como la colección de símbolos de constelación.

- 5 11. El dispositivo de comunicación inalámbrica (1300) de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, en donde el procesador está configurado para:

determinar las SNR para las colecciones rotadas de símbolos de constelación; y

10 seleccionar uno de los candidatos de cambio de fase correspondientes a una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, de tal manera que la SNR para dicha una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación sea la más alta de dichas SNR; o está configurado para:

15 realizar una decisión por hardware sobre las colecciones rotadas de símbolos de constelación para obtener las colecciones de puntos de constelación correspondientes;

20 determinar las diferencias entre las colecciones rotadas de símbolos de constelación y sus colecciones de puntos de constelación correspondientes como $((v_n - \bar{v}_n) \cdot w_n) \times ((v_n - \bar{v}_n) \cdot w_n)^H$, en donde v_n denota un vector formado por una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, \bar{v}_n denota un vector formado por una de las colecciones de puntos de constelación correspondientes a dicha una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, w_n denota un vector formado por amplitudes de dicha una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación y $(.)^H$ denota una operación de transposición conjugada; y

25 seleccionar uno de los candidatos de cambio de fase correspondiente a una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación, de tal manera que la diferencia entre dicha una de las colecciones rotadas de símbolos de constelación y su colección correspondiente de puntos de constelación sea la mínima de las diferencias.

- 30 12. El dispositivo de comunicación inalámbrica (1300) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en donde el procesador está configurado para: determinar los candidatos de cambio de fase como una secuencia de valores en un intervalo de $[-\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{4}]$, en donde la secuencia de valores está igualmente separada en el intervalo de $[-\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{4}]$.

- 35 13. El dispositivo de comunicación inalámbrica (1300) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en donde el procesador está configurado para:

estimar un desplazamiento de frecuencia preliminar en base a un cambio de fase entre un segundo y un tercer símbolos de referencia en la señal;

40 determinar una pluralidad de candidatos de desplazamiento de frecuencia como una secuencia de valores centrados alrededor del desplazamiento de frecuencia preliminar, en donde la secuencia de valores está igualmente separada por una frecuencia de observación, en donde la frecuencia de observación es igual a un recíproco de una distancia de tiempo entre el segundo y el tercer símbolos de referencia; y

45 determinar la pluralidad de candidatos de cambio de fase en base a los candidatos de desplazamiento de frecuencia y un desplazamiento de tiempo entre el símbolo de datos y el primer símbolo de referencia, en donde el primer símbolo de referencia es uno del segundo y el tercer símbolos de referencia.

50 14. El dispositivo de comunicación inalámbrica (1300) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 - 13, en donde el procesador está configurado para: determinar el desplazamiento de frecuencia como el candidato de cambio de fase seleccionado dividido por $2\pi t_{i-ref}$, en donde t_{i-ref} indica un desplazamiento de tiempo entre el símbolo de datos y el primer símbolo de referencia.

- 55 15. El dispositivo de comunicación inalámbrica (1300) de acuerdo con la reivindicación 12, en donde el procesador está configurado para:

determinar un primer grupo de candidatos de cambio de fase como una secuencia de valores centrados alrededor del candidato de cambio de fase seleccionado e igualmente separados por $\frac{\pi}{2}$;

estimar un cambio de fase (ϕ_{dif}) entre el segundo y el tercer símbolos de referencia en la señal;

60 determinar un segundo grupo de candidatos de cambio de fase como una secuencia de valores centrados alrededor del cambio de fase estimado e igualmente separados por 2π ;

calcular las diferencias absolutas entre los candidatos de cambio de fase individuales en el primer grupo de candidatos de cambio de fase multiplicados por t_d/t_{i-ref} y los candidatos de cambio de fase individuales en el segundo grupo de candidatos de cambio de fase, en donde t_{i-ref} denota un desplazamiento de tiempo entre el símbolo de

datos y el primer símbolo de referencia y t_d denota una distancia de tiempo entre el segundo y el tercer símbolos de referencia;

5 seleccionar uno del primer grupo de candidatos de cambio de fase y uno del segundo grupo de candidatos de cambio de fase, de tal manera que la diferencia absoluta entre dicho uno de los primeros candidatos de cambio de fase multiplicado por t_d/t_{i-ref} y dicho uno del segundo grupo de candidatos de cambio de fase es el mínimo de las diferencias absolutas calculadas; y

10 determinar el desplazamiento de frecuencia como dicho uno del primer grupo de candidatos de cambio de fase dividido por $2\pi t_{i-ref}$ o dicho uno del segundo grupo de candidatos de cambio de fase dividido por $2\pi t_d$.

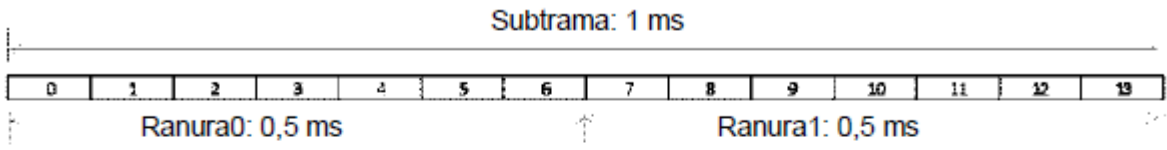


Figura 1

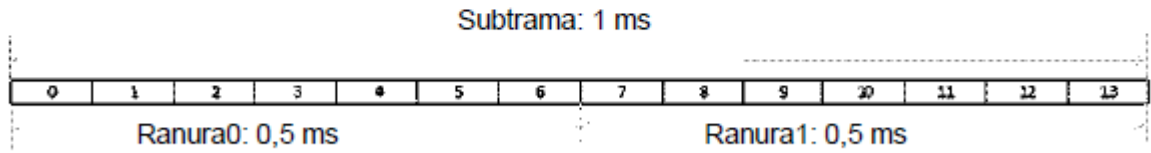


Figura 2

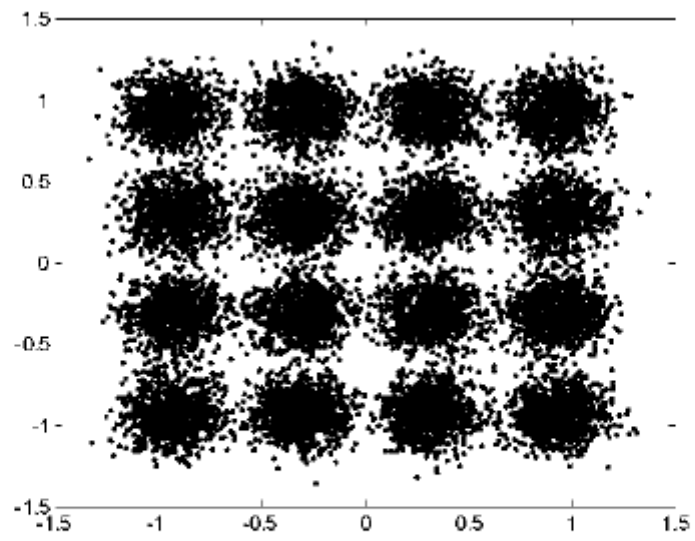


Figura 3

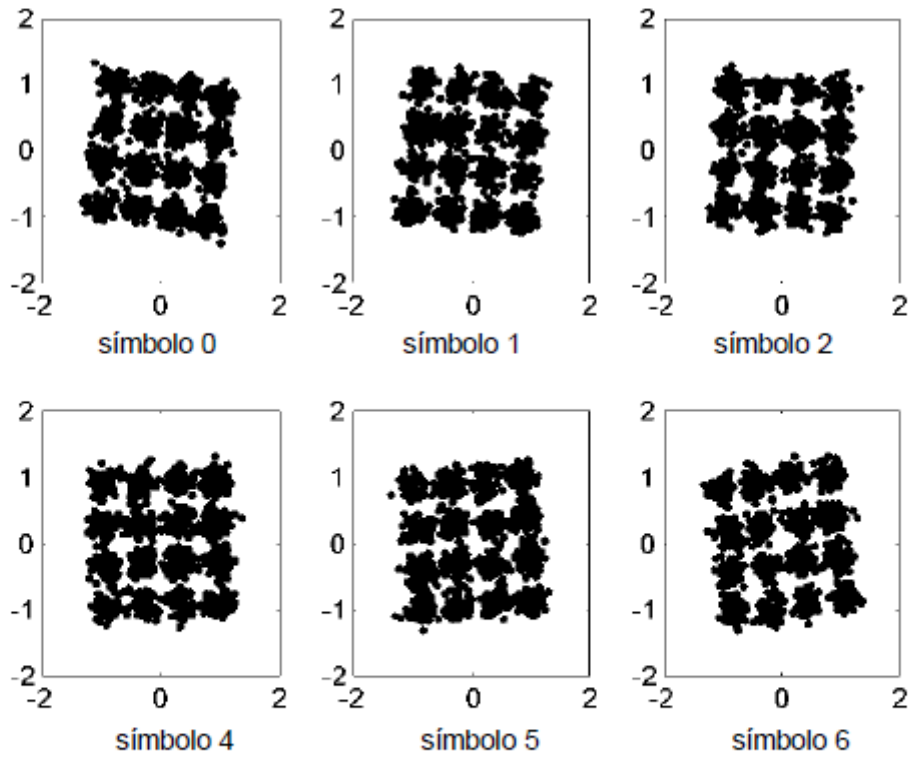


Figura 4

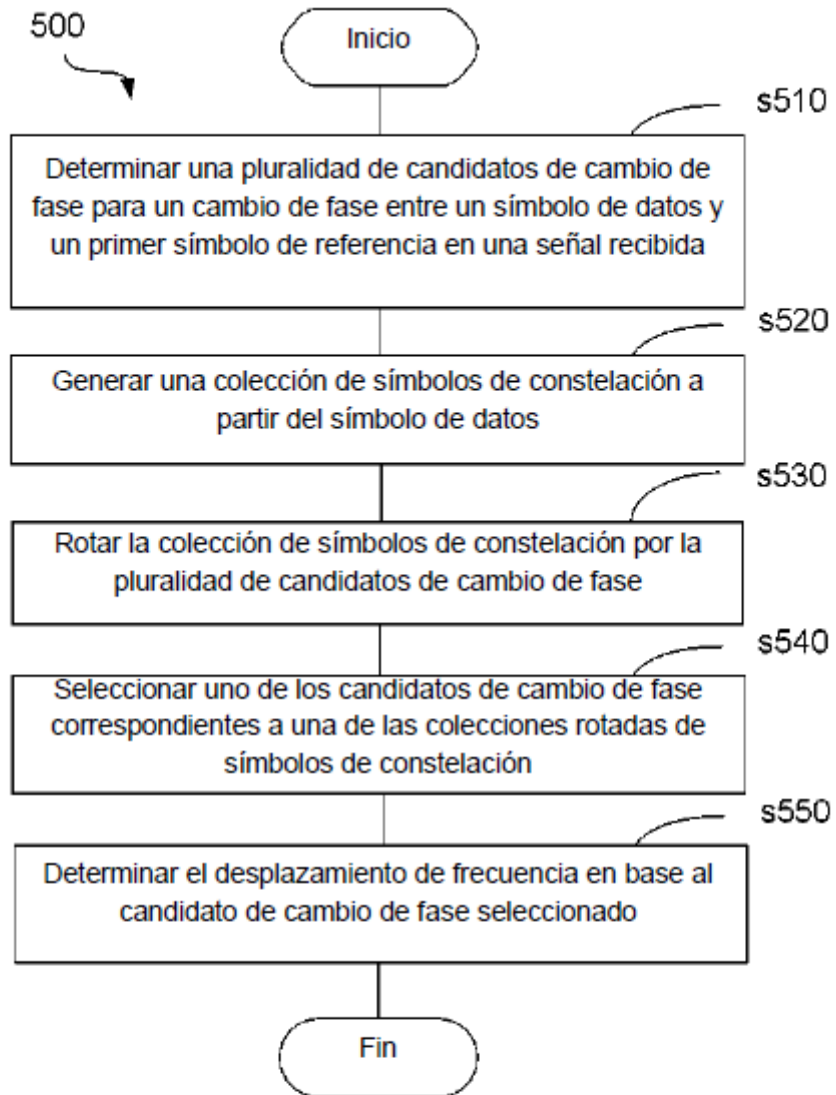


Figura 5

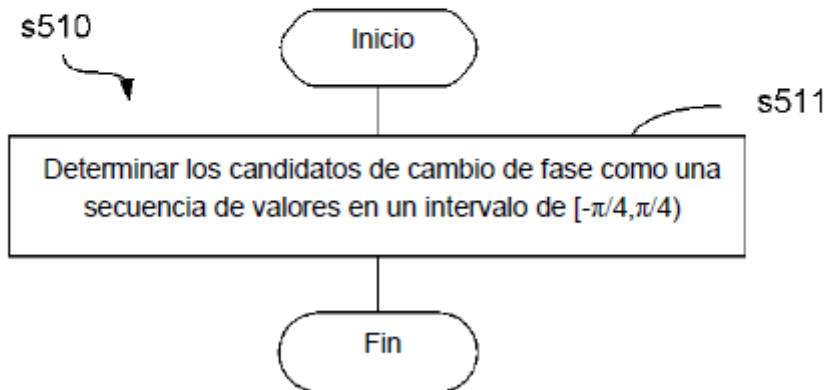


Figura 6

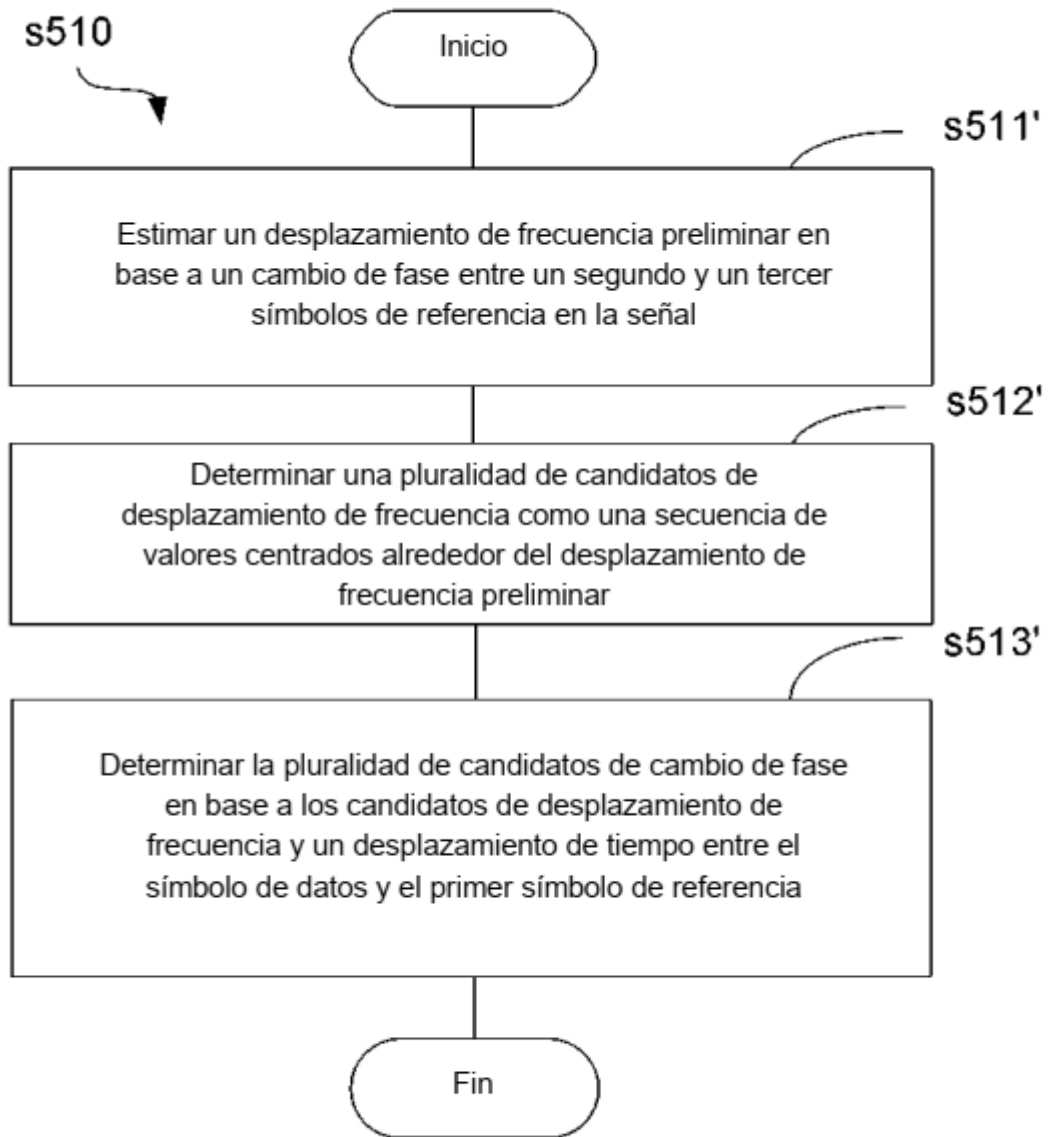


Figura 7

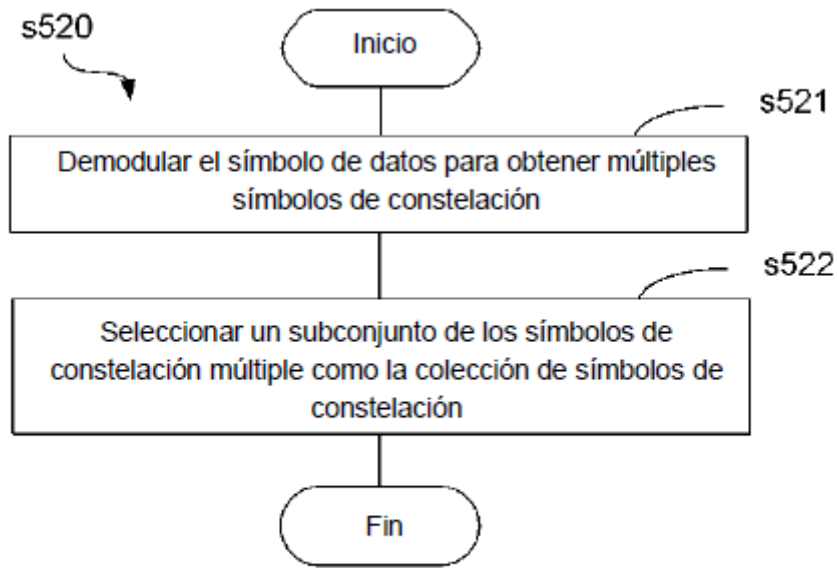


Figura 8

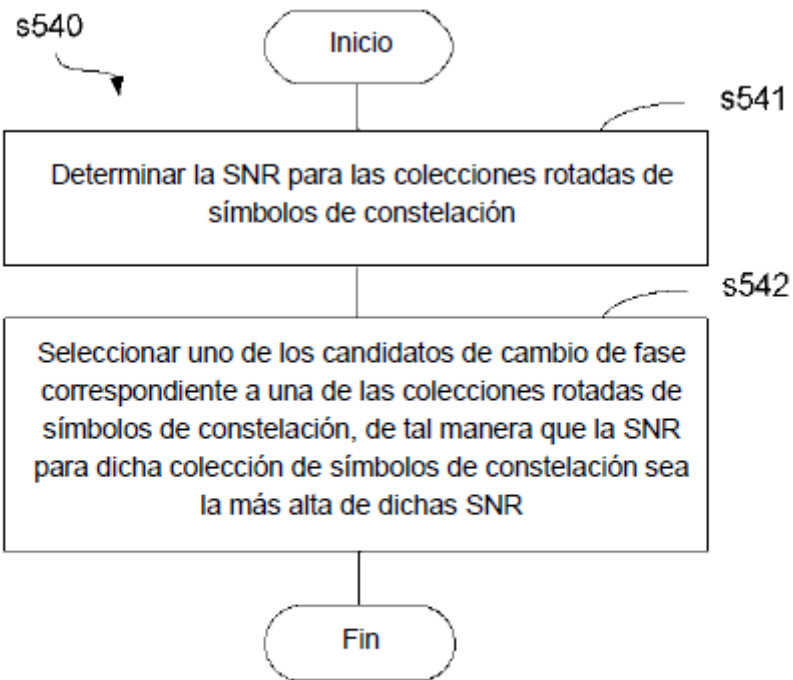


Figura 9

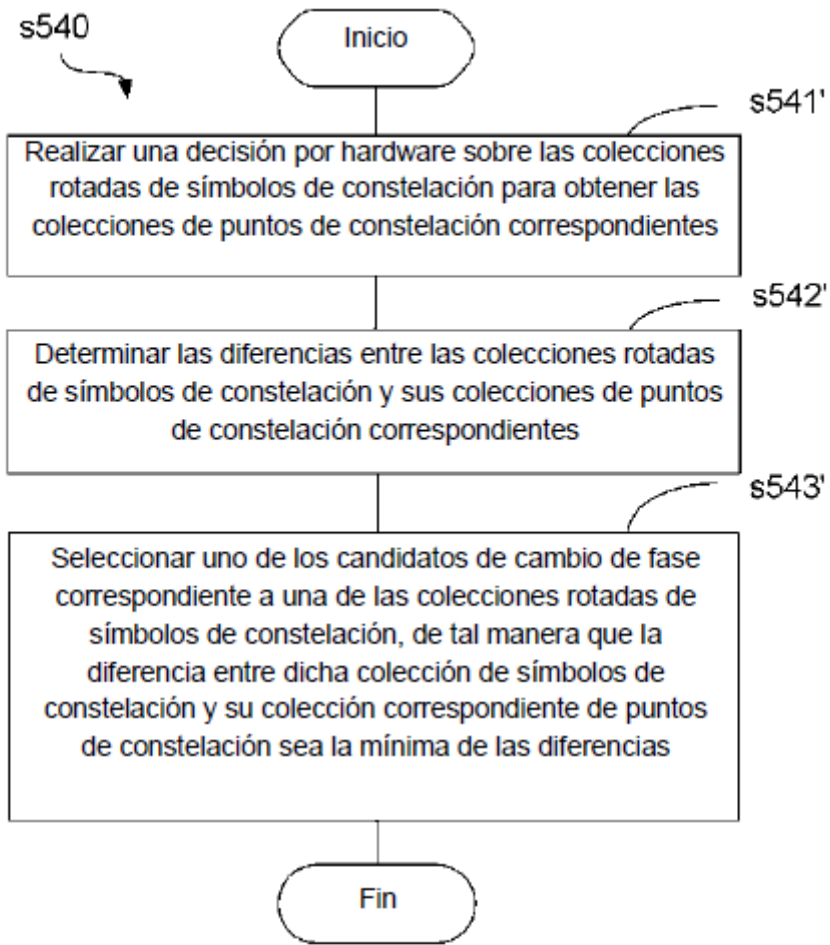


Figura 10

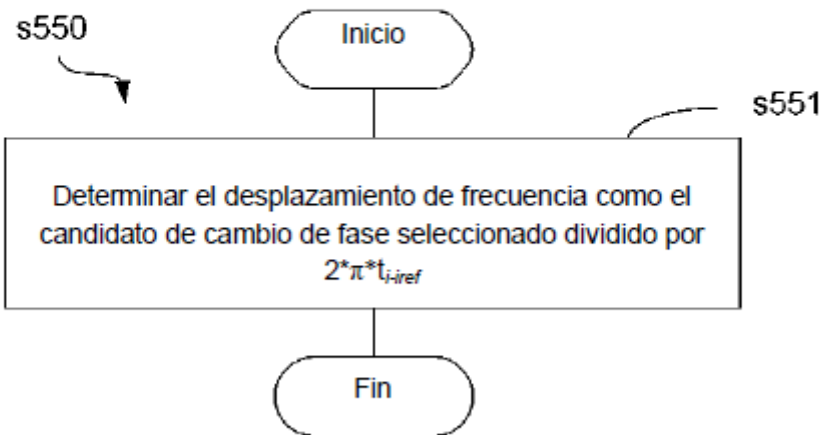


Figura 11

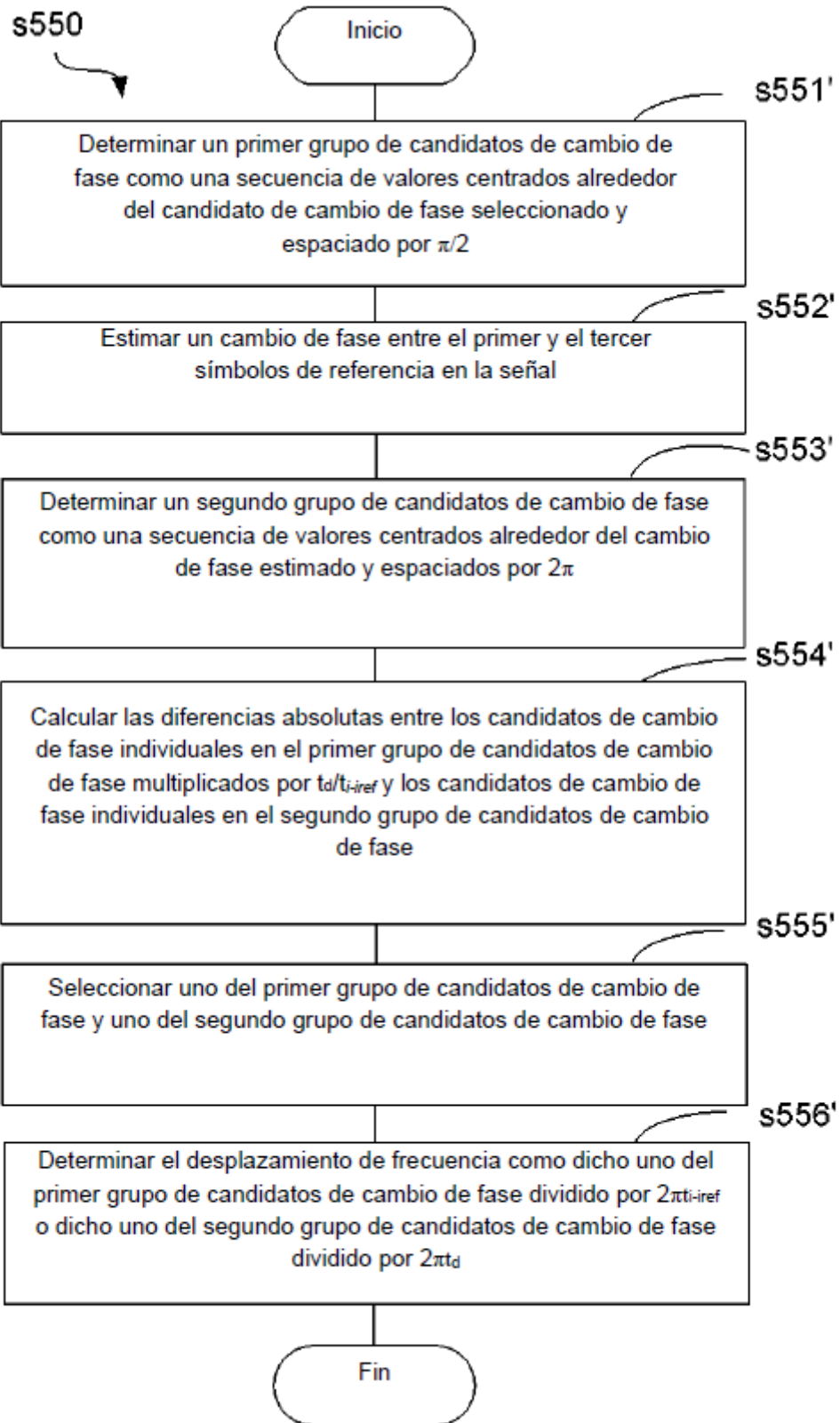


Figura 12

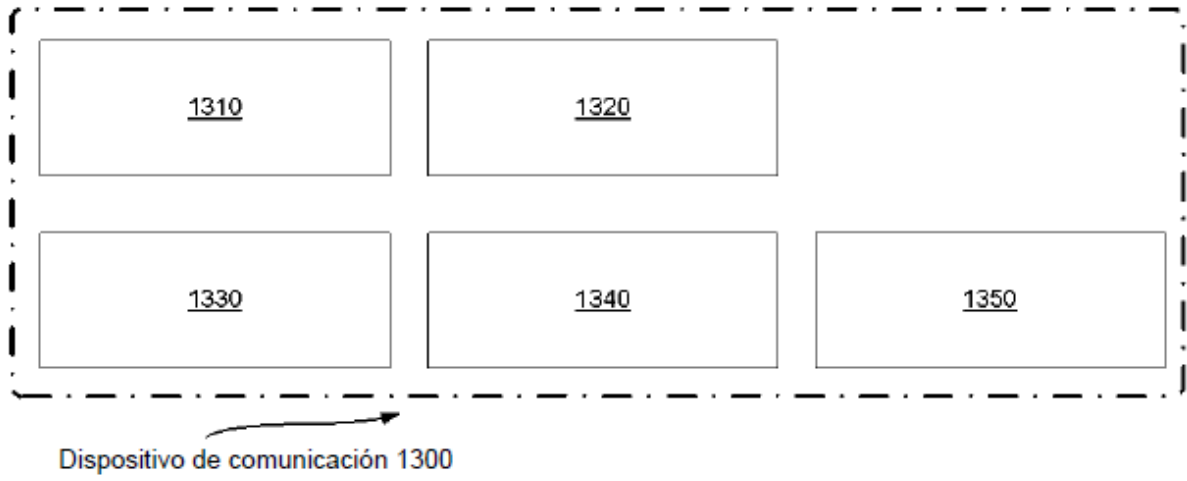


Figura 13

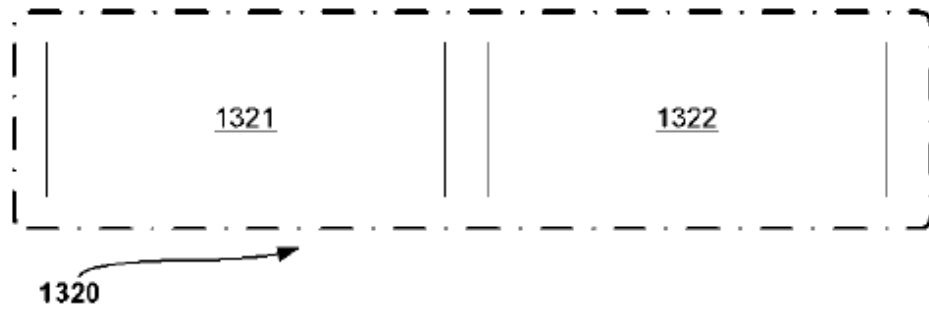


Figura 14

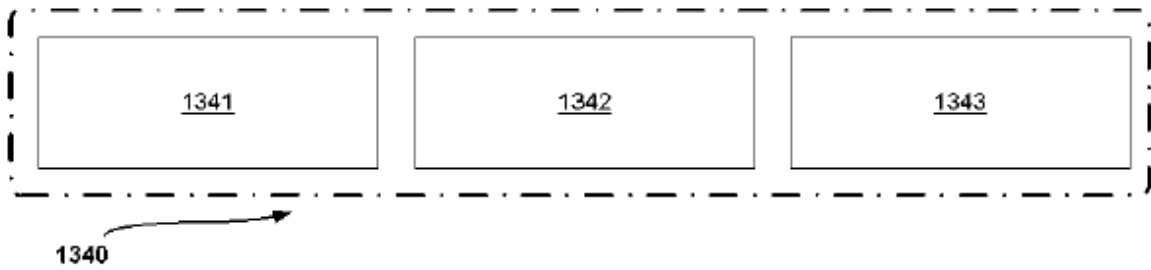


Figura 15

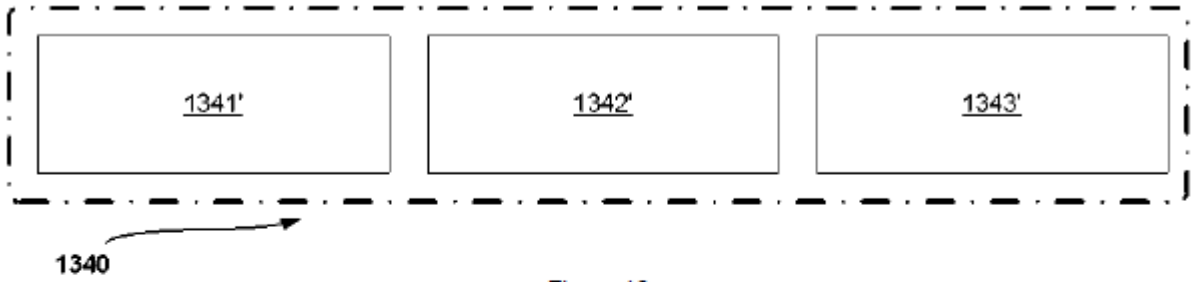


Figura 16

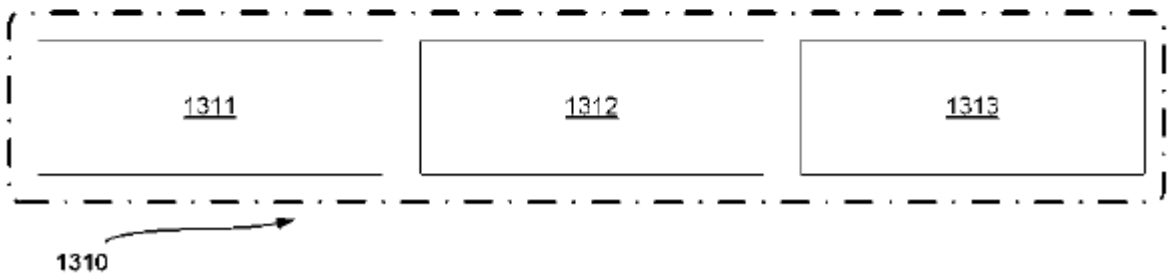


Figura 17

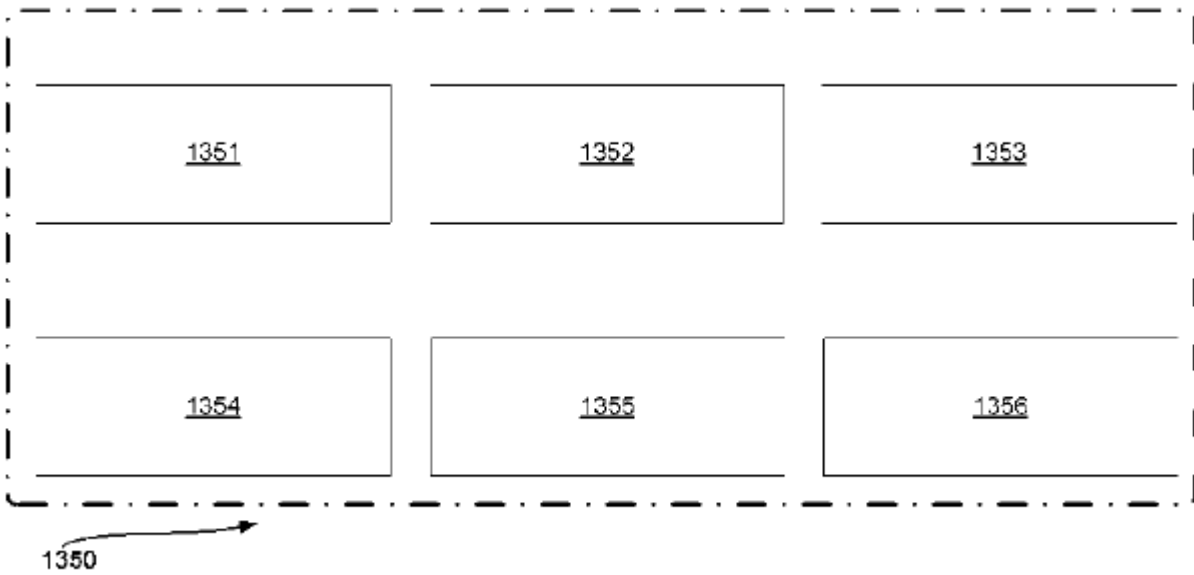


Figura 18

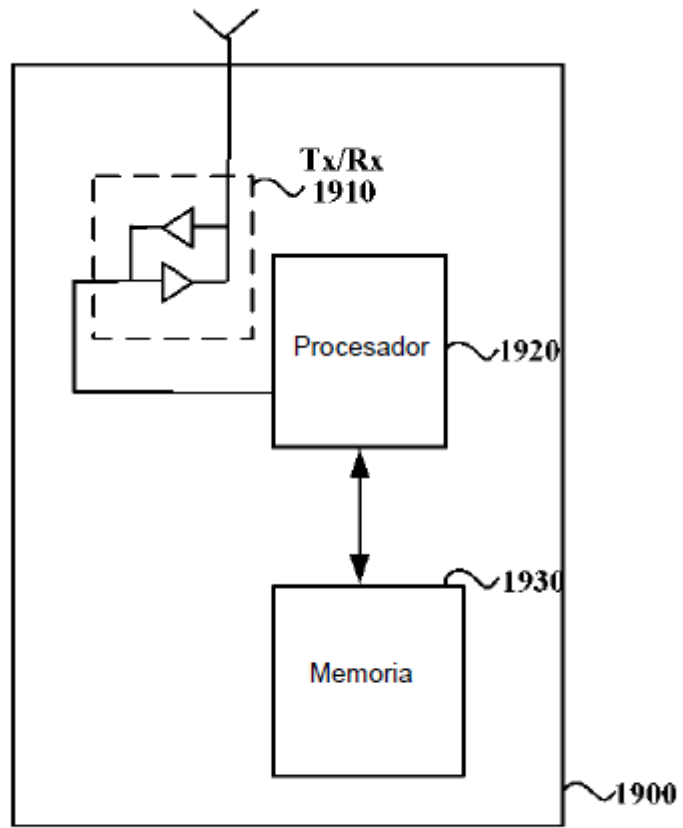


Figura 19