

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 632**

51 Int. Cl.:

H04L 27/26 (2006.01)

H04L 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2010 E 10795132 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.09.2015 EP 2510657**

54 Título: **Seguimiento de fase para un dispositivo de comunicación**

30 Prioridad:

07.12.2009 US 267300 P
06.12.2010 US 961000

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.12.2015

73 Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
International IP Administration 5775 Morehouse
Drive
San Diego, CA 92121-1714, US

72 Inventor/es:

JONES IV, VINCENT KNOWLES;
SAMPATH, HEMANTH y
VAN NEE, DIDIER JOHANNES RICHARD

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 554 632 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

Seguimiento de fase para un dispositivo de comunicación

5 **TÉCNICA RELACIONADA**

El documento US2008/159424, 3 de julio de 2008, desvela un método de determinación de desplazamiento de fase para sistemas de Código Espacio-Tiempo.

10 **CAMPO TÉCNICO**

La presente divulgación se refiere generalmente a sistemas de comunicaciones. Más específicamente, la presente divulgación se refiere a permitir un seguimiento de fase para un dispositivo de comunicación.

15 **RESUMEN**

Se desvela un dispositivo de comunicación para permitir un seguimiento de fase. El dispositivo de comunicación incluye un procesador e instrucciones almacenadas en una memoria. El dispositivo de comunicación genera una pluralidad de símbolos piloto. Los símbolos piloto se ajustan a una matriz de mapeo piloto deficiente de rango. El dispositivo de comunicación también transmite la pluralidad de símbolos piloto. Los símbolos piloto pueden ser símbolos piloto de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM, *Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*). El dispositivo de comunicación puede ser un dispositivo de comunicación inalámbrico.

25 El dispositivo de comunicación también puede transmitir datos o símbolos de aprendizaje. Los datos o símbolos de aprendizaje pueden ser datos o símbolos de aprendizaje de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM).

30 La matriz de mapeo piloto deficiente de rango puede incluir al menos un par de símbolos piloto idénticos. La matriz de mapeo piloto deficiente de rango puede ser una matriz de mapeo piloto deficiente de rango R. Cada fila puede corresponder a símbolos piloto transmitidos en un flujo espacial diferente, y cada columna puede corresponder a símbolos piloto transmitidos en diferentes símbolos de multiplexación por división de frecuencia por frecuencias ortogonales (OFDM).

La matriz de mapeo piloto deficiente de rango para cuatro flujos espaciales y cuatro símbolos de multiplexación por

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

35 división de frecuencias ortogonales (OFDM) puede ser $\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$. La matriz de mapeo piloto deficiente de rango para seis flujos espaciales y seis símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM)

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

puede ser $\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$. La matriz de mapeo piloto deficiente de rango para ocho flujos espaciales y ocho símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM) puede ser

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}.$$

5 La pluralidad de símbolos piloto puede transmitirse durante un periodo de aprendizaje. El periodo de aprendizaje puede incluir símbolos de campos de aprendizaje largo y de muy alto rendimiento (VHT-LTF, *Very High Throughput-Long Training Field*) transmitidos de acuerdo con las normas del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) 802.11ac. Los símbolos piloto pueden transmitirse en tonos reservados para tonos piloto en campos de aprendizaje de largo y muy alto rendimiento (VHT-LTF).

10 También se desvela un dispositivo de comunicación para seguimiento de fase. El dispositivo de comunicación incluye un procesador e instrucciones almacenadas en una memoria. El dispositivo de comunicación recibe una pluralidad de símbolos piloto a partir de un dispositivo de comunicación de envío. Los símbolos piloto se ajustan a una matriz de mapeo piloto deficiente de rango. El dispositivo de comunicación también determina una estimación de fase basándose en los símbolos piloto. El dispositivo de comunicación estima adicionalmente un canal basado en la estimación de fase y los símbolos piloto. El dispositivo de comunicación recibe adicionalmente datos del dispositivo de comunicación de envío usando la estimación de canal. El dispositivo de comunicación puede ser una estación base. Los símbolos piloto pueden ser símbolos piloto de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM, *Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*).

20 La matriz de mapeo piloto deficiente de rango puede incluir al menos un par de símbolos piloto idénticos. La matriz de mapeo piloto deficiente de rango puede ser una matriz de mapeo piloto deficiente de rango R. Cada fila puede corresponder a símbolos piloto transmitidos en un flujo espacial diferente, y cada columna puede corresponder a símbolos piloto transmitidos en diferentes símbolos de multiplexación por división de frecuencia por frecuencias ortogonales (OFDM).

25 La estimación de fase puede determinarse basándose en símbolos piloto idénticos transmitidos a todos los flujos espaciales pero a través de diferentes símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM). La estimación de fase puede determinarse calculando una correlación cruzada de símbolos piloto idénticos transmitidos en todos los flujos espaciales pero a través de diferentes símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM).

30 El dispositivo de comunicación también puede determinar la estimación de fase basándose en al menos un par de símbolos piloto idénticos. La estimación de fase puede determinarse calculando una correlación cruzada de los símbolos piloto idénticos. La estimación de fase puede determinarse calculando una fase delta de los símbolos piloto idénticos. La estimación de fase puede determinarse calculando una fase delta de símbolos piloto idénticos transmitidos en todos los flujos espaciales pero a través de diferentes símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM).

40 La pluralidad de símbolos piloto puede recibirse durante un periodo de aprendizaje. El periodo de aprendizaje puede incluir símbolos de campos de aprendizaje largo y de muy alto rendimiento (VHT-LTF, *Very High Throughput-Long Training Field*) transmitidos de acuerdo con las normas del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) 802.11ac.

45 La estimación de fase puede determinarse durante un periodo de aprendizaje. El periodo de aprendizaje puede incluir símbolos de campos de aprendizaje largo y de muy alto rendimiento (VHT-LTF, *Very High Throughput-Long Training Field*) transmitidos de acuerdo con las normas del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) 802.11ac.

50 El canal puede estimarse durante un periodo de aprendizaje. El periodo de aprendizaje puede incluir símbolos de campos de aprendizaje largo y de muy alto rendimiento (VHT-LTF) transmitidos de acuerdo con las normas del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) 802.11ac.

También se desvela un método para permitir un seguimiento de fase. El método incluye generar una pluralidad de símbolos piloto en un dispositivo de comunicación. Los símbolos piloto se ajustan a una matriz de mapeo piloto

deficiente de rango. El método también incluye transmitir la pluralidad de símbolos piloto.

También se desvela un método de seguimiento de fase. El método incluye recibir, mediante un dispositivo de comunicación, una pluralidad de símbolos piloto a partir de un dispositivo de comunicación de envío. Los símbolos piloto se ajustan a una matriz de mapeo piloto deficiente de rango. El método también incluye determinar, mediante el dispositivo de comunicación, una estimación de fase basándose en los símbolos piloto. El método incluye además estimar un canal basado en la estimación de fase y los símbolos piloto. El método incluye adicionalmente recibir datos del dispositivo de comunicación de envío usando la estimación de canal.

También se desvela un producto de programa informático para permitir el seguimiento de fase. El producto de programa informático incluye un medio legible por ordenador tangible no transitorio con instrucciones. Las instrucciones incluyen código para hacer que un dispositivo de comunicación genere una pluralidad de símbolos piloto. Los símbolos piloto se ajustan a una matriz de mapeo piloto deficiente de rango. Las instrucciones también incluyen código para hacer que el dispositivo de comunicación transmita la pluralidad de símbolos piloto.

También se desvela un producto de programa informático para el seguimiento de fase. El producto de programa informático incluye un medio legible por ordenador tangible no transitorio con instrucciones. Las instrucciones incluyen código para hacer que un dispositivo de comunicación reciba una pluralidad de símbolos piloto a partir de un dispositivo de comunicación de envío. Los símbolos piloto se ajustan a una matriz de mapeo piloto deficiente de rango. Las instrucciones también incluyen código para hacer que el dispositivo de comunicación determine una estimación de fase basándose en los símbolos piloto. Las instrucciones incluyen además código para hacer que el dispositivo de comunicación estime un canal basado en la estimación de fase y los símbolos piloto. Las instrucciones incluyen adicionalmente código para hacer que el dispositivo de comunicación reciba datos del dispositivo de comunicación de envío usando la estimación de canal.

También se desvela un aparato para permitir el seguimiento de fase. El aparato incluye medios para generar una pluralidad de símbolos piloto. Los símbolos piloto se ajustan a una matriz de mapeo piloto deficiente de rango. El aparato también incluye medios para transmitir la pluralidad de símbolos piloto.

También se desvela un aparato para el seguimiento de fase. El aparato incluye medios para recibir una pluralidad de símbolos piloto a partir de un dispositivo de comunicación de envío. Los símbolos piloto se ajustan a una matriz de mapeo piloto deficiente de rango. El aparato también incluye medios para determinar una estimación de fase basándose en los símbolos piloto. El aparato incluye además medios para estimar un canal basado en la estimación de fase y los símbolos piloto. El aparato incluye adicionalmente medios para recibir datos del dispositivo de comunicación de envío usando la estimación de canal.

La invención se incorpora en las reivindicaciones independientes adjuntas.

Los sistemas de comunicación están ampliamente extendidos para proporcionar diversos tipos de contenido de comunicación, tales como datos, voz, vídeo y así sucesivamente. Estos sistemas pueden ser sistemas de acceso múltiple capaces de soportar una comunicación simultánea de múltiples dispositivos de comunicación (por ejemplo, dispositivos de comunicación inalámbricos, terminales de acceso, etc.) con uno o más dispositivos de comunicación diferentes (por ejemplo, estaciones base, puntos de acceso, etc.).

El uso de dispositivos de comunicación ha aumentado espectacularmente en los últimos años. Los dispositivos de comunicación a menudo proporcionan acceso a una red, tal como una red de área local (LAN, *Local Area Network*) o Internet, por ejemplo. Otros dispositivos de comunicación (por ejemplo, terminales de acceso, ordenadores portátiles, teléfonos inteligentes, reproductores multimedia, dispositivos de juego, etc.) pueden comunicar simultáneamente con estos dispositivos de comunicación. Algunos dispositivos de comunicación cumplen ciertas normas industriales, tales como las normas del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) 802.11a, 802.11b, 802.11g o 802.11n (por ejemplo, Fidelidad Inalámbrica o "Wi-Fi"). Los usuarios de los dispositivos de comunicación inalámbricos, por ejemplo, a menudo se conectan a redes inalámbricas usando dichos dispositivos de comunicación.

Cuando los dispositivos de comunicación usan múltiples antenas, pueden surgir dificultades particulares. Por ejemplo, pueden aparecer desplazamientos de fase (por ejemplo, errores) y/o desplazamientos de frecuencia (por ejemplo errores), que pueden conducir a un rendimiento de comunicación degradado. Por este motivo, pueden ser beneficiosos sistemas y métodos mejorados que faciliten el seguimiento de fase.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración de dispositivos de comunicación en la que pueden implementarse sistemas y métodos para permitir el seguimiento de fase para un dispositivo de comunicación;

la figura 2 es un diagrama que ilustra un ejemplo de un periodo de aprendizaje y/o un periodo de estimación de

canal;

la figura 3 es un diagrama que ilustra una estimación de fase;

la figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra una configuración de un método para permitir un seguimiento de fase para un dispositivo de comunicación;

5 la figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra una configuración más específica de un método para permitir un seguimiento de fase para un dispositivo de comunicación;

la figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra una configuración de un método de seguimiento de fase portadora;

10 la figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra una configuración más específica de un método de seguimiento de fase portadora;

la figura 8 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una matriz de mapeo piloto de rango completo;

la figura 9 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una matriz de mapeo piloto deficiente de rango que puede usarse de acuerdo con los sistemas y métodos desvelados en el presente documento;

15 la figura 10 es un diagrama que ilustra otro ejemplo de una matriz de mapeo piloto deficiente de rango que puede usarse de acuerdo con los sistemas y métodos desvelados en el presente documento;

la figura 11 es un diagrama que ilustra otro ejemplo de una matriz de mapeo piloto deficiente de rango que puede usarse de acuerdo con los sistemas y métodos desvelados en el presente documento;

20 la figura 12 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración de un dispositivo de comunicación de recepción en la que pueden implementarse los sistemas y métodos para permitir el seguimiento de fase para un dispositivo de comunicación;

la figura 13 ilustra ciertos componentes que pueden incluirse en un dispositivo de comunicación de envío, dispositivo de comunicación inalámbrica o terminal de acceso; y

25 la figura 14 ilustra ciertos componentes que pueden incluirse en un dispositivo de comunicación de recepción, punto de acceso o estación base.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Como se usa en el presente documento, la expresión "estación base" representa generalmente un dispositivo de comunicación que es capaz de proporcionar acceso a una red de comunicaciones. Los ejemplos de redes de comunicación incluyen, pero sin limitación, una red telefónica (por ejemplo, una red "terrestre", tal como la red telefónica pública conmutada (PSTN, *Public-Switched Telephone Network*) o una red de telefonía móvil), Internet, una red de área local (LAN), una red de área amplia (WAN, *Wide Area Network*), una red de área metropolitana (MAN, *Metropolitan Area Network*), etc. Los ejemplos de una estación base incluyen estaciones o nodos de telefonía móvil, puntos de acceso, pasarelas inalámbricas y routers inalámbricos, por ejemplo. Una estación base puede operar de acuerdo con ciertas normas industriales, tales como las normas del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n y/o 802.11ac (por ejemplo, Fidelidad Inalámbrica o "Wi-Fi"). Otros ejemplos de normas que una estación base puede cumplir incluyen IEEE 802.16 (por ejemplo, Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas o "WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*)"), Proyecto de Acuerdo de Tercera Generación (3GPP, *Third Generation Partnership Project*), Evolución a Largo Plazo de 3GPP (LTE, Long Term Evolution) y otros (por ejemplo, donde una estación base puede denominarse como un NodoB, NodoB evolucionado (eNB, *evolved NodeB*), etc.). Aunque algunos de los sistemas y métodos desvelados en el presente documento pueden describirse en cuando a una o más normas, esto no debería limitar el alcance de esta divulgación, ya que los sistemas y métodos pueden ser aplicables a muchos sistemas y/o normas.

Como se usa en el presente documento, la expresión "dispositivo de comunicación inalámbrico" representa generalmente un tipo de dispositivo de comunicación (por ejemplo, terminal de acceso, dispositivo cliente, estación cliente, etc.) que puede conectarse de forma inalámbrica a una estación base. Como alternativa, un dispositivo de comunicación inalámbrico puede denominarse como un dispositivo móvil, una estación móvil, una estación de abonado, un equipo de usuario (EU), una estación remota, un terminal de acceso, un terminal móvil, un terminal, un terminal de usuario, una unidad de abonado, etc. Los ejemplos de dispositivos de comunicación inalámbricos incluyen ordenadores portátiles y de mesa, teléfonos móviles, teléfonos inteligentes, módems inalámbricos, e-readers, dispositivos tablet, sistemas de juego, etc. Los dispositivos de comunicación inalámbricos pueden operar de acuerdo con una o más normas industriales como se ha descrito anteriormente junto con estaciones base. Por lo tanto, la expresión general "dispositivo de comunicación inalámbrico" puede incluir dispositivos de comunicación inalámbricos descritos con nomenclaturas variables de acuerdo con las normas industriales (por ejemplo, terminal de acceso, equipo de usuario (EU), terminal remoto, etc.).

En IEEE 802.11, un dispositivo de comunicación puede enviar símbolos piloto a otro dispositivo de comunicación. Los símbolos piloto pueden enviarse usando múltiples flujos espaciales, por ejemplo. Cabe apreciarse que la expresión "símbolo piloto" puede referirse a un "símbolo de aprendizaje" y viceversa. Los símbolos piloto pueden disponerse en una estructura espacio-tiempo que puede representarse como una matriz de Código Espacio-Tiempo (STC) (por ejemplo, matriz de mapeo piloto). Por ejemplo, para varios flujos espacio-tiempo (por ejemplo, flujos espaciales) $N_{STS} = 4$ y para una transmisión de 20 megahertzios (MHz), la matriz de mapeo piloto R de los valores o símbolos piloto se ilustra en la Ecuación (1).

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

5 Los ejemplos adicionales de valores o símbolos piloto Ψ para diferentes números de flujos espacio-tiempo (por ejemplo, flujos espaciales) NSTS de acuerdo con un flujo espacio-tiempo i_{STS} (por ejemplo, número o índice) que pueden usarse de acuerdo con las normas IEEE 802.11 se ilustran en la Tabla 1.

Tabla 1

N_{STS}	i_{STS}	$\Psi_{i_{STS},0}^{(N_{STS})}$	$\Psi_{i_{STS},1}^{(N_{STS})}$	$\Psi_{i_{STS},2}^{(N_{STS})}$	$\Psi_{i_{STS},3}^{(N_{STS})}$
1	1			1	-1
2	1			-1	-1
2	2		-1	-1	1
3	1			-1	-1
3	2		-1	1	-1
3	3	-1		1	-1
4	1			1	-1
4	2			-1	1
4	3		-1	1	1
4	4	-1		1	1

10 En una configuración, puede definirse la matriz de mapeo piloto (por ejemplo, matriz R), donde las filas representan flujos espaciales y las columnas representan símbolos (por ejemplo, símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM)). En la matriz de mapeo piloto ilustrada por la Ecuación (1), por ejemplo, el primer flujo espacial usa un valor o símbolo piloto de "1" para tres símbolos OFDM consecutivos seguido de un valor o símbolo piloto de "-1" en el cuarto símbolo OFDM. Después, este procedimiento puede repetirse. La matriz de mapeo piloto ilustrada en la Ecuación (1) es de rango completo.

15 El rango de una matriz (por ejemplo, una matriz de mapeo piloto) puede definirse como el número de valores singulares no cero (por ejemplo, autovalores) de la matriz. En otras palabras, el rango de la matriz de mapeo piloto puede ser el número de filas o columnas linealmente independientes en la matriz de mapeo piloto. Una matriz puede ser de "rango completo" si su rango es lo más grande posible. En otras palabras, una matriz puede ser de "rango completo" si su rango equivale a su menor dimensión (en número de filas o columnas, por ejemplo). Por ejemplo, la matriz ilustrada en la Ecuación (1) es de rango completo porque su rango de 4 es el mayor rango que posiblemente podría tener. Es decir, tiene un rango de 4 y su menor dimensión (de 4 filas y 4 columnas, por ejemplo) es 4. Una matriz puede ser "deficiente de rango" si su rango es inferior a "rango completo". Por ejemplo, si una matriz tiene un rango que es inferior al máximo rango posible para un matriz de ese tamaño, la matriz es "deficiente de rango". En otras palabras, si el número de valores singulares distintos de cero o el número o filas o columnas linealmente independientes es inferior al número máximo posible de una matriz para ese tamaño, la matriz es "deficiente de rango".

30 Ya que el ejemplo de una matriz de mapeo piloto en la Ecuación (1) es de rango completo, un dispositivo de comunicación de recepción (por ejemplo, un receptor) puede utilizar estos tonos piloto y capturar un 4^o orden completo de diversidad combinando información sobre cuatro símbolos consecutivos (por ejemplo, símbolos OFDM). Sin embargo, puesto que la matriz de mapeo piloto ilustrada en la Ecuación (1) es de rango completo, no hay información que pueda usarse para seguir los errores de fase en un portador de radiofrecuencia (RF) durante un periodo o secuencia de cuatro símbolos piloto (por ejemplo, símbolos OFDM). Esto puede causar un problema, por ejemplo, durante un periodo de aprendizaje (por ejemplo, una parte de un preámbulo en el que hay campos de aprendizaje largos (LTF, *Long Training Field*)). En una configuración, el periodo de aprendizaje puede comprender símbolos de campos de aprendizaje largo y de muy alto rendimiento (VHT-LTF) transmitidos de acuerdo con las normas del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) 802.11ac. Durante este periodo de aprendizaje (por ejemplo, parte del preámbulo), la estimación de canal puede calcularse y puede ser sensible a derivaciones de fase desconocidas no corregidas.

40 Los sistemas y métodos desvelados en el presente documento pueden permitir la modulación y/o el envío de símbolos piloto (con el tiempo, por ejemplo) con alguna diversidad, pero también proporcionan una estructura de tal forma que la fase portadora RF pueda seguirse durante los símbolos ocupados por LTF (por ejemplo, durante el

periodo de aprendizaje). Los sistemas y métodos desvelados en el presente documento describen una matriz de mapeo piloto que comprende un espacio nulo. El espacio nulo puede permitir que un dispositivo de comunicación de recepción (por ejemplo, un receptor) use información durante el periodo de aprendizaje (por ejemplo, durante los LTF) para seguir las desviaciones del portador RF. Los sistemas y métodos desvelados en el presente documento pueden aplicarse a IEEE 802.11ac, por ejemplo.

En una configuración, por ejemplo, una transmisión que usa cuatro flujos espaciales puede usar una matriz de mapeo piloto R como se ilustra en la Ecuación (2).

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

La matriz de mapeo piloto ilustrada en la Ecuación (2) tiene un rango 2. En esta configuración, un dispositivo de comunicación de recepción (por ejemplo, un receptor) únicamente puede ser capaz de capturar diversidad de 2º orden. Sin embargo, los tonos piloto ahora se estructuran de tal forma que la fase portadora RF puede seguirse. Ya que los tonos piloto se repiten cada dos símbolos (por ejemplo, símbolos OFDM), la fase portadora RF puede computarse siguiendo una correlación (por ejemplo, una correlación cruzada) o un diferencial de fase del 1^{er} y 3^{er} símbolos (por ejemplo, símbolos OFDM) o tonos piloto y tomando una correlación (por ejemplo, una correlación cruzada) o diferencial de fase del 2º y 4º símbolos (por ejemplo, símbolos OFDM) o tonos piloto. Este enfoque o diseño de tonos piloto puede aplicarse generalmente, ya que puede usarse cualquier matriz con menos de rango completo para compensar la ganancia de diversidad en el receptor con una estructura disponible para computar la derivación de la fase portadora RF.

Ahora se describen diversas configuraciones con referencia a las figuras, donde los números de referencia similares pueden indicar elementos funcionalmente similares. Los sistemas y métodos que se describen y se ilustran generalmente en las figuras en el presente documento pueden disponerse y diseñarse en una amplia diversidad de configuraciones diferentes. Por lo tanto, la siguiente descripción más detallada de varias configuraciones, como se representa en las figuras, no pretende limitar el alcance, como se reivindica, sino que es simplemente representativa de los sistemas y métodos.

La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración de dispositivos de comunicación 102, 114 en la que los sistemas y métodos para permitir el seguimiento de fase para un dispositivo de comunicación pueden implementarse. Los ejemplos de dispositivos de comunicación 102, 114 incluyen un dispositivo de comunicación inalámbrico, una estación base, un Equipo de Usuario (EU), una estación (STA), un terminal de acceso, un punto de acceso, un router inalámbrico, un ordenador de escritorio, un ordenador portátil, un teléfono inteligente, un teléfono móvil, un asistente digital personal (PDA), un dispositivo tablet, un e-reader, un sistema de juego, etc. Uno o más dispositivos de comunicación "de envío" 102 pueden incluir una o más antenas 110a-b usadas para comunicar con un dispositivo de comunicación "de recepción" 114. El dispositivo de comunicación de recepción 114 puede incluir una o más antenas 112a-b que éste 114 puede usar para comunicar con el dispositivo de comunicación de envío 102 a través de un canal 122. Cabe apreciarse que los dispositivos de comunicación 102, 114 se denominan un dispositivo de comunicación "de envío" 102 y un dispositivo de comunicación "de recepción" 114 con fines de comodidad y facilidad de explicación y no deben limitarse a funciones "de envío" y/o "de recepción". Por ejemplo, el dispositivo de comunicación "de envío" 102 puede recibir adicionalmente o como alternativa señales enviadas por el dispositivo de comunicación "de recepción" 114 y viceversa.

El uno o más dispositivos de comunicación de envío 102 pueden comunicar con el dispositivo de comunicación de recepción 114 usando uno o más flujos espaciales 124. Por ejemplo, los flujos espaciales 124a-d pueden usarse para transportar información o datos entre el uno o más dispositivos de comunicación de envío 102 y el dispositivo de comunicación de recepción 114. Por ejemplo, el uno o más dispositivos de comunicación de envío 102 y/o el dispositivo de comunicación de recepción 114 pueden enviar y/o recibir uno o más símbolos 126 usando el uno o más flujos espaciales 124. Más específicamente, el uno o más dispositivos de comunicación de envío 102 y el dispositivo de comunicación de recepción 114 pueden enviar y/o recibir uno o más símbolos A 126a usando el flujo espacial A 124a, uno o más símbolos B 126b usando el flujo espacial B 124b, uno o más símbolos C 126c usando el flujo espacial C 124c y/o uno o más símbolos D 126d usando el flujo espacial D 124d, etc. Cada flujo espacial 124 puede corresponder a una o más antenas 110, 112. Por ejemplo, el flujo espacial A 124a puede transmitirse desde una antena 110a en el dispositivo de comunicación de envío 102 y recibirse por una antena 112a en el dispositivo de comunicación de recepción 114. En una configuración, uno o más flujos espaciales 124 pueden enviarse y/o recibirse usando múltiples antenas 110, 112 (por ejemplo, un flujo espacial 124 puede mapearse a dos o más antenas 110, 112).

El uno o más dispositivos de comunicación de envío 102 pueden (cada uno) incluir un reloj de dispositivo de comunicación de envío 108. El dispositivo de comunicación de recepción 114 puede incluir un reloj de dispositivo de comunicación de recepción 120. El reloj de dispositivo de comunicación de envío 108 puede usarse por el uno o más dispositivos de comunicación de envío 102 para cronometrar la generación, transmisión de y/o la recepción de los símbolos 126. De forma análoga, el reloj de dispositivo de comunicación de recepción 120 puede usarse por el dispositivo de comunicación de recepción 114 para cronometrar la generación, transmisión de y/o recepción de los símbolos 126. El reloj de dispositivo de comunicación de envío 108 y el reloj de dispositivo de comunicación de recepción 120 pueden no estar sincronizados con precisión. La falta de sincronización precisa entre los relojes 108, 120 puede causar desplazamientos de fase (por ejemplo, ruido de fase) y/o desplazamientos de frecuencia (por ejemplo, errores de frecuencia). Los desplazamientos de fase y/o los desplazamientos de frecuencia pueden causar una degradación de la calidad de comunicación entre el uno o más dispositivos de comunicación de envío 102 y el dispositivo de comunicación de recepción 114.

Los símbolos 126 pueden comprender símbolos piloto, símbolos de datos y/o otros tipos de símbolos. Por ejemplo, los símbolos piloto pueden comprender símbolos que se conocen por el dispositivo de comunicación de recepción 114 de tal forma que el dispositivo de comunicación de recepción 114 puede usarse los símbolos piloto para estimar uno o más desplazamientos de fase. En algunas configuraciones, uno o más pilotos (por ejemplo, un patrón piloto) puede enviarse con un símbolo de datos. El dispositivo de comunicación de recepción 114 puede usar el uno o más desplazamientos de fase para calcular una estimación de canal que puede usarse para desmodular y/o decodificar señales enviadas desde el dispositivo de comunicación de envío 102. Por ejemplo, el dispositivo de comunicación de recepción 114 puede incluir un módulo de reducción de errores de fase y/o frecuencia 116. El módulo de reducción de errores de fase y/o frecuencia 116 puede incluir un módulo de estimación de fase del símbolo 118. El módulo de estimación de fase del símbolo 118 puede usar la matriz de mapeo piloto deficiente de rango B 106b para seguir la fase del símbolo durante un periodo de aprendizaje. El módulo de reducción de errores de fase y/o frecuencia 116 puede usar la fase seguida para calcular una estimación de canal con errores de fase y/o frecuencia reducidos que pueden usarse para desmodular y/o decodificar los símbolos recibidos 126. El módulo de reducción de errores de fase y/o frecuencia 116 y/o el módulo de estimación de fase del símbolo 118 pueden implementarse en software, hardware o una combinación de ambos.

El uno o más dispositivos de comunicación de envío 102 pueden incluir un módulo de generación de símbolos piloto 104. El módulo de generación de símbolos piloto 104 puede implementarse en software, hardware o una combinación de ambos. El módulo de generación de símbolos piloto 104 genera símbolos piloto que se van a enviar al dispositivo de comunicación de recepción 114. Por ejemplo, cada símbolo piloto puede transmitirse o enviarse en uno o más flujos espaciales 124 al dispositivo de comunicación de recepción 114. En una configuración, por ejemplo, el módulo de generación de símbolos piloto 104 puede generar una o más secuencias de símbolos piloto, enviándose o transmitiéndose cada secuencia de símbolos piloto en un flujo espacial diferente 124.

El módulo de generación de símbolos piloto 104 puede generar símbolos piloto que se ajustan una matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106. Por ejemplo, el módulo de generación de símbolos piloto 104 genera una matriz de mapeo piloto deficiente de rango A 106a. La matriz de mapeo piloto deficiente de rango A 106a puede tener un rango que es inferior al número de flujos espaciales 124. Por ejemplo, asumiendo que hay cuatro flujos espaciales 124a-d, la matriz de mapeo piloto deficiente de rango A 106a puede generarse de tal forma que sea de rango 2 o tenga rango 2. El uno o más dispositivos de comunicación de envío 102 pueden enviar o transmitir una matriz de mapeo piloto deficiente de rango A 106a al dispositivo de comunicación de recepción 114. El dispositivo de comunicación de recepción 114 puede recibir la matriz de mapeo piloto deficiente de rango A 106a como matriz de mapeo piloto deficiente de rango B 106b.

Cuando los sistemas y métodos desvelados en el presente documento no se usan, una matriz de mapeo piloto de rango completo permitirá al dispositivo de comunicación de recepción 114 estimar un desplazamiento de fase para cada flujo espacial 124. Sin embargo, la matriz de mapeo piloto de rango completo no puede permitir al dispositivo de comunicación de recepción 114 estimar el desplazamiento de fase durante un periodo de aprendizaje (por ejemplo, durante una secuencia de símbolos piloto o una matriz de mapeo piloto). Por ejemplo, una matriz de mapeo piloto puede comprender una secuencia de símbolos piloto durante un periodo de aprendizaje para un número de flujos espaciales 124. En un ejemplo, el periodo de aprendizaje comprende una secuencia de cuatro símbolos piloto. Asumiendo que hay cuatro flujos espaciales 124, una secuencia de cuatro símbolos piloto se enviará para cada uno de los cuatro flujos espaciales, dando como resultado una matriz de mapeo piloto 4 x 4 que tiene un total de 16 símbolos piloto, donde cada fila corresponde a un flujo espacial 124 y cada columna corresponde a un símbolo o valor piloto. Puesto que una matriz de mapeo piloto de rango completo incluye secuencias piloto que son linealmente independientes, el desplazamiento de fase del símbolo piloto no puede seguirse durante el periodo de aprendizaje. Por ejemplo, el desplazamiento de fase del símbolo piloto únicamente puede computarse una vez para cada matriz de mapeo piloto cuando no se usan los sistemas y métodos desvelados en el presente documento.

La matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106 permite seguir una derivación de fase durante el periodo de aprendizaje. Puesto que la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106 incluye un espacio nulo, un

desplazamiento de fase puede seguirse durante el periodo de aprendizaje. Sin embargo, ya que la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106 es deficiente de rango, no puede computarse un desplazamiento de fase separado para cada uno de (todos) los flujos espaciales 124. En otras palabras, el uso de una matriz de mapeo piloto deficiente de rango cambia la capacidad de estimar desplazamientos de fase para cada uno de los flujos espaciales 124 por la capacidad de estimar desplazamientos de fase durante el periodo de aprendizaje, permitiendo de este modo el seguimiento de fase durante el periodo de aprendizaje. Por ejemplo, la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106 permite que conjuntos (por ejemplo, conjuntos idénticos) de símbolos piloto se repitan durante el periodo de aprendizaje. El módulo de estimación de fase del símbolo 118 puede computar una correlación cruzada o fase delta del conjunto original (o primero) de símbolos piloto y el conjunto repetido de símbolos piloto durante el periodo de aprendizaje, permitiendo de este modo el seguimiento de la fase portadora RF durante el periodo de aprendizaje. La fase seguida del portador RF puede usarse por el módulo de reducción de errores de fase y/o frecuencia 116 para reducir los errores de fase y/o frecuencia. Por ejemplo, la fase portadora RF seguida puede usarse para calcular una estimación de canal con errores de fase y/o frecuencia reducidos. El dispositivo de comunicación de recepción 114 puede usar esta estimación de canal (con errores de fase y/o frecuencia reducidos) para desmodular y/o decodificar los símbolos recibidos 126.

En una configuración, los desplazamientos de fase y frecuencia pueden ilustrarse como se indica a continuación. Se supone que se transmite una señal $x(t)$, donde " t " es el tiempo. Puesto que los osciladores locales (LO) (por ejemplo, el reloj de dispositivo de comunicación de envío 108 y el reloj de dispositivo de comunicación de recepción 120) en el transmisor (por ejemplo, el dispositivo de comunicación de envío 102) y en el receptor (por ejemplo, el dispositivo de comunicación de recepción 114) pueden ser diferentes, la señal recibida puede escribirse como $y(t) = x(t) \cdot \exp(j\theta(t)) \cdot \exp(j2\pi\Delta_f t)$, donde Δ_f es el desplazamiento de frecuencia y $\theta(t)$ es un desplazamiento de fase variable en el tiempo.

La figura 2 es un diagrama que ilustra un ejemplo de un periodo de aprendizaje y/o un periodo de estimación de canal 444. Un periodo de aprendizaje 444 puede estar en un intervalo de tiempo 446 en el que se reciben varios símbolos de aprendizaje. En una configuración, el periodo de aprendizaje 444 puede comprender símbolos de campos de aprendizaje largo y de muy alto rendimiento (VHT-LTF) transmitidos de acuerdo con las normas del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) 802.11ac. Una estimación de canal puede generarse durante el periodo de aprendizaje y/o estimación de canal 444. Los símbolos recibidos durante el periodo de aprendizaje 444 pueden ser símbolos de aprendizaje largos o comprender campos de aprendizaje largos (LTF), por ejemplo. Un conjunto de símbolos para múltiples flujos espaciales puede recibirse por un dispositivo de comunicación de recepción 114 en cada receptor de símbolos 448. Por ejemplo, puede recibirse un conjunto de cuatro símbolos piloto correspondientes a cuatro flujos espaciales en el receptor de símbolos A 448a, el receptor de símbolos B 448b, el receptor de símbolos C 448c y el receptor de símbolos D 448d. Por lo tanto, puede recibirse un total de 16 símbolos piloto que comprenden una matriz de mapeo piloto durante el periodo de aprendizaje 444.

Cuando los sistemas y métodos desvelados en el presente documento no se usan, la matriz de mapeo piloto puede ser de rango completo. En otras palabras, cada secuencia de símbolos piloto tiene un valor singular (por ejemplo, un autovalor) mayor de cero, o cada secuencia de símbolos piloto es linealmente independiente. En ese caso, el dispositivo de comunicación de recepción 114 es capaz de estimar un desplazamiento de fase separado para cada flujo espacial. Sin embargo, en este caso, el dispositivo de comunicación de recepción 114 puede no ser capaz de seguir los desplazamientos de fase (por ejemplo, derivación de fase) durante el periodo de aprendizaje y/o estimación de canal 444. Por ejemplo, el dispositivo de comunicación de recepción 114 tendrá que usar estimaciones de fase obtenidas antes del periodo de aprendizaje y/o estimación de canal 444 para determinar una estimación de fase para su uso en la determinación de la estimación de canal. Por lo tanto, en este caso, el dispositivo de comunicación de recepción 114 es incapaz de determinar una estimación de fase basándose en los símbolos piloto recibidos durante el periodo de aprendizaje actual 444.

De acuerdo con los sistemas y métodos desvelados en el presente documento, sin embargo, el dispositivo de comunicación de recepción 114 puede ser capaz de determinar una estimación de fase durante el periodo de aprendizaje y/o estimación de canal 444 para su uso en la determinación de una estimación de canal. Por ejemplo, la matriz de mapeo piloto 106 compuesta por los conjuntos de símbolos piloto recibidos en el receptor de símbolos A 448a, B 448b, C 448c y D 448d puede ser una matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106. Por lo tanto, el número de secuencias piloto que tienen un valor singular distinto de cero (por ejemplo, un autovalor) o que son linealmente independientes es inferior al número de flujos espaciales. La matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106, por ejemplo, puede incluir uno o más conjuntos repetidos de los mismos (por ejemplo, idénticos) símbolos piloto. El conjunto original y el conjunto repetido de símbolos piloto pueden relacionarse conjuntamente con el fin de obtener una estimación de fase. Por ejemplo, puede computarse una fase delta entre el conjunto original y repetido de símbolos piloto. La estimación de fase puede indicar una derivación de fase entre el conjunto original y repetido de símbolos piloto. Por lo tanto, el dispositivo de comunicación de recepción 114 puede determinar una estimación de fase durante el periodo de aprendizaje 444. Esta estimación de fase puede usarse para determinar una estimación de canal. Usando este enfoque, la estimación de fase puede determinarse durante el periodo de aprendizaje 444, lo que puede reducir los desplazamientos de fase y/o frecuencia. Por lo tanto, el dispositivo de comunicación de recepción 114 puede usar una estimación de canal con desplazamientos de fase y/o de frecuencia

reducidos para desmodular y/o decodificar los símbolos recibidos (por ejemplo, símbolos de datos). Este enfoque puede mejorar el rendimiento de la comunicación. Sin embargo, cabe apreciarse que durante el uso de una matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106, el dispositivo de comunicación de recepción 114 puede no ser capaz de determinar un desplazamiento de fase individual para cada flujo espacial 124.

5 La figura 3 es un diagrama que ilustra una estimación de fase 552. Usando los sistemas y métodos desvelados en el presente documento, un dispositivo de comunicación de recepción 114 puede usar una matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106 para determinar una estimación de fase 552 durante un periodo de aprendizaje 444. Más específicamente, la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106 puede permitir que uno o más conjuntos repetidos de símbolos piloto se envíen y/o se reciban durante el periodo de aprendizaje 444. Por ejemplo, una estimación de fase entre dos símbolos de estimación de canal es la misma que la derivación de fase entre los dos símbolos.

15 Por ejemplo, un conjunto de símbolos piloto con valores piloto particulares puede recibirse en el receptor de símbolos A 448a y después puede recibirse un conjunto repetido de símbolos piloto con los mismos valores piloto en el receptor de símbolos C 448c. Puesto que el conjunto original de símbolos piloto en el receptor de símbolos A 448a y el conjunto repetido de símbolos piloto en el receptor de símbolos C 448c tienen los mismos valores piloto, el dispositivo de comunicación de recepción 114 puede determinar una correlación o fase delta entre ellos con el fin de obtener una estimación de fase 552. Por ejemplo, puede determinarse el desplazamiento de fase A 550a correspondiente al conjunto original de símbolos piloto recibidos en el receptor de símbolos A 448a. El desplazamiento de fase B 550b correspondiente al conjunto repetido de símbolos piloto recibidos en el receptor de símbolos C 448c también puede determinarse. Después, el dispositivo de comunicación de recepción 114 puede determinar una correlación o fase delta entre los símbolos piloto originales y repetidos con el fin de obtener la estimación de fase 552.

25 Pueden usarse pares o múltiplos adicionales o alternativos de conjuntos de símbolos repetidos para determinar las estimaciones de fase 552. Por ejemplo, el conjunto de símbolos piloto enviado y/o recibido en el receptor de símbolos B 448b puede repetirse en el receptor de símbolos D 448d. Puede usarse un procedimiento similar al que se ha descrito anteriormente para determinar una estimación de fase 552. En otra configuración, puede usarse un orden diferente de conjuntos repetidos de símbolos piloto. Por ejemplo, los símbolos piloto recibidos en el receptor de símbolos A 448a y los recibidos en el receptor de símbolos B 448b pueden ser iguales (por ejemplo, idénticos) y, por lo tanto, pueden usarse para obtener una estimación de fase. Adicionalmente, o como alternativa, los símbolos piloto recibidos en el receptor de símbolos C 448c y D 448d pueden ser iguales. En otras configuraciones, pueden usarse otros pares o múltiplos de conjuntos repetidos de símbolos. Por ejemplo, los conjuntos de símbolos recibidos en el receptor de símbolos A 448a y D 448a pueden ser iguales, mientras que los recibidos en B 448b y C 448c pueden ser iguales. Pueden utilizarse otras configuraciones, dependiendo del número de símbolos piloto en una secuencia y/o el número de flujos espaciales. Cabe apreciarse que los términos "iguales" y/o "idénticos", cuando se usan para describir símbolos piloto o conjuntos de símbolos piloto, significan que los valores o símbolos piloto, pero no necesariamente las fases de los símbolos piloto, son iguales o idénticos.

40 La figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra una configuración de un método 600 para permitir el seguimiento de fase para un dispositivo de comunicación. Un dispositivo de comunicación de envío 102 puede generar 602 una pluralidad de símbolos piloto. Los símbolos piloto pueden ajustarse a una matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106. Por ejemplo, el dispositivo de comunicación de envío 102 puede generar una secuencia de símbolos piloto para cada flujo espacial 124. Las secuencias de símbolos piloto para cada flujo espacial pueden comprender la matriz de mapeo piloto 106. La matriz de mapeo piloto 106 puede ser deficiente de rango. Por ejemplo, el número de secuencias de símbolos piloto generadas 602 que tienen valores singulares distintos de cero (por ejemplo, autovalores) o el número de secuencias de símbolos piloto generadas 602 que son linealmente independientes son menores que el número de flujos espaciales 124.

50 En una configuración, la matriz de mapeo piloto deficiente de rango puede ser una matriz R, donde cada fila corresponde a símbolos piloto transmitidos en un flujo espacial diferente y cada columna corresponde a símbolos piloto transmitidos en diferentes símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM). En un ejemplo, una matriz de mapeo piloto deficiente de rango para cuatro flujos espaciales y cuatro símbolos OFDM

es
$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$
. En otro ejemplo, una matriz de mapeo piloto deficiente de rango para seis flujos espaciales y

seis símbolos OFDM es
$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$
.

En otro ejemplo más, una matriz de mapeo piloto deficiente de

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

rango para ocho flujos espaciales y ocho símbolos OFDM es

5 El dispositivo de comunicación de envío 102 puede enviar o transmitir 604 la pluralidad de símbolos piloto (por ejemplo, "símbolos de aprendizaje") a un dispositivo de comunicación de recepción 114. Por ejemplo, el dispositivo de comunicación de envío 102 puede transmitir los símbolos piloto en una secuencia y en los flujos espaciales correspondientes. Por ejemplo, una primera secuencia de símbolos piloto puede transmitirse usando una o más antenas 110a-b en un primer flujo espacial. También puede transmitirse una segunda secuencia de símbolos piloto usando una o más antenas 110a-b en un segundo flujo espacial y así sucesivamente. En una configuración, los
10 símbolos piloto (o "símbolos de aprendizaje") pueden ser símbolos piloto de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM). Adicionalmente, o como alternativa, en una configuración, los símbolos piloto pueden transmitirse en tonos reservados para tonos piloto en campos de aprendizaje largo y de muy alto rendimiento (VHT-LTF) (de acuerdo con las normas del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) 802.11ac, por ejemplo). Como se ha analizado anteriormente, el dispositivo de comunicación de recepción 114
15 puede estimar un canal con desplazamientos de fase y/o de frecuencia reducidos basándose en los símbolos piloto que se ajustan a una matriz de mapeo deficiente de rango. Este procedimiento puede producirse durante un periodo de aprendizaje, por ejemplo.

20 El dispositivo de comunicación de envío 102 puede enviar o transmitir 606 datos (por ejemplo, símbolos de datos) al dispositivo de comunicación de recepción 114. Por ejemplo, el dispositivo de comunicación de envío 102 puede transmitir datos (por ejemplo, símbolos de datos) al dispositivo de comunicación de recepción 114. El dispositivo de comunicación de recepción 114 puede usar la estimación de canal basándose en los símbolos piloto para desmodular y/o decodificar los datos enviados 606 (por ejemplo, símbolos de datos). Los símbolos de datos pueden ser símbolos de datos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM).
25

La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra una configuración más específica de un método 700 para permitir el seguimiento de fase para un dispositivo de comunicación. Por ejemplo, la figura 5 ilustra un método 700 similar al método 600 ilustrado en la figura 4, pero con más detalle. Un dispositivo de comunicación de envío 102 o un dispositivo de comunicación inalámbrico 102 pueden generar 702 una secuencia de símbolos piloto OFDM para cada una de una pluralidad de flujos espaciales. Los ejemplos de dispositivos de comunicación inalámbricos incluyen estaciones (STA), terminales de acceso, teléfonos móviles, teléfonos inteligentes, ordenadores portátiles, módems inalámbricos, e-readers, asistentes digitales personales (PDA), sistemas de juego, etc. Los símbolos piloto OFDM pueden comprender y/o ajustarse a una matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106. Por ejemplo, el número de secuencias de símbolos piloto OFDM generadas 702 que tienen valores singulares distintos de cero (por ejemplo, autovalores) o el número de secuencias de símbolos piloto OFDM generadas 702 que son linealmente independientes son menores que el número de flujos espaciales 124. Una secuencia de símbolos piloto (por ejemplo, símbolos piloto OFDM) puede corresponder a una fila en la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106.
30
35

Un conjunto de símbolos piloto puede corresponder a una columna de la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106. Por ejemplo, un conjunto de símbolos piloto puede comprender símbolos piloto en diferentes flujos espaciales que pueden enviarse concurrentemente. Como se usa en el presente documento, "concurrentemente" puede significar al mismo tiempo y/o aproximadamente el mismo tiempo, pero no necesariamente puede significar en
40

exactamente el mismo tiempo. Por ejemplo, pueden enviarse símbolos piloto en un conjunto de símbolos piloto en diferentes flujos espaciales en aproximadamente el mismo tiempo.

5 La matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106 puede incluir al menos un par (o múltiplos) de conjuntos de símbolos piloto OFDM idénticos. Por ejemplo, puede enviarse un conjunto original de símbolos piloto OFDM (correspondiente a una columna en la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106, por ejemplo) o valores. Después, puede enviarse posteriormente un conjunto repetido de símbolos o valores piloto OFDM. El al menos un par de conjuntos de símbolos piloto OFDM "idénticos" pueden tener los mismos valores de símbolos piloto OFDM. Los pares o múltiplos adicionales de conjuntos de símbolos piloto OFDM idénticos pueden comprender la matriz de mapeo piloto deficiente de rango.

15 El uno o más pares o múltiplos de conjuntos de símbolos piloto OFDM idénticos pueden disponerse en una diversidad de formas. Por ejemplo, se asume que hay 8 columnas de conjuntos de símbolos piloto en la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106 con 4 conjuntos únicos: conjunto A, conjunto B, conjunto C y conjunto D. En una disposición, los pares se disponen de tal forma que las columnas están en una secuencia: ABCDABCD. En otra disposición, los pares idénticos limitan entre sí en una secuencia: A A B B C C D D. Pueden hacerse muchas otras disposiciones, tales como la secuencia: ABABCD, etc.

20 El dispositivo de comunicación inalámbrico 102 puede enviar o transmitir 704 cada secuencia de símbolos piloto OFDM en un flujo espacial correspondiente a una estación base 114 durante un periodo de aprendizaje. Una estación base 114 puede ser un ejemplo de un dispositivo de comunicación de recepción 114. Los ejemplos de estaciones base 114 incluyen puntos de acceso, routers inalámbricos, estaciones base de teléfonos móviles, etc. Cada secuencia de símbolos piloto OFDM generada 702 en la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106 puede corresponder a un flujo espacial. Cada secuencia de símbolos piloto OFDM puede enviarse 704 a la estación base en su flujo espacial correspondiente. Por ejemplo, cada secuencia de símbolos piloto OFDM puede enviarse usando una o más antenas 110a-b. La secuencia de símbolos piloto (por ejemplo, símbolos piloto OFDM) puede enviarse 704 (por ejemplo, transmitirse) durante un periodo de aprendizaje 444, durante el cual puede determinarse una estimación de canal por el dispositivo de comunicación de recepción 114. Más específicamente, el dispositivo de comunicación de recepción 114 puede usar los símbolos piloto OFDM para determinar una o más estimaciones de fase. La una o más estimaciones de fase pueden usarse para determinar una estimación de canal con desplazamientos de fase y/o de frecuencia reducidos.

35 El dispositivo de comunicación inalámbrico 102 puede enviar o transmitir 706 datos (por ejemplo, símbolos de datos) a la estación base (por ejemplo, dispositivo de comunicación de recepción 114). Por ejemplo, el dispositivo de comunicación inalámbrico 102 puede transmitir símbolos de datos a la estación base usando una o más antenas 110a-b. La estación base (por ejemplo, dispositivo de comunicación de recepción) 114 puede usar la estimación de canal basándose en los símbolos piloto OFDM para desmodular y/o decodificar los datos enviados 706 (por ejemplo, símbolos de datos).

40 La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra una configuración de un método 800 para el seguimiento de la fase portadora. Un dispositivo de comunicación de recepción 114 puede descubrir 802 uno o más dispositivos de comunicación de envío 102. Por ejemplo, el dispositivo de comunicación de recepción 114 puede recibir un mensaje o símbolo de un dispositivo de comunicación de envío 102 que indica un intento de comunicar con el dispositivo de comunicación de recepción 114. El dispositivo de comunicación de recepción 114 puede recibir 804 una pluralidad de símbolos piloto del uno o más dispositivos de comunicación de envío 102. Los símbolos piloto pueden ajustarse a una matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106. Por ejemplo, los símbolos piloto pueden recibirse 804 usando una pluralidad de flujos espaciales 124. Cada fila de la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106 puede corresponder a uno de los flujos espaciales 124 (por ejemplo, una secuencia de símbolos piloto recibidos en uno de los flujos espaciales 124). Cada columna de la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106 puede corresponder a un símbolo piloto o un conjunto de símbolos piloto (o valores). El número de filas (por ejemplo, secuencias de símbolos piloto) que tienen valores singulares distintos de cero (por ejemplo, autovalores) o que son linealmente independientes puede ser inferior al número de flujos espaciales o columnas, indicando una matriz de mapeo piloto que es deficiente de rango o menor de rango completo.

55 El dispositivo de comunicación de recepción 114 puede determinar 806 una o más estimaciones de fase basándose en los símbolos piloto. Por ejemplo, la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106 puede incluir símbolos piloto repetidos. En una matriz de mapeo piloto deficiente de rango 4 x 4 106, por ejemplo, el 1^{er} y 3^{er} símbolos piloto (por ejemplo, 1^{er} y 3^{er} conjuntos o columnas) pueden ser iguales. Adicionalmente, o como alternativa, el 2^o y 4^o símbolos piloto (por ejemplo, 2^o y 4^o conjuntos o columnas) pueden ser iguales. El dispositivo de comunicación de recepción 114 puede determinar una correlación (por ejemplo, correlación cruzada) o diferencial de fase de los símbolos piloto originales y repetidos para determinar 806 la estimación de fase. Continuando el ejemplo de la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 4 x 4 106, el dispositivo de comunicación de recepción 114 puede determinar una correlación (por ejemplo, correlación cruzada) o diferencial de fase entre el 1^{er} y 3^{er} símbolos piloto (por ejemplo, 1^{er} y 3^{er} conjuntos o columnas) y entre el 2^o y 4^o símbolos piloto (por ejemplo, 2^o y 4^o conjuntos o columnas) para determinar 806 una o más estimaciones de fase. En otro ejemplo, la estimación de fase puede determinarse 806

basándose en símbolos piloto idénticos que se transmiten en todos los flujos espaciales pero a través de diferentes símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM). Determinar 806 una o más estimaciones de fase 806 durante el periodo de aprendizaje 444 puede reducir los desplazamientos de fase y/o frecuencia, por ejemplo. En una configuración, el periodo de aprendizaje 444 puede comprender símbolos de campos de aprendizaje largo y de muy alto rendimiento (VHT-LTF) transmitidos de acuerdo con las normas del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) 802.11ac.

El dispositivo de comunicación de recepción 114 puede estimar 808 un canal basándose en la una o más estimaciones de fase y/o los símbolos piloto (por ejemplo, "símbolos de aprendizaje"). Por ejemplo, el dispositivo de comunicación de recepción 114 puede usar la una o más estimaciones de fase y/o símbolos piloto para obtener una estimación de canal. La estimación de canal puede ser más precisa (por ejemplo, con desplazamientos de fase y/o de frecuencia reducidos), ya que se basa en la una o más estimaciones de fase que pueden ser más precisas (por ejemplo, con desplazamientos de fase y/o de frecuencia reducidos). La una o más estimaciones de fase pueden ser más precisas, ya que se determinaron durante o basándose en los símbolos recibidos durante un periodo de aprendizaje 444. Por ejemplo, el canal puede estimarse 808 durante el periodo de aprendizaje 444. En una configuración, el periodo de aprendizaje 444 puede comprender símbolos de campos de aprendizaje largo y de muy alto rendimiento (VHT-LTF) transmitidos de acuerdo con las normas del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) 802.11ac. El dispositivo de comunicación de recepción 114 puede recibir 810 datos del uno o más dispositivos de comunicación de envío 102, usando la estimación de canal para desmodular y/o decodificar los símbolos recibidos (por ejemplo, símbolos de datos).

La figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra una configuración más específica de un método 900 para el seguimiento de la fase portadora. Por ejemplo, la figura 7 ilustra un método 900 similar al método 800 ilustrado en la figura 6, pero con más detalle. Una estación base 114 puede descubrir 902 uno o más dispositivos de comunicación inalámbricos 102. Por ejemplo, la estación base 114 puede recibir un mensaje o símbolo de un dispositivo de comunicación inalámbrico 102 que indica un intento de comunicar con la estación base 114. Los ejemplos de estaciones base 114 incluyen puntos de acceso, estaciones base de telefonía móvil, routers inalámbricos, etc. La estación base 114 puede recibir 904 una pluralidad de símbolos piloto OFDM del uno o más dispositivos de comunicación inalámbricos 102. Los símbolos piloto OFDM pueden ajustarse a una matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106 con al menos un par de símbolos piloto OFDM idénticos (o múltiplos de símbolos piloto OFDM idénticos, por ejemplo). Por ejemplo, pueden recibirse los símbolos piloto OFDM 904 usando una pluralidad de flujos espaciales 124. Cada fila de la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106 puede corresponder a uno de los flujos espaciales 124 (por ejemplo, una secuencia de símbolos piloto OFDM recibidos en uno de los flujos espaciales 124). Cada columna de la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106 puede corresponder a un símbolo piloto o un conjunto de símbolos piloto. Al menos un par de símbolos piloto OFDM (por ejemplo, conjuntos de símbolos piloto OFDM o columnas) pueden ser iguales o tienen los mismos valores de los símbolos piloto. El número de filas (por ejemplo, secuencias de símbolos piloto OFDM) que tienen valores singulares distintos de cero (por ejemplo, autovalores) o que son linealmente independientes puede ser menor que el número de flujos espaciales o columnas, indicando una matriz de mapeo piloto que es deficiente de rango o menor de rango completo.

La estación base 114 puede determinar 906 una o más estimaciones de fase basándose en el al menos un par de símbolos piloto OFDM idénticos. Por ejemplo, la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 106 puede incluir al menos un conjunto símbolos piloto OFDM repetidos. En una matriz de mapeo piloto deficiente de rango 4×4 106, por ejemplo, el 1^{er} y 3^{er} símbolos piloto (por ejemplo, 1^{er} y 3^{er} conjuntos o columnas) pueden ser iguales. Adicionalmente, o como alternativa, el 2^o y 4^o símbolos piloto (por ejemplo, 2^o y 4^o conjuntos o columnas) pueden ser iguales. La estación base 114 puede determinar una correlación (por ejemplo, correlación cruzada) o diferencial de fase de los símbolos piloto OFDM originales y repetidos (o conjuntos de símbolos piloto) para determinar 906 la estimación de fase. Continuando el ejemplo de la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 4×4 106, la estación base 114 puede determinar una correlación (por ejemplo, correlación cruzada) o diferencial de fase entre el 1^{er} y 3^{er} símbolos piloto (por ejemplo, 1^{er} y 3^{er} conjuntos o columnas) y entre el 2^o y 4^o símbolos piloto (por ejemplo, 2^o y 4^o conjuntos o columnas) para determinar 906 una o más estimaciones de fase. La determinación 906 de una o más estimaciones de fase durante el periodo de aprendizaje 444 puede reducir los desplazamientos de fase y/o frecuencia, por ejemplo. Es decir, la una o más estimaciones de fase pueden determinarse durante un periodo de aprendizaje 444 o pueden determinarse basándose en los símbolos piloto recibidos durante el periodo de aprendizaje 444.

La estación base 114 puede estimar 908 un canal basado en la una o más estimaciones de fase. Por ejemplo, la estación base 114 puede usar la una o más estimaciones de fase para obtener una estimación de canal. La estimación de canal puede ser más precisa (por ejemplo, con desplazamientos de fase y/o de frecuencia reducidos), ya que se basa en la una o más estimaciones de fase que pueden ser más precisas (por ejemplo, con desplazamientos de fase y/o de frecuencia reducidos). La una o más estimaciones de fase pueden ser más precisas, ya que se determinaron durante o basándose en los símbolos recibidos durante un periodo de aprendizaje 444. La estación base 114 puede recibir 910 datos del uno o más dispositivos de comunicación inalámbricos 102, usando la estimación de canal para desmodular y/o decodificar los símbolos recibidos (por ejemplo, símbolos de datos).

La figura 8 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una matriz de mapeo piloto de rango completo 1054. En este ejemplo, la matriz de mapeo piloto de rango completo 1054 incluye las secuencias de símbolos piloto A 1056a, B 1056b, C 1056c y D 1056d. La matriz de mapeo piloto de rango completo 1054 también incluye los conjuntos de símbolos piloto (por ejemplo, columnas) A 1058a, B 1058b, C 1058c y D 1058d. La matriz de mapeo piloto de rango completo 1054 puede enviarse y/o recibirse durante un periodo de aprendizaje 444. Como se ilustra, cada secuencia de símbolos piloto 1056a-d corresponde a una fila de la matriz de mapeo piloto de rango completo 1054. Cada secuencia de símbolos piloto 1056a-d también puede corresponder a un flujo espacial 124. En la matriz de mapeo piloto de rango completo 1054, cada secuencia de símbolos piloto 1056a-d tiene un valor singular distinto de cero (por ejemplo, un autovalor) y/o es linealmente independiente, lo que indica un rango 4. Puesto que el rango es tan grande como puede ser posible en una matriz 4 x 4, la matriz de mapeo piloto 1054 es de rango completo. Por ejemplo, puesto que el rango (por ejemplo, 4) es igual al número de flujos espaciales (por ejemplo, 4), que corresponden a las secuencias de símbolos piloto 1056a-d, la matriz de mapeo piloto 1054 es de rango completo.

Cuando los sistemas y métodos desvelados en el presente documento no se usan, por ejemplo, la matriz de mapeo piloto de rango completo 1054 puede permitir que un dispositivo de comunicación de recepción (por ejemplo, estación base, punto de acceso, etc.) compute una fase (por ejemplo, desplazamiento de fase) para todos los flujos espaciales (correspondientes a las secuencias de símbolos piloto 1056a-d). Puesto que cada uno de los conjuntos de símbolos piloto 1058a-d es diferente, sin embargo, un conjunto de símbolos piloto 1058 no puede compararse fácilmente con otro conjunto de símbolos piloto 1058 con el fin de determinar una derivación de fase o la estimación de fase durante el periodo de aprendizaje 444.

La figura 9 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1160 que puede usarse de acuerdo con los sistemas y métodos desvelados en el presente documento. En este ejemplo, la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1160 incluye las secuencias de símbolos piloto A 1162a, B 1162b, C 1162c y D 1162d. La matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1160 también incluye los conjuntos de símbolos piloto (por ejemplo, columnas) A 1164a, B 1164b, C 1164c y D 1164d. La matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1160 puede enviarse y/o recibirse durante un periodo de aprendizaje 444. Como se ilustra, cada secuencia de símbolos piloto 1162a-d corresponde a una fila de la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1160. Cada secuencia de símbolos piloto 1162a-d también puede corresponder a un flujo espacial 124. En la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1160, una o más de las secuencias de símbolos piloto 1162a-d pueden no tener un valor singular distinto de cero (por ejemplo, un autovalor) y/o pueden no ser linealmente independientes. En el ejemplo ilustrado en la figura 9, la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1160 es de rango 2. Puesto que el rango no es tan grande como podría ser posible en una matriz 4 x 4, la matriz de mapeo piloto 1160 es deficiente de rango. Por ejemplo, ya que el rango (por ejemplo, 2) es menor que el número de flujos espaciales (por ejemplo, 4), que corresponden a las secuencias de símbolos piloto 1162a-d, la matriz de mapeo piloto 1160 es deficiente de rango.

De acuerdo con los sistemas y métodos desvelados en el presente documento, por ejemplo, la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1160 puede permitir a un dispositivo de comunicación de recepción (por ejemplo, estación base, punto de acceso, etc.) 114 determinar una o más derivaciones de fase y/o estimaciones de fase durante el periodo de aprendizaje 444. Como se ilustra en la figura 9, el conjunto de símbolos piloto A 1164a y el conjunto de símbolos piloto C 1164c son los símbolos piloto idénticos A 1166a. Además, el conjunto de símbolos piloto B 1164b y el conjunto de símbolos piloto D 1164d son los símbolos piloto idénticos B 1166b. En otras palabras, el conjunto de símbolos piloto A 1164a y C 1164c son un par de símbolos piloto idénticos A 1166a (con los mismos valores piloto) y el conjunto de símbolos piloto B 1164b y D 1164d son un par de símbolos piloto idénticos B 1166b (con los mismos valores piloto).

Un dispositivo de comunicación de recepción 114 puede usar pares (o múltiples, por ejemplo) de símbolos piloto idénticos 1166 para determinar una o más estimaciones de fase. Por ejemplo, el dispositivo de comunicación de recepción 114 puede usar el par de símbolos piloto idénticos A 1166a para determinar una o más estimaciones de fase. Más específicamente, el dispositivo de comunicación de recepción 114 puede determinar una correlación (por ejemplo, correlación cruzada) o un diferencial de fase entre el conjunto de símbolos piloto A 1164a y el conjunto de símbolos piloto C 1164c para determinar una estimación de fase. El dispositivo de comunicación de recepción 114 también puede determinar una correlación (por ejemplo, correlación cruzada) o un diferencial de fase entre el conjunto de símbolos piloto B 1164b y el conjunto de símbolos piloto C 1164c (por ejemplo, símbolos piloto idénticos B 1166b) para determinar una o más estimaciones de fase.

Más generalmente, cuando la matriz de mapeo piloto (por ejemplo, matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1160) incluye símbolos piloto repetidos (por ejemplo, conjuntos de símbolos piloto 1164), la fase de los símbolos piloto repetidos puede compararse con la fase de los símbolos piloto originales (usando una correlación o un diferencial de fase, por ejemplo) con el fin de determinar una estimación de fase. Sin embargo, ya que la matriz de mapeo piloto 1160 es deficiente de rango, un dispositivo de comunicación de recepción 114 puede no determinar una fase (por ejemplo, desplazamiento de fase) para cada uno de los flujos espaciales (correspondientes a las secuencias de símbolos piloto 1162a-d). Por ejemplo, la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1160 ilustrada en la figura 9 es de rango 2 y, por lo tanto, únicamente pueden determinarse dos estimaciones de fase independientes (en lugar de cuatro para una matriz de mapeo piloto de rango completo 1054, por ejemplo).

La figura 10 es un diagrama que ilustra otro ejemplo de una matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1260 que puede usarse de acuerdo con los sistemas y métodos desvelados en el presente documento. En este ejemplo, la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1260 incluye las secuencias de símbolos piloto A 1262a, B 1262b, C 1262c, D 1262d, E 1262e, F 1262f, G 1262g y H 1262h. La matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1260 también incluye los conjuntos de símbolos piloto (por ejemplo, columnas) A 1264a, B 1264b, C 1264c, D 1264d, E 1264e, F 1264f, G 1264g y H 1264h. La matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1260 puede enviarse y/o recibirse durante un periodo de aprendizaje. Como se ilustra, cada secuencia de símbolos piloto 1262a-h corresponde a una fila de la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1260. Cada secuencia de símbolos piloto 1262a-h también puede corresponder a un flujo espacial 124. En la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1260, una o más de las secuencias de símbolos piloto 1262a-h pueden no tener un valor singular distinto de cero (por ejemplo, un autovalor) y/o pueden no ser linealmente independientes. Puesto que el rango no es tan grande como podría ser posible en una matriz 8 x 8, la matriz de mapeo piloto 1260 es deficiente de rango. Por ejemplo, ya que el rango es menor que el número de flujos espaciales, que corresponden a las secuencias de símbolos piloto 1262a-h, la matriz de mapeo piloto 1260 es deficiente de rango.

De acuerdo con los sistemas y métodos desvelados en el presente documento, por ejemplo, la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1260 puede permitir a un dispositivo de comunicación de recepción (por ejemplo, estación base, punto de acceso, etc.) 114 determinar una o más derivaciones de fase y/o estimaciones de fase durante el periodo de aprendizaje. Como se ilustra en la figura 10, el conjunto de símbolos piloto A 1264a y el conjunto de símbolos piloto E 1264e son los símbolos piloto idénticos A 1266a. Además, el conjunto de símbolos piloto B 1264b y el conjunto de símbolos piloto F 1264f, el conjunto de símbolos piloto C 1264c y el conjunto de símbolos piloto G 1264g y el conjunto de símbolos piloto D 1264d y el conjunto de símbolos piloto H 1264h son respectivamente los símbolos piloto idénticos B 1266b, C 1266c y D 1266d. En otras palabras, los conjuntos de símbolos piloto A 1264a y E 1264e, B 1264b y F 1264f, C 1264c y G 1264g y D 1264d y H 1264h son respectivamente los pares de símbolos piloto idénticos A 1266a, B 1266b, C 1266c y D 1266d.

Un dispositivo de comunicación de recepción 114 puede usar pares (o múltiplos, por ejemplo) de símbolos piloto idénticos 1266 para determinar una o más estimaciones de fase. Por ejemplo, el dispositivo de comunicación de recepción 114 puede usar el par de símbolos piloto idénticos A 1266a para determinar una o más estimaciones de fase. Más específicamente, el dispositivo de comunicación de recepción 114 puede determinar una correlación (por ejemplo, correlación cruzada) o un diferencial de fase entre el conjunto de símbolos piloto A 1264a y el conjunto de símbolos piloto E 1264e para determinar una estimación de fase. El dispositivo de comunicación de recepción 114 también puede determinar una correlación (por ejemplo, correlación cruzada) o un diferencial de fase entre los conjuntos de símbolos piloto B 1264b y F 1264f, C 1264c y G 1264g y D 1264d y H 1264h para determinar una o más estimaciones de fase.

Más generalmente, cuando la matriz de mapeo piloto (por ejemplo, matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1260) incluye símbolos piloto repetidos (por ejemplo, conjuntos de símbolos piloto 1264), la fase de los símbolos piloto repetidos puede compararse con la fase de los símbolos piloto originales (usando una correlación o un diferencial de fase, por ejemplo) con el fin de determinar una estimación de fase. Sin embargo, ya que la matriz de mapeo piloto 1260 es deficiente de rango, un dispositivo de comunicación de recepción 114 puede no determinar una fase (por ejemplo, desplazamiento de fase) para cada uno de los flujos espaciales (correspondientes a las secuencias de símbolos piloto 1262ah). Por ejemplo, la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1260 ilustrada en la figura 10 es de rango 4 y, por lo tanto, únicamente pueden determinarse cuatro estimaciones de fase independientes (en lugar de ocho para una matriz de mapeo piloto de rango completo, por ejemplo).

La figura 11 es un diagrama que ilustra otro ejemplo de una matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1360 que puede usarse de acuerdo con los sistemas y métodos desvelados en el presente documento. En este ejemplo, la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1360 incluye las secuencias de símbolos piloto A 1362a, B 1362b, C 1362c, D 1362d, E 1362e, F 1362f, G 1362g y H 1362h. La matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1360 también incluye los conjuntos de símbolos piloto (por ejemplo, columnas) A 1364a, B 1364b, C 1364c, D 1364d, E 1364e, F 1364f, G 1364g y H 1364h. La matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1360 puede enviarse y/o recibirse durante un periodo de aprendizaje. Como se ilustra, cada secuencia de símbolos piloto 1362a-h corresponde a una fila de la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1360. Cada secuencia de símbolos piloto 1362a-h también puede corresponder a un flujo espacial 124. En la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1360, una o más de las secuencias de símbolos piloto 1362a-h pueden no tener un valor singular distinto de cero (por ejemplo, un autovalor) y/o pueden no ser linealmente independientes. Puesto que el rango no es tan grande como podría ser posible en una matriz 8 x 8, la matriz de mapeo piloto 1360 es deficiente de rango. Por ejemplo, ya que el rango es menor que el número de flujos espaciales, que corresponden a las secuencias de símbolos piloto 1362a-h, la matriz de mapeo piloto 1360 es deficiente de rango. Por ejemplo, puesto que la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1360 ilustrada en la figura 11 es de rango 4, únicamente pueden determinarse cuatro estimaciones de fase independientes (en lugar de ocho para una matriz de mapeo piloto de rango completo, por ejemplo).

De acuerdo con los sistemas y métodos desvelados en el presente documento, por ejemplo, la matriz de mapeo

piloto deficiente de rango 1360 puede permitir a un dispositivo de comunicación de recepción (por ejemplo, estación base, punto de acceso, etc.) 114 determinar una o más derivaciones de fase y/o estimaciones de fase durante el periodo de aprendizaje. Como se ilustra en la figura 11, el conjunto de símbolos piloto A 1364a y el conjunto de símbolos piloto B 1364b son los símbolos piloto idénticos A 1366a. Además, el conjunto de símbolos piloto C 1364c y el conjunto de símbolos piloto D 1364d, el conjunto de símbolos piloto E 1364e y el conjunto de símbolos piloto F 1364f, y el conjunto de símbolos piloto G 1364g y el conjunto de símbolos piloto H 1364h son respectivamente los símbolos piloto idénticos B 1366b, C 1366c y D 1366d. En otras palabras, los conjuntos de símbolos piloto A 1364a y B 1364b, C 1364c y D 1364d, E 1364e y F 1364f, y G 1364g y H 1364h son respectivamente los pares de los símbolos piloto idénticos A 1366a, B 1366b, C 1366c y D 1366d.

Un dispositivo de comunicación de recepción 114 puede usar pares (o múltiplos, por ejemplo) de símbolos piloto idénticos 1366 para determinar una o más estimaciones de fase. Por ejemplo, el dispositivo de comunicación de recepción 114 puede usar el par de símbolos piloto idénticos A 1366a para determinar una o más estimaciones de fase. Más específicamente, el dispositivo de comunicación de recepción 114 puede determinar una correlación (por ejemplo, correlación cruzada) o un diferencial de fase entre el conjunto de símbolos piloto A 1364a y el conjunto de símbolos piloto B 1364b para determinar una estimación de fase. El dispositivo de comunicación de recepción 114 también puede determinar una correlación (por ejemplo, correlación cruzada) o un diferencial de fase entre los conjuntos de símbolos piloto C 1364c y D 1364d, E 1364e y F 1364f, y G 1364g y H 1364h para determinar una o más estimaciones de fase.

Cabe apreciarse que pueden usarse diferentes matrices de mapeo piloto deficientes de rango de acuerdo con los sistemas y métodos desvelados en el presente documento. En algunas configuraciones o casos, por ejemplo, puede ser más beneficioso usar una matriz de mapeo piloto deficiente de rango particular. Por ejemplo, si el error o desplazamiento de fase es más variable con frecuencia, entonces puede ser más beneficioso usar la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1360 ilustrada en la figura 11 (que la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1260 ilustrada en la figura 10), ya que 1360 permite la estimación de fase se determine más rápidamente. Sin embargo, en el caso de que haya un desplazamiento de frecuencia lentamente variable, puede ser más beneficioso usar la matriz de mapeo piloto deficiente de rango 1260 ilustrada en la figura 10, ya que puede usarse la fase de los símbolos que están más separados (para determinar el desplazamiento de fase y/o frecuencia, por ejemplo). Los dispositivos de comunicación de envío 102 y/o recepción 114 pueden configurarse para usar una matriz de mapeo piloto deficiente de rango particular o para cambiar las matrices de mapeo piloto deficientes de rango. Los cambios pueden basarse en errores de fase y/o frecuencia observados y/o predichos, por ejemplo.

La figura 12 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración de un dispositivo de comunicación de recepción 1414 en la que pueden implementarse los sistemas y métodos para permitir el seguimiento de fase para un dispositivo de comunicación. Un dispositivo de comunicación de recepción 1414 (por ejemplo, estación base, punto de acceso, router inalámbrico, etc.) puede incluir un módulo de reducción de errores de fase y/o frecuencia 1416 y un módulo de desmodulación y/o decodificación de símbolos 1480. Cada uno del módulo de reducción de errores de fase y/o frecuencia 1416 y el módulo de desmodulación y/o decodificación de símbolos 1480 puede implementarse en hardware, software o una combinación de ambos. El módulo de reducción de errores de fase y/o frecuencia 1416 puede incluir un módulo de computación de correlación cruzada o fase delta 1470 y/o un módulo de computación de estimación de canal 1476.

El dispositivo de comunicación de recepción 1414 puede recibir una señal 1468. La señal recibida 1468 puede comprender uno o más símbolos 126. Por ejemplo, la señal recibida 1468 puede incluir los símbolos piloto 1472 y/o los símbolos de datos 1482. El módulo de computación de correlación cruzada o fase delta 1470 puede usar los símbolos piloto 1472 para computar una o más estimaciones de fase 1474. Por ejemplo, el módulo de computación de correlación cruzada o fase delta 1470 puede computar una correlación cruzada y/o fase delta entre los símbolos piloto repetidos o idénticos (por ejemplo, conjuntos de símbolos piloto) en una matriz de mapeo piloto deficiente de rango con el fin de determinar la una o más estimaciones de fase 1474. La una o más estimaciones de fase 1474 pueden ser más precisas (correspondientes a desplazamientos de fase y/o de frecuencia reducidos) como resultado del uso de símbolos piloto repetidos o idénticos en la matriz de mapeo piloto deficiente de rango (por ejemplo, durante un periodo de aprendizaje) para su computación.

El módulo de computación de estimación de canal 1476 puede usar la una o más estimaciones de fase 1474 para calcular una estimación de canal 1478. El módulo de desmodulación y/o decodificación de símbolos 1480 puede usar la estimación de canal 1478 para desmodular y/o decodificar los símbolos de datos 1482, produciendo de este modo datos desmodulados y/o decodificados 1484. Los ejemplos de datos desmodulados y/o decodificados 1484 incluyen datos de voz (durante una llamada telefónica, por ejemplo) y datos de red (por ejemplo, datos de Internet, documentos, archivos, música, vídeo, etc.). La desmodulación y/o decodificación de símbolos puede mejorarse como resultado del uso de una estimación de canal más precisa 1478 con desplazamientos de fase y/o de frecuencia reducidos.

La figura 13 ilustra ciertos componentes que pueden incluirse en un dispositivo de comunicación de envío, dispositivo de comunicación inalámbrica o terminal de acceso 1502. El dispositivo o dispositivos de comunicación de

envío 102 que se han descrito anteriormente pueden configurarse de forma análoga al dispositivo de comunicación de envío, dispositivo de comunicación inalámbrica o terminal de acceso 1502 que se muestra en la figura 13.

El dispositivo de comunicación de envío, dispositivo de comunicación inalámbrica o terminal de acceso 1502 incluye un procesador 1598. El procesador 1598 puede ser un microprocesador de propósito general con un único o varios chips (por ejemplo, un ARM), un microprocesador para fines especiales (por ejemplo, un procesador digital de señales (DSP)), un microcontrolador, una matriz de puertas programable, etc. El procesador 1598 puede denominarse como una unidad de procesamiento central (CPU). Aunque únicamente se muestra un único procesador 1598 en el dispositivo de comunicación de envío, dispositivo de comunicación inalámbrica o terminal de acceso 1502 de la figura 13, en una configuración alternativa, puede usarse una combinación de procesadores (por ejemplo, un ARM y DSP).

El dispositivo de comunicación de envío, dispositivo de comunicación inalámbrica o terminal de acceso 1502 también incluye una memoria 1586 en comunicación electrónica con el procesador 1598 (es decir, el procesador 1598 puede leer información de y/o escribir información en la memoria 1586). La memoria 1586 puede ser cualquier componente electrónico capaz de almacenar información electrónica. La memoria 1586 puede ser una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de sólo lectura (ROM), medios de almacenamiento de disco óptico, medios de almacenamiento ópticos, dispositivos de memoria flash en RAM, una memoria interna incluida con el procesador, una memoria de sólo lectura programable (PROM), una memoria de sólo lectura programable borrrable (EPROM), PROM eléctricamente borrrable (EEPROM), registros, y así sucesivamente, incluyendo combinaciones de los mismos.

Los datos 1588 e instrucciones 1590 pueden almacenarse en la memoria 1586. Las instrucciones 1590 pueden incluir uno o más programas, rutinas, sub-rutinas, funciones, procedimientos, código, etc. Las instrucciones 1590 pueden incluir una única sentencia legible por ordenador o muchas sentencias legibles por ordenador. Las instrucciones 1590 pueden ejecutarse por el procesador 1598 para implementar los métodos 600, 700 que se han descrito anteriormente. La ejecución de las instrucciones 1590 puede implicar el uso de los datos 1588 que se almacenan en la memoria 1586. La figura 13 muestra algunas instrucciones 1590a y datos 1588a cargándose en el procesador 1598.

El dispositivo de comunicación de envío, dispositivo de comunicación inalámbrica o terminal de acceso 1502 también puede incluir un transmisor 1594 y un receptor 1596 para permitir la transmisión y recepción de señales entre el dispositivo de comunicación de envío, dispositivo de comunicación inalámbrica o terminal de acceso 1502 y una ubicación remota (por ejemplo, un dispositivo de comunicación de recepción 114). El transmisor 1594 y el receptor 1596 pueden denominarse en conjunto como un transceptor 1592. Una antena 1510 puede acoplarse eléctricamente al transceptor 1592. El dispositivo de comunicación de envío, dispositivo de comunicación inalámbrica o terminal de acceso 1502 también puede incluir (no se muestra) múltiples transmisores, múltiples receptores, múltiples transceptores y/o múltiples antenas.

Los diversos componentes del dispositivo de comunicación de envío, dispositivo de comunicación inalámbrica o terminal de acceso 1502 pueden acoplarse juntos mediante uno o más buses, que pueden incluir un bus de potencia, un bus de señal de control, un bus de señal de estado, un bus de datos, etc. Con fines de simplicidad, los diversos buses se ilustran en la figura 13 como un sistema de bus 1501.

La figura 14 ilustra ciertos componentes que pueden incluirse en un dispositivo de comunicación de recepción, punto de acceso o estación base 1614. El dispositivo de comunicación de recepción 114 que se ha analizado previamente puede configurarse de forma análoga al dispositivo de comunicación de recepción, punto de acceso o estación base 1614 mostrado en la figura 14.

El dispositivo de comunicación de recepción, punto de acceso o estación base 1614 incluye un procesador 1615. El procesador 1615 puede ser un microprocesador de propósito general con un único o varios chips (por ejemplo, un ARM), un microprocesador para fines especiales (por ejemplo, un procesador digital de señales (DSP)), un microcontrolador, una matriz de puertas programable, etc. El procesador 1615 puede denominarse como una unidad de procesamiento central (CPU). Aunque únicamente se muestra un único procesador 1615 en el dispositivo de comunicación de recepción, punto de acceso o estación base 1614 de la figura 14, en una configuración alternativa, puede usarse una combinación de procesadores (por ejemplo, un ARM y DSP).

El dispositivo de comunicación de recepción, punto de acceso o estación base 1614 también incluye una memoria 1603 en comunicación electrónica con el procesador 1615 (es decir, el procesador 1615 puede leer información de y/o escribir información en la memoria 1603). La memoria 1603 puede ser cualquier componente electrónico capaz de almacenar información electrónica. La memoria 1603 puede ser una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de sólo lectura (ROM), medios de almacenamiento de disco óptico, medios de almacenamiento ópticos, dispositivos de memoria flash en RAM, una memoria interna incluida con el procesador, una memoria de sólo lectura programable (PROM), una memoria de sólo lectura programable borrrable (EPROM), PROM eléctricamente borrrable (EEPROM), registros, y así sucesivamente, incluyendo combinaciones de los mismos.

5 Los datos 1605 e instrucciones 1607 pueden almacenarse en la memoria 1603. Las instrucciones 1607 pueden incluir uno o más programas, rutinas, sub-rutinas, funciones, procedimientos, código, etc. Las instrucciones 1607 pueden incluir una única sentencia legible por ordenador o muchas sentencias legibles por ordenador. Las instrucciones 1607 pueden ejecutarse por el procesador 1615 para implementar los métodos 800, 900 que se han descrito anteriormente. La ejecución de las instrucciones 1607 puede implicar el uso de los datos 1605 que se almacenan en la memoria 1603. La figura 14 muestra algunas instrucciones 1607a y datos 1605a cargándose en el procesador 1615.

10 El dispositivo de comunicación de recepción, punto de acceso o estación base 1614 también puede incluir un transmisor 1611 y un receptor 1613 para permitir la transmisión y recepción de señales entre el dispositivo de comunicación de recepción, punto de acceso o estación base 1614 y una ubicación remota (por ejemplo, un dispositivo de comunicación de envío 102). El transmisor 1611 y el receptor 1613 pueden denominarse en conjunto como un transceptor 1609. Una antena 1612 puede acoplarse eléctricamente al transceptor 1609. El dispositivo de comunicación de recepción, punto de acceso o estación base 1614 también puede incluir (no se muestra) múltiples transmisores, múltiples receptores, múltiples transceptores y/o múltiples antenas.

20 Los diversos componentes del dispositivo de comunicación de recepción, punto de acceso o estación base 1614 pueden acoplarse juntos mediante uno o más buses, que pueden incluir un bus de potencia, un bus de señal de control, un bus de señal de estado, un bus de datos, etc. Con fines de simplicidad, los diversos buses se ilustran en la figura 14 como un sistema de bus 1617.

25 En la descripción anterior, los números de referencia se han usado a veces junto con diversos términos. Cuando se usa un término junto con un número de referencia, éste puede pretender referirse a un elemento específico que se muestra en una o más de las figuras. Cuando se usa un término sin un número de referencia, éste puede pretender referirse generalmente al término sin limitación a ninguna figura particular.

30 El término "determinación" incluye una amplia variedad de acciones y, por lo tanto, "determinación" puede incluir el cálculo, la computación, el procesamiento, la derivación, la investigación, la consulta (por ejemplo, la consulta en una tabla, la consulta en una base de datos o en otra estructura de datos), la verificación y similares. Además, "determinación" puede incluir la recepción (por ejemplo, la recepción de información), el acceso, (por ejemplo, el acceso a datos de una memoria) y similares. Así mismo, "determinación" puede incluir la resolución, la selección, la elección, el establecimiento y similares.

35 La expresión "basado en" no significa "basado únicamente en", a menos que se especifique expresamente lo contrario. En otras palabras, la frase "basado en" describe tanto "basado únicamente en" y "basado al menos en".

40 Las funciones descritas en el presente documento pueden almacenarse en forma de una o más instrucciones en un medio legible por procesador o legible por ordenador. La expresión "medio legible por ordenador" se refiere a cualquier medio disponible al que se pueda acceder por un ordenador o un procesador. A modo de ejemplo, y no de manera limitativa, tal medio puede comprender una RAM, ROM, EEPROM, memoria flash, CD-ROM u otro almacenamiento de disco óptico, almacenamiento de disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnéticos, o cualquier otro medio que pueda usarse para almacenar código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos y al que se pueda acceder por un ordenador. Los discos, tal y como se usan en el presente documento, incluyen discos compactos (CD), discos de láser, discos ópticos, discos versátiles digitales (DVD), discos flexibles y discos Blu-ray®, donde los discos normalmente reproducen datos de manera magnética así como de manera óptica con láser. Ha de apreciarse que un medio legible por ordenador puede ser tangible y no transitorio. La expresión "producto de programa informático" se refiere a un dispositivo o procesador de computación junto con un código o instrucciones (por ejemplo, un "programa") que puede ejecutarse, procesarse o computarse por el dispositivo o procesador de computación. Como se usa en el presente documento, el término "código" puede referirse a software, instrucciones, código o datos que son ejecutables por un dispositivo o procesador de computación.

55 El software o las instrucciones también pueden transmitirse a través de un medio de transmisión. Por ejemplo, si el software se transmite desde un sitio web, un servidor u otra fuente remota usando un cable coaxial, un cable de fibra óptica, un par trenzado, una línea de abonado digital (DSL) o tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos, radio y microondas, entonces el cable coaxial, el cable de fibra óptica, el par trenzado, la DSL o las tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos, radio y microondas se incluyen en la definición de medio de transmisión.

60 Los procedimientos dados a conocer en el presente documento comprenden una o más etapas o acciones para llevar a cabo el procedimiento descrito. Las etapas de procedimiento y/o acciones pueden intercambiarse entre sí sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. En otras palabras, a menos que se requiera un orden específico de las etapas o acciones para una operación apropiada del método que se describe, el orden y/o el uso las etapas y/o acciones específicas puede modificarse sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

65

Debe entenderse que las reivindicaciones no están limitadas a la configuración y componentes precisos ilustrados anteriormente. Pueden hacerse diversas modificaciones, cambios y variantes en la disposición, operación y detalles de los sistemas, métodos y aparatos descritos en el presente documento sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

5

REIVINDICACIONES

1. Un método para permitir un seguimiento de fase, que comprende:

5 generar, en un dispositivo de comunicación, una pluralidad de símbolos piloto, en el que los símbolos piloto se ajustan a una matriz de mapeo piloto deficiente de rango, en el que en la matriz de mapeo piloto deficiente de rango cada fila corresponde a símbolos piloto transmitidos en un flujo espacial diferente y cada columna corresponde a símbolos piloto transmitidos en diferentes símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales, OFDM, y en el que la matriz de mapeo piloto deficiente de rango comprende al menos un par de columnas de símbolos piloto idénticos; y transmitir la pluralidad de símbolos piloto.

2. El método de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente transmitir datos o símbolos de aprendizaje.
 3. El método de la reivindicación 1, en el que la matriz de mapeo piloto deficiente de rango para cuatro flujos espaciales y cuatro

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales, OFDM, es

4. El método de la reivindicación 1, en el que la matriz de mapeo piloto deficiente de rango para seis flujos espaciales y seis

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales, OFDM, es

5. El método de la reivindicación 1, en el que la matriz de mapeo piloto deficiente de rango para ocho flujos espaciales y ocho

símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales, OFDM,

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

es

6. El método de la reivindicación 1, en el que la pluralidad de símbolos piloto se transmite durante un periodo de aprendizaje, en el que los símbolos piloto se transmiten preferiblemente en tonos reservados para tonos piloto en campos de aprendizaje largo y de muy alto rendimiento, VHT-LTF.

7. Un método de seguimiento de fase, que comprende:

recibir, mediante un dispositivo de comunicación, una pluralidad de símbolos piloto a partir de un dispositivo

- de comunicación de envío, en el que los símbolos piloto se ajustan a una matriz de mapeo piloto deficiente de rango, en el que en la matriz de mapeo piloto deficiente de rango cada fila corresponde a símbolos piloto transmitidos en un flujo espacial diferente y cada columna corresponde a símbolos piloto transmitidos en diferentes símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales, OFDM, y en el que la matriz de mapeo piloto deficiente de rango comprende al menos un par de columnas de símbolos piloto idénticos; determinar, mediante el dispositivo de comunicación, una estimación de fase basándose en los símbolos piloto; estimar un canal basado en la estimación de fase y los símbolos piloto; y recibir datos del dispositivo de comunicación de envío usando la estimación de canal.
- 5
- 10 **8.** El método de la reivindicación 7, en el que la estimación de fase se determina en base a símbolos piloto idénticos transmitidos a todos los flujos espaciales pero a través de diferentes símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales, OFDM.
- 15 **9.** El método de la reivindicación 7, que comprende adicionalmente determinar la estimación de fase basándose en al menos un par de símbolos piloto idénticos.
- 20 **10.** El método de la reivindicación 7, en el que la estimación de fase se determina calculando uno de los siguientes: una correlación cruzada de los símbolos piloto idénticos, una fase delta de los símbolos piloto idénticos, una correlación cruzada de símbolos piloto idénticos transmitidos en todos los flujos espaciales pero a través de diferentes símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales, OFDM, una fase delta de símbolos piloto idénticos transmitidos en todos los flujos espaciales pero a través de diferentes símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales, OFDM.
- 25 **11.** El método de la reivindicación 7, en el que se aplica al menos uno de los siguientes: la pluralidad de símbolos piloto se recibe durante un periodo de aprendizaje, la estimación de fase se determina durante un periodo de aprendizaje, el canal se estima durante un periodo de aprendizaje.
- 30 **12.** El método de la reivindicación 11, en el que el periodo de aprendizaje comprende símbolos de campos de aprendizaje largo y de muy alto rendimiento, VHT-LTF transmitidos de acuerdo con las normas del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, IEEE, 802.11ac.
- 35 **13.** Un producto de programa informático para un seguimiento de fase o bien para permitir un seguimiento de fase que comprende un medio legible por ordenador tangible no transitorio que tiene instrucciones en el mismo, comprendiendo las instrucciones: código para hacer que un dispositivo de comunicación realice las etapas de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.
- 40 **14.** Un aparato para permitir el seguimiento de fase, que comprende:
medios para generar una pluralidad de símbolos piloto, en el que los símbolos piloto se ajustan a una matriz de mapeo piloto deficiente de rango, en el que en la matriz de mapeo piloto deficiente de rango cada fila corresponde a símbolos piloto transmitidos en un flujo espacial diferente y cada columna corresponde a símbolos piloto transmitidos en diferentes símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales, OFDM, y en el que la matriz de mapeo piloto deficiente de rango comprende al menos un par de columnas de símbolos piloto idénticos; y medios para transmitir la pluralidad de símbolos piloto.
- 45 **15.** El aparato de la reivindicación 14, comprendiendo adicionalmente dicho aparato medios configurados para realizar las etapas de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6.
- 50 **16.** Un aparato para el seguimiento de fase, que comprende:
medios para recibir una pluralidad de símbolos piloto a partir de un dispositivo de comunicación de envío, en el que los símbolos piloto se ajustan a una matriz de mapeo piloto deficiente de rango, en el que en la matriz de mapeo piloto deficiente de rango cada fila corresponde a símbolos piloto transmitidos en un flujo espacial diferente y cada columna corresponde a símbolos piloto transmitidos en diferentes símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales, OFDM, y en el que la matriz de mapeo piloto deficiente de rango comprende al menos un par de columnas de símbolos piloto idénticos; medios para determinar una estimación de fase basándose en los símbolos piloto; medios para estimar un canal basado en la estimación de fase y los símbolos piloto; y medios para recibir datos del dispositivo de comunicación de envío usando la estimación de canal.
- 55 **17.** El aparato de la reivindicación 16, comprendiendo adicionalmente dicho aparato medios configurados para realizar las etapas de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12.
- 60

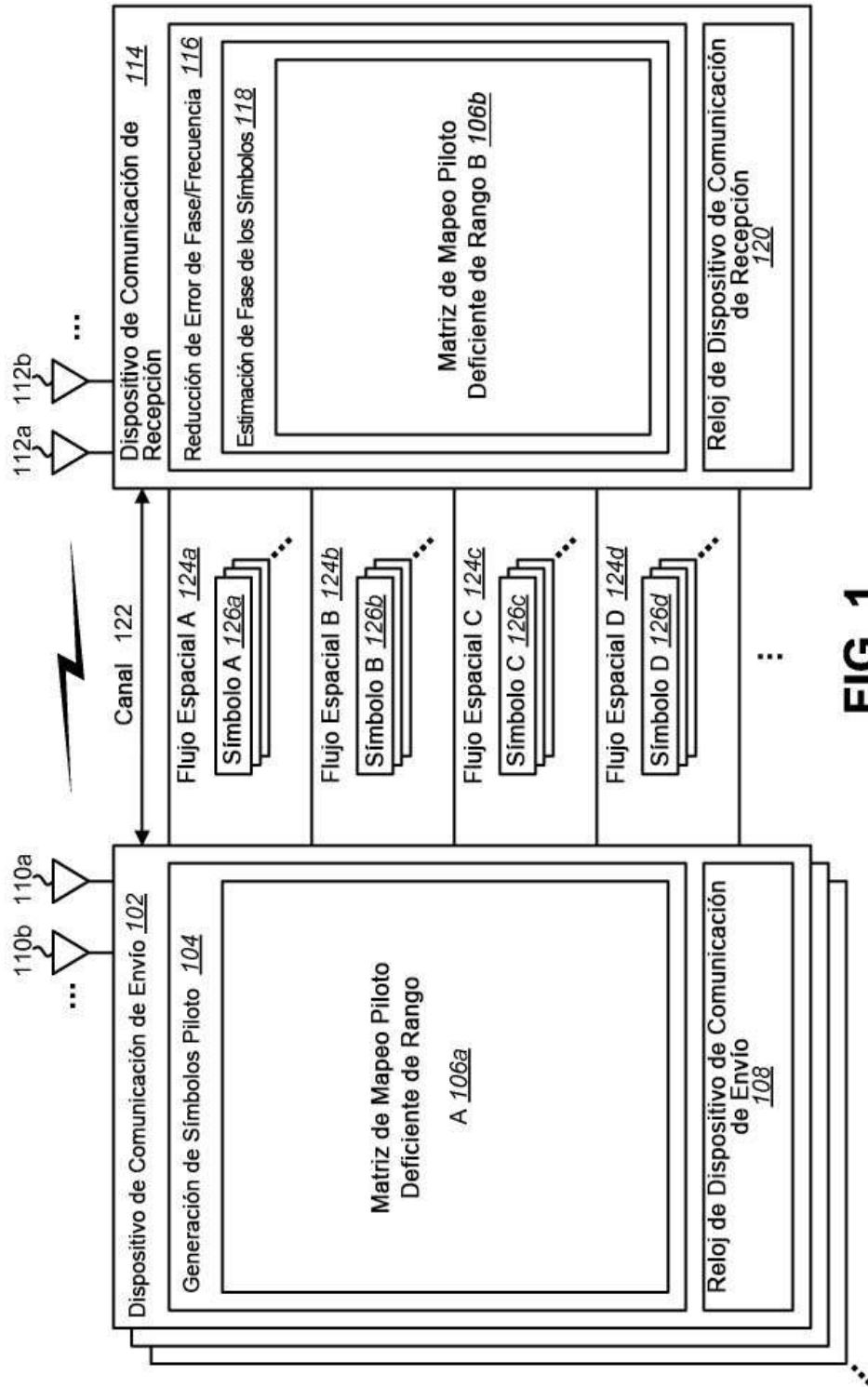


FIG. 1

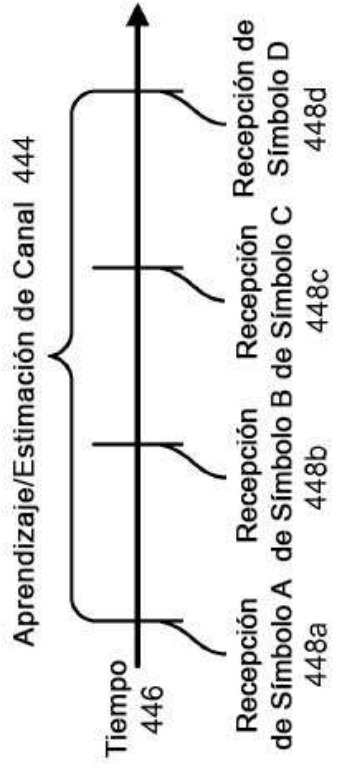


FIG. 2

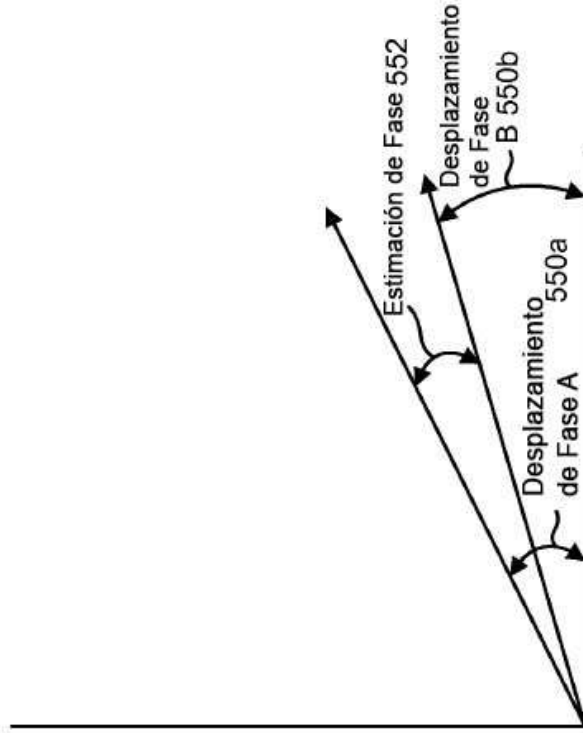


FIG. 3

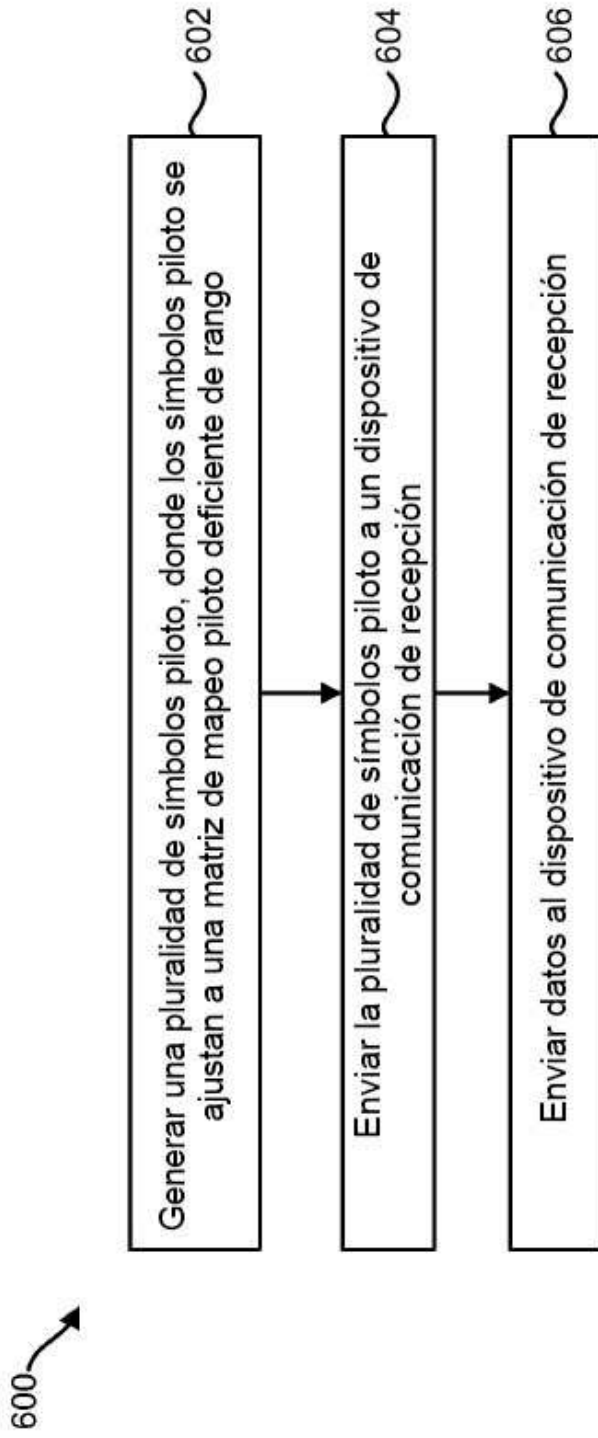


FIG. 4

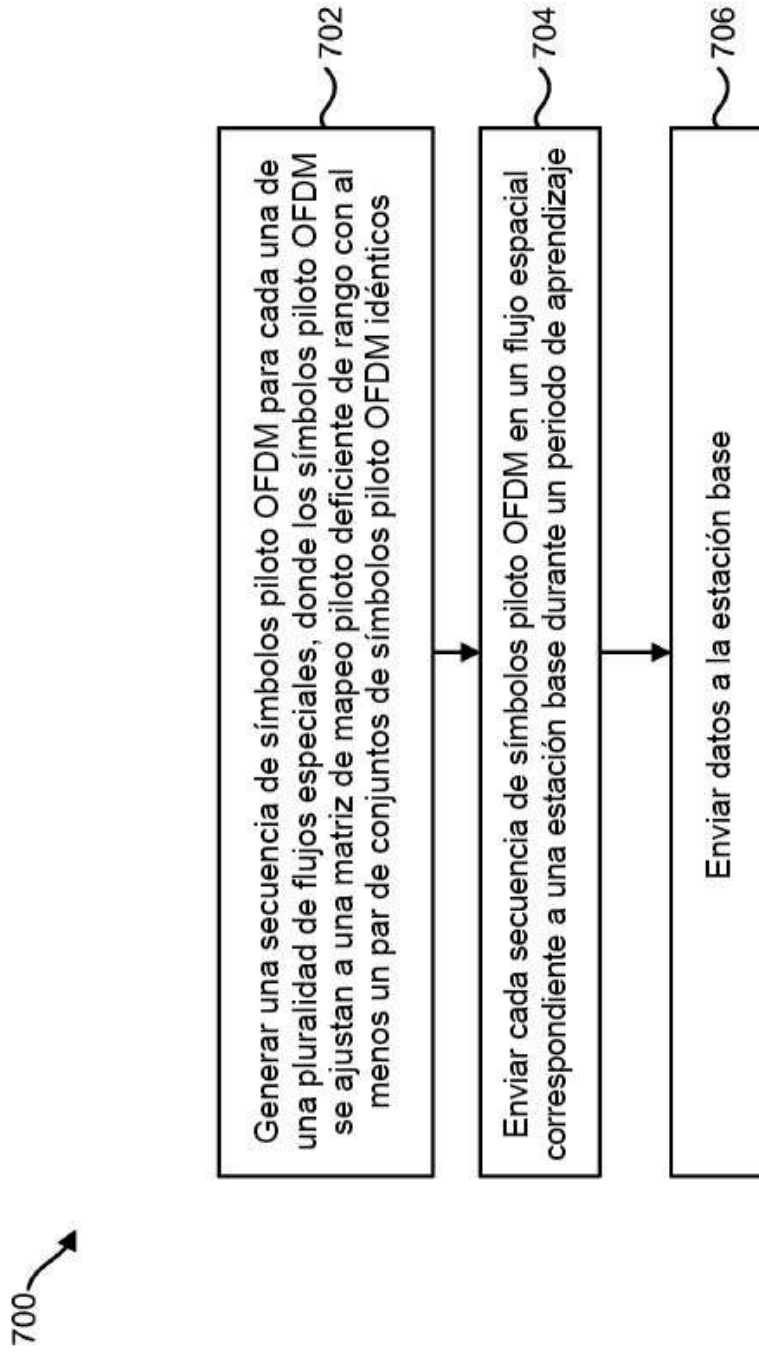


FIG. 5

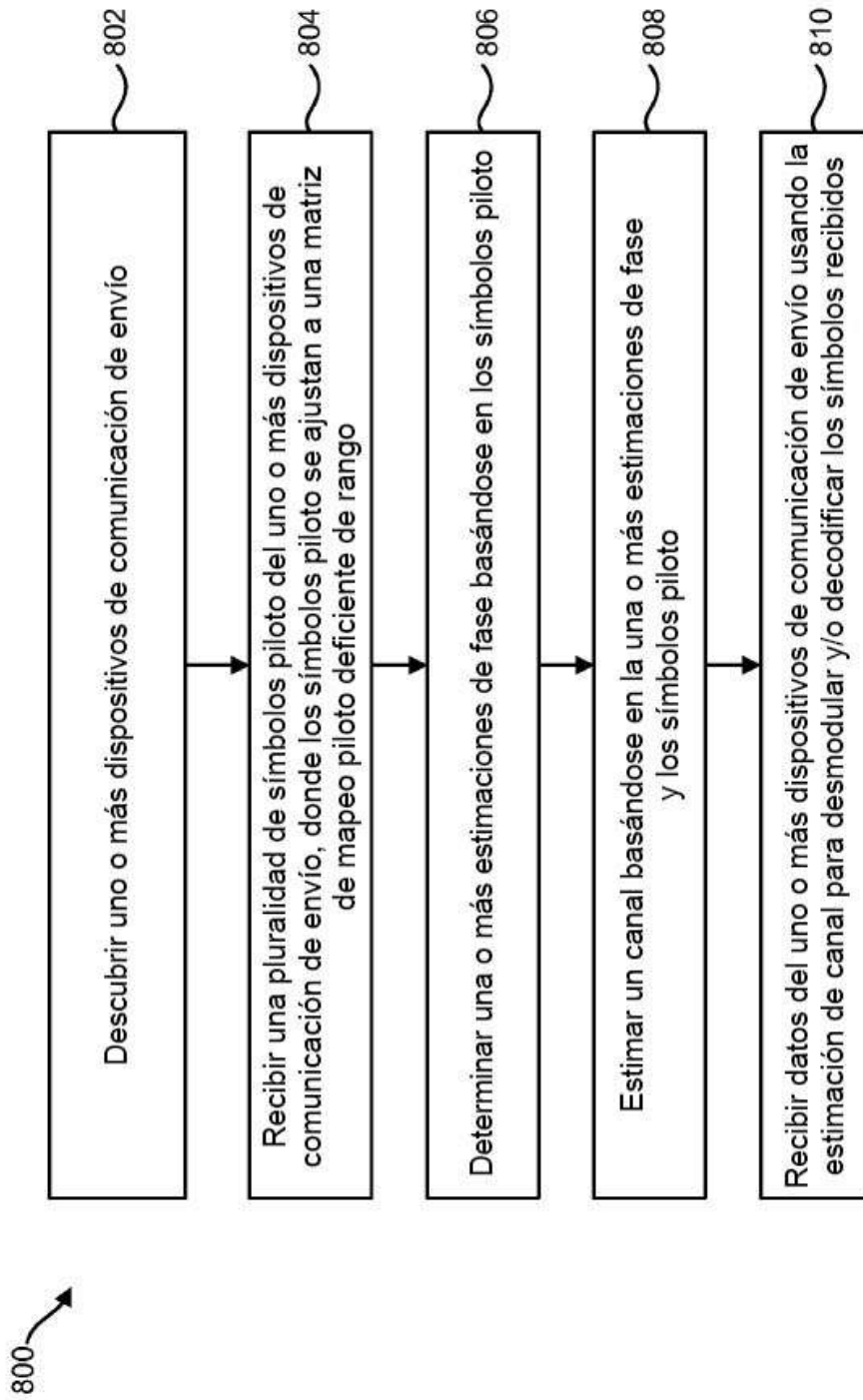


FIG. 6

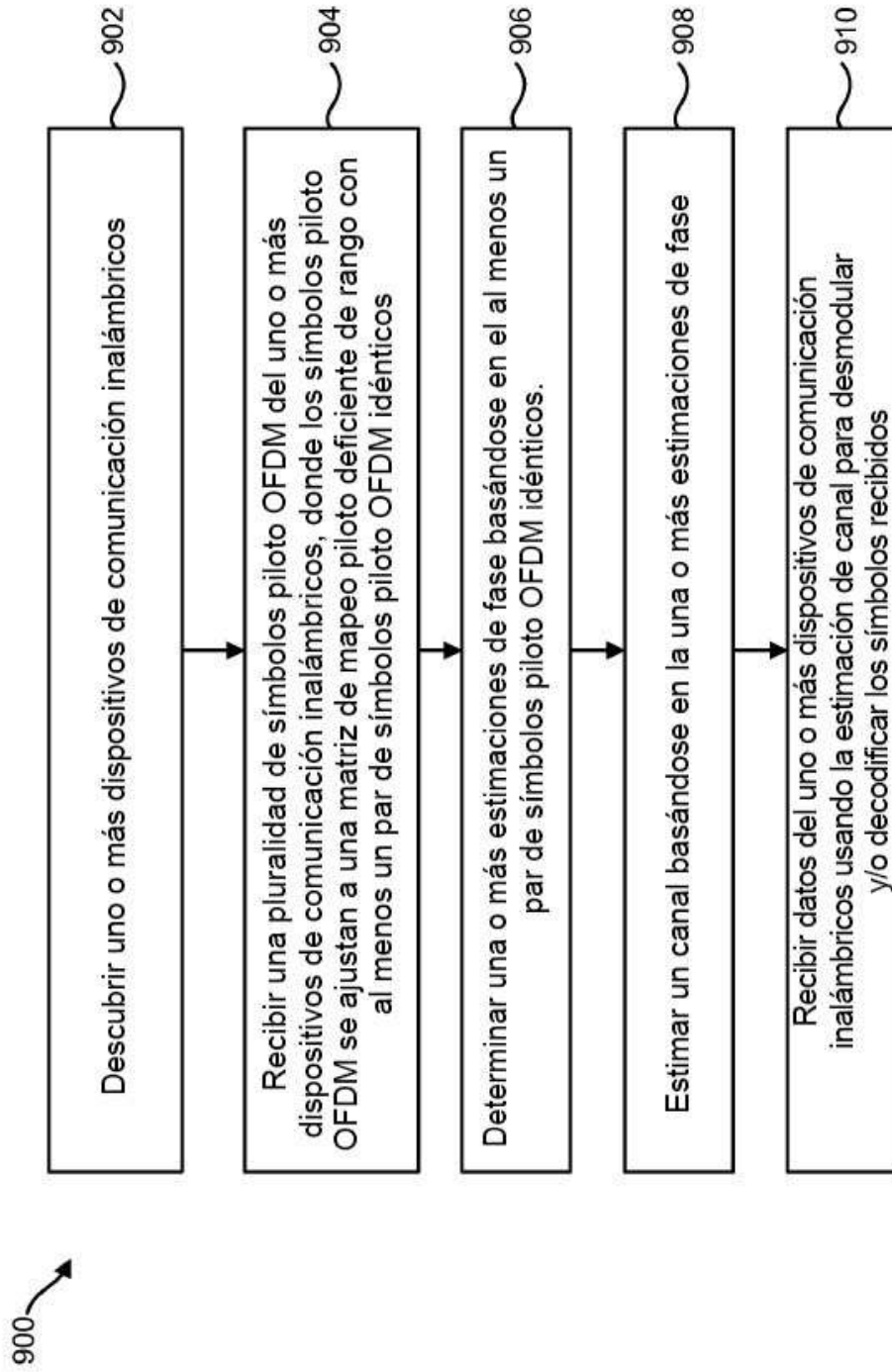
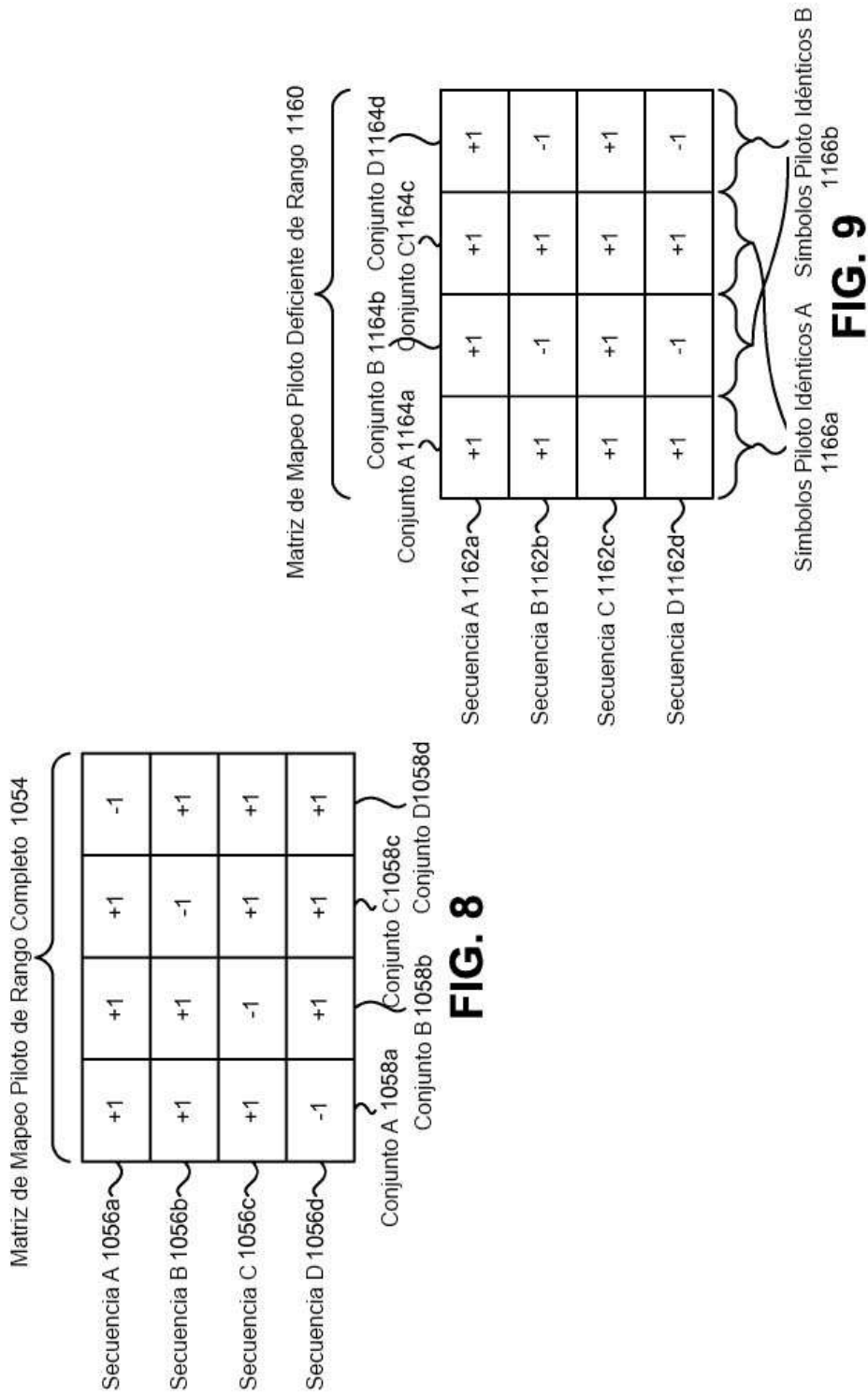


FIG. 7



Matriz de Mapeo Piloto Deficiente de Rango 1260

	Conjunto A 1264a		Conjunto B 1264b		Conjunto C 1264c		Conjunto D 1264d		Conjunto E 1264e		Conjunto F 1264f		Conjunto G 1264g		Conjunto H 1264h	
Secuencia A 1262a	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
Secuencia B 1262b	+1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	-1
Secuencia C 1262c	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	-1	-1
Secuencia D 1262d	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1
Secuencia E 1262e	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
Secuencia F 1262f	+1	-1	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1
Secuencia G 1262g	+1	+1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	-1
Secuencia H 1262h	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1
	Simbolos Piloto Idénticos A 1266a		Simbolos Piloto Idénticos C 1266c		Simbolos Piloto Idénticos B 1266b		Simbolos Piloto Idénticos D 1266d									

FIG. 10

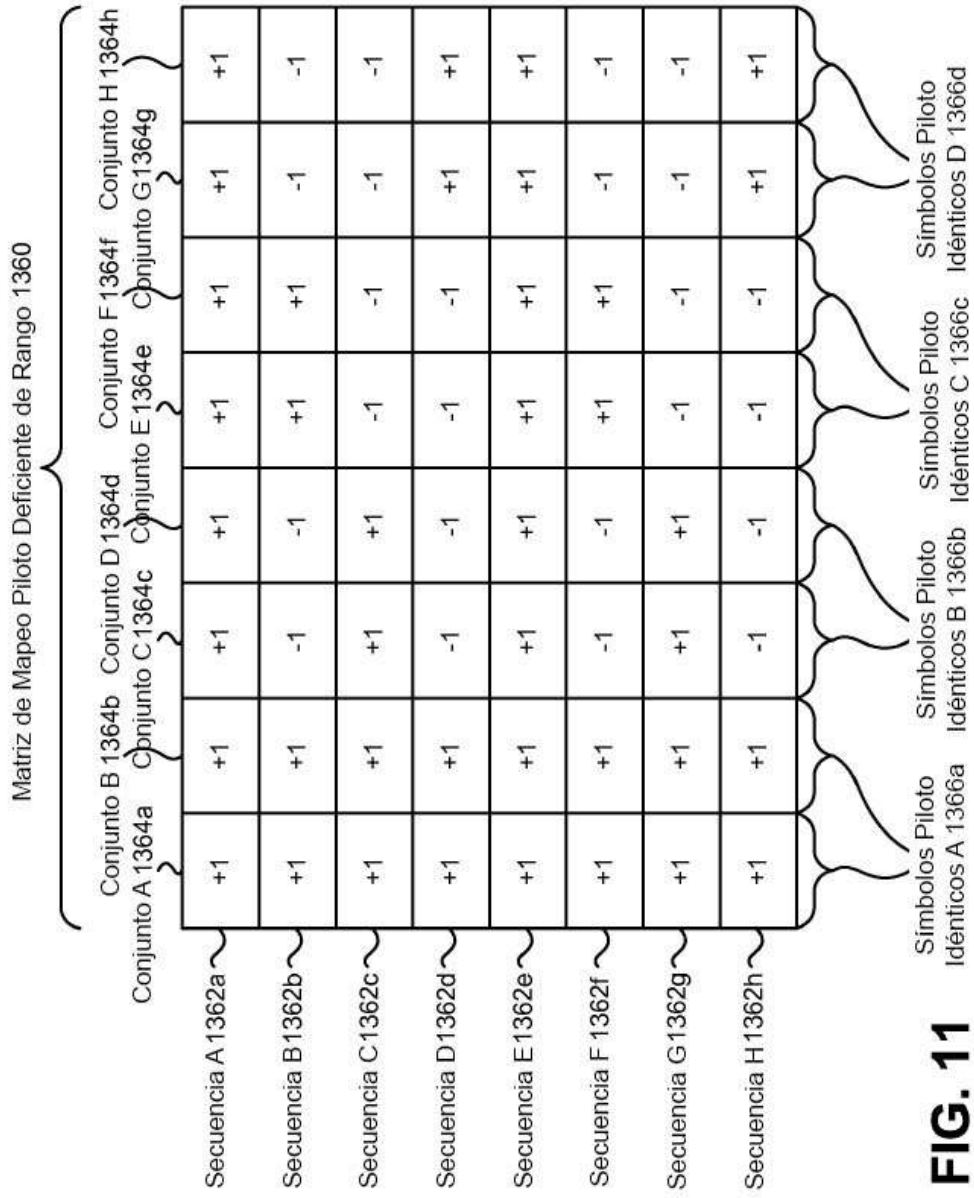


FIG. 11

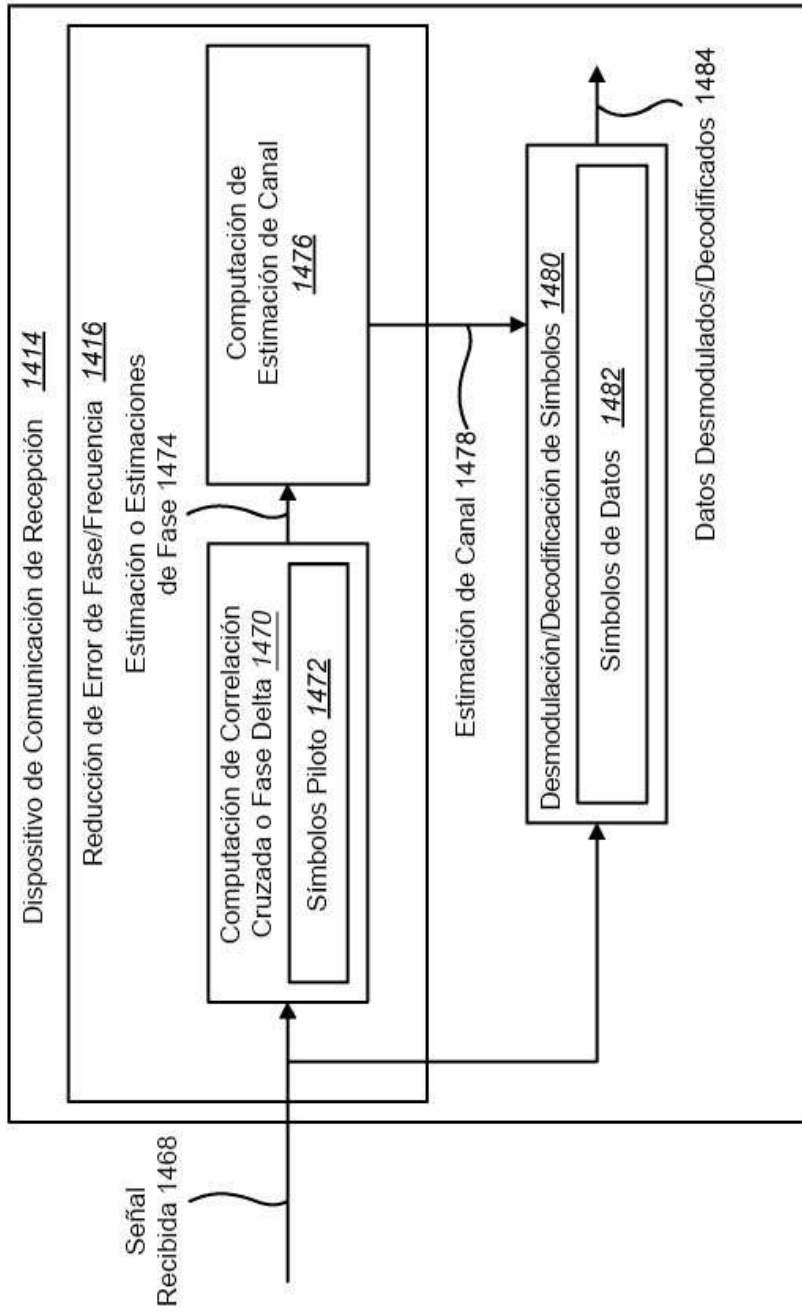


FIG. 12

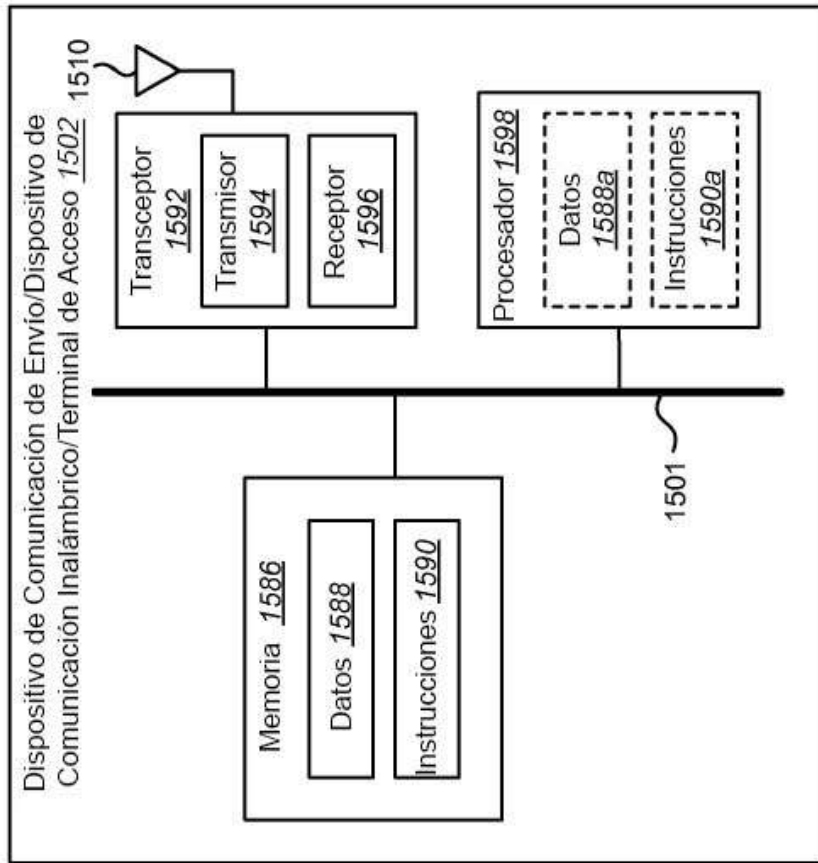


FIG. 13

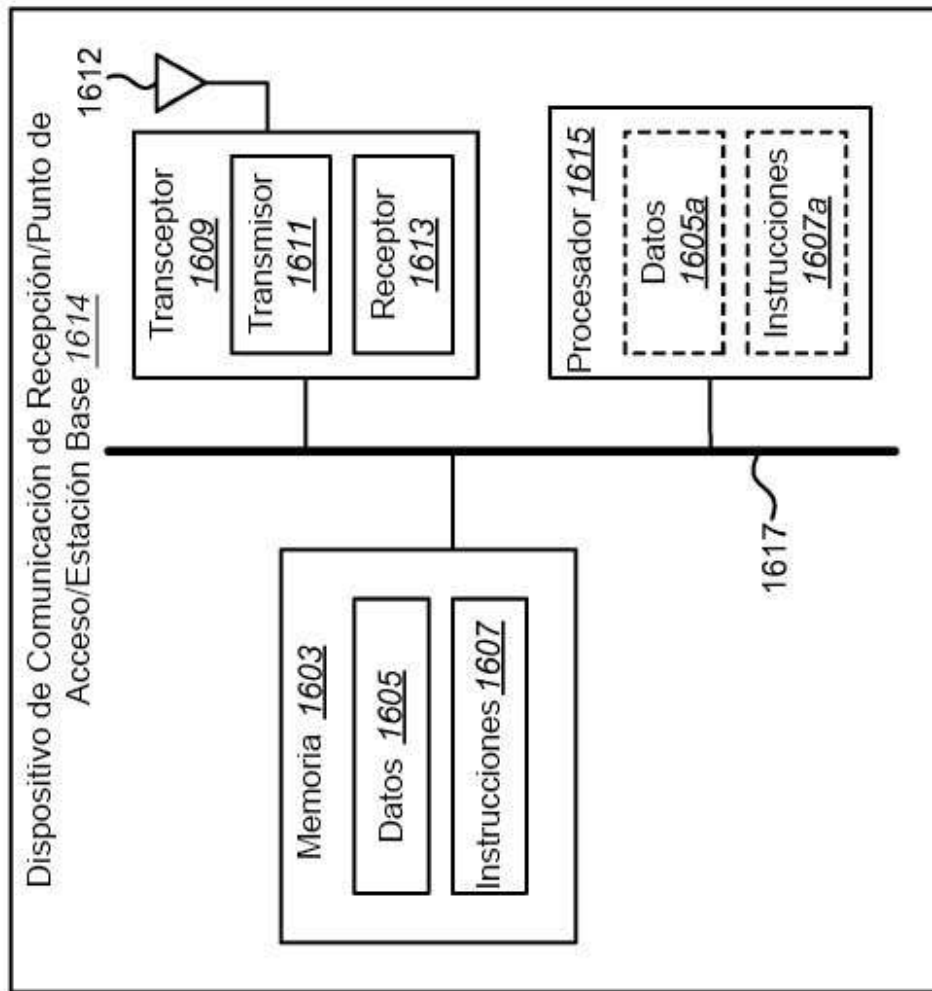


FIG. 14