

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 716 242**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/06**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.10.2011 PCT/US2011/057912**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.05.2012 WO12058327**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2011 E 11781715 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.01.2019 EP 2636162**

54 Título: **Formato de trama de realimentación de información del estado del canal y reglas de realimentación para sistemas inalámbricos de muy alto rendimiento**

30 Prioridad:

**25.10.2011 US 201113280776  
28.10.2010 US 407886 P  
28.10.2010 US 407817 P  
26.10.2010 US 406977 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.06.2019**

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)  
5775 Morehouse Drive  
San Diego, CA 92121, US**

72 Inventor/es:

**SAMPATH, HEMANTH;  
VAN NEE, DIDIER JOHANNES RICHARD;  
VERMANI, SAMEER;  
VAN ZELST, ALBERT y  
JONES, VINCENT KNOWLES, IV,**

74 Agente/Representante:

**FORTEA LAGUNA, Juan José**

**ES 2 716 242 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**

Formato de trama de realimentación de información del estado del canal y reglas de realimentación para sistemas inalámbricos de muy alto rendimiento

5

**ANTECEDENTES**

**Campo**

**[0001]** Ciertos aspectos de la presente divulgación se refieren, en general, a comunicaciones inalámbricas y, más particularmente, a generar un formato unificado de realimentación de información del estado del canal (CSI) para sistemas inalámbricos de Muy Alto Rendimiento (VHT).

**Antecedentes**

**[0002]** Con el fin de tratar el problema de los crecientes requisitos de ancho de banda demandados para los sistemas de comunicaciones inalámbricas, se están desarrollando diferentes esquemas que permiten a múltiples terminales de usuario comunicarse con un único punto de acceso mediante la compartición de los recursos de canal obteniendo al mismo tiempo altos flujos de datos. La tecnología de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) representa un enfoque de este tipo que ha surgido recientemente como una técnica popular para los sistemas de comunicación de nueva generación. La tecnología MIMO se ha adoptado en varias normas emergentes de comunicaciones inalámbricas tales como la norma 802.11 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). La norma IEEE 802.11 indica un conjunto de normas de interfaz aérea de red inalámbrica de área local (WLAN) desarrolladas por el comité IEEE 802.11 para comunicaciones de corto alcance (por ejemplo, de decenas a unos pocos cientos de metros).

**[0003]** Un sistema MIMO emplea múltiples ( $N_T$ ) antenas transmisoras y múltiples ( $N_R$ ) antenas receptoras para la transmisión de datos. Un canal MIMO formado por  $N_T$  antenas transmisoras y  $N_R$  antenas receptoras puede descomponerse en  $N_S$  canales independientes, que también se denominan canales espaciales, donde  $N_S \leq \min \{N_T, N_R\}$ . Cada uno de los  $N_S$  canales independientes corresponde a una dimensión. El sistema MIMO puede proporcionar un rendimiento mejorado (por ejemplo, un mayor rendimiento y/o una mayor fiabilidad) si se utilizan las dimensiones adicionales creadas por las múltiples antenas transmisoras y receptoras.

**[0004]** En las redes inalámbricas con un único punto de acceso (AP) y múltiples estaciones de usuario (STA), pueden producirse transmisiones concurrentes en múltiples canales hacia diferentes estaciones, tanto en la dirección de enlace ascendente como en la de enlace descendente. Muchos retos están presentes en dichos sistemas.

Se llama la atención sobre el documento WO 2009/027931, que se refiere a un aparato transmisor, un aparato receptor, un sistema y un procedimiento para realizar una transmisión multiusuario a una pluralidad de otros extremos de transmisión, en el que se radiodifunde una solicitud de transmisión a dicha pluralidad de otros extremos de transmisión, y la solicitud se proporciona con una trama MAC de control de acceso al medio que incluye una lista de al menos dos identificaciones de los extremos de recepción que se solicitan para responder a la solicitud.

Se presta también atención al documento US 2006/0250963, que define un procedimiento para comunicar información de realimentación entre una estación móvil y una estación base al determinar la necesidad de solicitar la asignación de ancho de banda: proporcionar información a una estación base de acuerdo con la determinación, en la que la información indica la asignación de ancho de banda para un canal de realimentación rápida, que es un canal robusto; y realizar la comunicación con la estación base en la asignación de ancho de banda de acuerdo con la información proporcionada.

**SUMARIO**

**[0005]** De acuerdo con la presente invención, se proporcionan un procedimiento para comunicaciones inalámbricas, tal como el expuesto en las reivindicaciones 1 y 8, así como un aparato para la comunicaciones inalámbricas, tal como se expone en las reivindicaciones 6 y 14. Los modos de realización de la invención se reivindican en las reivindicaciones dependientes.

**[0006]** Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un primer aparato para comunicaciones inalámbricas. El primer aparato incluye, en general, un sistema de procesamiento configurado para generar una trama que comprende información relacionada con una relación señal-ruido (SNR) si un segundo aparato se está comunicando con el primer aparato utilizando múltiples entradas múltiples salidas de usuario único (SU-MIMO) o MIMO multiusuario (MU-MIMO) y un transmisor configurado para transmitir al segundo aparato una señal basada en la trama generada.

**[0007]** Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un procedimiento para comunicaciones inalámbricas. El procedimiento incluye, en general, generar, en un primer aparato, una trama que comprende

información relacionada con una SNR si un segundo aparato se está comunicando con el primer aparato utilizando SU-MIMO o MU-MIMO y transmitir al segundo aparato una señal basada en la trama generada.

5 **[0008]** Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un primer aparato para comunicaciones inalámbricas. El primer aparato incluye, en general, medios para generar una trama que comprende información relacionada con una SNR si un segundo aparato se está comunicando con el primer aparato utilizando SU-MIMO o MU-MIMO y medios para transmitir al segundo aparato una señal basada en la trama generada.

10 Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un producto de programa informático para comunicaciones inalámbricas. El producto de programa informático incluye, en general, un medio legible por ordenador que tiene instrucciones ejecutables para generar, en un primer aparato, una trama que comprende información relacionada con una SNR si un segundo aparato se está comunicando con el primer aparato usando SU-MIMO o MU-MIMO y para transmitir al segundo aparato una señal basada en la trama generada.

15 **[0009]** Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un nodo inalámbrico. El nodo inalámbrico incluye, en general, al menos una antena; un sistema de procesamiento configurado para generar una trama que comprende información relacionada con una SNR si un aparato se está comunicando con el nodo inalámbrico utilizando SU-MIMO o MU-MIMO; y un transmisor configurado para transmitir al aparato, a través de la al menos una antena, una señal basada en la trama generada.

20 **[0010]** Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un procedimiento para comunicaciones inalámbricas. El procedimiento incluye, en general, generar, en un aparato, una estructura que comprende información del estado del canal (CSI), en el que la CSI incluye una de una primera matriz con estimaciones de un canal asociado con el aparato o una segunda matriz obtenida en base a la descomposición en valores singulares (SVD) de la primera matriz y en el que la estructura comprende, además, una indicación de cuál de las matrices primera y segunda está incluida en la CSI; y transmitir la estructura por el canal.

25 **[0011]** Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato para comunicaciones inalámbricas. El aparato incluye, en general, un sistema de procesamiento configurado para generar una estructura que comprende la CSI, en el que la CSI incluye una de una primera matriz con estimaciones de un canal asociado con el aparato o una segunda matriz obtenida en base a la SVD de la primera matriz y en el que la estructura comprende, además, una indicación de cuál de las matrices primera y segunda está incluida en la CSI; y un transmisor configurado para transmitir la estructura por el canal.

30 **[0012]** Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato para comunicaciones inalámbricas. El aparato incluye, en general, medios para generar una estructura que comprende la CSI, en los que la CSI incluye una de una primera matriz con estimaciones de un canal asociado con el aparato o una segunda matriz obtenida en base a la SVD de la primera matriz y en los que la estructura comprende, además, una indicación de cuál de las matrices primera y segunda se incluye en la CSI; y medios para transmitir la estructura por el canal.

35 **[0013]** Determinados aspectos proporcionan un producto de programa informático para comunicaciones inalámbricas. El producto de programa informático incluye, en general, un medio legible por ordenador que tiene instrucciones ejecutables para generar, en un aparato, una estructura que comprende la CSI, en el que la CSI incluye una de una primera matriz con estimaciones de un canal asociado con el aparato o una segunda matriz obtenida en base a la SVD de la primera matriz y en el que la estructura comprende, además, una indicación de cuál de las matrices primera y segunda está incluida en el CSI; y transmitir la estructura por el canal.

40 **[0014]** Determinados aspectos proporcionan un terminal de acceso. El terminal de acceso incluye, en general, al menos una antena, un sistema de procesamiento configurado para generar una estructura que comprende la CSI, en el que la CSI incluye una de una primera matriz con estimaciones de un canal asociado con el terminal de acceso o una segunda matriz obtenida en base a la SVD de la primera matriz y en el que la estructura comprende, además, una indicación de cuál de las matrices primera y segunda está incluida en la CSI; y un transmisor configurado para transmitir, a través de la al menos una antena, la estructura por el canal.

45 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

50 **[0015]** Para que las características de la presente divulgación mencionadas anteriormente puedan entenderse con detalle, se puede ofrecer una descripción más particular, resumida brevemente anteriormente, con referencia a sus aspectos, algunos de los cuales se ilustran en los dibujos adjuntos. Sin embargo, cabe señalar que los dibujos adjuntos ilustran solamente determinados aspectos típicos de esta divulgación y, por lo tanto, no han de considerarse limitativos de su alcance, ya que la descripción puede admitir otros aspectos igualmente eficaces.

55 La figura 1 ilustra un diagrama de una red de comunicaciones inalámbricas de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

60

- La figura 2 ilustra un diagrama de bloques de un punto de acceso de ejemplo y de terminales de usuario, de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.
- 5 La figura 3 ilustra un diagrama de bloques de un dispositivo inalámbrico de ejemplo, de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.
- La figura 4 ilustra un ejemplo de formato de trama de realimentación de la información del estado del canal (CSI) de acuerdo con determinados aspectos de la presente divulgación.
- 10 La figura 5 ilustra un ejemplo de un campo de control de múltiples entradas múltiples salidas (MIMO) de muy alto rendimiento (VHT) del formato de trama de realimentación de CSI de la figura 4, de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.
- 15 La figura 6 ilustra un ejemplo de formato de trama de realimentación de CSI de acuerdo con determinados aspectos de la presente divulgación.
- La figura 7 ilustra operaciones de ejemplo para generar un formato de trama unificado de realimentación de CSI para sistemas inalámbricos VHT, de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.
- 20 La figura 7A ilustra medios de ejemplo capaces de realizar las operaciones mostradas en la figura 7.
- La figura 8 ilustra un ejemplo de campo de control MIMO VHT del formato de trama de realimentación de CSI de la figura 6, de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.
- 25 La figura 9A ilustra una tabla de ejemplo de parámetros indicados por el campo de información del libro de códigos del campo de control MIMO VHT de la figura 8, donde tanto la agrupación de tonos como el número de bits para la delta SNR pueden cambiar, de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.
- 30 La figura 9B ilustra una tabla de ejemplo de parámetros indicados por el campo de información del libro de códigos del campo de control MIMO VHT de la figura 8, donde la agrupación de tonos puede cambiar, de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.
- 35 La figura 10 ilustra resultados de rendimiento de ejemplo para diferentes tipos de realimentación de CSI de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.
- La figura 11 ilustra un ejemplo de formato de trama de realimentación de CSI unificado de acuerdo con determinados aspectos de la presente divulgación.
- 40 La figura 12A ilustra una tabla de ejemplo de resolución de bits para cada uno de los ángulos de rotación de Givens indicado por el campo de información del libro de códigos del campo de control MIMO VHT de la figura 11, donde el tipo de realimentación es la realimentación de CSI basada en V, de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.
- 45 La figura 12B ilustra una tabla de ejemplo de resolución de bits tanto para I como para Q indicada por el campo de información del libro de códigos del campo de control MIMO VHT de la figura 11, donde el tipo de realimentación es la realimentación de CSI basada en H, de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.
- 50 La figura 13 ilustra operaciones de ejemplo para construir una trama de realimentación de CSI unificada y transmitir la trama de realimentación de CSI de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.
- La figura 13A ilustra medios de ejemplo capaces de realizar las operaciones de la figura 13.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA

- 55 **[0016]** Diversos aspectos de la divulgación se describen de aquí en adelante con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos. Sin embargo, la presente divulgación se puede incorporar de muchas formas diferentes y no se debería interpretar que está limitada a cualquier estructura o función específica presentada a lo largo de esta divulgación. En cambio, estos aspectos se proporcionan para que esta divulgación sea exhaustiva y completa, y transmita por completo el alcance de la divulgación a los expertos en la materia. Basándose en las enseñanzas del presente documento, un experto en la materia debería apreciar que el alcance de la divulgación está concebido para abarcar cualquier aspecto de la divulgación divulgada en el presente documento, ya sea implementada de forma independiente de, o combinada con, cualquier otro aspecto de la divulgación. Por ejemplo, un aparato se puede implementar o un procedimiento se puede llevar a la práctica usando cualquier número de los aspectos expuestos en el presente documento. Además, el alcance de la divulgación está concebido para abarcar un aparato o procedimiento de este tipo que se lleve a la práctica usando otra estructura, funcionalidad, o estructura y funcionalidad además de o aparte de, los diversos aspectos de la divulgación expuestos en el presente documento. Se debería entender que
- 60
- 65

cualquier aspecto de la divulgación divulgado en el presente documento se puede integrar mediante uno o más elementos de una reivindicación.

**[0017]** El término "a modo de ejemplo" se usa en el presente documento para indicar que "sirve de ejemplo, caso o ilustración". No se debe interpretar necesariamente que cualquier aspecto descrito en el presente documento como "a modo de ejemplo" es preferente o ventajoso con respecto a otros aspectos.

**[0018]** Aunque en el presente documento se describen aspectos particulares, muchas variantes y permutaciones de estos aspectos están dentro del alcance de la divulgación. Aunque se mencionan algunos beneficios y ventajas de los aspectos preferidos, el alcance de la divulgación no está concebido para limitarse a beneficios, usos u objetivos particulares. En cambio, los aspectos de la divulgación pretenden ser ampliamente aplicables a diferentes tecnologías inalámbricas, configuraciones de sistema, redes y protocolos de transmisión, algunos de los cuales se ilustran a modo de ejemplo en las figuras y en la siguiente descripción de los aspectos preferidos. La descripción detallada y los dibujos simplemente ilustran la divulgación y no limitan el alcance de la divulgación, la cual está definida por las reivindicaciones adjuntas.

### UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA DE EJEMPLO

**[0019]** Las técnicas descritas en el presente documento pueden usarse para diversos sistemas de comunicación inalámbrica de banda ancha, incluyendo sistemas de comunicación que están basados en un esquema de multiplexado ortogonal. Los ejemplos de dichos sistemas de comunicación incluyen sistemas de acceso múltiple por división espacial (SDMA), de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), de acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (OFDMA), de acceso múltiple por división de frecuencia de portadora única (SC-FDMA), etc. Un sistema de SDMA puede utilizar direcciones suficientemente diferentes para transmitir de forma simultánea datos que pertenezcan a múltiples terminales de usuario. Un sistema de TDMA puede permitir que múltiples terminales de usuario compartan el mismo canal de frecuencia, dividiendo la señal de transmisión en ranuras temporales diferentes, estando asignada cada ranura temporal a un terminal de usuario diferente. Un sistema OFDMA utiliza un multiplexado por división ortogonal de frecuencia (OFDM), que es una técnica de modulación que divide el ancho de banda global del sistema en múltiples subportadoras ortogonales. Estas subportadoras también pueden denominarse tonos, bins, etc. Con el OFDM, cada subportadora puede modularse de forma independiente con datos. Un sistema SC-FDMA puede utilizar FDMA entrelazado (IFDMA) para transmitir en subportadoras que están distribuidas por el ancho de banda del sistema, FDMA localizado (LFDMA) para transmitir en un bloque de subportadoras adyacentes o FDMA mejorado (EFDMA) para transmitir en múltiples bloques de subportadoras adyacentes. En general, los símbolos de modulación se envían en el dominio de la frecuencia con OFDM y en el dominio del tiempo con SC-FDMA.

**[0020]** Las enseñanzas en el presente documento pueden incorporarse en (por ejemplo, implementarse dentro de o realizarse mediante) múltiples aparatos cableados o inalámbricos (por ejemplo, nodos). En algunos aspectos, un nodo inalámbrico implementado de acuerdo con las enseñanzas del presente documento puede comprender un punto de acceso o un terminal de acceso.

**[0021]** Un punto de acceso ("AP") puede comprender, implementarse como, o conocerse como un Nodo B, un controlador de red radioeléctrica ("RNC"), un Nodo B evolucionado (eNB), un controlador de estación base ("BSC"), una estación transceptora base ("BTS"), una estación base ("BS"), una función transceptora ("TF"), un encaminador de radio, un transceptor de radio, un conjunto de servicios básicos ("BSS"), un conjunto de servicios extendidos ("ESS"), una estación base de radio ("RBS") o con alguna otra terminología.

**[0022]** Un terminal de acceso ("AT") puede comprender, implementarse como, o conocerse como, una estación de abonado, una unidad de abonado, una estación móvil (MS), una estación remota, un terminal remoto, un terminal de usuario (UT), un agente de usuario, un dispositivo de usuario, un equipo de usuario (UE), una estación de usuario o con alguna otra terminología. En algunas implementaciones, un terminal de acceso puede comprender un teléfono móvil, un teléfono sin cable, un teléfono de protocolo de inicio de sesión («SIP»), una estación de bucle local inalámbrico («WLL»), un asistente digital personal («PDA»), un dispositivo manual con capacidad de conexión inalámbrica, una estación («STA») o algún otro dispositivo de procesamiento adecuado conectado a un módem inalámbrico. Por consiguiente, uno o más aspectos revelados en el presente documento pueden incorporarse a un teléfono (por ejemplo, un teléfono celular o un teléfono inteligente), un ordenador (por ejemplo, un ordenador portátil), una tableta, un dispositivo de comunicación portátil, un dispositivo informático portátil (por ejemplo, un asistente personal de datos), un dispositivo de entretenimiento (por ejemplo, un dispositivo de música o vídeo, o una radio por satélite), un dispositivo del sistema de localización global (GPS) o cualquier otro dispositivo adecuado que esté configurado para comunicarse mediante un medio inalámbrico o cableado. En algunos aspectos, el nodo es un nodo inalámbrico. Tal nodo inalámbrico puede proporcionar, por ejemplo, conectividad para o con una red (por ejemplo, una red de área amplia tal como Internet o una red celular) mediante un enlace de comunicación cableado o inalámbrico.

**[0023]** La figura 1 ilustra un sistema de acceso múltiple de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) 100 con puntos de acceso y terminales de usuario. Por motivos de simplicidad, solamente se muestra un punto de acceso 110 en la figura 1. Un punto de acceso es, en general, una estación fija que se comunica con los terminales de usuario, y que puede denominarse también estación base, o con alguna otra terminología. Un terminal de usuario puede ser fijo

o móvil y puede denominarse también estación móvil, dispositivo inalámbrico o con alguna otra terminología. El punto de acceso 110 puede comunicarse con uno o más terminales de usuario 120 en cualquier momento dado en el enlace descendente y en el enlace ascendente. El enlace descendente (es decir, el enlace directo) es el enlace de comunicación desde el punto de acceso a los terminales de usuario y el enlace ascendente (es decir, el enlace inverso) es el enlace de comunicación desde los terminales de usuario al punto de acceso. Un terminal de usuario también se puede comunicar entre pares con otro terminal de usuario. Un controlador de sistema 130 se acopla con, y proporciona coordinación y control para, los puntos de acceso.

**[0024]** Aunque porciones de la divulgación siguiente describirán terminales de usuario 120 capaces de comunicarse a través del acceso múltiple por división espacial (SDMA), para ciertos aspectos, los terminales de usuario 120 pueden incluir también algunos terminales de usuario que no admitan SDMA. Por tanto, para dichos aspectos, un AP 110 puede estar configurado para comunicarse con terminales de usuario, tanto de SDMA como no de SDMA. Este enfoque puede permitir de forma conveniente que versiones anteriores de terminales de usuario (estaciones "heredadas") permanezcan desplegadas en una empresa, ampliando su vida útil, permitiendo a la vez que se introduzcan nuevos terminales de usuario de SDMA según se considere adecuado.

**[0025]** El sistema 100 emplea múltiples antenas transmisoras y múltiples antenas receptoras para la transmisión de datos en el enlace descendente y en el enlace ascendente. El punto de acceso 110 está equipado con  $N_{ap}$  antenas y representa las múltiples entradas (MI) para transmisiones de enlace descendente y las múltiples salidas (MO) para transmisiones de enlace ascendente. Un conjunto de  $K$  terminales de usuario 120 seleccionados representa en conjunto las múltiples salidas para transmisiones de enlace descendente y las múltiples entradas para transmisiones de enlace ascendente. Para el SDMA puro, se desea tener  $N_{ap} \geq K \geq 1$  si los flujos de símbolos de datos para los  $K$  terminales de usuario no están multiplexados en código, frecuencia o tiempo por algún medio.  $K$  puede ser mayor que  $N_{ap}$  si los flujos de símbolos de datos pueden multiplexarse usando una técnica de TDMA, diferentes canales de código con CDMA, conjuntos disjuntos de subbandas con OFDM, etc. Cada terminal de usuario seleccionado transmite datos específicos de usuario a y/o recibe datos específicos de usuario desde el punto de acceso. En general, cada terminal de usuario seleccionado puede equiparse con una o múltiples antenas (es decir,  $N_{ut} \geq 1$ ). Los  $K$  terminales de usuario seleccionados pueden tener el mismo número, o un número diferente, de antenas. Para ciertos aspectos de la presente divulgación, un terminal de usuario (por ejemplo, el terminal de usuario 120d) puede generar una trama 140 de realimentación (FB) y transmitir una señal basada en la trama 140 de FB generada al AP 110.

**[0026]** El sistema de SDMA puede ser un sistema de duplexado por división del tiempo (TDD) o un sistema de duplexado por división de frecuencia (FDD). Para un sistema de TDD, el enlace descendente y el enlace ascendente comparten la misma banda de frecuencia. Para un sistema de FDD, el enlace descendente y el enlace ascendente usan bandas de frecuencia diferentes. El sistema MIMO 100 también puede utilizar una única portadora o múltiples portadoras para la transmisión. Cada terminal de usuario puede estar equipado con una única antena (por ejemplo, con el fin de mantener bajos los costes) o múltiples antenas (por ejemplo, allí donde pueda soportarse el coste adicional). El sistema 100 también puede ser un sistema de TDMA si los terminales de usuario 120 comparten el mismo canal de frecuencia dividiendo la transmisión/recepción en ranuras temporales diferentes, asignándose cada ranura temporal a un terminal de usuario 120 diferente.

**[0027]** La figura 2 ilustra un diagrama de bloques del punto de acceso 110 y dos terminales de usuario 120m y 120x en el sistema de MIMO 100. El punto de acceso 110 está equipado con  $N_t$  antenas 224a a 224t. El terminal de usuario 120m está equipado con  $N_{ut,m}$  antenas 252ma a 252mu, y el terminal de usuario 120x está equipado con  $N_{ut,x}$  antenas 252xa a 252xu. El punto de acceso 110 es una entidad transmisora para el enlace descendente y una entidad receptora para el enlace ascendente. Cada terminal de usuario 120 es una entidad transmisora para el enlace ascendente y una entidad receptora para el enlace descendente. Como se usa en el presente documento, una "entidad transmisora" es un aparato o dispositivo autónomo, capaz de transmitir datos mediante un canal inalámbrico, y una "entidad receptora" es un aparato o dispositivo autónomo, capaz de recibir datos mediante un canal inalámbrico. En la siguiente descripción, el subíndice "dn" representa el enlace descendente, el subíndice "up" representa el enlace ascendente, se seleccionan  $N_{up}$  terminales de usuario para una transmisión simultánea en el enlace ascendente, se seleccionan  $N_{dn}$  terminales de usuario para una transmisión simultánea en el enlace descendente,  $N_{up}$  puede ser igual o no a  $N_{dn}$ , y  $N_{up}$  y  $N_{dn}$  pueden ser valores estáticos o pueden cambiar para cada intervalo de planificación. Se puede usar la orientación de haces o alguna otra técnica de procesamiento espacial en el punto de acceso y en el terminal de usuario.

**[0028]** En el enlace ascendente, en cada terminal de usuario 120 seleccionado para la transmisión de enlace ascendente, un procesador de datos de TX 288 recibe datos de tráfico desde una fuente de datos 286 y datos de control desde un controlador 280. Para ciertos aspectos, la trama 140 de FB se puede generar en base a los datos de tráfico de la fuente de datos 286. El procesador de datos de TX 288 procesa (por ejemplo, codifica, entrelaza y modula) los datos de tráfico para el terminal de usuario basándose en los esquemas de codificación y modulación asociados a la velocidad seleccionada para el terminal de usuario y proporciona un flujo de símbolos de datos. Un procesador espacial de TX 290 realiza un procesamiento espacial en el flujo de símbolos de datos y proporciona  $N_{ut,m}$  flujos de símbolos de transmisión para las  $N_{ut,m}$  antenas. Cada unidad transmisora (TMTR) 254 recibe y procesa (por ejemplo, convierte a analógico, amplifica, filtra y aumenta en frecuencia) un respectivo flujo de símbolos de transmisión para

generar una señal de enlace ascendente.  $N_{ut,m}$  unidades transmisoras 254 proporcionan  $N_{ut,m}$  señales de enlace ascendente para su transmisión desde  $N_{ut,m}$  antenas 252 al punto de acceso.

5 **[0029]** Se pueden planificar  $N_{up}$  terminales de usuario para la transmisión simultánea en el enlace ascendente. Cada uno de estos terminales de usuario realiza un procesamiento espacial en su flujo de símbolos de datos y transmite al punto de acceso su conjunto de flujos de símbolos de transmisión en el enlace ascendente.

10 **[0030]** En el punto de acceso 110,  $N_{ap}$  antenas 224a a 224ap reciben las señales de enlace ascendente desde todos los  $N_{up}$  terminales de usuario que transmiten en el enlace ascendente. Cada antena 224 proporciona una señal recibida a una respectiva unidad receptora (RCVR) 222. Cada unidad receptora 222 realiza un procesamiento complementario al realizado por la unidad transmisora 254 y proporciona un flujo de símbolos recibidos. Un procesador espacial de RX 240 realiza el procesamiento espacial del receptor en los  $N_{ap}$  flujos de símbolos recibidos desde las  $N_{ap}$  unidades receptoras 222 y proporciona  $N_{up}$  flujos de símbolos de datos recuperados de enlace ascendente. El procesamiento espacial del receptor se realiza de acuerdo con la inversión matricial de correlación de canal (CCMI), el mínimo error cuadrático medio (MMSE), la cancelación suave de interferencias (SIC) o con alguna otra técnica. Cada flujo recuperado de símbolos de datos de enlace ascendente es una estimación de un flujo de símbolos de datos transmitido por un respectivo terminal de usuario. Un procesador de datos de RX 242 procesa (por ejemplo, desmodula, desentrelaza y descodifica) cada flujo recuperado de símbolos de datos de enlace ascendente, de acuerdo con la velocidad usada para ese flujo, para obtener datos descodificados. Los datos descodificados para cada terminal de usuario pueden proporcionarse a un colector de datos 244 para su almacenamiento y/o a un controlador 230 para su procesamiento adicional.

25 **[0031]** En el enlace descendente, en el punto de acceso 110, un procesador de datos de TX 210 recibe datos de tráfico desde un origen de datos 208 para  $N_{dn}$  terminales de usuario planificados para la transmisión de enlace descendente, datos de control desde un controlador 230 y, posiblemente, otros datos desde un planificador 234. Los diversos tipos de datos pueden enviarse en canales de transporte diferentes. El procesador de datos de TX 210 procesa (por ejemplo, codifica, entrelaza y modula) los datos de tráfico para cada terminal de usuario basándose en la velocidad seleccionada para ese terminal de usuario. El procesador de datos de TX 210 proporciona  $N_{dn}$  flujos de símbolos de datos de enlace descendente para los  $N_{dn}$  terminales de usuario. Un procesador espacial de TX 220 realiza un procesamiento espacial (tal como una precodificación o conformación de haces, como se describe en la presente divulgación) en los  $N_{dn}$  flujos de símbolos de datos de enlace descendente, y proporciona  $N_{ap}$  flujos de símbolos de transmisión para las  $N_{ap}$  antenas. Cada unidad transmisora 222 recibe y procesa un respectivo flujo de símbolos de transmisión para generar una señal de enlace descendente.  $N_{ap}$  unidades transmisoras 222 proporcionan  $N_{ap}$  señales de enlace descendente para su transmisión desde  $N_{ap}$  antenas 224 a los terminales de usuario.

35 **[0032]** En cada terminal de usuario 120,  $N_{ut,m}$  antenas 252 reciben las  $N_{ap}$  señales de enlace descendente desde el punto de acceso 110. Cada unidad receptora 254 procesa una señal recibida desde una antena 252 asociada y proporciona un flujo de símbolos recibidos. Un procesador espacial de RX 260 realiza el procesamiento espacial de recepción en los  $N_{ut,m}$  flujos de símbolos recibidos desde las  $N_{ut,m}$  unidades de recepción 254 y proporciona un flujo recuperado de símbolos de datos de enlace descendente para el terminal de usuario. El procesamiento espacial de recepción se realiza de acuerdo con la CCMI, el MMSE o alguna otra técnica. Un procesador de datos de RX 270 procesa (por ejemplo, desmodula, desentrelaza y descodifica) el flujo de símbolos de datos de enlace descendente recuperado para obtener datos descodificados para el terminal de usuario.

45 **[0033]** En cada terminal de usuario 120, un estimador de canal 278 estima la respuesta de canal de enlace descendente y proporciona estimaciones de canal de enlace descendente, que pueden incluir estimaciones de ganancia de canal, estimaciones de SNR, varianza de ruido, etc. De manera similar, un estimador de canal 228 estima la respuesta de canal de enlace ascendente y proporciona estimaciones de canal de enlace ascendente. El controlador 280 para cada terminal de usuario obtiene típicamente la matriz de filtro espacial para el terminal de usuario basándose en la matriz de respuesta de canal de enlace descendente  $H_{dn,m}$  para ese terminal de usuario. El controlador 230 obtiene la matriz de filtro espacial para el punto de acceso basándose en la matriz efectiva de respuesta de canal de enlace ascendente  $H_{up,eff}$ . El controlador 280 para cada terminal de usuario puede enviar información de realimentación (por ejemplo, los autovectores, los autovalores, las estimaciones de SNR, etc., de enlace descendente y/o de enlace ascendente) al punto de acceso. Los controladores 230 y 280 controlan también el funcionamiento de diversas unidades de procesamiento en el punto de acceso 110 y en el terminal de usuario 120, respectivamente.

60 **[0034]** La figura 3 ilustra diversos componentes que pueden utilizarse en un dispositivo inalámbrico 302 que puede emplearse en un sistema de comunicación inalámbrica, tal como el sistema MIMO 100. El dispositivo inalámbrico 302 es un ejemplo de dispositivo que puede estar configurado para implementar los diversos procedimientos descritos en el presente documento. El dispositivo inalámbrico 302 puede ser un punto de acceso 110 o un terminal de usuario 120.

65 **[0035]** El dispositivo inalámbrico 302 puede incluir un procesador 304 que controla el funcionamiento del dispositivo inalámbrico 302. El procesador 304 se puede denominar también unidad central de procesamiento (CPU). La memoria 306, que puede incluir tanto memoria de solo lectura (ROM) como memoria de acceso aleatorio (RAM), proporciona instrucciones y datos al procesador 304. Una parte de la memoria 306 también puede incluir memoria de acceso

aleatorio no volátil (NVRAM). El procesador 304 realiza típicamente operaciones lógicas y aritméticas basándose en instrucciones de programa almacenadas dentro de la memoria 306. Las instrucciones en la memoria 306 pueden ser ejecutables para implementar los procedimientos descritos en el presente documento.

5 **[0036]** El dispositivo inalámbrico 302 puede incluir también un alojamiento 308 que puede incluir un transmisor 310 y un receptor 312 para permitir la transmisión y la recepción de datos entre el dispositivo inalámbrico 302 y una ubicación remota. El transmisor 310 y el receptor 312 se pueden combinar en un transceptor 314. Una única antena o una pluralidad de antenas transmisoras 316 pueden conectarse al alojamiento 308 y acoplarse eléctricamente al transceptor 314. El dispositivo inalámbrico 302 también puede incluir múltiples transmisores, múltiples receptores y  
10 múltiples transceptores (no mostrados).

**[0037]** El dispositivo inalámbrico 302 puede incluir también un detector de señales 318 que puede usarse con la intención de detectar y cuantificar el nivel de las señales recibidas por el transceptor 314. El detector de señales 318 puede detectar dichas señales como energía total, energía por subportadora por símbolo, densidad espectral de  
15 potencia y otras señales. El dispositivo inalámbrico 302 también puede incluir un procesador de señales digitales (DSP) 320 para su uso en el procesamiento de señales.

**[0038]** Los diversos componentes del dispositivo inalámbrico 302 pueden acoplarse entre sí mediante un sistema de bus 322, que puede incluir un bus de potencia, un bus de señales de control y un bus de señales de estado, aparte de un bus de datos.  
20

**[0039]** El sistema 100 ilustrado en la figura 1 puede operar de acuerdo con la norma de comunicaciones inalámbricas IEEE 802.11ac. El IEEE 802.11ac representa una modificación de IEEE 802.11 que permite un mayor rendimiento en redes inalámbricas IEEE 802.11. El mayor rendimiento se puede realizar a través de varias medidas tales como  
25 transmisiones en paralelo a múltiples estaciones (STA) a la vez, o utilizando un ancho de banda de canal más amplio (por ejemplo, 80 MHz o 160 MHz). La norma IEEE 802.11ac también se denomina norma de comunicaciones inalámbricas de rendimiento muy alto (VHT).

#### UN FORMATO DE TRAMA DE REALIMENTACIÓN DE CSI DE EJEMPLO

30 **[0040]** La figura 4 ilustra un formato 400 de trama de realimentación de CSI de ejemplo, de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. Por ejemplo, el formato 400 de trama puede ser un formato de trama para una trama de conformación de haz comprimido VHT. El formato 400 de trama puede comprender un campo de categoría 402 (por ejemplo, que tiene un valor que indica "VHT", es decir, que esta trama es una trama VHT), un campo de acción 404 (por ejemplo, que tiene un valor que indica "conformación de haz comprimido", es decir, que esta trama VHT es una trama de conformación de haz comprimido VHT), un campo de control 406 MIMO VHT, un campo de informe de conformación de haz comprimido 408 y un campo de informe de conformación de haz exclusivo multiusuario (MU) 410. El formato 400 de trama puede usarse tanto para la realimentación de un solo usuario (SU) como para la realimentación MU. El campo 410 de informe de conformación de haz exclusivo de MU puede comprender una SINR (relación de señal a interferencia más ruido) por tono por SS (flujo espacial) (por ejemplo, delta SNR;  $N_b = 4$  bits; [-8:1:7] dB; y  $N_g' = N_g$  o 4).  
35  
40

**[0041]** La figura 5 ilustra un campo 406 de control MIMO VHT, de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. Para ciertos aspectos, el campo 406 de control MIMO VHT puede comprender hasta 3 octetos (24 bits).  
45 Los bits 502 (por ejemplo, tres bits) pueden indicar el número de columnas ( $N_c$ ) de una matriz de conformación de haz comprimido  $\mathbf{V}$ , y los bits 504 (por ejemplo, tres bits) pueden indicar el número de filas ( $N_r$ ) de la matriz  $\mathbf{V}$ . Los bits 506 (por ejemplo, dos bits) pueden indicar un ancho de banda (BW) (por ejemplo, el ancho de un canal en el que se creó la medición para crear la matriz  $\mathbf{V}$ ). Por ejemplo, un valor de 0 puede indicar un ancho de canal de 20 MHz, un valor de 1 puede indicar un ancho de canal de 40 MHz, un valor de 2 puede indicar un ancho de canal de 80 MHz y un valor de 3 puede indicar un ancho de canal de 160 MHz. Los bits 508 (por ejemplo, dos bits) pueden comprender varios parámetros de grupo ( $N_g$ ) para agrupar tonos (una indicación sobre el muestreo de la realimentación de CSI), en donde un valor de 0 puede indicar que  $N_g = 1$ , un valor de 1 puede indicar que  $N_g = 2$ , y un valor de 2 puede indicar que  $N_g = 4$ . Se puede reservar un valor de 3, al menos por el momento.  
50

**[0042]** El bit 510 puede comprender información de libro de códigos, tal como una resolución de bits para cada uno de los ángulos de rotación de Givens  $\psi$  y  $\phi$  (la nomenclatura de estos ángulos es la misma que en la modificación IEEE 802.11n para la norma IEEE 802.11). Para ciertos aspectos que involucran el modo SU, por ejemplo, cuando el bit 512 de tipo MU no está establecido (es decir, tiene un valor de 0), un valor de 0 para el bit 510 de información de libro de códigos puede indicar dos bits de resolución para  $\psi$  (es decir, se utilizan dos bits para cuantificar  $\psi$ ) y cuatro bits de resolución para  $\phi$  (es decir, se utilizan cuatro bits para cuantificar  $\phi$ ), y un valor de 1 para el bit 510 de información del libro de códigos puede indicar cuatro bits de resolución para  $\psi$  y seis bits de resolución para  $\phi$ . Para otros aspectos relacionados con el modo MU, por ejemplo, cuando se establece el bit 512 de tipo MU (es decir, tiene un valor de 1), un valor de 0 para el bit 510 puede indicar cinco bits de resolución para  $\psi$  y siete bits de resolución para  $\phi$ , y un valor de 1 para el bit 510 puede indicar siete bits de resolución para  $\psi$  y nueve bits de resolución para  $\phi$ .  
55 Los bits 514 pueden comprender un número de secuencia de sondeo (es decir, un número de secuencia de un anuncio de paquete de datos nulos (NDPA) que solicita realimentación).  
60  
65

[0043] Sin embargo, el formato de trama 400 puede crear vías para que las máquinas de estado diverjan sustancialmente entre la realimentación de SU y la realimentación de MU. Por ejemplo, un punto de acceso 110 puede extraer la SNR de subbanda utilizando el control VHT para la realimentación de SU, pero utilizando la SNR por tono en la realimentación de MU. La norma IEEE 802.11ac puede introducir campos adicionales al informe 410 de conformación de haz exclusivo de MU (por ejemplo, realimentación **H**). Estos desarrollos pueden perjudicar la adopción de MU-MIMO.

[0044] Para mitigar esto, el formato de trama de realimentación de CSI se puede unificar entre los modos SU y MU eliminando la diferenciación y señalización del formato de trama de CSI SU/MU. En otras palabras, la trama de realimentación de CSI no comprenderá una designación que diferencie entre los diferentes formatos de la trama en base a SU-MIMO versus MU-MIMO.

[0045] La figura 6 ilustra un ejemplo de formato 600 de trama de realimentación de CSI de acuerdo con determinados aspectos de la presente divulgación. Se puede agregar un campo "Delta SNR" para todos los usuarios, pero la sobrecarga de Delta SNR puede ser inferior al 5 % para las resoluciones de bits de los ángulos de rotación de Givens  $(b\psi, b\phi) = (2, 4)$  y  $(4, 6)$ . Para cada subportadora  $k$  y columna  $i$  de la matriz de conformación de haz  $V$ , la delta SNR  $(\Delta SNR_{k,i})$  se puede calcular como la diferencia en decibelios (dB) de la SNR de esa subportadora para esa columna en relación con la SNR promedio del flujo espacio-tiempo correspondiente. En otras palabras, Delta SNR puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta SNR_{k,i} = 10 \log_{10} \left( \frac{\|H_k V_{k,i}\|^2}{N} \right) - \overline{SNR}_i$$

donde  $H_k$  es el canal MIMO estimado para la subportadora  $k$ ,  $V_{k,i}$  es la columna  $i$  de la matriz de conformación de haz  $V$  para la subportadora  $k$ ,  $SNR_i$  es la SNR promedio del flujo espacio-tiempo  $i$  informado en el campo de informe de conformación de haz comprimido y  $N$  es la potencia de ruido más la interferencia medida en la conformador de haz que se utilizó para calcular la  $SNR_i$ . Delta SNR puede cuantificarse a 2 o 4 bits, por ejemplo, y puede variar de -8 dB a 7 dB con granularidad de 1 dB  $([-8:1:7]$  dB). A los clientes se les puede permitir configurar Delta SNR a 0 dB para  $(b\psi, b\phi) = (2, 4)$  y  $(4, 6)$ .

[0046] El campo 410 de informe de conformación de haz exclusivo de MU (ilustrado en la figura 4) puede eliminarse del formato de trama 600. El formato de trama 600 puede comprender un campo 602 de categoría (por ejemplo, que tiene un valor que indica "VHT", es decir, que esta trama es una trama VHT), un campo 604 de acción (por ejemplo, que tiene un valor que indica "conformación de haz comprimido", es decir, que esta trama VHT es una trama de conformación de haz comprimido VHT), un campo 606 de control MIMO VHT y un campo 608 de informe de conformación de haz comprimido. De esta manera, no hay un conjunto separado de campos MU-MIMO en el extremo de la trama de realimentación de CSI. Para ciertos aspectos, el contenido del campo 410 de informe de conformación de haz exclusivo de MU puede integrarse dentro del campo 608 de informe de conformación de haz comprimido.

[0047] La figura 7 ilustra las operaciones de ejemplo 700 para construir la trama de realimentación de CSI unificada y transmitir la realimentación de CSI de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. Las operaciones 700 pueden realizarse en un terminal de usuario 120, por ejemplo. Las operaciones pueden comenzar en 702 generando en un primer aparato (por ejemplo, el terminal de usuario), una trama que comprende información relacionada con la SNR si un segundo aparato (por ejemplo, un punto de acceso 110) se está comunicando con el terminal de usuario utilizando entrada múltiple salida múltiple de un solo usuario (SU-MIMO) o MIMO multiusuario (MU-MIMO). En otras palabras, el terminal de usuario puede generar una trama que indique la Delta SNR en cualquier caso MIMO. Para ciertos aspectos, la trama no comprende una designación (por ejemplo, un bit 512 de tipo MU o un campo 410 de informe de conformación de haz exclusivo de MU) que distingue entre diferentes formatos de la trama en función de SU-MIMO versus MU-MIMO. En 704, el primer aparato puede transmitir una señal basándose en la trama generada al segundo aparato.

[0048] La figura 8 ilustra un campo 606 de control MIMO VHT de ejemplo, de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. Los bits 810 (por ejemplo, aumentado a dos bits) puede comprender información de libro de códigos que indica una resolución de bits para cada uno de los ángulos de rotación de Givens  $\psi$  y  $\phi$ , un número de bits para expresar el valor de la información de Delta SNR (DeltaSNR\_Nb, o simplemente  $Nb$ ), la información de Delta SNR que utiliza el número de bits indicados y/o un número modificado de parámetros de grupos ( $Ng'$ ) para agrupar los tonos.

[0049] Para ciertos aspectos como se ilustra en la tabla 900 de la figura 9A, en un esfuerzo por eliminar la diferenciación y señalización del formato de trama de CSI SU/MU, tanto  $Nb$  como  $Ng'$  pueden variar dependiendo del valor de los bits 810 de información del libro de códigos. Por ejemplo, un valor de 0 para los bits 810 de información del libro de códigos puede indicar dos bits de resolución para  $\psi$  (es decir, se utilizan dos bits para cuantificar  $\psi$ ) y cuatro bits de resolución para  $\phi$  (es decir, se utilizan cuatro bits para cuantificar  $\phi$ ), dos bits para  $Nb$  (es decir, se

utilizan dos bits para expresar el valor de Delta SNR), y  $Ng'$  es igual al producto de  $Ng$  por cuatro ( $Ng' = 4 * Ng$ ). Un valor de 1 para los bits 810 de información de libro de códigos puede indicar cuatro bits de resolución para  $\psi$  y seis bits de resolución para  $\phi$ , dos bits para  $Nb$ , y  $Ng'$  igual al producto de  $Ng$  por cuatro. Un valor de 2 para los bits 810 de información del libro de códigos puede indicar cinco bits de resolución para  $\psi$  y siete bits de resolución para  $\phi$ , cuatro bits para  $Nb$ , y  $Ng'$  igual al producto de  $Ng$  por dos. Un valor de 3 para los bits 810 de información del libro de códigos puede indicar siete bits de resolución para  $\psi$  y nueve bits de resolución para  $\phi$ , cuatro bits para  $Nb$ , y  $Ng'$  igual al producto de  $Ng$  por dos.

**[0050]** Para otros aspectos como se ilustra en la tabla 950 de la figura 9B, en un esfuerzo por eliminar la diferenciación y señalización del formato de trama de CSI SU/MU, solo  $Ng'$  puede variar dependiendo del valor de los bits 810 de información del libro de códigos. Por ejemplo, un valor de 0 para los bits 810 de información del libro de códigos puede indicar dos bits de resolución para  $\psi$  (es decir, se utilizan dos bits para cuantificar  $\psi$ ) y cuatro bits de resolución para  $\phi$  (es decir, se utilizan cuatro bits para cuantificar  $\phi$ ), cuatro bits para  $Nb$  (es decir, se usan cuatro bits para expresar el valor de Delta SNR), y  $Ng'$  es igual al producto de  $Ng$  por ocho ( $Ng' = 8 * Ng$ ). Un valor de 1 para los bits 810 de información de libro de códigos puede indicar cuatro bits de resolución para  $\psi$  y seis bits de resolución para  $\phi$ , cuatro bits para  $Nb$ , y  $Ng'$  igual al producto de  $Ng$  por ocho. Un valor de 2 para los bits 810 de información del libro de códigos puede indicar seis bits de resolución para  $\psi$  y ocho bits de resolución para  $\phi$ , cuatro bits para  $Nb$ , y  $Ng'$  igual al producto de  $Ng$  por dos. Un valor de 3 para los bits 810 de información del libro de códigos puede indicar siete bits de resolución para  $\psi$  y nueve bits de resolución para  $\phi$ , cuatro bits para  $Nb$ , y  $Ng'$  igual al producto de  $Ng$  por dos.

#### **OTRO FORMATO DE TRAMA DE REALIMENTACIÓN DE CSI DE EJEMPLO**

**[0051]** Ciertos aspectos de la presente divulgación admiten la construcción de un formato de realimentación de la información del estado del canal (CSI) unificado para la norma de comunicaciones inalámbricas IEEE 802.11ac (de muy alto rendimiento (VHT)). Esta estructura puede funcionar eficientemente para la realimentación de único usuario (SU) y de múltiple usuario (MU).

**[0052]** En un aspecto, la realimentación de CSI puede comprender una o más columnas de una matriz  $\mathbf{V}$  de conformación de haz, en la que la matriz  $\mathbf{V}$  puede obtenerse usando una descomposición en valores singulares (SVD) de una matriz  $\mathbf{H}$  de canal inalámbrico. Por ejemplo, la matriz  $\mathbf{V}$  puede comprender una matriz de vectores propios derechos del canal inalámbrico. De forma alternativa, la matriz  $\mathbf{V}$  puede comprender una matriz de vectores propios izquierdos del canal inalámbrico. En otro aspecto, la realimentación de CSI puede comprender una o más columnas de la matriz  $\mathbf{V}$  y una o más columnas de una matriz  $\mathbf{S}$ , en la que la matriz  $\mathbf{S}$  puede obtenerse utilizando la SVD de la matriz de canales  $\mathbf{H}$ . Por ejemplo, la matriz  $\mathbf{S}$  puede comprender una matriz de valores propios del canal inalámbrico. En otro aspecto más, la realimentación de CSI puede comprender una o más columnas de la matriz  $\mathbf{H}$ .

**[0053]** En un aspecto, la realimentación de CSI basada en la matriz  $\mathbf{V}$  se puede utilizar en el caso de la conformación de haz de transmisión de SU. En el caso de la transmisión MU-MIMO, la realimentación de CSI basada en la matriz  $\mathbf{H}$  puede funcionar mejor que la realimentación de CSI basada tanto en la matriz  $\mathbf{S}$  como en la matriz  $\mathbf{V}$ . Se muestra en la presente divulgación que la realimentación de CSI basada en la matriz  $\mathbf{H}$  puede funcionar mejor que la realimentación de CSI que comprende la matriz  $\mathbf{V}$  para la conformación de haz de transmisión (TxBF), para un número de flujos espaciales de transmisión ( $N_{ss}$ ) mayores que uno e iguales restricciones de esquema de codificación y modulación (MCS).

**[0054]** Sería beneficioso para simplificar la implementación evitar que un punto de acceso (AP) tenga que recopilar diferentes tipos de realimentación para los modos de transmisión SU y MU. Este enfoque puede simplificar la recopilación y el procesamiento de la realimentación de CSI en el AP. Este enfoque también puede permitir que el AP tome decisiones sobre la marcha ya sea para utilizar la conformación de haz de transmisión o la transmisión MU-MIMO basada en el tráfico y las retransmisiones.

**[0055]** La figura 10 ilustra un gráfico 1000 de resultados de rendimiento de ejemplo para diferentes tipos de realimentación de CSI de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. Los resultados se generaron utilizando cuatro antenas transmisoras en un AP y cuatro antenas receptoras en una o más estaciones de usuario (STA), modulación 64-QAM y una velocidad de codificación de 5/6.

**[0056]** Se puede observar a partir de la figura 10 que la utilización de la realimentación de CSI con la matriz  $\mathbf{V}$  (es decir, los gráficos 1030 y 1040) puede dar lugar a un descenso considerable. Por otro lado, la utilización de la realimentación de CSI con la matriz  $\mathbf{H}$  junto con la precodificación del mínimo error cuadrático medio (MMSE) en el lado del AP (es decir, los gráficos 1010 y 1020) puede proporcionar un rendimiento de tasa de error preferido.

#### **Reglas de realimentación de CSI de ejemplo**

**[0057]** La opción de utilizar la realimentación de CSI basada en  $\mathbf{V}$  o la realimentación de CSI basada en  $\mathbf{H}$ , así como la elección de un parámetro de agrupación de tonos  $Ng$  y los parámetros del libro de códigos puede representar un problema de implementación puramente del lado del cliente (rendimiento/potencia/sobrecarga). Debe observarse que

la matriz  $\mathbf{V}$  puede generarse a partir de la matriz  $\mathbf{H}$ , por lo que la realimentación de la matriz  $\mathbf{H}$  puede ser trivial. También puede ser deseable no tener diferenciación SU/MU.

[0058] La realimentación de CSI con la matriz  $\mathbf{V}$  o con la matriz  $\mathbf{H}$  puede ofrecer varios escenarios de ejemplo diferentes. Por ejemplo, las STA con capacidad para SU con muchas antenas receptoras pueden transmitir la realimentación de CSI con la matriz  $\mathbf{V}$  para ahorrar sobrecarga y potencia de transmisión. Las STA con capacidad de SU con  $N_{ss} > 1$  pueden transmitir la realimentación de CSI con la matriz  $\mathbf{H}$  para lograr el rendimiento preferido. Se puede observar a partir de la figura 10 que la realimentación de CSI basada en  $\mathbf{V}$  con la misma restricción de MCS puede afectar negativamente el rendimiento de la tasa de error de paquetes (PER). Las STA con capacidad MU pueden transmitir realimentación de CSI basada en  $\mathbf{H}$  para obtener un rendimiento preferido. Las STA con capacidad de SU pueden transmitir la realimentación de  $\mathbf{V}(2,4)$  a bajas SNR y  $N_{ss} = 1$ , pero pueden transmitir la realimentación de CSI basada en  $\mathbf{H}$  a altas SNR.

[0059] Un AP puede estar diseñado para procesar tanto la matriz  $\mathbf{H}$  como la matriz  $\mathbf{V}$ . Sin embargo, el aumento de la complejidad con este diseño puede ser despreciable. Para las transmisiones MU-MIMO, los cálculos del precodificador del AP (por ejemplo, mediante los precodificadores MMSE/ZF (Cero Forzado)) pueden ser idénticos, ya sea que la realimentación de CSI por usuario sea basada en  $\mathbf{H}$  o basada en  $\mathbf{V}$ . El AP puede realizar más probablemente la etapa adicional de descompresión de la matriz  $\mathbf{V}$ , en el caso de realimentación de CSI basada en  $\mathbf{V}$ .

[0060] Para la conformación de haz de transmisión de SU con  $N_{ss} > 1$  e igual restricción de MCS, el AP no necesita realizar una SVD para la realimentación de CSI basada en  $\mathbf{H}$  o en  $\mathbf{V}$ . Se puede observar a partir de la figura 10 que el precodificador MMSE puede funcionar mejor que SVD.

[0061] Para la conformación de haz de transmisión de SU, incluso si el AP realiza la SVD para generar una matriz  $\mathbf{V}$  a partir de la realimentación de CSI basada en  $\mathbf{H}$ , la complejidad puede ser razonable. Si un teléfono a batería puede generar la matriz  $\mathbf{V}$  a partir de la matriz  $\mathbf{H}$ , entonces también lo puede hacer un AP montado en la pared. Una STA que puede generar realimentación de CSI basada en  $\mathbf{V}$  también puede reutilizar el hardware para generar la matriz  $\mathbf{V}$  para un precodificador. En un aspecto, el AP puede utilizar realimentación para las transmisiones de SU o MU.

[0062] Al aplicar la estructura de realimentación de CSI descrita en el presente documento, un Anuncio de paquete de datos nulos (NDPA) no necesita dictar parámetros de realimentación tales como  $\mathbf{V}$  frente a  $\mathbf{H}$ ,  $N_g$  y parámetros de libro de códigos. Además, el intercambio de capacidades no necesita indicar soporte para los parámetros de realimentación de CSI, tales como la realimentación de CSI basada en  $\mathbf{V}/\mathbf{H}$ , diferentes  $N_g$  y diferentes libros de códigos.

#### Un formato de realimentación de CSI de ejemplo

[0063] La figura 11 ilustra un ejemplo de formato 1100 de realimentación de CSI unificado de acuerdo con determinados aspectos de la presente divulgación. Esta estructura puede representar un campo de control MIMO VHT para la realimentación de CSI.

[0064] Los bits 1102 (por ejemplo, tres bits) pueden indicar el número de columnas ( $N_c$ ) de las matrices  $\mathbf{V}$  o  $\mathbf{H}$ , y los bits 1104 (por ejemplo, tres bits) pueden indicar el número de filas ( $N_r$ ) de las matrices  $\mathbf{V}$  o  $\mathbf{H}$ . Los bits 1106 (por ejemplo, dos bits) pueden indicar un ancho de banda (BW) (por ejemplo, el ancho de un canal en el que se creó la medida para crear la matriz  $\mathbf{V}$  o  $\mathbf{H}$ ). Por ejemplo, un valor de 0 puede indicar un ancho de canal de 20 MHz, un valor de 1 puede indicar un ancho de canal de 40 MHz, un valor de 2 puede indicar un ancho de canal de 80 MHz y un valor de 3 puede indicar un ancho de canal de 160 MHz. Los bits 1108 (por ejemplo, dos bits) pueden comprender varios parámetros de grupo ( $N_g$ ) para agrupar tonos (una indicación sobre el muestreo de la realimentación de CSI), en el que un valor de 1 puede indicar que  $N_g = 2$ , un valor de 2 puede indicar que  $N_g = 3$ , y un valor de 3 puede indicar que  $N_g = 4$ .

[0065] Los bits 1110 (por ejemplo, dos bits) pueden comprender información del libro de códigos, tal como una resolución de bits para cada uno de los ángulos de rotación de la Givens  $\psi$  y  $\phi$  (la nomenclatura de estos ángulos es la misma que en la modificación IEEE 802.11n a la norma IEEE 802.11). Para ciertos aspectos como se ilustra en la tabla 1200 de la figura 12A, en el caso de la realimentación de CSI basada en  $\mathbf{V}$ , un valor de 0 para los bits 1110 puede indicar 2 bits de resolución para  $\psi$  (es decir, se utilizan 2 bits para cuantificar  $\psi$ ) y 4 bits de resolución para  $\phi$  (es decir, se utilizan 4 bits para cuantificar  $\phi$ ), un valor de 1 para los bits 1110 puede indicar 4 bits de resolución para  $\psi$  y 6 bits de resolución para  $\phi$ , un valor de 2 para los bits 1110 puede indicar 5 bits de resolución para  $\psi$  y 7 bits de resolución para  $\phi$ , y un valor de 3 para los bits 1110 puede indicar 7 bits de resolución para  $\psi$  y 9 bits de resolución para  $\phi$ .

[0066] Para otros aspectos como se ilustra en la tabla 1250 de la figura 12B, en el caso de la realimentación de CSI basada en  $\mathbf{H}$ , se puede usar la misma resolución de ancho de bit para los valores I y Q de la realimentación de CSI basada en  $\mathbf{H}$ . Por ejemplo, un valor de cero para los bits 1110 puede indicar 4 bits de resolución, un valor de uno para los bits 1110 puede indicar 6 bits de resolución y un valor de dos para los bits 1110 puede indicar 8 bits de resolución para la realimentación de CSI basada en  $\mathbf{H}$ .

**[0067]** Se puede usar un bit de tipo de realimentación 1112 para diferenciar entre la realimentación de CSI basada en **H** y la realimentación de CSI basada en **V**. Por ejemplo, un valor de cero puede indicar una realimentación de CSI basada en **V**, mientras que un valor de uno puede indicar una realimentación de CSI basada en **H**, o viceversa. Los bits 1114 pueden comprender un número de secuencia de sondeo (es decir, un número de secuencia de un anuncio de paquete de datos nulos (NDPA) que solicita realimentación).

**[0068]** La realimentación de CSI basada en **H** puede proporcionar un mejor rendimiento que la realimentación de CSI que comprende tanto la matriz **S** como la matriz **V**. Incluso si el AP y el cliente han implementado la realimentación de CSI basada en **V** para la conformación de haz de transmisión, la complejidad adicional involucrada para admitir la realimentación de CSI con matrices **V** y **S** puede ser mayor que para la realimentación de CSI basada en **H**. Cada  $N_g$  tonos, el AP puede descomprimir la matriz **V** y multiplicar matricialmente **V** por **S**, antes del cálculo del precodificador, y el cliente puede calcular la matriz **S**. De acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación, no es necesario realizar cálculos adicionales para la realimentación de CSI basada en **H**, ya que la matriz **H** del canal puede estar ya disponible en el cliente a un coste cero.

**[0069]** La figura 13 ilustra las operaciones 1300 de ejemplo para construir una estructura unificada (por ejemplo, una trama) para la realimentación de CSI y transmitir la estructura de la realimentación de CSI de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. En un aspecto, las operaciones 1300 pueden ser realizadas por un aparato, tal como un terminal de usuario 120. Las operaciones 1300 pueden comenzar, en 1302, generando una estructura que comprende información del estado del canal (CSI), en la que la CSI puede comprender al menos una de una primera matriz con estimaciones de un canal asociado con el aparato o una segunda matriz obtenida en base a la descomposición en valores singulares (SVD) de la primera matriz. La estructura puede incluir, además, una indicación de cuál de las matrices primera y segunda está incluida en la CSI. En 1304, el aparato puede transmitir la estructura por el canal.

**[0070]** Para ciertos aspectos, la indicación de cuál de las matrices primera y segunda está incluida en la CSI puede comprender un primer tipo que indique una matriz de conformación de haz **V** (si la CSI incluye la primera matriz) o un segundo tipo que indica una matriz de canal **H** (si la CSI incluye la segunda matriz). La estructura puede comprender, además, al menos uno de: número de columnas o filas de al menos una de la primera matriz o la segunda matriz, un ancho de banda asociado con el canal, una indicación sobre el muestreo de la CSI (por ejemplo,  $N_g$ ), o una indicación sobre un número de bits utilizados para representar la CSI. La estructura puede comprender un campo de control MIMO VHT, en el que la indicación (de cuál de las matrices primera y segunda está incluida en la CSI) se expresa como un subcampo (por ejemplo, el subcampo de tipo de realimentación expresado por el bit 1112 de tipo de realimentación) dentro del campo de control MIMO VHT.

**[0071]** Las operaciones 1300 pueden comprender, además, determinar al menos una de la primera matriz, la segunda matriz, o uno o más parámetros para su inclusión en la estructura unificada. El uno o más parámetros pueden incluir al menos una de una indicación sobre el muestreo de la CSI o una indicación sobre un número de bits utilizados para representar la CSI.

**[0072]** Las diversas operaciones de los procedimientos descritos anteriormente pueden realizarse mediante cualquier medio adecuado capaz de realizar las funciones correspondientes. Los medios pueden incluir diversos componente(s) y/o módulo(s) de hardware y/o software que incluyan, de forma no limitativa, un circuito, un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC) o un procesador. En general, cuando haya operaciones ilustradas en las figuras, esas operaciones pueden tener unos componentes de medios más función equivalentes correspondientes con una numeración similar. Por ejemplo, las operaciones 700 ilustradas en la figura 7 corresponden a los medios 700A ilustrados en la figura 7A.

**[0073]** Por ejemplo, los medios para transmitir pueden comprender un transmisor, tal como la unidad transmisora 222 del punto de acceso 110 ilustrada en la figura 2, la unidad transmisora 254 del terminal de usuario 120 representado en la figura 2, o el transmisor 310 del dispositivo inalámbrico 302 mostrado en la figura 3. Los medios para generar la trama o la estructura, los medios de determinación y/o los medios para procesar pueden comprender un sistema de procesamiento, que puede incluir uno o más procesadores, tales como el procesador de datos de TX 288 y/o el controlador 280 y/o la fuente de datos 286 del terminal de usuario 120 ilustrado en la figura 2.

**[0074]** Como se usa en el presente documento, el término «determinar» abarca una amplia variedad de acciones. Por ejemplo, «determinar» puede incluir calcular, computar, procesar, obtener, investigar, consultar (por ejemplo, consultar una tabla, una base de datos u otra estructura de datos), averiguar y similares. Asimismo, «determinar» puede incluir recibir (por ejemplo, recibir información), acceder (por ejemplo, acceder a datos en una memoria) y similares. "Determinar" también puede incluir resolver, seleccionar, elegir, establecer y similares.

**[0075]** Como se usa en el presente documento, una frase que se refiera a "al menos uno de" una lista de elementos se refiere a cualquier combinación de esos elementos, incluyendo elementos individuales. Como ejemplo, "al menos uno entre:  $a$ ,  $b$  o  $c$ " pretende abarcar:  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $a-b$ ,  $a-c$ ,  $b-c$ , y  $a-b-c$ .

**[0076]** Los diversos bloques, módulos y circuitos lógicos ilustrativos descritos en relación con la presente divulgación pueden implementarse o realizarse con un procesador de uso general, un procesador de señales digitales (DSP), un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), una matriz de puertas programables in situ (FPGA) u otro dispositivo de lógica programable (PLD), lógica de transistores o de puertas discretas, componentes de hardware discretos o cualquier combinación de estos diseñada para realizar las funciones descritas en el presente documento. Un procesador de uso general puede ser un microprocesador pero, de forma alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador, controlador, microcontrolador o máquina de estados disponible en el mercado. Un procesador también puede implementarse como una combinación de dispositivos informáticos, por ejemplo, una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo de DSP o cualquier otra configuración de este tipo.

**[0077]** Las etapas de un procedimiento o algoritmo descrito en relación con la presente divulgación pueden realizarse directamente en hardware, en un módulo de software ejecutado por un procesador o en una combinación de los dos. Un módulo de software puede residir en cualquier forma de medio de almacenamiento conocido en la técnica. Algunos ejemplos de medios de almacenamiento que se pueden usar incluyen una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria flash, una memoria EPROM, una memoria EEPROM, registros, un disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM, etc. Un módulo de software puede comprender una única instrucción o muchas instrucciones, y puede distribuirse por varios segmentos de código diferentes, entre programas diferentes y entre múltiples medios de almacenamiento. Un medio de almacenamiento puede estar acoplado a un procesador de manera que el procesador pueda leer información de, y escribir información en, el medio de almacenamiento. De forma alternativa, el medio de almacenamiento puede estar integrado en el procesador.

**[0078]** Los procedimientos divulgados en el presente documento comprenden una o más etapas o acciones para lograr el procedimiento descrito. Las etapas y/o acciones del procedimiento se pueden intercambiar entre sí sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. En otras palabras, a menos que se especifique un orden específico de etapas o acciones, el orden y/o el uso de etapas y/o acciones específicas se pueden modificar sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

**[0079]** Las funciones descritas pueden implementarse en hardware, software, firmware o en cualquier combinación de los mismos. Si se implementa en hardware, una configuración de hardware de ejemplo puede comprender un sistema de procesamiento en un nodo inalámbrico. El sistema de procesamiento puede implementarse con una arquitectura de bus. El bus puede incluir cualquier número de buses y puentes de interconexión, dependiendo de la aplicación específica del sistema de procesamiento y de las restricciones de diseño globales. El bus puede enlazar juntos diversos circuitos, incluidos un procesador, unos medios legibles por máquina y una interfaz de bus. La interfaz de bus se puede usar para conectar un adaptador de red, entre otras cosas, al sistema de procesamiento mediante el bus. El adaptador de red se puede usar para implementar las funciones de procesamiento de señales de la capa PHY. En el caso de un terminal de usuario 120 (véase la figura 1), una interfaz de usuario (por ejemplo, un teclado, pantalla, ratón, palanca de juegos, etc.) también puede conectarse al bus. El bus también puede conectar diversos otros circuitos tales como fuentes de temporización, periféricos, reguladores de tensión, circuitos de administración de energía y similares, que son bien conocidos en la técnica y, por lo tanto, no se describirán en más detalle.

**[0080]** El procesador puede ser responsable de gestionar el bus y el procesamiento general, incluyendo la ejecución de software almacenado en los medios legibles por máquina. El procesador puede implementarse con uno o más procesadores de uso general y/o uso especial. Entre los ejemplos se incluyen microprocesadores, microcontroladores, procesadores DSP y otros circuitos que pueden ejecutar software. El significado de software deberá interpretarse ampliamente como instrucciones, datos o cualquier combinación de estos, independientemente de si se denomina software, firmware, middleware, microcódigo, lenguaje de descripción de hardware o de otra forma. Los medios legibles por máquina pueden incluir, a modo de ejemplo, RAM (memoria de acceso aleatorio), memoria flash, ROM (memoria de solo lectura), PROM (memoria programable de solo lectura), EPROM (memoria programable de solo lectura y borrrable), EEPROM (memoria programable de solo lectura eléctricamente borrrable), registros, discos magnéticos, discos ópticos, discos duros o cualquier otro medio de almacenamiento adecuado, o cualquier combinación de los mismos. Los medios legibles por máquina pueden integrarse en un producto de programa informático. El producto de programa informático puede comprender materiales de empaquetado.

**[0081]** En una implementación de hardware, los medios legibles por máquina pueden formar parte del sistema de procesamiento, independientes del procesador. Sin embargo, como apreciarán fácilmente los expertos en la materia, los medios legibles por máquina, o cualquier parte de los mismos, pueden ser externos al sistema de procesamiento. A modo de ejemplo, los medios legibles por máquina pueden incluir una línea de transmisión, una onda portadora modulada por datos y/o un producto informático independientes del nodo inalámbrico, donde el procesador pueda acceder a todos ellos a través de la interfaz de bus. De forma alternativa, o adicionalmente, los medios legibles por máquina, o cualquier porción de estos, pueden integrarse en el procesador, como puede suceder con la memoria caché y/o con los archivos de registro generales.

**[0082]** El sistema de procesamiento puede configurarse como un sistema de procesamiento de uso general con uno o más microprocesadores que proporcionen la funcionalidad del procesador y una memoria externa que proporcione al menos una porción de los medios legibles por máquina, todos ellos conectados entre sí con otros circuitos de

soporte, mediante una arquitectura de bus externa. De forma alternativa, el sistema de procesamiento puede implementarse con un ASIC (circuito integrado específico de la aplicación), con el procesador, con la interfaz de bus, con la interfaz de usuario (en el caso de un terminal de acceso), con los circuitos de soporte y al menos una porción de los medios legibles por máquina, integrados en un único chip o con una o más FPGA (matrices de puertas programables in situ), con PLD (dispositivos de lógica programable), con controladores, con máquinas de estados, con lógica de puertas, con componentes de hardware discretos o con otros circuitos adecuados cualesquiera, o con cualquier combinación de circuitos que pueda realizar la diversa funcionalidad descrita a lo largo de esta divulgación. Los expertos en la materia reconocerán el mejor modo de implementar las funcionalidad descrita para el sistema de procesamiento, dependiendo de la aplicación particular y de las restricciones de diseño globales impuestas al sistema global.

**[0083]** Los medios legibles por máquina pueden comprender diversos módulos de software. Los módulos de software incluyen instrucciones que, cuando se ejecutan por el procesador, causan que el sistema de procesamiento realice diversas funciones. Los módulos de software pueden incluir un módulo de transmisión y un módulo de recepción. Cada módulo de software puede residir en un único dispositivo de almacenamiento o puede estar distribuido entre múltiples dispositivos de almacenamiento. A modo de ejemplo, un módulo de software puede cargarse en una RAM desde un disco duro cuando se produce un suceso de activación. Durante la ejecución del módulo de software, el procesador puede cargar parte de las instrucciones en memoria caché para aumentar la velocidad de acceso. Una o más líneas de memoria caché pueden cargarse a continuación en un archivo de registro general para su ejecución por el procesador. Cuando en lo sucesivo se haga referencia a la funcionalidad de un módulo de software, se entenderá que el procesador implemente dicha funcionalidad al ejecutar instrucciones de ese módulo de software.

**[0084]** Si se implementan en software, las funciones pueden almacenarse en, o transmitirse por, un medio legible por ordenador, como una o más instrucciones o códigos. Los medios legibles por ordenador incluyen tanto medios de almacenamiento informáticos como medios de comunicación, incluyendo cualquier medio que facilite la transferencia de un programa informático de un lugar a otro. Un medio de almacenamiento puede ser cualquier medio disponible al que pueda accederse mediante un ordenador. A modo de ejemplo y no de limitación, dichos medios legibles por ordenador pueden comprender RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM u otros dispositivos de almacenamiento en disco óptico, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que pueda utilizarse para transportar o almacenar un código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos y al que pueda accederse mediante un ordenador. Además, cualquier conexión recibe debidamente la denominación de medio legible por ordenador. Por ejemplo, si el software se transmite desde una página web, un servidor u otra fuente remota, mediante un cable coaxial, un cable de fibra óptica, un par trenzado, una línea de abonado digital (DSL) o unas tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos (IR), 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 están incluidas en la definición de medio. El término disco, como se usa en el presente documento, incluye disco compacto (CD), disco láser, disco óptico, disco versátil digital (DVD), disco flexible y disco Blu-ray®, donde algunos discos reproducen habitualmente los datos magnéticamente, mientras que otros discos reproducen los datos ópticamente con láseres. Por lo tanto, en algunos aspectos, los medios legibles por ordenador pueden comprender medios no transitorios legibles por ordenador (por ejemplo, medios tangibles). Además, para otros aspectos, los medios legibles por ordenador pueden comprender medios transitorios legibles por ordenador (por ejemplo, una señal). Las combinaciones de lo anterior también deberían incluirse dentro del alcance de los medios legibles por ordenador.

**[0085]** Por lo tanto, determinados aspectos pueden comprender un producto de programa informático para realizar las operaciones presentadas en el presente documento. Por ejemplo, dicho producto de programa informático puede comprender un medio legible por ordenador que tenga instrucciones almacenadas (y/o codificadas) en el mismo, siendo ejecutables las instrucciones por uno o más procesadores para realizar las operaciones descritas en el presente documento. Para determinados aspectos, el producto de programa informático puede incluir material de empaquetado.

**[0086]** Además, debería apreciarse que los módulos y/u otros medios adecuados para realizar los procedimientos y las técnicas descritos en el presente documento pueden descargarse y/u obtenerse de otra forma mediante un terminal de usuario y/o una estación base, según corresponda. Por ejemplo, un dispositivo de este tipo puede estar acoplado a un servidor para facilitar la transferencia de medios para realizar los procedimientos descritos en el presente documento. De forma alternativa, diversos procedimientos descritos en el presente documento se pueden proporcionar mediante medios de almacenamiento (por ejemplo, RAM, ROM, un medio de almacenamiento físico tal como un disco compacto (CD) o un disco flexible, etc.), de tal manera que un terminal de usuario y/o una estación base puedan obtener los diversos procedimientos tras acoplarse o proporcionar los medios de almacenamiento al dispositivo. Además, se puede utilizar cualquier otra técnica adecuada para proporcionar a un dispositivo los procedimientos y las técnicas descritos en el presente documento.

**[0087]** Se ha de entender que las reivindicaciones no están limitadas a la configuración y a los componentes precisos ilustrados anteriormente. Se pueden realizar diversas modificaciones, cambios y variantes en la disposición, el funcionamiento y los detalles de los procedimientos y el aparato descritos anteriormente sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento (700) para comunicaciones inalámbricas, que comprende:
  - 5 generar (702), en un primer aparato, una trama que tiene un formato (600) de trama de realimentación de la información del estado del canal, CSI, unificado, que se unifica entre los modos de usuario único, SU, y multiusuario, MU, que comprende información (608) en relación con una relación de señal/ruido (SNR) si un segundo aparato se está comunicando con el primer aparato utilizando MIMO multiusuario (MU-MIMO); y
  - 10 transmitir (704) al segundo aparato una señal basada en la trama generada, en el que la trama comprende información del libro de códigos que comprende el mismo número de bits (810) para los modos SU y MU que indican una resolución de bits para cada uno de los ángulos de rotación de Givens  $\psi$  y  $\varphi$ .
- 15 2. El procedimiento (700) según la reivindicación 1, en el que la trama comprende dos bits que indican un número de bits para expresar un valor de la SNR.
- 20 3. El procedimiento (700) según la reivindicación 2, en el que el número de bits es 4 bits.
4. El procedimiento (700) según la reivindicación 2, en el que el valor de la SNR comprende una diferencia en decibelios (dB) entre una SNR determinada para una subportadora y una columna de una matriz de conformación de haz y una SNR promedio de un flujo espacio-tiempo correspondiente a la columna.
- 25 5. El procedimiento (700) según la reivindicación 1, en el que la trama comprende dos bits (608) que indican un número de parámetros de grupo (Ng') para agrupar tonos.
6. Un primer aparato (700A) para comunicaciones inalámbricas, que comprende:
  - 30 medios (702A) para generar una trama que tiene un formato (600) de trama de realimentación de la información del estado del canal, CSI, unificado, que se unifica entre los modos de usuario único, SU, y multiusuario, MU, que comprende información en relación con una relación de señal/ruido (SNR) si un segundo aparato se está comunicando con el primer aparato que utiliza MIMO multiusuario (MU-MIMO); y
  - 35 medios (704A) para transmitir al segundo aparato una señal basada en la trama generada, en el que la trama comprende información del libro de códigos que comprende el mismo número de bits (810) para los modos SU y MU que indican una resolución de bits para cada uno de los ángulos de rotación de Givens  $\psi$  y  $\varphi$ .
- 40 7. El primer aparato (700A) según la reivindicación 6, en el que la trama comprende dos bits que indican un número de bits para expresar un valor de la SNR.
8. Un procedimiento (1300) para comunicaciones inalámbricas, que comprende:
  - 45 generar (1302), en un aparato, una trama que tiene un formato (1100) de trama de realimentación de la información del estado del canal, CSI, unificado, que se unifica entre modos de usuario único, SU, y multiusuario, MU, que comprende la CSI, en el que la CSI incluye una de una primera matriz con estimaciones de un canal asociado con el aparato o una segunda matriz obtenida en base a la descomposición en valores singulares (SVD) de la primera matriz y en el que la trama comprende, además,
  - 50 una indicación (1112) de cuál de las matrices primera y segunda se incluyen en la CSI; y
  - 55 transmitir (1304) la trama por el canal, en el que la trama comprende información del libro de códigos que comprende el mismo número de bits (1110) para los modos SU y MU que indican una resolución de bits para cada uno de los ángulos de rotación de Givens  $\psi$  y  $\varphi$ .
9. El procedimiento (1300) según la reivindicación 8, en el que la trama comprende, además, al menos uno de: un número de columnas (1102) o filas (1104) de la primera matriz o la segunda matriz, un ancho de banda (1106) asociado al canal, una indicación sobre el muestreo de la CSI, o una indicación sobre un número de bits utilizados para representar la CSI.
- 60 10. El procedimiento (1300) según la reivindicación 8, en el que la indicación (1112) de cuál de las matrices primera y segunda está incluida en la CSI comprende:
  - 65 un primer tipo que indica una matriz de conformación de haz V, si el CSI incluye la segunda matriz; o

un segundo tipo que indica una matriz de canal H, si la CSI incluye la primera matriz.

- 5
11. El procedimiento (1300) según la reivindicación 8, en el que la estructura comprende un campo de control de múltiples entradas múltiples salidas (MIMO) de muy alto rendimiento (VHT) y en el que la indicación se expresa como un subcampo dentro del campo de control MIMO VHT.
- 10
12. El procedimiento (1300) según la reivindicación 8, que comprende, además:  
determinar al menos uno de la primera matriz, la segunda matriz o uno o más parámetros para su inclusión en la trama.
- 15
13. El procedimiento (1300) según la reivindicación 12, en el que el uno o más parámetros comprenden al menos uno de una indicación sobre el muestreo de la CSI o una indicación sobre un número de bits utilizados para representar la CSI.
- 20
14. Un aparato (1300A) para comunicaciones inalámbricas, que comprende:  
medios (1302A) para generar una trama que tiene un formato de trama de realimentación de la información del estado del canal, CSI, unificado que se unifica entre modos de usuario único, SU, y multiusuario, MU, que comprende información del estado del canal (CSI), en el que la CSI incluye una de una primera matriz con estimaciones de un canal asociado con el aparato o una segunda matriz obtenida en base a la descomposición en valores singulares (SVD) de la primera matriz y en el que la trama comprende, además, una indicación (1112) de cuál de la primera y la segunda matrices está incluida en la CSI; y  
25  
medios (1304A) para transmitir la trama por el canal,  
en el que la trama comprende información del libro de códigos que comprende el mismo número de bits (1110) para los modos SU y MU que indican una resolución de bits para cada uno de los ángulos de rotación de Givens  $\psi$  y  $\varphi$ .
- 30
15. Un producto de programa informático para comunicaciones inalámbricas, que comprende un medio legible por ordenador que comprende instrucciones para llevar a cabo las etapas de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 u 8 a 13.

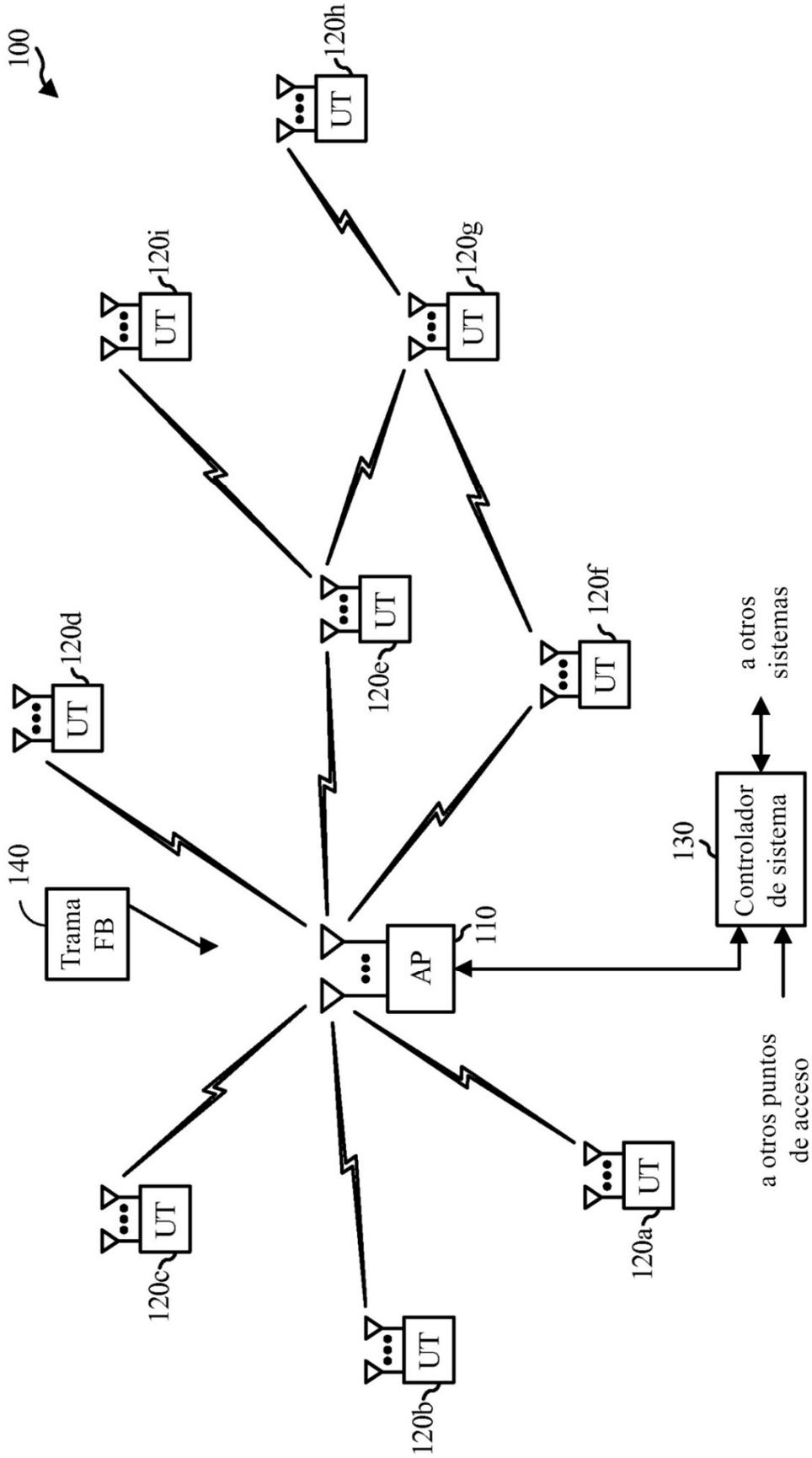


FIG. 1

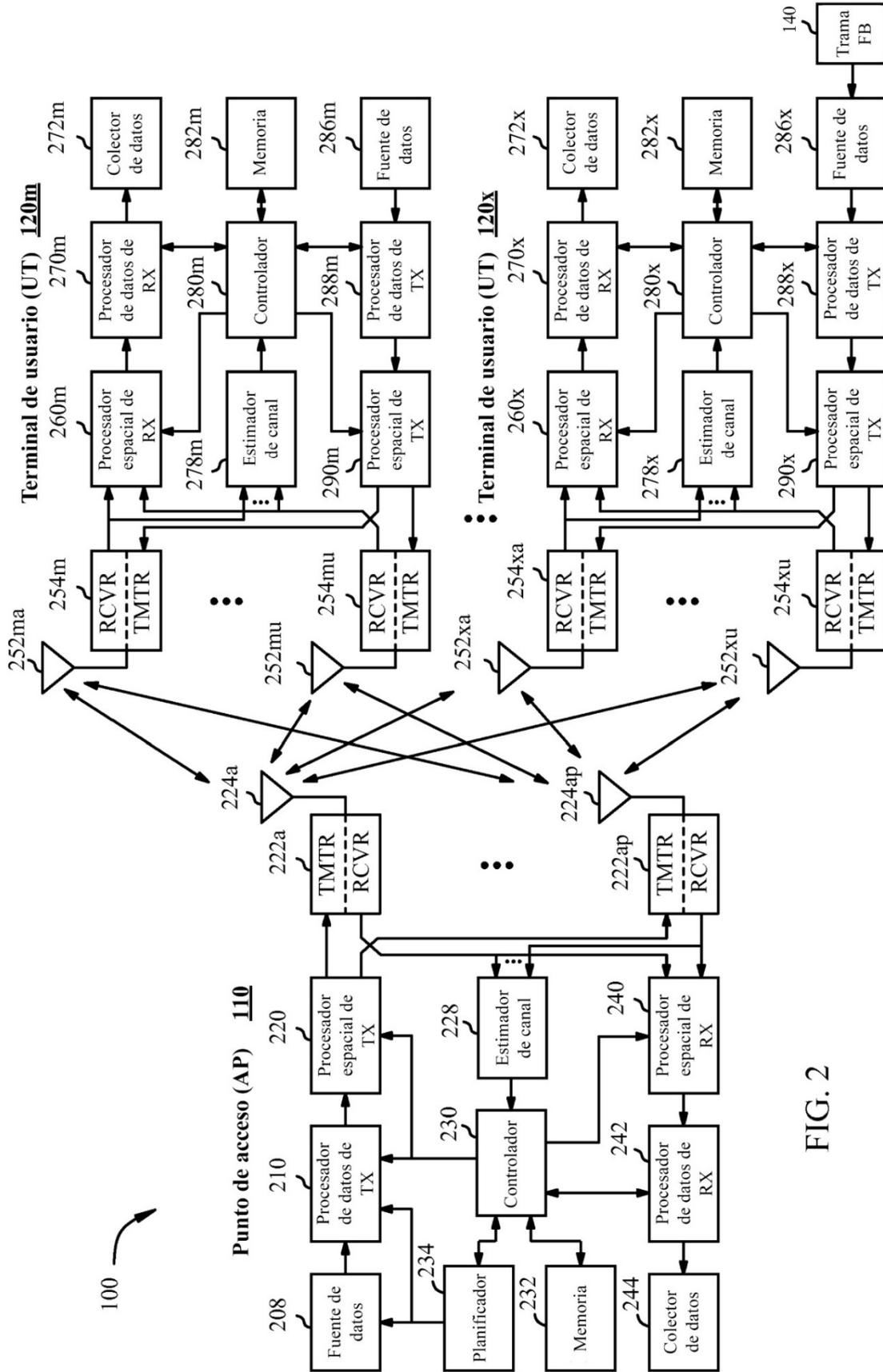


FIG. 2

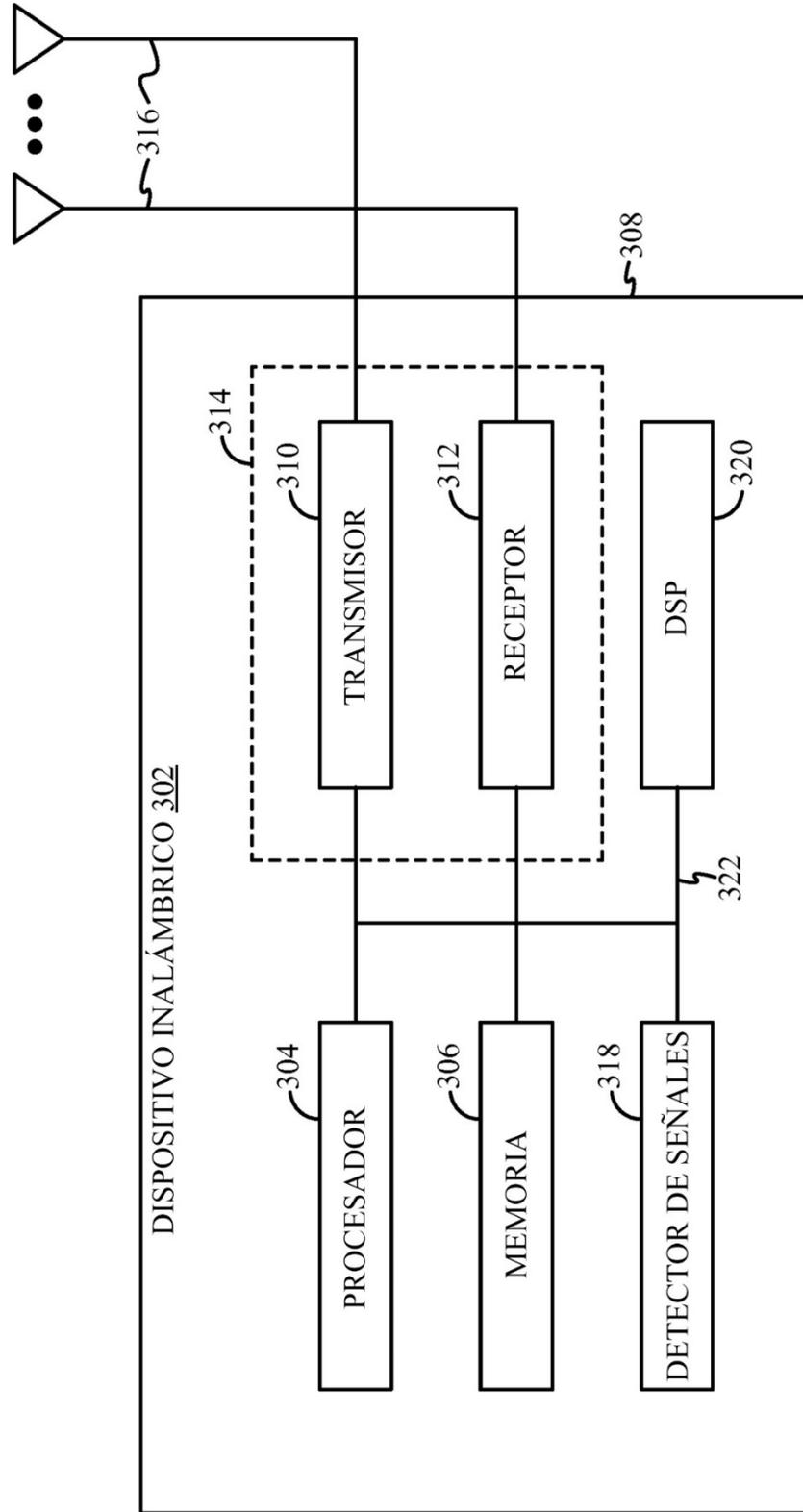


FIG. 3

400 ↘

Orden	Información
402 1	Categoría (= VHT)
404 2	Acción (= conformación de haz comprimido)
406 3	Control MIMO VHT
408 4	Informe de conformación de haz comprimido
410 5	Informe de conformación de haz exclusivo de MU (TBD)

Incluye SINR por tono por SS; Otros campos TBD

FIG. 4

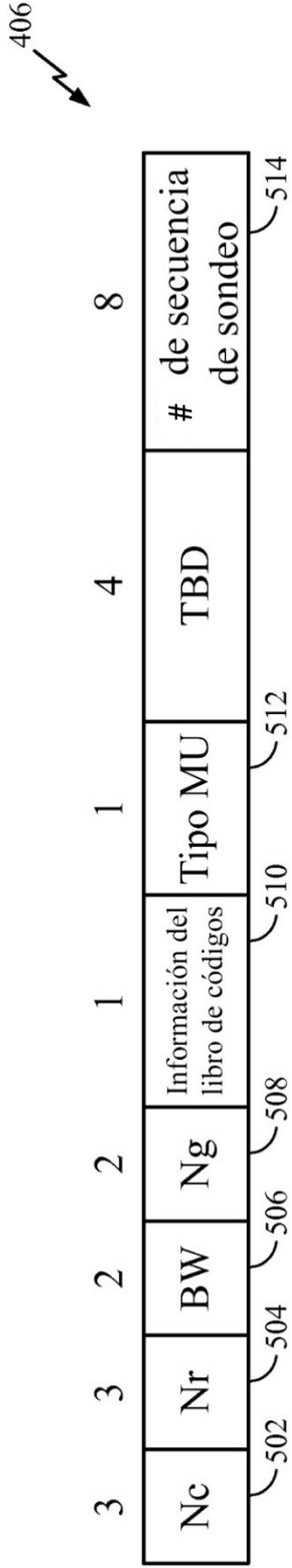


FIG. 5

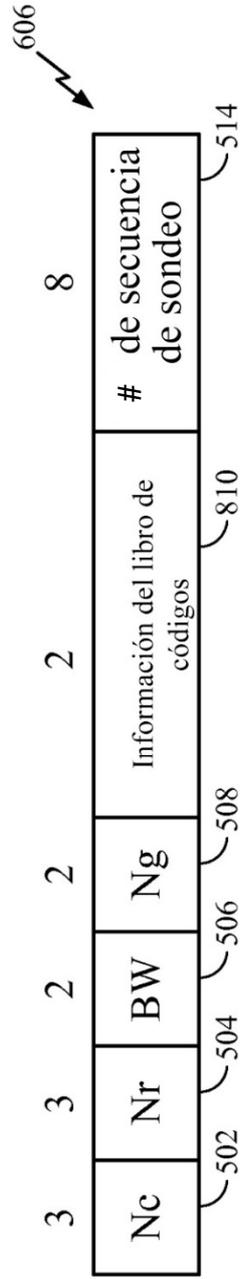


FIG. 8

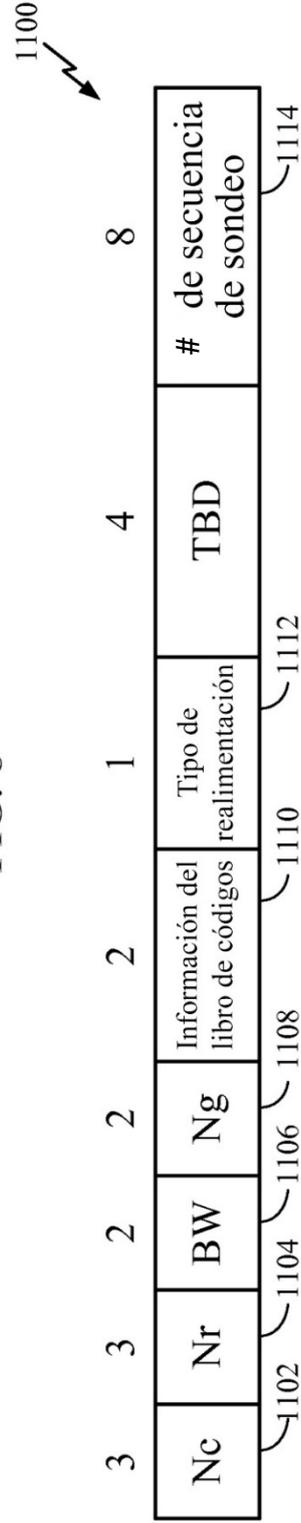


FIG. 11



Orden	Información
602 1	Categoría (= VHT)
604 2	Acción (= conformación de haz comprimido)
606 3	Control MIMO VHT
608 4	Informe de conformación de haz comprimido

FIG. 6

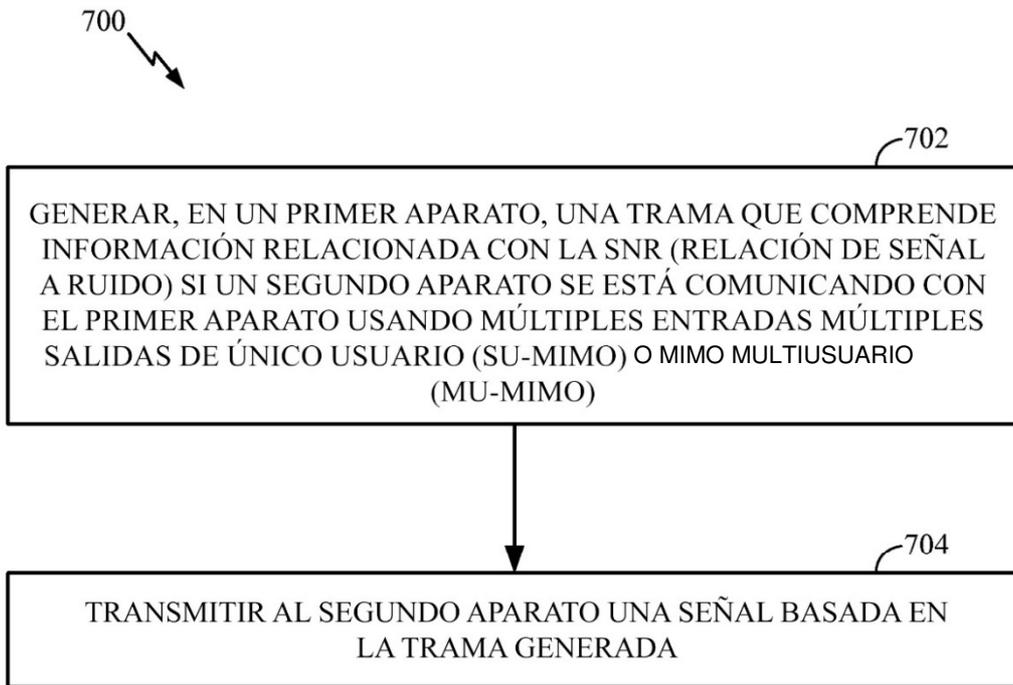


FIG. 7

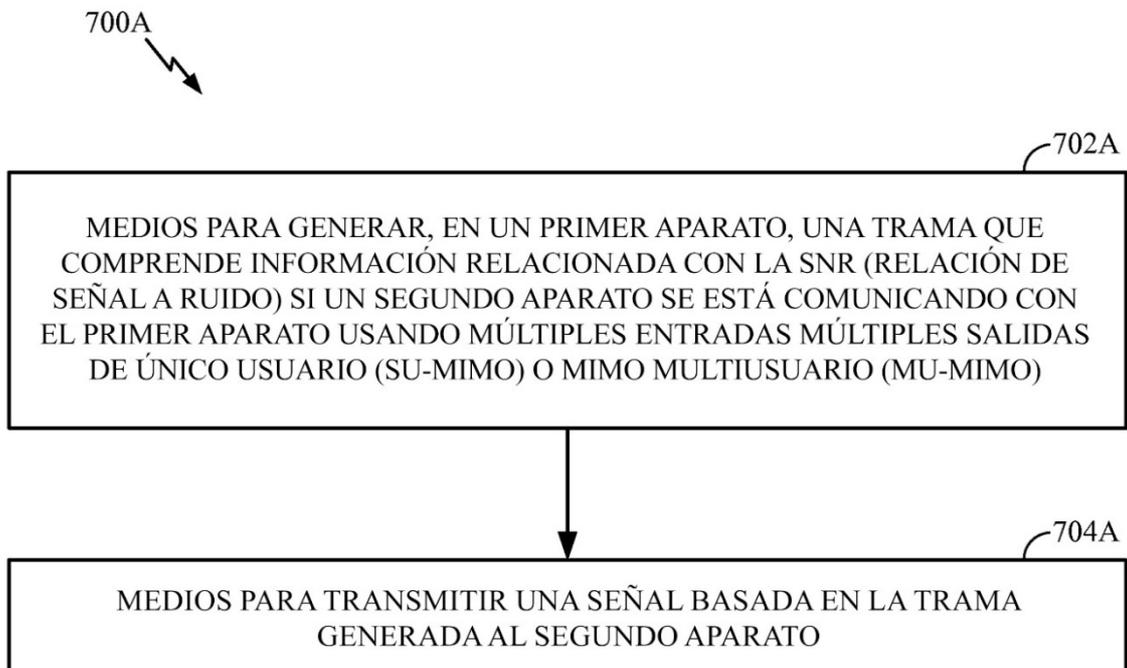


FIG. 7A

900

Información del libro de códigos	$(b\psi, b\phi)$	DeltaSNR_Nb	Valores Delta SNR	Ng'
0	(2,4)	2 bits	TBD	4*Ng
1	(2,6)	2 bits	TBD	4*Ng
2	(5,7)	4 bits	TBD	2*Ng
3	(7,9)	4 bits	TBD	2*Ng

FIG. 9A

950

Información del libro de códigos	$(b\psi, b\phi)$	DeltaSNR_Nb	Valores Delta SNR	Ng'
0	(2,4)	4 bits	TBD	8*Ng
1	(4,6)	4 bits	TBD	8*Ng
2	(6,8)	4 bits	TBD	2*Ng
3	(7,9)	4 bits	TBD	2*Ng

FIG. 9B

1200

Tipo de realimentación = 0:V

Información del libro de códigos	$(b\psi, b\phi)$
0	(2,4)
1	(4,6)
2	(5,7)
3	(7,9)

FIG. 12A

1250

Tipo de realimentación = 1:H

Información del libro de códigos	$(h_i=h_q)$
0	(4)
1	(6)
2	(8)
3	RSVD

FIG. 12B

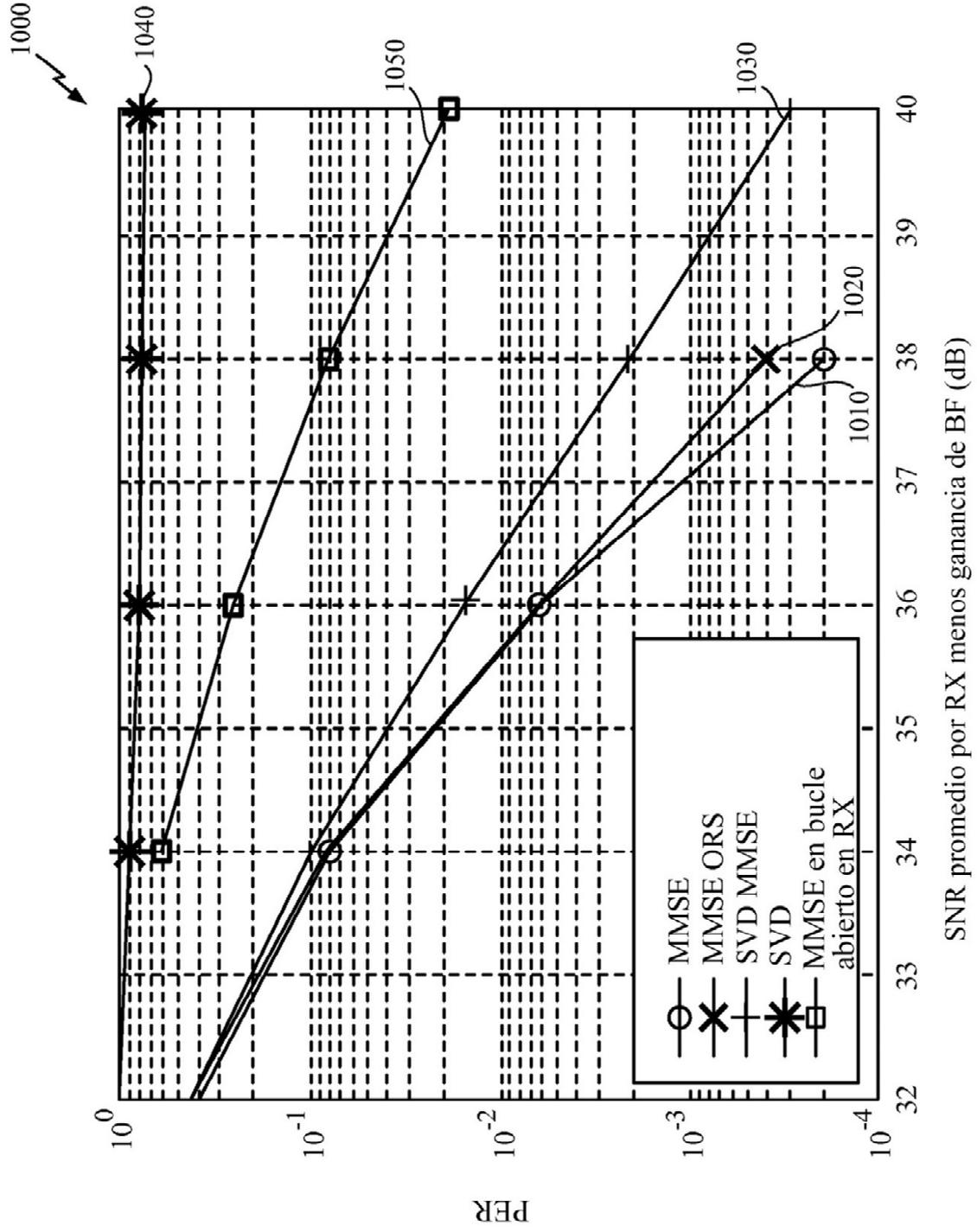


FIG. 10

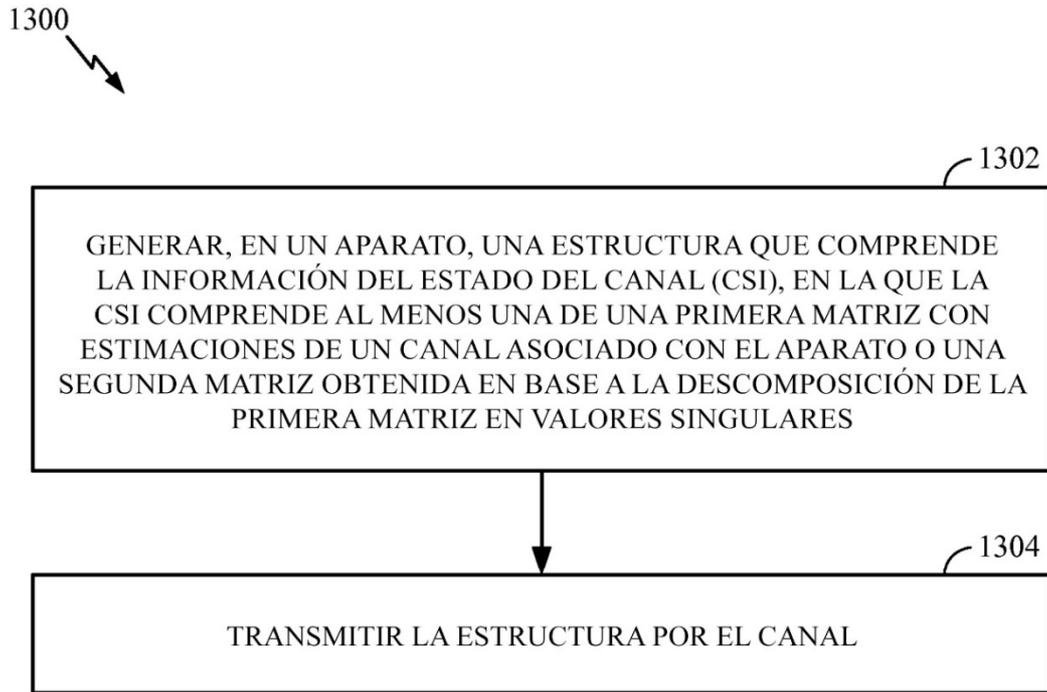


FIG. 13

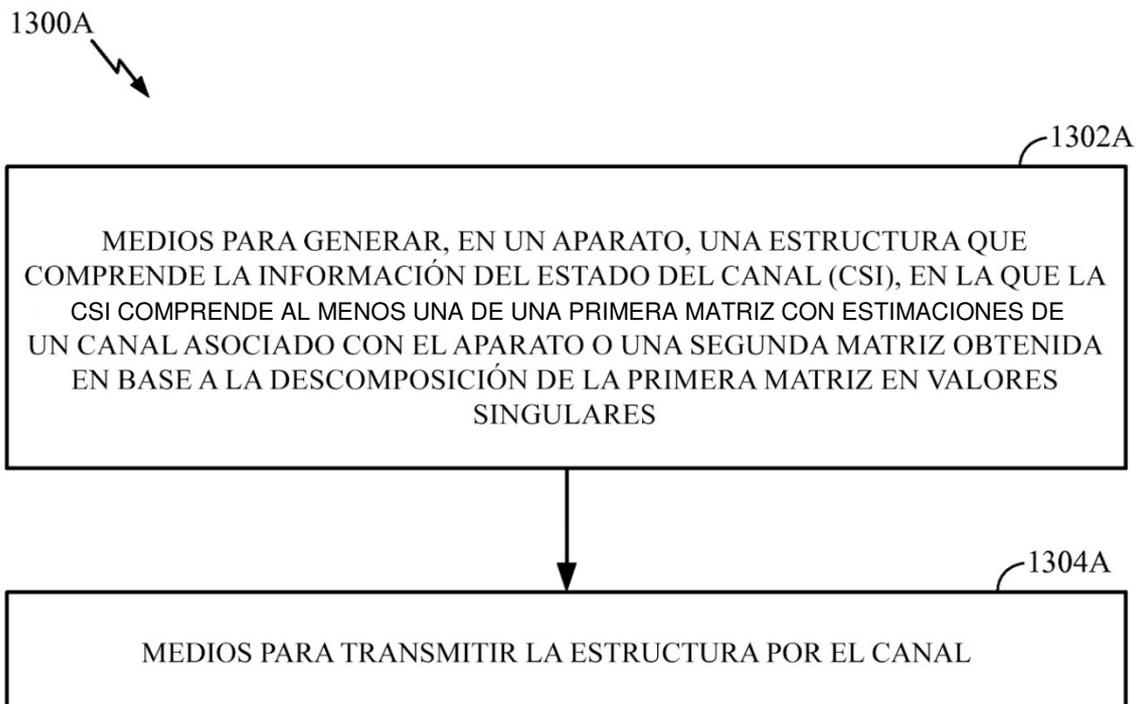


FIG. 13A