

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 060**

51 Int. Cl.:

H04B 7/06 (2006.01)

H04B 7/0452 (2007.01)

H04L 27/26 (2006.01)

H04L 5/00 (2006.01)

H04L 25/02 (2006.01)

H04L 25/03 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.09.2011 PCT/US2011/050851**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.03.2012 WO12033929**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.09.2011 E 11757518 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018 EP 2614602**

54 Título: **Sistemas de retroalimentación de resonancia para sistemas inalámbricos de muy alto rendimiento**

30 Prioridad:

07.09.2011 US 201113227185

08.09.2010 US 380812 P

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

04.06.2018

73 Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)

**5775 Morehouse Drive
San Diego, CA 92121, US**

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 671 060 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

Sistemas de retroalimentación de resonancia para sistemas inalámbricos de muy alto rendimiento

5 ANTECEDENTES

Campo

10 [0001] Ciertos aspectos de la presente divulgación se refieren en general a comunicaciones inalámbricas y, más particularmente, a un procedimiento para transmitir retroalimentación de resonancia en sistemas inalámbricos de Muy Alto Rendimiento (VHT).

Antecedentes

15 [0002] Con el fin de tratar el problema de los crecientes requisitos de ancho de banda que se demandan para los sistemas de comunicación inalámbrica, se están desarrollando diferentes sistemas que permiten a múltiples terminales de usuario comunicarse con un único punto de acceso (AP) compartiendo los recursos de canal mientras obtiene altos flujos de datos. La tecnología de Múltiple Entrada Múltiple Salida (MIMO) representa un enfoque de este tipo, que ha surgido recientemente como una técnica popular para los sistemas de comunicaciones de nueva generación. La tecnología MIMO se ha adoptado en varias normas emergentes de comunicaciones inalámbricas tales como la norma del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) 802.11.802.11. El 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, entre decenas y unos pocos cientos de metros).

25 [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 las N_T antenas transmisoras y las 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, mayor rendimiento y/o mayor fiabilidad) si se utilizan las dimensiones adicionales creadas por las múltiples antenas transmisoras y receptoras.

35 [0004] En las redes inalámbricas con un único AP y múltiples estaciones de usuario (STA), pueden producirse transmisiones concurrentes en múltiples canales hacia diferentes STA, en la dirección tanto de enlace ascendente como de enlace descendente. Muchos retos están presentes en dichos sistemas. Por ejemplo, el AP puede transmitir señales usando normas diferentes tales como las normas IEEE 802.11n/a/b/g o IEEE 802.11ac. Un receptor STA puede ser capaz de detectar un modo de transmisión de la señal en base a la información incluida en un preámbulo del paquete de transmisión.

40 [0005] Un sistema de enlace descendente de múltiples usuarios MIMO (MU-MIMO) en base al Acceso Múltiple por división espacial de transmisión (SDMA) puede dar servicio simultáneamente a una pluralidad de STA separadas espacialmente mediante la aplicación de la formación de haz en el sistema de antenas del AP. El AP puede calcular ponderaciones complejas de precodificación de transmisión en base a la información de estado de canal (CSI) recibida de cada una de las STA soportadas.

45 [0006] Puesto que un canal entre el AP y una STA de la pluralidad de STA pueden variar con el tiempo debido a una movilidad de esa STA o debido a la agitación del modo causada por objetos en movimiento en el entorno de la STA, la CSI puede necesitar actualizarse periódicamente en orden para que el AP emita una forma de haz precisa a esa STA en particular. Una velocidad requerida de retroalimentación de CSI para cada STA puede depender de un tiempo de coherencia de un canal entre el AP y esa STA. Una velocidad de retroalimentación insuficiente puede tener un impacto adverso en el rendimiento debido a una formación de haz inexacta. Por otro lado, una velocidad de retroalimentación excesiva puede producir un beneficio adicional mínimo, mientras que pierde un valioso tiempo medio.

55 [0007] En un escenario que consta de múltiples usuarios separados espacialmente, que se puede esperar que el tiempo de coherencia del canal, y por lo tanto la velocidad de retroalimentación de CSI, sea apropiado, varían espacialmente según los usuarios. Además, debido a diversos factores, tales como cambiar las condiciones del canal y la movilidad de un usuario, la velocidad de retroalimentación de CSI apropiada también puede variar temporalmente para cada uno de los usuarios. Por ejemplo, algunas STA (tales como una televisión de alta definición (HDTV) o un decodificador) pueden ser estacionarias, mientras que otras (tales como dispositivos manuales) pueden estar sujetas a movimiento. Además, un subconjunto de STA puede estar sujeto a un efecto Doppler alto a partir de efectos de luz fluorescente. Finalmente, las rutas múltiples a algunas STA pueden tener más Doppler que otras ya que diferentes dispersores pueden moverse a diferentes velocidades y afectar a diferentes subconjuntos de STA.

65

[0008] Por lo tanto, si una única velocidad de retroalimentación de CSI se utiliza para todas las STA soportadas en un sistema inalámbrico, el rendimiento del sistema puede sufrir debido a la formación de haz inexacta para esas STA con velocidades de retroalimentación insuficientes y/o debido a la sobrecarga de retroalimentación excesiva para esas STA con velocidades de retroalimentación innecesariamente altas.

[0009] En los sistemas convencionales, la retroalimentación de CSI se produce a una velocidad consistente con el usuario del peor caso en términos de movilidad o de variación de canal temporal. Para un sistema SDMA que consta de STA que experimentan un rango de condiciones de canal, ninguna velocidad de retroalimentación de CSI individual es apropiada para todas las STA. Abastecer al usuario del peor caso dará como resultado un desperdicio innecesario de recursos de canal forzando a las STA en condiciones de canal relativamente estáticas a retroalimentar la CSI a la misma velocidad que aquellos en un canal altamente dinámico.

[0010] Por ejemplo, en el caso del canal de control de velocidad de transferencia de datos (DRC) de la Evolución de Datos Optimizados (EV-DO), la información de "estado de canal" refleja una relación señal-interferencia más ruido (SINR) y se transmite por una STA para facilitar la selección de velocidad para la siguiente transmisión. Esta información se actualiza a una velocidad fija para todos los usuarios, presumiblemente a una velocidad suficiente para rastrear las variaciones de canal asociadas con las situaciones de movilidad esperadas en el peor caso. Esta velocidad de la retroalimentación de estado del canal puede ser innecesariamente alta para los usuarios estáticos. En este caso, sin embargo, el DRC se diseñó para proporcionar una sobrecarga mínima. Debido a que el CSI en el sistema SDMA se usa para soportar la formación de haz compleja en el AP, puede no ser factible comprimir o racionalizar esta retroalimentación hasta el grado logrado en el diseño de EV-DO.

[0011] Como otro ejemplo, para la norma del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos(IEEE) 802.11n que dan soporte a la formación de haz de transmisión, la velocidad a la que se transmite la CSI no se especifica, y esto se considera una cuestión de implementación. Por el contrario, debido a la sobrecarga potencialmente alta de la retroalimentación de CSI para múltiples usuarios de SDMA en la norma IEEE 802.11ac (Muy Alto Rendimiento (VHT)), y debido al posible abuso de dicho mecanismo de retroalimentación CSI por STA corruptas, puede ser deseable especificar protocolos para la retroalimentación de CSI en la memoria descriptiva estándar.

[0012] El documento WO 2009/045910 A2 está dirigido a un sistema de soporte para MIMO de único usuario y de múltiple usuario que usa un libro de códigos de resolución múltiple para proporcionar la cuantificación de la información relacionada con el canal en una red inalámbrica.

SUMARIO

[0013] Ciertos aspectos de la presente divulgación como se describe en el presente documento con referencia a las reivindicaciones proporciona un procedimiento para comunicaciones inalámbricas. El procedimiento incluye en general generar, en un aparato, una estructura unificada para una retroalimentación de resonancia para comunicaciones de único usuario (SU) y de múltiple usuario (MU), en la que la retroalimentación de resonancia comprende al menos una de una o más matrices de formación de haz o uno o más valores singulares de un canal asociado con el aparato, y que transmite la retroalimentación de resonancia por el canal.

[0014] Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato de comunicaciones inalámbricas. El aparato incluye en general medios para generar una estructura unificada para una retroalimentación de resonancia o para comunicaciones de único usuario (SU) y de múltiple usuario (MU), en el que la retroalimentación de resonancia comprende al menos una de una o más matrices de formación de haz o uno o más valores singulares de un canal asociado con el aparato, y medios para transmitir la retroalimentación de resonancia a través del canal.

[0015] Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato de comunicaciones inalámbricas. El aparato incluye en general un circuito configurado para generar una estructura unificada para una retroalimentación de resonancia para comunicaciones de único usuario (SU) y de múltiple usuario (MU), en el que la retroalimentación de resonancia comprende al menos una de una o más matrices de formación de haz o uno o más valores singulares de un canal asociado con el aparato, y un transmisor configurado para transmitir la retroalimentación de resonancia por el canal.

[0016] Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan un medio legible por ordenador que contiene instrucciones ejecutables para comunicaciones inalámbricas. Las instrucciones ejecutables incluyen en general instrucciones para generar, en un aparato, una estructura unificada para una retroalimentación de resonancia para comunicaciones de único usuario (SU) y de múltiple usuario (MU), en la que la retroalimentación de resonancia comprende al menos una de una o más matrices de formación de haz o uno o más valores más singulares de un canal asociado con el aparato, y para transmitir la retroalimentación de resonancia por el canal.

[0017] Ciertos aspectos proporcionan un terminal de acceso. El terminal de acceso incluye en general al menos una antena, un circuito configurado para generar una estructura unificada para una retroalimentación de resonancia para comunicaciones de único usuario (SU) y de múltiple usuario (MU), en la que la retroalimentación de resonancia

comprende al menos una de una o más matrices de formación de haz o uno o más valores singulares de un canal asociado con el terminal de acceso, y un transmisor configurado para transmitir a través de al menos una antena la retroalimentación de resonancia por el canal.

5 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

10 **[0018]** Para que las características de la presente divulgación anteriormente mencionadas puedan entenderse con detalle, se ofrece una descripción más particular, resumida brevemente anteriormente, con referencia a aspectos, algunos de los cuales se ilustran en los dibujos adjuntos. Sin embargo, cabe señalar que los dibujos adjuntos ilustran solamente ciertos 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.

15 La FIG. 1 ilustra una red de comunicaciones inalámbricas de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 2 ilustra un diagrama de bloques de un ejemplo de punto de acceso y de terminales de usuario de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

20 La FIG. 3 ilustra un diagrama de bloques de un ejemplo de dispositivo inalámbrico de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 4 ilustra ejemplos de portadoras para las cuales se transmite una retroalimentación de resonancia para anchos de banda de canal de 20 MHz y 40 MHz de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

25 La FIG. 5 ilustra ejemplos de portadoras para las que se transmite una retroalimentación de resonancia para un ancho de banda de canal de 80/160 MHz de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

30 La FIG. 6 ilustra otros ejemplos de portadoras para las que se transmite una retroalimentación de resonancia para un ancho de banda de canal de 20 MHz de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 7 ilustra ejemplos de portadoras para las que se transmite una retroalimentación de resonancia para un ancho de banda de canal de 40 MHz de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

35 La FIG. 8 ilustra ejemplos de portadoras para las que se transmite una retroalimentación de resonancia para un ancho de banda de canal de 80/160 MHz de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 9 ilustra ejemplos de operaciones para transmitir retroalimentación de resonancia desde una estación de usuario (STA) de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

40 La FIG. 9A ilustra ejemplos de componentes capaces de realizar las operaciones mostradas de la FIG. 9.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

45 **[0019]** Diversos aspectos de la divulgación se describen a continuación con más detalle con referencia a las reivindicaciones y a los dibujos adjuntos. Sin embargo, esta divulgación puede realizarse de muchas formas diferentes y no debería interpretarse como 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 técnica. En base a las enseñanzas en el presente documento, un experto en la técnica debería apreciar que el alcance de la divulgación está previsto para abarcar cualquier aspecto de la divulgación divulgada en el presente documento, ya sea implementado de forma independiente o combinado 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 previsto para abarcar un aparato o procedimiento de este tipo que se lleve a la práctica usando otra estructura, funcionalidad, o estructura y funcionalidad, además, o aparte, de los diversos aspectos de la divulgación expuestos en el presente documento. Debería entenderse que cualquier aspecto de la divulgación divulgado en el presente documento puede realizarse mediante uno o más elementos de una reivindicación.

60 **[0020]** La expresión "a modo de ejemplo" se usa en el presente documento para significar "que sirve de ejemplo, caso o ilustración". Cualquier aspecto descrito en el presente documento como "a modo de ejemplo" no debe interpretarse necesariamente como preferente o ventajoso con respecto a otros aspectos.

65 **[0021]** Aunque en el presente documento se describan aspectos particulares, muchas variaciones y permutaciones de estos aspectos caen dentro del alcance de la divulgación. Aunque se mencionan algunos beneficios y ventajas de los aspectos preferidos, el alcance de la divulgación no pretende limitarse a beneficios, usos u objetivos particulares. En cambio, los aspectos de la divulgación pretenden aplicarse ampliamente 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 preferentes. La descripción detallada y los dibujos son meramente ilustrativos de la divulgación en vez de limitativos, definiéndose el alcance de la divulgación por las reivindicaciones adjuntas y equivalentes de las mismas.

5

UN EJEMPLO DE SISTEMA DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

[0022] Las técnicas descritas en el presente documento se pueden usar para diversos sistemas de comunicación inalámbrica de banda ancha, incluyendo los sistemas de comunicación que se basan en una transmisión de una única portadora. Los aspectos divulgados en el presente documento pueden ser, por ejemplo, ventajosos para sistemas que empleen señales de Banda Ultra Ancha (UWB) que incluyan señales de ondas milimétricas. Sin embargo, la presente divulgación no está prevista para limitarse a dichos sistemas, ya que otras señales codificadas pueden beneficiarse de ventajas similares.

[0023] Las enseñanzas en el presente documento pueden incorporarse en (por ejemplo, implementarse dentro de, o realizarse mediante) una variedad de aparatos por cable o inalámbricos (por ejemplo, nodos). En algunos aspectos, un nodo comprende un nodo inalámbrico. Dicho nodo inalámbrico puede proporcionar, por ejemplo, conectividad para o con una red (por ejemplo, una red de área extensa tal como Internet o una red móvil) mediante un enlace de comunicación por cable o inalámbrico. En algunos aspectos, un nodo inalámbrico implementado de acuerdo con las enseñanzas en el presente documento puede comprender un punto de acceso o un terminal de acceso.

[0024] Un punto de acceso ("AP") puede comprender, implementarse como o conocerse como, un Nodo B, un Controlador de Red de Radio ("RNC"), un eNodoB, un Controlador de Estación Base ("BSC"), una Estación Transceptora Base ("BTS"), una Estación Base ("BS"), una Función Transceptora ("TF"), un Router de Radio, un Transceptor de Radio, un Conjunto de Servicios Básicos ("BSS"), un Conjunto de Servicios Extendidos ("ESS"), una Estación Base de Radio ("RBS"), u otra terminología. En algunas implementaciones, un punto de acceso puede comprender un conjunto de decodificador, un centro de medios o cualquier otro dispositivo adecuado que esté configurado para comunicarse a través de un medio inalámbrico o por cable.

[0025] Un terminal de acceso ("AT") puede comprender, implementarse como o conocerse como un terminal de acceso, una estación de abonado, una unidad de abonado, una estación móvil, una estación remota, un terminal remoto, un terminal de usuario, un agente de usuario, un dispositivo de usuario, un equipo de usuario, una estación de usuario o con otra terminología. En algunas implementaciones, un terminal de acceso puede comprender un teléfono móvil, un teléfono inalámbrico, 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 enseñados en el presente documento pueden incorporarse a un teléfono (por ejemplo, un teléfono móvil o teléfono inteligente), un ordenador (por ejemplo, un ordenador portátil), un dispositivo de comunicación portátil, un dispositivo informático portátil (por ejemplo, un asistente de datos personal), una tablet, un dispositivo de entretenimiento (por ejemplo, un dispositivo de música o de vídeo o una radio por satélite), una pantalla de televisión, una cámara plegable, una cámara de vídeo de seguridad, una grabadora de vídeo digital (DVR), un dispositivo de sistema de posicionamiento global o cualquier otro dispositivo adecuado que esté configurado para comunicarse a través de un medio inalámbrico o por cable.

[0026] La FIG. 1 ilustra un sistema MIMO de acceso múltiple 100 con puntos de acceso y terminales de usuario. Por motivos de simplicidad, solamente se muestra un punto de acceso 110 en la Fig. 1. Un punto de acceso (AP) es en general una estación fija que se comunica con los terminales de usuario y que se puede denominar también estación base o con alguna otra terminología. Un terminal de usuario puede ser fijo o móvil y se puede denominar también estación móvil, estación (STA), cliente, dispositivo inalámbrico o con alguna con otra terminología. Un terminal de usuario puede ser un dispositivo inalámbrico, tal como un teléfono móvil, un asistente personal digital (PDA), un dispositivo manual, un módem inalámbrico, un ordenador portátil, un ordenador personal, etc.

[0027] El punto de acceso 110 se puede comunicar 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 hasta los terminales de usuario y el enlace ascendente (es decir, el enlace inverso) es el enlace de comunicación desde los terminales de usuario hasta el punto de acceso. Un terminal de usuario también se puede comunicar entre pares con otro terminal de usuario. Un controlador del sistema 130 se acopla con, y proporciona coordinación y control para, los puntos de acceso.

[0028] 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 un número N_{ap} de antenas y representa la múltiple entrada (MI) para transmisiones de enlace descendente y la múltiple salida (MO) para transmisiones de enlace ascendente. Un conjunto N_u de terminales de usuario 120 seleccionados representa en conjunto la múltiple salida para transmisiones de enlace descendente y la múltiple entrada para transmisiones de enlace ascendente. En ciertos casos, puede ser deseable tener $N_{ap} \geq N_u \geq 1$ si los flujos de símbolos de datos para los N_u terminales de usuario no están multiplexados en código, frecuencia o tiempo por algún

medio. N_u puede ser mayor que N_{ap} si los flujos de símbolos de datos se pueden multiplexar usando 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 N_u terminales de usuario seleccionados pueden tener el mismo número o un número diferente de antenas.

[0029] El sistema MIMO 100 puede ser un sistema de duplexado por división de tiempo (TDD) o un sistema de duplexado por división de frecuencia (FDD). Para un sistema TDD, el enlace descendente y el enlace ascendente comparten la misma banda de frecuencia. Para un sistema FDD, el enlace descendente y el enlace ascendente usan bandas de frecuencia diferentes. El sistema de 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 con múltiples antenas (por ejemplo, donde pueda soportarse el coste adicional). El sistema MIMO 100 puede representar una Red de Área Local Inalámbrica (WLAN) de alta velocidad que funcione en una banda de 60 GHz.

[0030] La FIG. 2 muestra un diagrama de bloques del punto de acceso 110 y dos terminales de usuario 120m y 120x en el sistema MIMO 100. El punto de acceso 110 está equipado con N_{ap} antenas 224a a 224ap. 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 a través de un canal de frecuencias, y una "entidad receptora" es un aparato o dispositivo autónomo capaz de recibir datos a través de un canal de frecuencias. En la siguiente descripción, el subíndice " dn " indica el enlace descendente, el subíndice " up " indica el enlace ascendente, se seleccionan N_{up} terminales de usuario para la transmisión simultánea en el enlace ascendente, se seleccionan N_{dn} terminales de usuario para la transmisión simultánea en el enlace descendente, N_{up} puede ser o no igual 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 haz o alguna otra técnica de procesamiento espacial en el punto de acceso y en el terminal de usuario.

[0031] 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. El procesador de datos de TX 288 procesa (por ejemplo, codifica, intercala y modula) los datos de tráfico $\{d_{up,m}\}$ para el terminal de usuario en base a los sistemas de codificación y modulación asociados con la velocidad seleccionada para el terminal de usuario y proporciona un flujo de símbolos de datos $\{s_{up,m}\}$. Un procesador espacial de TX 290 realiza un procesamiento espacial en el flujo de símbolos de datos $\{s_{up,m}\}$ 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 110.

[0032] Un número (N_{up}) de terminales de usuario pueden planificarse 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.

[0033] 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 un procesamiento espacial de recepción 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 receptora se realiza de acuerdo con la inversión matricial de correlación de canal (CCMI), con el mínimo error cuadrático medio (MMSE), con la cancelación de interferencia sucesiva (SIC) o con alguna otra técnica. Cada flujo de símbolos de datos recuperados de enlace ascendente $\{s_{up,m}\}$ es una estimación de un flujo de símbolos de datos $\{s_{up,m}\}$ transmitido por un respectivo terminal de usuario. Un procesador de datos de RX 242 procesa (por ejemplo, demodula, desintercala y decodifica) cada flujo de símbolos de datos recuperados de enlace ascendente $\{s_{up,m}\}$ de acuerdo con la velocidad usada para que ese flujo obtenga datos decodificados. Los datos decodificados 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.

[0034] En el enlace descendente, en el punto de acceso 110, un procesador de datos de TX 210 recibe datos de tráfico desde una fuente 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, intercala y modula) los datos de tráfico para cada terminal de usuario en base a 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 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 (TMTR) 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.

[0035] 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 (RCVR) 254 procesa una señal recibida desde una antena 252 asociada y proporciona un flujo de símbolos recibido. Un procesador espacial de RX 260 realiza el procesamiento espacial de recepción en los $N_{ut,m}$ flujos de símbolos recibidos desde $N_{ut,m}$ unidades receptoras 254 y proporciona un flujo de símbolos de datos recuperados de enlace descendente $\{s_{dn,m}\}$ para el terminal de usuario. El procesamiento espacial de recepción se realiza de acuerdo con la CCMI, con el MMSE o con alguna otra técnica. Un procesador de datos de RX 270 procesa (por ejemplo, demodula, desintercala y decodifica) el flujo de símbolos de datos recuperados de enlace descendente para obtener datos decodificados para el terminal de usuario.

[0036] 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 (RCVR) 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 $N_{ut,m}$ unidades receptoras 254 y proporciona un flujo de símbolos de datos recuperados de enlace descendente $\{s_{dn,m}\}$ para el terminal de usuario. El procesamiento espacial de recepción se realiza de acuerdo con la CCMI, con el MMSE o con alguna otra técnica. Un procesador de datos de RX 270 procesa (por ejemplo, demodula, desintercala y decodifica) el flujo de símbolos de datos recuperados de enlace descendente para obtener datos decodificados para el terminal de usuario.

[0037] De acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación, un mecanismo de retroalimentación de resonancia unificado para la norma de comunicaciones inalámbricas del IEEE 802.11ac (Muy Alto Rendimiento(VHT)) puede recibir soporte. Este mecanismo puede funcionar eficientemente para la retroalimentación de único usuario (SU) y de múltiple usuario (MU). Un mecanismo que se propone en la presente divulgación puede dar como resultado una única máquina de estado receptora, un único intercambio de trama de resonancia, una única transmisión de paquete de datos nulo (NDP) desde un punto de acceso (por ejemplo, el punto de acceso 110) que pide la retroalimentación de sonido (por ejemplo, desde el/los terminal(es) de usuario 120), y una estructura de retroalimentación unificada.

[0038] La FIG. 3 ilustra diversos componentes que pueden utilizarse en un dispositivo inalámbrico 302 que puede emplearse dentro del sistema 100. El dispositivo inalámbrico 302 es un ejemplo de un dispositivo que se puede configurar 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.

[0039] El dispositivo inalámbrico 302 puede incluir un procesador 304 que controle 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 en base a instrucciones de programa almacenadas dentro de la memoria 306. Las instrucciones de la memoria 306 se pueden ejecutar para implementar los procedimientos descritos en el presente documento.

[0040] El dispositivo inalámbrico 302 también puede incluir 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 para dar un transceptor 314. Una pluralidad de antenas transmisoras 316 pueden conectarse al alojamiento 308 y acoplarse de manera eléctrica al transceptor 314. El dispositivo inalámbrico 302 también puede incluir múltiples transmisores, múltiples receptores y múltiples transceptores (no mostrados).

[0041] El dispositivo inalámbrico 302 también puede incluir un detector de señales 318 que se puede usar para detectar y cuantificar el nivel de las señales recibidas por el transceptor 314. El detector de señales 318 puede detectar señales tales como la energía total, la energía por subportadora por símbolo, la densidad espectral de 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.

[0042] Los diversos componentes del dispositivo inalámbrico 302 pueden acoplarse entre sí mediante un sistema de bus 322, que puede incluir un bus de alimentación, un bus de señales de control y un bus de señales de estado, además de un bus de datos.

[0043] Ciertos aspectos de la presente divulgación soportan un mecanismo de retroalimentación de resonancia unificado para sistemas de comunicaciones inalámbricas VHT, que pueden funcionar de manera eficiente para la retroalimentación tanto SU como MU. La presente divulgación propone un mecanismo que puede dar como resultado una única máquina de estado receptora, un único intercambio de tramas de resonancia, una única transmisión NDP desde un punto de acceso (por ejemplo, desde el dispositivo inalámbrico 302) que pide la retroalimentación de resonancia (es decir, desde un terminal de usuario, tal como el dispositivo inalámbrico 302), y una estructura de retroalimentación unificada.

TRANSMISIÓN DE RETROALIMENTACIÓN DE RESONANCIA PARA SISTEMAS VHT

[0044] Ciertos aspectos de la presente divulgación soportan la transmisión de una retroalimentación de resonancia a partir de una estación de usuario (STA) en un sistema inalámbrico de Red de Área Local (LAN), en el que la retroalimentación puede comprender un cierto número de matrices de formación de haz y un cierto número de valores singulares de un canal inalámbrico asociado con la STA. Además, la retroalimentación de resonancia puede comprender un bit para indicar si esta retroalimentación corresponde a una retroalimentación SU o a una retroalimentación MU.

[0045] Las matrices de formación de haz que se retroalimenten pueden comprender una o más columnas de la matriz \mathbf{V} (es decir, matriz de vector propio), en las que la matriz \mathbf{V} puede estar basada en la descomposición de valores singulares (SVD) de una matriz que represente el canal inalámbrico. En un aspecto de la presente divulgación, la matriz \mathbf{V} puede comprender una matriz de vectores propios derechos del canal inalámbrico. En un aspecto, las matrices de formación de haz pueden muestrearse a cada N_g tonos ($n_g \geq 1$) y, posiblemente, incluyendo los tonos próximos para proteger los tonos de banda y de CC, mientras que algunos tonos seleccionados tales como tonos piloto pueden excluirse. Se pueden considerar diferentes números de tono para anchos de banda de canal diferentes, tales como anchos de banda de canal de 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz y 160 MHz.

[0046] En un aspecto de la presente divulgación, el parámetro N_g se puede seleccionar de acuerdo con la selectividad de frecuencia del canal. Las matrices de formación de haz muestreadas a cada N_g tonos ($N_g \geq 1$) pueden suavizarse a través de la frecuencia antes de transmitir la retroalimentación.

[0047] Los valores singulares (valores propios) que se transmitan dentro de la retroalimentación de resonancia pueden comprender un subconjunto de entradas diagonales de una matriz de valores propios del canal inalámbrico. Estos valores singulares se pueden muestrear a cada N_v tonos, donde $N_v \geq N_g$. En un aspecto de la presente divulgación, el parámetro N_v se puede seleccionar de acuerdo con la selectividad de frecuencia del canal.

[0048] Para ciertos aspectos de la presente divulgación, las matrices de formación de haz de la retroalimentación de resonancia se pueden transmitir de una manera comprimida usando ángulos de rotaciones de Givens ψ y φ (la nomenclatura de los ángulos es el mismo que se usa en la memoria descriptiva del IEEE 802.11n). El ancho de bits de los ángulos puede cambiar dependiendo de que la retroalimentación del sonido sea una retroalimentación MU o una retroalimentación SU. En un aspecto de la presente divulgación, en el caso de la retroalimentación MU-MIMO, se pueden usar 5 bits de resolución para el ángulo ψ y 7 bits para el ángulo φ . En otro aspecto, en el caso de la retroalimentación MU-MIMO, se pueden usar 6 bits de resolución para el ángulo ψ y 8 bits para el ángulo φ . En otro aspecto más, en el caso de la retroalimentación de MU-MIMO, se pueden usar 7 bits de resolución para el ángulo ψ y 9 bits para el ángulo φ .

[0049] Una STA capaz de recibir transmisiones de enlace descendente MU-MIMO puede ser necesaria para incluir dentro de la retroalimentación de resonancia los valores singulares e información adicional tal como un rango mínimo para la retroalimentación de la matriz \mathbf{V} , por relación señal-ruido (SNR) por tono, y así sucesivamente. Por otro lado, una STA que no sea capaz de recibir las transmisiones de enlace descendente MU-MIMO puede completar con NULL en algunos de estos campos adicionales de la retroalimentación de resonancia (por ejemplo, los campos asociados con los valores singulares, con el rango de la matriz \mathbf{V} , con la información sobre la SNR por tono, etc.).

[0050] Para ciertos aspectos de la presente divulgación, los tonos en los que la matriz \mathbf{V} se transmite como una parte de la retroalimentación de resonancia pueden comprender índices de tono para anchos de banda de canal de 20 MHz, 40 Hz y 80/160 MHz como se dan en las FIGS. 4-8. El parámetro N_s en las FIGS. 4-8 indica una cantidad de tonos sobre los que se puede transmitir la retroalimentación de resonancia.

[0051] En un aspecto de la presente divulgación, las matrices de formación de haz de transmisión dentro de la retroalimentación de resonancia pueden comprender una o más columnas de la matriz \mathbf{V} , pueden muestrearse a cada N_g tonos ($N_g \geq 1$). Adicionalmente, las matrices de formación de haz pueden comprender una o más columnas de matriz \mathbf{V} en al menos uno de algunos tonos alrededor del borde de banda o unos pocos tonos alrededor de CC. Esto se ilustra en las FIGS. 6-8.

[0052] La FIG. 9 ilustra ejemplos de operaciones 900 para transmitir una retroalimentación de resonancia desde una estación de usuario (STA) (por ejemplo, un terminal de acceso) de acuerdo con ciertos aspectos de la presente

divulgación. En 902, la STA puede generar una estructura unificada para una retroalimentación de resonancia para comunicaciones de único usuario (SU) y de múltiple usuario (MU), en la que la retroalimentación de resonancia puede comprender al menos una de una o más matrices de formación de haz o uno o más valores singulares de un canal asociado con la STA. En 904, la STA puede transmitir la retroalimentación de resonancia sobre el canal. La una o más matrices de formación de haz pueden utilizarse en un punto de acceso que reciba la retroalimentación de resonancia para la formación de haz de transmisiones de enlace descendente. En un aspecto de la presente divulgación, el uno o más valores singulares pueden transmitirse a través de una relación señal-ruido (SNR) por flujo de espacio-tiempo.

[0053] 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 incluya(n), pero no se limite(n) a, un circuito, un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC) o un procesador. En general, cuando haya operaciones ilustradas en Figuras, estas operaciones pueden tener componentes homólogos y medios más funciones correspondientes, con una numeración similar. Por ejemplo, las operaciones 900 ilustradas en la FIG. 9 corresponden a los componentes 900A ilustrados en la FIG. 9A.

[0054] Por ejemplo, los medios para generar pueden comprender un circuito integrado específico de la aplicación, por ejemplo, el procesador de datos de TX 288 de la FIG. 2 del terminal de usuario 120, o el procesador 304 de la FIG. 3 del dispositivo inalámbrico 302. Los medios de transmisión pueden comprender un transmisor, por ejemplo, el transmisor 254 de la FIG. 2 del terminal de usuario 120 o el transmisor 310 de la FIG. 3 del dispositivo inalámbrico 302. Los medios para incluir pueden comprender un circuito integrado específico de la aplicación, por ejemplo, el procesador de datos de TX 288 o el procesador 304. Los medios para rellenar pueden comprender un circuito integrado específico de la aplicación, por ejemplo, el procesador de datos de TX 288 o el procesador 304. Los medios para suavizar pueden comprender un circuito integrado específico de la aplicación, por ejemplo, el procesador 288 o el procesador 304.

[0055] Como se usa en el presente documento, el término "determinar" abarca una amplia variedad de acciones. Por ejemplo, "determinar" puede incluir calcular, computar, procesar, derivar, investigar, consultar (por ejemplo, consultar una tabla, una base de datos u otra estructura de datos), averiguar y similares. "Determinar" puede incluir también recibir (por ejemplo, recibir información), acceder (por ejemplo, acceder a datos en una memoria) y similares. "Determinar" puede incluir también resolver, seleccionar, elegir, establecer y similares.

[0056] Como se usa en el presente documento, una frase que hace referencia 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*" está previsto para cubrir: *a*, *b*, *c*, *a-b*, *a-c*, *b-c*, y *a-b-c*.

[0057] Los diversos bloques lógicos, módulos y circuitos ilustrativos descritos en relación con la presente divulgación pueden implementarse o realizarse con un procesador de uso general, con un procesador de señales digitales (DSP), con un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), con una formación de puertas programables por campo (FPGA) o con otro dispositivo de lógica programable (PLD), lógica de puertas discretas o de transistores, con componentes de hardware discretos o con cualquier combinación de los mismos 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 comercialmente. Un procesador también se puede implementar 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 dicha configuración.

[0058] 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 a través de 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.

[0059] 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.

[0060] Las funciones descritas pueden implementarse en hardware, software, firmware o en cualquier combinación de los mismos. Si se implementan en hardware, un ejemplo de configuración de hardware 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 vincular entre sí diversos circuitos, incluyendo un procesador, 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 a través del 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 FIG. 1), puede conectarse también una interfaz de usuario (por ejemplo, un teclado, una pantalla, un ratón, una palanca de control, etc.) al bus. El bus puede vincular también otros diversos circuitos tales como fuentes de temporización, periféricos, reguladores de tensión, circuitos de gestión de energía y similares, que son ampliamente conocidos en la técnica y, por lo tanto, no se describirán con más detalle.

[0061] 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 de uso especial. Entre los ejemplos se incluyen microprocesadores, microcontroladores, procesadores DSP y otros circuitos que puedan ejecutar software. El software deberá interpretarse ampliamente como instrucciones, datos o cualquier combinación de los mismos, ya se denomine 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 realizarse en un producto de programa informático. El producto de programa informático puede comprender materiales de embalaje.

[0062] En una implementación de hardware, los medios legibles por máquina pueden formar parte del sistema de procesamiento independiente del procesador. Sin embargo, como apreciarán fácilmente los expertos en la técnica, 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 separado del nodo inalámbrico, donde el procesador pueda acceder a todos ellos a través de la interfaz de bus. De manera alternativa, o además, los medios legibles por máquina, o cualquier parte de los mismos, pueden integrarse en el procesador, tal como puede ser el caso de la memoria caché y/o de los ficheros de registro generales.

[0063] El sistema de procesamiento se puede configurar 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 parte de los medios legibles por máquina, todos ellos conectados entre sí con otros circuitos de soporte, mediante una arquitectura de bus externa. De manera 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 la circuitería de soporte y al menos una parte de los medios legibles por máquina integrados en un único chip o con una o más FPGA (matrices de puertas programables por campo), con PLD (dispositivos de lógica programable), con controladores, con máquinas de estados, con lógica de puertas, con componentes de hardware discretos o con cualquier otro circuito adecuado, o con cualquier combinación de circuitos que pueda realizar la diversa funcionalidad descrita a lo largo de esta divulgación. Los expertos en la técnica reconocerán el mejor modo de implementar la funcionalidad descrita para el sistema de procesamiento dependiendo de la aplicación particular y de las restricciones de diseño globales impuestas en el sistema global.

[0064] Los medios legibles por máquina pueden comprender diversos módulos de software. Los módulos de software incluyen instrucciones que, cuando se ejecutan por el procesador, hacen que el sistema de procesamiento realice diversas funciones. Los módulos de software pueden incluir un módulo de transmisión y un módulo receptor. 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 produzca un suceso de activación. Durante la ejecución del módulo de software, el procesador puede cargar parte de las instrucciones en la memoria caché para aumentar la velocidad de acceso. Una o más líneas de memoria caché pueden cargarse entonces en un fichero de registro general para su ejecución mediante el procesador. Cuando se haga referencia a continuación a la funcionalidad de un módulo de software, se entenderá que dicha funcionalidad se implementa por el procesador cuando ejecute instrucciones de ese módulo de software.

[0065] Si se implementan en software, las funciones, como una o más instrucciones o código, pueden almacenarse en, o transmitirse por, un medio legible por ordenador. 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 usarse para transportar o almacenar un código de programa deseado en forma de instrucciones o de estructuras de datos y al que pueda accederse mediante un ordenador. Asimismo, cualquier conexión recibe correctamente la denominación de medio legible por ordenador. Por ejemplo, si el software se transmite desde una página 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 (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 se incluyen en la definición de medio. Los discos, como se usa en el presente documento, incluyen un disco compacto (CD), un disco láser, un disco óptico, un disco versátil digital (DVD), un disco flexible y un disco Blu-ray®, donde algunos discos reproducen usualmente los datos magnéticamente, mientras que otros discos reproducen los datos ópticamente con láseres. Por tanto, en algunos aspectos, los medios legibles por ordenador pueden comprender medios legibles por ordenador no transitorios (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 se deberían incluir también dentro del alcance de los medios legibles por ordenador.

[0066] Por tanto, ciertos aspectos pueden comprender un producto de programa informático para realizar las operaciones presentadas en el presente documento. Por ejemplo, un producto de programa informático de este tipo 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. En determinados aspectos, el producto de programa informático puede incluir material de embalaje.

[0067] 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 por 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 manera alternativa, diversos procedimientos descritos en el presente documento se pueden proporcionar a través de medios de almacenamiento (por ejemplo, RAM, ROM, un medio de almacenamiento físico tal como un disco compacto (CD) o un disco flexible, etc.), de 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 técnicas descritos en el presente documento.

[0068] Se entenderá que las reivindicaciones no están limitadas a la configuración ni a los componentes precisos ilustrados anteriormente. Se pueden realizar diversas modificaciones, cambios y variaciones en la disposición, en el funcionamiento y en los detalles de los procedimientos y de los aparatos descritos anteriormente sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

[0069] Aunque lo anterior está dirigido a los aspectos de la presente divulgación, pueden contemplarse aspectos diferentes y adicionales de la divulgación sin apartarse del alcance básico de la misma, y el alcance de la misma está determinado por las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento (900) para comunicaciones inalámbricas, que comprende:
 - 5 generar (902), en un aparato (900A), una estructura unificada para una retroalimentación de resonancia para comunicaciones de único usuario, SU, y de múltiple usuario, MU, que comprende un bit que indica si la retroalimentación corresponde a la retroalimentación SU o MU, en el que la retroalimentación de resonancia comprende al menos una de una o más matrices de formación de haz o uno o más valores singulares de un canal asociado con el aparato; y
 - 10 transmitir (904) la retroalimentación de resonancia por el canal.
2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el uno o más valores singulares se transmiten a través de una relación señal-ruido, SNR, por flujo de espacio-tiempo.
3. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que cada una de las una o más matrices de formación de haz comprende una o más columnas de una matriz de vectores propios asociada con una descomposición de valores singulares, SVD, de una matriz que representa el canal, cada una de la una o más matrices de formación de haz se muestrea para la comunicación a cada N_g tonos, $N_g > 1$, y la retroalimentación de resonancia se transmite en subportadoras asociadas con los tonos para los que se muestrean la una o más matrices de formación de haz.
4. El procedimiento según la reivindicación 3, en el que los tonos para los que se muestrean una o más matrices de formación de haz comprenden al menos uno de tonos próximos a una banda de guarda o tonos CC, y los tonos para los que se muestrean la una o más matrices de formación de haz no comprenden tonos piloto.
5. El procedimiento según la reivindicación 3, en el que el parámetro N_g se selecciona de acuerdo con una selectividad de frecuencia del canal.
6. El procedimiento según la reivindicación 3, que comprende además: incluir, en la estructura unificada, al menos uno de información sobre un rango de la matriz de vectores propios o información sobre una relación señal-ruido, SNR, asociada con cada columna de la una o más matrices de formación de haz para cada subportadora en la que se muestree la matriz de vectores propios, si el aparato es capaz de recibir transmisiones de enlace descendente de múltiple usuario, múltiple entrada y múltiple salida, MU-MIMO.
7. El procedimiento según la reivindicación 3, que comprende además: completar con información nula en uno o más campos de la estructura unificada, estando los campos relacionados con al menos uno de un rango de la matriz de vectores propios o de una relación señal-ruido, SNR, asociada con cada columna de la una o más matrices de formación de haz para cada subportadora en la que se muestree la matriz de vectores propios, si el aparato no es capaz de recibir transmisión de enlace descendente de múltiple usuario, múltiple entrada y múltiple salida MU-MIMO.
8. El procedimiento según la reivindicación 3, en el que cada una de las una o más matrices de formación de haz comprende además al menos una columna de la matriz de vectores propios en al menos uno de los tonos alrededor de un borde de banda o de los tonos alrededor de un tono de CC.
9. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que: el uno o más valores singulares comprenden un subconjunto de entradas diagonales de una matriz de valores propios asociada con una matriz que representa el canal, y el uno o más valores singulares se transmiten a través de una relación señal-ruido, SNR, por flujo de espacio-tiempo, cada una de la una o más matrices de formación de haz se muestrea para la comunicación a cada N_g tonos, $N_g > 1$, y cada uno de los valores singulares se muestrea para la comunicación a cada N_v tonos, $N_v > N_g$.
10. El procedimiento según la reivindicación 9, en el que el parámetro N_v se selecciona de acuerdo con una selectividad de frecuencia del canal.
11. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la una o más matrices de formación de haz se transmiten dentro de la retroalimentación de resonancia de una manera comprimida usando ángulos de rotaciones de Givens.
12. El procedimiento según la reivindicación 11, en el que una cantidad de bits usados para representar los ángulos de rotaciones de Givens depende de si la retroalimentación de resonancia está asociada con la comunicación SU o con la comunicación MU.
13. El procedimiento según la reivindicación 11, en el que la retroalimentación de resonancia transmitida de forma comprimida comprende al menos uno de: cinco bits para representar un primero de los ángulos de

rotaciones de Givens y siete bits para representar un segundo de los ángulos de rotaciones de Givens, seis bits para representar el primer ángulo y ocho bits para representar el segundo ángulo, o siete bits para representar el primer ángulo y nueve bits para representar el segundo ángulo.

- 5 14. Un aparato (900A) para comunicaciones inalámbricas, que comprende: medios para generar una estructura
unificada (902A) para una retroalimentación de resonancia para comunicaciones de único usuario, SU, y de
múltiple usuario, MU que comprenden un bit que indica si la retroalimentación corresponde a la
retroalimentación SU o MU, en el que la retroalimentación de resonancia comprende al menos una de una o
10 más matrices de formación de haz o uno o más valores singulares de un canal asociado con el aparato; y
medios para transmitir (904A) la retroalimentación de resonancia por el canal.
15. Un medio legible por ordenador (306) que contiene instrucciones ejecutables para comunicaciones
inalámbricas, comprendiendo las instrucciones ejecutables instrucciones para: implementar el procedimiento
de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 cuando se ejecute por un módulo de procesamiento
15 (304).

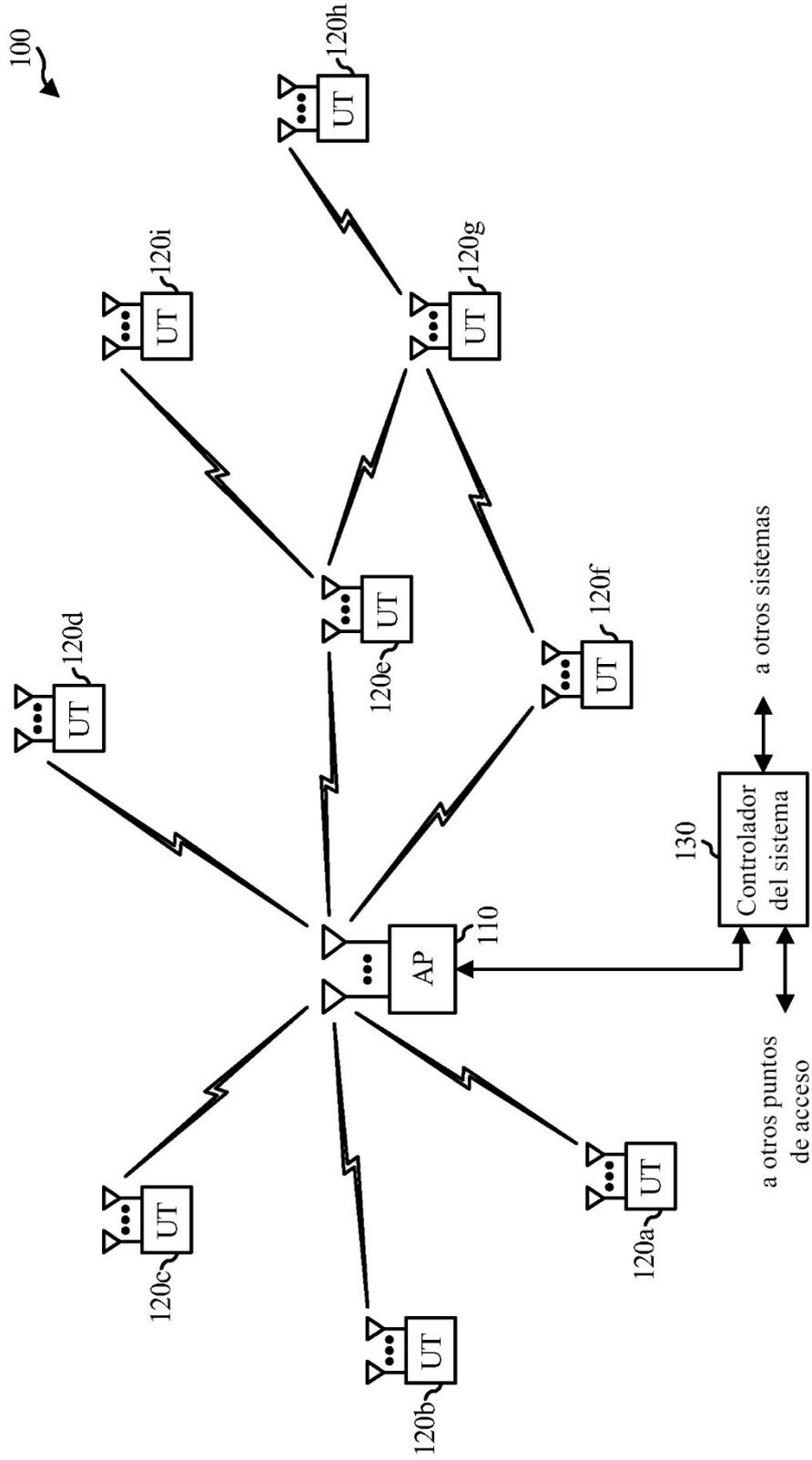


FIG. 1

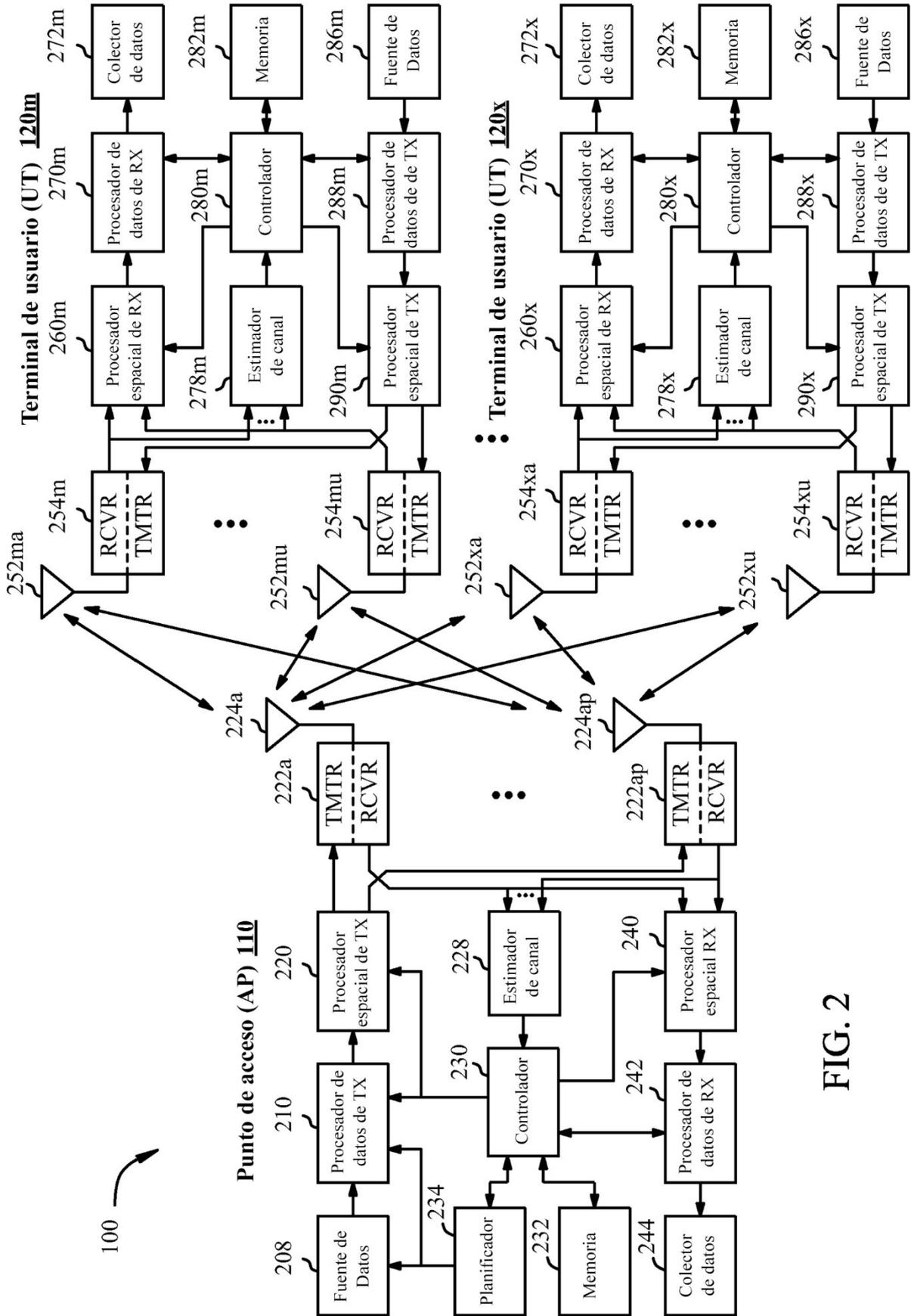


FIG. 2

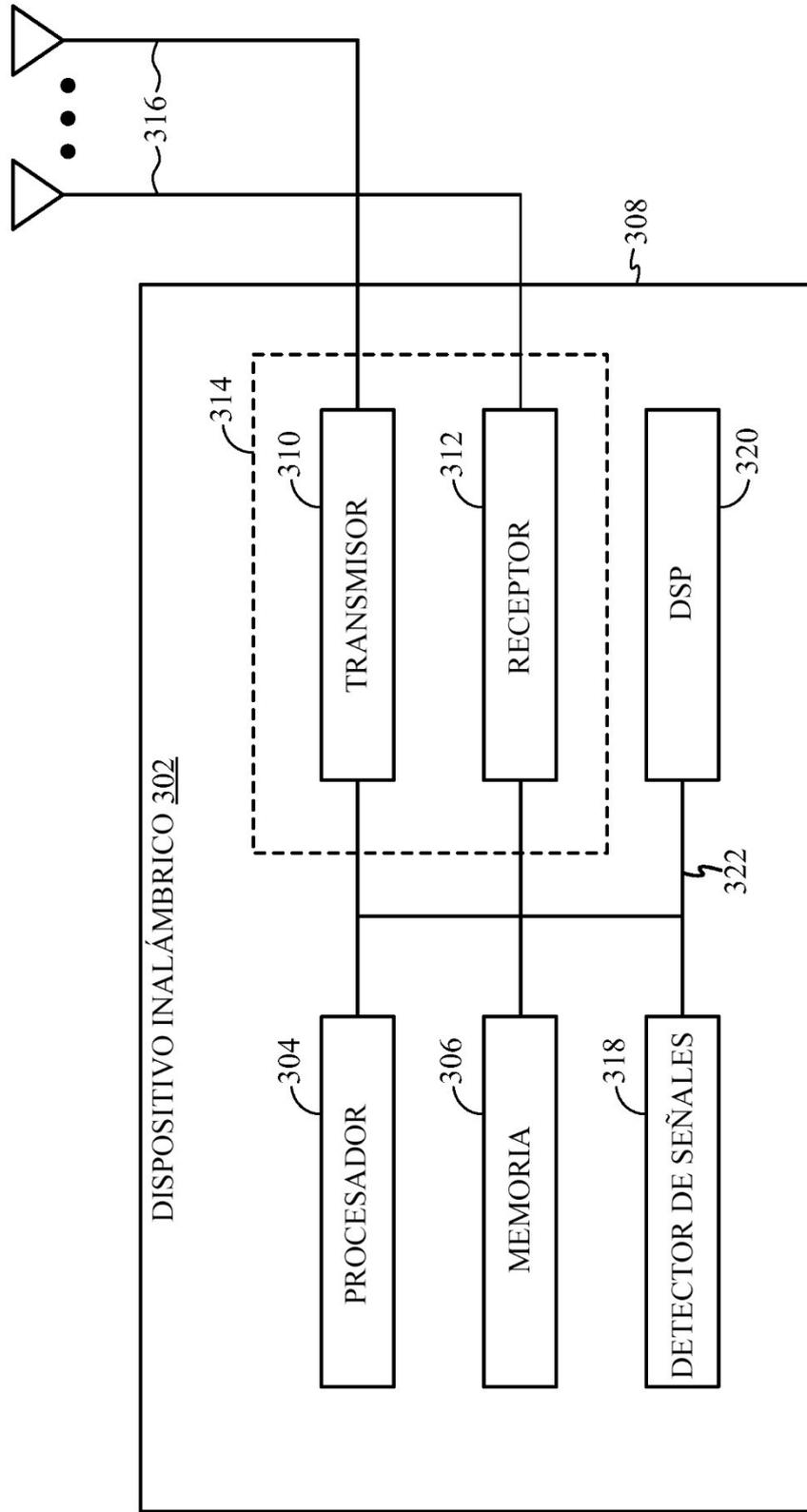


FIG. 3

BW	Agrupamiento <i>N_g</i>	<i>N_s</i>	Portadoras para las que se envían matrices
20 MHz	1	52	Todas las subportadoras - 28, -27, ..., -2, -1, 1, 2, ..., 27, 28
	2	30	-28, -26, -24, -22, -20, -18, -16, -14, -12, -10, -8, -6, -4, -2, -1, 1, 3, 5, 6, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 20, 23, 25, 27, 28
	4	16	-28, -24, -20, -16, -12, -8, -4, -1, 1, 5, 9, 13, 17, 20, 25, 28
40 MHz	1	108	Todas las portadoras de datos: -58, -57, ..., -3, -2, 2, 3, ..., 57, 58
	2	58	-58, -56, -54, -52, -50, -48, -46, -44, -42, -40, -38, -36, -34, -32, -30, -28, -26, -24, -22, -20, -18, -16, -14, -12, -10, -8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 58
	4	30	-58, -54, -50, -46, -42, -38, -34, -30, -26, -22, -18, -14, -10, -6, -2, 2, 6, 10, 14, 18, 22, 26, 30, 34, 38, 42, 46, 50, 54, 58

FIG. 4

BW	Agrupamiento <i>N_g</i>	<i>N_s</i>	Portadoras para las que se envían matrices
80/160 MHz	1	234	Todas las subportadoras de datos: -122,-121... -2,2, 3, ..., 121,122 (Excluyendo los tonos piloto en -103, -75, -39, -11, 11, 39, 75, 103)
	2	122	-122, -120, ..., -2,2,4,...,120,122
	4	62	-122,-118,...,-6, -2,2,6,...,118,122

FIG. 5

BW	Agrupamiento N_g	N_s	Portadoras para las que se envían matrices
20 MHz	2	32	<p>-28,-27,-26,-24,...,-4,-2,-1, 1,2,4,...,24,26,27,28</p> <p>De manera alternativa, use N_s = 36 con 5 subportadoras de borde de banda: -28,-27,-26,-25,-24,-22,..., -6,-4,-3,-2,-1, 1,2,3,4,6,...,22,24,25,26,27,28</p>
	4	20	<p>-28,-27,-26,-22,-18,-14, -10,-6,-2,-1, 1,2,6,10,14,18,22,26,27,28</p> <p>De manera alternativa, use N_s = 26 con 5 subportadoras de borde de banda: -28,-27,-26,-25,-24,-20, -16,-12,-8,-4,-3,-2,-1, 1,2,3,4,8,12,16,20,24,25, 26,27,28</p>

FIG. 6

BW	Agrupamiento N_g	N_s	Portadoras para las que se envían matrices
40 MHz	2	62	<p>-58,-57,-56,-54,...,-6,-4,-3, -2, 2,3,4,6,...,54,56,57,58</p> <p>De manera alternativa, use N_s = 66 con 5 subportadoras de borde de banda: -58,-57,-56,-55,-54,-52,..., -8,-6,-5,-4,-3,-2, 2,3,4,5,6,8,...,52,54,55,56,57,58</p>
	4	36	<p>-58,-57,-56,-52,...,-8,-4,-3, -2,2,3,4,8,...,52,56,57,58</p> <p>De manera alternativa, use N_s = 40 con 5 subportadoras de borde de banda: -58,-57,-56,-54,-50,..., -10,-6,-5,-4,-3,-2, 2,3,4,6,10,...,50,54,55,56,57,58</p>

FIG. 7

BW	Agrupamiento <i>N_g</i>	<i>N_s</i>	Portadoras para las que se envían matrices
80/160 MHz	2	126	<p>-122,-121,-120,-118, ..., -6,-4,-3 -2,2,3,4,6, ..., 118,120,121,122</p> <p>De manera alternativa, use <i>N_s</i> = 130 con 5 subportadoras de borde de banda: -122,-121,-120,-119,-118, -116, ..., -8,-6,-5,-4,-3,-2, 2,3,4,5,6,8, ..., 116,118,119,120, 121,122</p>
	4	68	<p>-122,-121,-120,-116, ..., -4,-3-2, 2,3,4,8, ..., 116,120,121,122</p> <p>De manera alternativa, use <i>N_s</i> = 74 con 5 subportadoras de borde de banda: -122,-121,-120,-119,-118,-114, ..., -10,-6,-5,-4,-3,-2, 2,3,4,5,6,10, ..., 114,118,119,120, 121,122</p>

FIG. 8

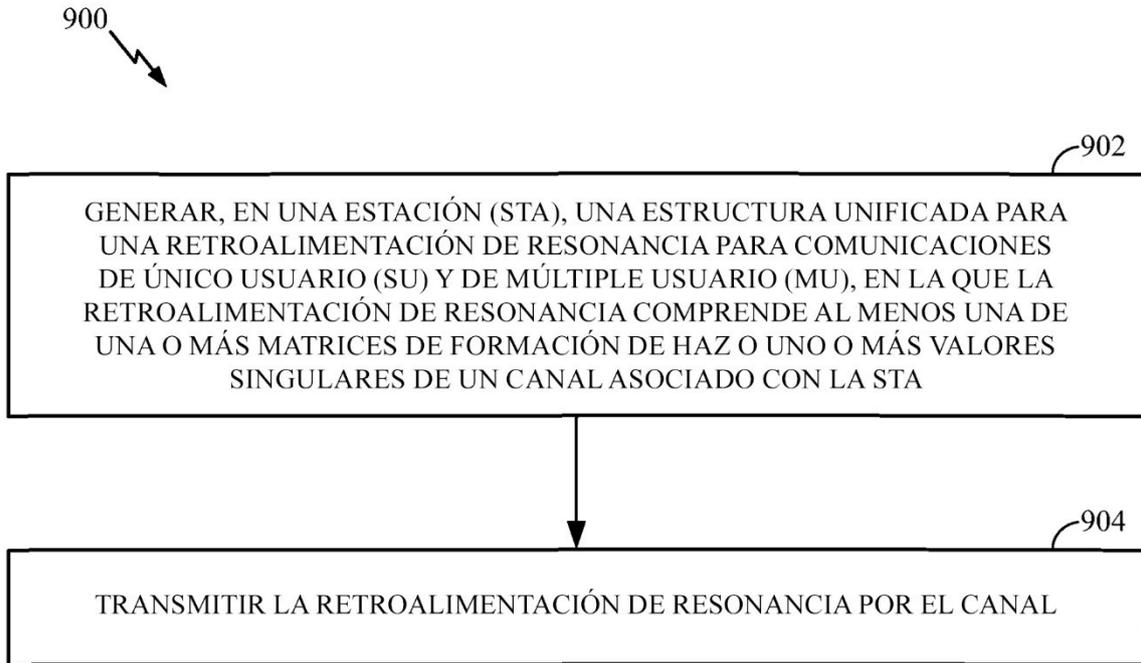


FIG. 9

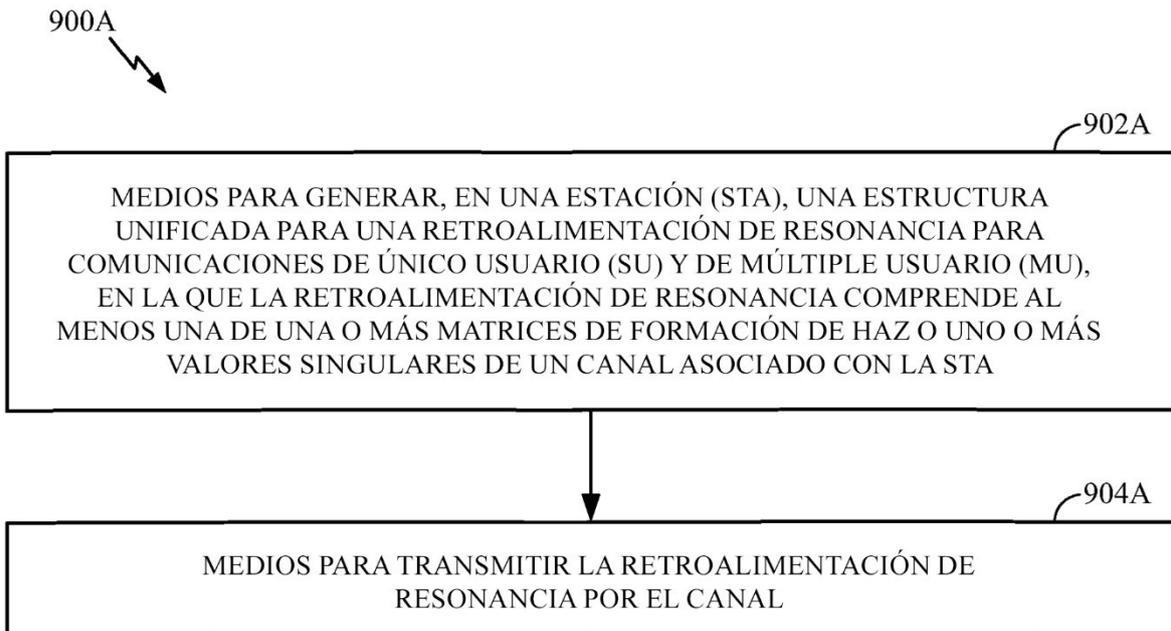


FIG. 9A